



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

MAGISTER EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA CELULAR A
NIVEL ESCOLAR PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

CLAUDIA ANDREA CHAMORRO LLANCA

Director de la Tesis: Dr. Alejandro Gallardo Jaque

Valparaíso, Chile

2021

DEDICATORIA

“Al fin y al cabo, somos lo que hacemos para cambiar lo que somos. La identidad no es una pieza de museo, quietecita en la vitrina, sino la siempre asombrosa síntesis de las contradicciones nuestras de cada día”.

Eduardo Galeano

AGRADECIMIENTOS

A mi esposo, Erick, por su amor, paciencia y apoyo en los momentos que me resté, al enfocar mi atención en el desarrollo de este estudio.

A mis amados hijos, Valentina y Giovanni, motores que me impulsan cada día a ser mejor y el motivo para enfrentar los desafíos de nuestra vida.

A cada uno de los profesores que han formado parte de mi vida, quienes despertaron en mí el amor por la Ciencia y la Educación.

A la Universidad de Playa Ancha, que me formó durante pregrado y en el programa de Magíster.

RESUMEN Y DESCRIPTORES

La presente investigación se sitúa en la Didáctica de la Biología y busca respuestas frente a las dificultades que presentan los estudiantes de enseñanza básica y media en el aprendizaje de la Biología Celular y cómo mejorar su enseñanza a fin de que este aprendizaje propenda a ser significativo, más allá de la memorización de estructuras, funciones y procesos. Para ello, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué se ha investigado acerca del proceso enseñanza-aprendizaje en la Biología Celular, a nivel escolar? ¿Cuáles son los aportes de las investigaciones analizadas para el aprendizaje significativo de la Biología Celular? Para responder a estas interrogantes el objetivo de esta investigación es analizar, desde el paradigma de la Complejidad, investigaciones en didáctica de la Biología Celular a nivel escolar, comprendidas entre los años 2000-2021 y sus aportes al aprendizaje significativo del concepto de Célula.

La recopilación de datos consistió en la revisión de publicaciones relacionadas con la enseñanza de la Biología Celular. El análisis de la información obtenida se realizó en 4 niveles: selección de revistas y publicaciones científicas digitales, clasificación de las publicaciones en dimensiones y categorías emergentes, análisis de contenidos, procesos cognitivos, postura epistemológica y la identificación de los aportes de las investigaciones al aprendizaje significativo. Los resultados revelan que la postura epistemológica desde la que docentes y estudiantes conceptualizan, es sistémica y compleja, lo que se evidencia en un mayor nivel de jerarquía cognitiva

Así, la investigación realizada se proyecta hacia el desarrollo de estrategias pedagógicas aplicables en las clases de Ciencias Naturales y Biología, y al desarrollo de nuevas investigaciones.

Palabras claves: Seres vivos, Célula, Biología Celular, Célula vegetal, Fotosíntesis, Genética, Complejidad.

ABSTRACT AND KEYWORDS

This research is located in the Didactics of Biology and seeks answers to the difficulties that elementary and high school students present in learning Cell Biology and how to improve their teaching so that this learning tends to be meaningful. beyond the memorization of structures, functions and processes. For this, the following research questions were raised: What has been investigated about the teaching-learning process in Cell Biology, at the school level? What are the contributions of the research analyzed for the meaningful learning of Cell Biology? To answer these questions, the objective of this research is to analyze, from the Complexity paradigm, investigations in the didactics of Cell Biology at the school level, between the years 2000-2021 and their contributions to the meaningful learning of the Cell concept.

Data collection consisted of reviewing publications related to the teaching of Cell Biology. The analysis of the information obtained was carried out at 4 levels: selection of digital scientific journals and publications, classification of publications in emerging dimensions and categories, content analysis, cognitive processes, epistemological position and identification of the contributions of research to Meaningful Learning. The results reveal that the epistemological position from which teachers and students conceptualize is systemic and complex, which is evidenced in a higher level of cognitive hierarchy.

Thus, the research carried out is projected towards the development of pedagogical strategies applicable in Natural Sciences and Biology classes, and the development of new research.

Keywords: Living beings, Cell, Cell Biology, Plant cell, Photosynthesis, Genetics, Complexity.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.1. Preguntas de investigación	8
1.2. Objetivos de la Investigación	8
1.2.1 Objetivos Generales	8
1.2.2. Objetivos Específicos	9
2.1. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1.1. Marco Epistemológico	11
2.1.2. Paradigmas epistemológicos en las Ciencias a lo largo de la historia	13
2.1.2.1. Paradigma Positivista.....	13
2.1.2.2. Paradigma Fenomenológico, Interpretativo o Hermenéutico	17
2.1.2.3. Paradigma Sociocrítico	19
2.1.3. Estatus Epistemológico de la Biología	22
2.1.3.1 El Mecanicismo	23
2.1.3.2. El Vitalismo	26
2.1.3.3. El Organicismo	30
2.1.3.4. Perspectiva Sistémica	33
2.1.4. La Biología como ciencia autónoma	40
2.1.4.1. Institucionalización de la Biología como una ciencia autónoma	41
2.1.4.2. Diferencia de la Biología con otras Ciencias	41
2.1.4.3. Lo vivo y la vida.....	45
2.1.4.4. Niveles de organización biológica y propiedades emergentes.....	48
2.1.4.5. Teorías que sustentan a la Biología	51
2.1.4.6. Biología Celular.....	59
I. Diversidad Celular.....	60
II. Aspectos Morfológicos y Fisiológicos de la Célula	61
2.1.5. Enseñanza de la Biología	69
2.1.5.1 Teorías Pedagógicas	70
2.1.5.2. Didáctica de las Ciencias Naturales y Biología	84
2.1.5.3. Conocimiento didáctico y disciplinar de los profesores	87
2.1.5.4. Grandes Ideas de la Ciencia.....	92
2.1.5.5 Enseñanza de los conceptos estructurantes	97
2.1.6. Aprendizaje.....	101

Bases Biológicas del proceso de Aprendizaje	102
2.1.6.1. Organización y Estructuras.....	102
2.1.6.2. Neurofisiología del Aprendizaje	112
2.1.6.3. Teoría del desarrollo cognitivo de Piaget.....	125
2.1.6.4. Teoría de las Representaciones Sociales de Moscovici.....	132
2.1.6.5. Teoría Sociocultural de Vygotsky	135
2.1.6.6. Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird	143
2.1.6.7. Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud.....	147
2.1.6.9. Jerarquización de procesos cognitivos y Taxonomía de Bloom	162
5.2. MARCO REFERENCIAL.....	164
5.2.1. Paradigma de la Complejidad	164
5.2.2. La problemática del aprendizaje de conceptos científicos.....	169
5.2.3. El concepto de obstáculo y sus implicancias en la enseñanza y aprendizaje.....	171
5.2.3.1. El concepto de obstáculo.....	171
5.2.3.2. Implicancias para el aprendizaje	174
5.2.4. Conceptualización de ser vivo, célula y niveles de organización	177
Ser vivo	178
Niveles de organización biológica	179
Conceptualización de célula	180
5.2.5. Estrategias de enseñanza de la Biología Celular	184
3.1 Tipo de estudio.....	193
3.2 Diseño de la Investigación	194
3.3 Variables	197
3.4 Instrumento	197
3.5 Muestra	197
3.6 Tratamiento de datos.....	198
4.1 Primer nivel de análisis: Caracterización del material bibliográfico.....	200
4.1.1 Revistas seleccionadas para el estudio:.....	200
4.1.2 Procedencia de las publicaciones.....	202
4.1.3. Niveles Educativos de las investigaciones	206
4.2. Segundo nivel de análisis: Dimensiones, categorías y sub categorías emergentes	213
4.2.1. Clasificación de las publicaciones.....	213
4.2.2. Clasificación del material bibliográfico	222
4.2.2.1. Dimensiones, categorías y subcategorías emergentes.....	222
4.2.2.2. Enfoques y tipos de Investigación	226
4.2.3. Caracterización de las Dimensiones, categorías y subcategorías emergentes	227

4.2.3.1. Didáctica	229
4.2.3.2. Dimensión Célula Eucarionte.....	252
4.2.3.3. Formación del Profesorado	271
4.2.3.4 Células Procariontes. Aprendizaje de la Microbiología	273
4.2.3.5. Conceptualización de ser vivo	276
4.2.3.6. Niveles de organización Biológica	279
4.3. Tercer nivel de análisis: Análisis de contenido de las publicaciones.	281
4.3.1. Análisis de contenido desde los objetos de estudio	281
4.3.2. Análisis de contenido desde las conclusiones	284
4.4. Cuarto nivel de análisis: Identificación de aportes para el aprendizaje significativo.	287
4.4.1. Análisis por categorías y subcategorías	289
4.4.2. Perspectivas Epistemológicas	303
4.4.3. Discusión	310
4.4.3.1. Jerarquía de Procesos Cognitivos	310
4.4.3.2. Caracterización Epistemológica y aportes al aprendizaje significativo	311
5.1. CONCLUSIONES	314
5.1.1. Primer nivel de análisis: Caracterización del material seleccionado.....	314
5.1.2. Segundo nivel de análisis: Dimensiones, categorías y subcategorías emergentes ..	315
5.1.3. Tercer nivel de análisis: Análisis de contenido	316
5.1.4. Cuarto nivel de análisis: Jerarquización de procesos cognitivos e identificación de aportes para el aprendizaje significativo	317
5.1.5. Conclusiones Globales.....	318
5.2. PROYECCIONES	321
ANEXO 1:.....	362
ANEXO 2.....	385
ANEXO 3.....	423
ANEXO 4.....	467
ANEXO 5.....	502
ANEXO 6.....	543
ANEXO 7.....	582
ANEXO 8.....	599
ANEXO 9.....	610
ANEXO 10.....	618

ANEXO 11 626

ANEXO 12 728

ANEXO 13 739

ANEXO 14 742

ANEXO 15: 752

ANEXO 16 758

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Biología como ciencia autónoma. Elaboración propia.</i>	
.....	40
<i>Ilustración 2: Mapa Conceptual Niveles de Organización Biológica (Elaboración propia)</i>	
.....	49
<i>Ilustración 3: Tipos de aprendizaje. Tomada de Ausubel, Novak y Hanesian (1976)</i>	
.....	73
<i>Ilustración 4: Tipos de Enseñanza Significativa. Tomado de (Díaz, Hernández & Hernández, 2007) pág. 75</i>	
.....	76
<i>Ilustración 5: Organización neuronal, tomado de Schunk (2012) pág. 32.</i>	
.....	104
<i>Ilustración 6: Principales estructuras cerebrales. Tomado de Schunk (2012) pág.34.</i>	
.....	105
<i>Ilustración 7: Representación gráfica de los niveles de procesos cognitivos en la taxonomía de Bloom. Elaboración propia.</i>	
.....	163
<i>Ilustración 8: Diseño de la Investigación. Elaboración propia.</i>	
.....	194
<i>Ilustración 9: Aspectos involucrados en la enseñanza de la Biología Celular (Elaboración propia).</i>	
.....	221

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Situaciones de aprendizaje según David Ausubel. Tomado de (Díaz, Hernández, & Hernández, 2002).....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 2: Estrategias de enseñanza para un aprendizaje significativo. Tomado de (Díaz, Hernández, & Hernández, Capítulo 5, 2002).....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 3: Tipos de conocimientos del docente según Shulman (1987) tomado de Cofré, Vergara, & Spotorno (2021).....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 4: Grandes Ideas de la Ciencia (Harlen et al. 2010).....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 5: Funciones principales de las áreas del cerebro. Tomado de (Schunk, 2012, pág. 38).....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 6: Etapas del desarrollo cognoscitivo de Piaget y sus características. Tomado de UNID Material en línea Maestría en Educación.....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 7: Porcentaje de aporte de publicaciones por revista.....</i>	<i>201</i>
<i>Tabla 8: Porcentaje de publicaciones por país de procedencia.....</i>	<i>203</i>
<i>Tabla 9: Frecuencia de publicaciones por cada nivel educativo.....</i>	<i>207</i>
<i>Tabla 10: Contenidos curriculares por curso relacionados con la conceptualización de célula, según etapa de adquisición de conocimientos (Elaboración propia).....</i>	<i>214</i>
<i>Tabla 11: Dimensiones, categorías y subcategorías de clasificación de las publicaciones seleccionadas.....</i>	<i>221</i>
<i>Tabla 12: Porcentajes de publicaciones por temas.....</i>	<i>228</i>
<i>Tabla 13: N° de investigaciones publicadas por año.....</i>	<i>233</i>
<i>Tabla 14: Número de publicaciones con sus respectivos porcentajes para categoría Célula Vegetal.....</i>	<i>253</i>
<i>Tabla 15: N° de publicaciones y sus respectivos porcentajes por subcategoría.</i>	<i>258</i>
<i>Tabla 16: Diversidad temática en subcategoría Genética.....</i>	<i>265</i>
<i>Tabla 17: Frecuencias relativas y porcentuales por objeto de estudio.</i>	<i>283</i>
<i>Tabla 18: Cuadro resumen de categorías con sus respectivas frecuencias.</i>	

.....	286
<i>Tabla 19: Árbol de categorías con sus rangos de jerarquización y frecuencia de cada uno</i>	288

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Porcentaje de aporte de publicaciones seleccionadas por revista.</i>	
.....	201
<i>Gráfico 2: Publicaciones seleccionadas por país de origen</i>	
.....	204
<i>Gráfico 3: Temas de la Biología con mayor porcentaje de publicaciones en revistas de didáctica de las ciencias Tomado de la tercera sesión de Investigación en Didáctica de la Biología (Cofré H. y., 2020)</i>	206
<i>Gráfico 4: Aporte de publicaciones por niveles educativos</i>	208
<i>Gráfico 5: Tendencia de publicaciones sobre didáctica de la Biología Celular en Educación Básica y Media</i>	210
<i>Gráfico 6: Incremento de publicaciones acerca de la Biología Celular (2000-2021)</i>	212
<i>Gráfico 7: Porcentaje de publicaciones por temas relacionados con la enseñanza de la Biología Celular</i>	228
<i>Gráfico 8: Composición porcentual de la Dimensión didáctica</i>	229
<i>Gráfico 9: Número de publicaciones por tema, en categoría de aportes varios.</i>	
.....	231
<i>Gráfico 10: Procedencia de las publicaciones</i>	232
<i>Gráfico 11: Investigaciones publicadas por año</i>	233
<i>Gráfico 12: Tipos de enfoques investigativos categoría Aportes varios.</i>	
.....	234
<i>Gráfico 13: Tipos de investigación categoría Aportes varios.</i>	
.....	235
<i>Gráfico 14: Países de procedencia y porcentaje de publicaciones.</i>	
.....	237
<i>Gráfico 15: N° de publicaciones entre los años 2000-2021.</i>	
.....	238
<i>Gráfico 16: Tipos de enfoques investigativos categoría Conceptualización.</i>	
.....	239

Gráfico 17: Tipos de investigación en Conceptualización	240
Gráfico 18: Países de procedencia de las investigaciones acerca de Estrategias Pedagógicas	241
Gráfico 19: Enfoques investigativos en Estrategias Pedagógicas	242
Gráfico 20: Tipos de investigación en categoría Estrategias Pedagógicas.	243
Gráfico 21: Tipos de investigación documental categoría Material Didáctico.	244
Gráfico 22: Enfoques investigativos categoría Material Didáctico.	245
Gráfico 23: Países de procedencia de las investigaciones.	245
Gráfico 24: Número de publicaciones por tema en categoría Material Didáctico.	246
Gráfico 25: Enfoques investigativos categoría Modelización	249
Gráfico 26: Tipos de investigación categoría Modelización.	250
Gráfico 27: Procedencia de las investigaciones en categoría Modelización	251
Gráfico 28: Composición porcentual de publicaciones sobre célula animal y vegetal	252
Gráfico 29: Composición porcentual categoría Célula Vegetal	253
Gráfico 30: N° de publicaciones por año	254

Gráfico 31: Tipos de investigación documental y sus porcentajes, subcategoría Fotosíntesis.....	255
Gráfico 32: Composición porcentual de la categoría Célula animal	259
Gráfico 33: Número de publicaciones entre los años 2016-2021.	260
Gráfico 34: N° de publicaciones sobre síntesis de proteínas entre los años 2016-2022.....	262
Gráfico 35: Porcentaje de publicaciones por tema en la subcategoría Genética	265
Gráfico 36: N° de publicaciones en Genética entre los años 2000-2021	269
Gráfico 37: Enfoques investigativos en publicaciones sobre Genética.	269
Gráfico 38: Tipos de Investigación.	270
Gráfico 39: Procedencia de investigaciones sobre Genética.	271
Gráfico 40: Aspectos involucrados en la formación docente y porcentajes de cada uno	272
Gráfico 41: Enfoques investigativos Aprendizaje de la Microbiología	275
Gráfico 42: Procedencia de las publicaciones sobre Aprendizaje de la Microbiología	275
Gráfico 43: Procedencia de las publicaciones sobre conceptualización de ser vivo.	277

Gráfico 44: Enfoques Investigativos Conceptualización de ser vivo	278
Gráfico 45: Tipos de investigación en la conceptualización de ser vivo.	279
Gráfico 46: N° de Publicaciones según tipos de objetos de estudio	283
Gráfico 47: Caracterización de resultados/conclusiones publicaciones años 2000-2021	286
Gráfico 48: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Conceptualización de ser vivo	290
Gráfico 49: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Niveles de organización biológica.	291
Gráfico 50: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en categoría Células Procariontes.	292
Gráfico 51: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Formación del profesorado	293
Gráfico 52: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Material Didáctico	294
Gráfico 53: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Modelización	295
Gráfico 54: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Aportes varios.	296
Gráfico 55: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Conceptualización de célula	297
Gráfico 56: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Estrategias pedagógicas.	298

<i>Gráfico 57: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en División celular</i>	299
<i>Gráfico 58: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Síntesis de proteínas.</i>	300
<i>Gráfico 59: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Genética.</i>	301
<i>Gráfico 60: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Fotosíntesis.</i>	302
<i>Gráfico 61: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Modelización de procesos fisiológicos.</i>	303
<i>Gráfico 62: Postura Epistemológica categoría Conceptualización de ser vivo.</i>	304
<i>Gráfico 63: Postura Epistemológica en Niveles de organización Biológica.</i>	305
<i>Gráfico 64: Postura Epistemológica en Aprendizaje de la microbiología.</i>	306
<i>Gráfico 65: Postura Epistemológica en Formación del profesorado.</i>	307
<i>Gráfico 66: Postura Epistemológica en Dimensión Didáctica</i>	308
<i>Gráfico 67: Postura Epistemológica en Dimensión Célula Eucarionte.</i>	309

INTRODUCCIÓN

La Biología, como ciencia autónoma, se consolidó en el siglo XIX a partir de la delimitación de su objeto de conocimiento: la vida y lo vivo. Las formas vivientes no se pueden comprender de la descomposición de sus partes, sino que, a partir de su totalidad, por lo que no pueden reducirse al ámbito de la química o la física, ya que poseen propiedades particulares. En este sentido, cada ciencia presenta particularidades que exigen una epistemología específica y, por lo tanto, una didáctica propia, por lo que en la Biología se hace necesario identificar sus particularidades, de modo que sus procesos de enseñanza-aprendizaje y sus contenidos puedan ser guiados.

Una de las principales particularidades es su dificultad, como lo plantea Gagliardi:

“La enorme diversidad de los organismos vivientes y su complejidad hacen que la Biología sea difícil de aprender” (Gagliardi, Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. , [en línea], 1986, Vol. 4, n.º 1, pp. 30-35, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/1986>, pág. 32).

A partir de la diversidad y complejidad de las formas vivientes, surgieron distintos criterios para abordar la disciplina: Por una parte, Mainx consideró morfología y función, así tenemos la Citología, la Histología, Fisiología de órganos y sistemas. Por otra, Weiss propuso un enfoque jerárquico, desarrollándose la Biología Molecular, Celular, Genética, del Desarrollo, Regulatoria, de Grupos (que involucran a la Biología Sistemática, Evolutiva y del Comportamiento) y Ambiental.

Posteriormente, surgieron otros criterios, dando lugar, en la actualidad, a 80 subdisciplinas biológicas (Castro & Valbuena, 2007). Cabe señalar que una de las subdisciplinas que representa mayor dificultad para la enseñanza y aprendizaje, es la Biología Celular.

La Célula es un concepto fundamental de las Ciencias Naturales, cuya dificultad radica en la construcción de significado por parte de los estudiantes ya que, por tratarse de una abstracción de la realidad, reconocen su existencia, pero no pueden percibirla. Además, su forma de enseñanza produce aprendizajes que carecen de sentido y aplicabilidad, lo que se evidencia en los bajos resultados obtenidos en pruebas de medición de calidad educativa nacionales e internacionales.

Con la finalidad de determinar el estado de las investigaciones acerca de la enseñanza de la Biología Celular a nivel escolar en los últimos 21 años, qué estrategias pedagógicas se han utilizado y cuáles han proporcionado un aprendizaje significativo en los estudiantes de primaria y secundaria, se hace necesario buscar y organizar la información, de forma que nos permita tener un panorama acerca de la didáctica de la Biología Celular, mediante la realización de una investigación que, por sí misma, constituye una aproximación hacia un metaanálisis.

Para lograr este propósito, se describirán, a continuación, cada uno de los capítulos que forman parte de esta tesis.

El Capítulo I trata acerca de la problemática en la enseñanza y aprendizaje de conceptos estructurantes de la Biología, como el concepto de célula. Surgieron las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué se ha investigado acerca de las estrategias pedagógicas empleadas en la enseñanza de la Biología Celular a nivel escolar? y ¿Cuáles son los aportes de las estrategias analizadas al aprendizaje significativo de la Biología Celular? En este apartado se trazaron los objetivos, tanto generales como específicos, que posibilitarán dar respuesta a estas interrogantes al finalizar el estudio.

El Capítulo II, se desarrolló en dos partes. La primera parte corresponde al marco teórico de la investigación, abordando aspectos epistemológicos de la enseñanza de las ciencias y, específicamente de la Biología, la institucionalización de la Biología y la necesidad de una Didáctica propia, de qué forma ocurre el proceso

de aprendizaje y conceptualización en los estudiantes, así como las teorías involucradas en estos procesos, la enseñanza de conceptos estructurantes, principalmente el concepto de célula y su relevancia en las principales teorías que la biología y su aprendizaje. Posteriormente, se realizó una descripción acerca de cómo las Bases Curriculares abordan el concepto de célula a lo largo de la educación primaria y secundaria, así como las principales dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, las estrategias pedagógicas que posibilitan un aprendizaje significativo y las perspectivas epistemológicas que las fundamentan. Se finaliza con el aprendizaje significativo y su vinculación con los distintos niveles de procesos cognitivos jerarquizados en la taxonomía de Bloom. En la segunda parte, correspondiente al marco referencial, se realizó una revisión de las investigaciones que abordan la enseñanza de la Biología Celular a partir de diferentes propuestas didácticas, las dificultades detectadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, cómo surgen las dificultades en la conceptualización de la célula, las concepciones de los docentes y su impacto en la aparición de obstáculos epistemológicos en los estudiantes de enseñanza primaria y secundaria, hasta el rol facilitador u obstaculizador del material didáctico, tales como los textos y las imágenes, así como el diseño e implementación de distintas estrategias que han resultado exitosas en el aprendizaje del concepto de célula. Esta revisión nos permitió justificar el presente estudio y esbozar proyecciones a partir de los resultados obtenidos en los estudios analizados.

El Capítulo III explica la metodología investigativa, describiendo en detalle la metodología empleada, además de señalar el tipo de estudio. En este apartado se establece el diseño de la investigación y se explica detalladamente cada una de sus etapas, así como las técnicas empleadas para el tratamiento de los datos obtenidos desde la revisión bibliográfica.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa, explicando detalladamente, los niveles de análisis a los que se sometió la información recopilada, dando cuenta de las dimensiones y categorías

que surgieron a partir del análisis de las publicaciones seleccionadas, con sus respectivas definiciones, detallando el tratamiento de la información obtenida, a través de la determinación de porcentajes de publicaciones referentes a las distintas dimensiones y categorías de clasificación, así como la interpretación de los datos cualitativos provenientes de los criterios de análisis empleados en la revisión de las publicaciones seleccionadas para este estudio. Posteriormente, los resultados fueron contrastados con aquellos obtenidos por los diferentes autores de las investigaciones que sustentan el marco teórico y referencial, constituyendo un punto dialógico entre lo empírico y la teoría. Se evaluó la metodología empleada, para finalmente, responder las preguntas que dieron lugar a la investigación.

En el Capítulo V, se presentan y explican las conclusiones obtenidas, proporcionando una visión global de los resultados y aportes realizados de las investigaciones seleccionadas y analizadas en esta tesis a la Didáctica de la Biología Celular. En este apartado se hace referencia a las limitaciones y necesidades surgidas en el desarrollo de la investigación, así como sus alcances, cómo poder ampliar el estudio y la relevancia de la información obtenida, contribuyendo tanto a investigaciones futuras, como a la enseñanza de la Biología y las Ciencias Naturales.

Finalmente, el último apartado, Capítulo VI, corresponde a las referencias bibliográficas empleadas para el desarrollo de esta tesis, aquellas que proporcionaron el marco teórico y referencial, que fueron seleccionadas y analizadas para la realización del estudio, así como aquellas que sustentaron las bases metodológicas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la enseñanza de las Ciencias, es frecuente que, docentes y estudiantes se vean enfrentados a abstracciones complejas de la realidad, las que son difíciles de conceptualizar (Yanes, 2016). Un ejemplo de ello es el aprendizaje y conceptualización de la célula, como entidad biológica.

La célula, es un concepto que se corresponde con una entidad física, real, pero que opera en la mente de los alumnos como un ente abstracto y que se construye a partir del discurso, por lo cual la concepción del modelo científico requiere la construcción de modelos mentales (Rodríguez-Palmero & Moreira, 1999). Al tratarse de un concepto estructurante, es el anclaje de nuevos conocimientos y reestructura los conocimientos previos. Desde esta perspectiva podríamos decir que *“es un concepto que, en su construcción, modifica el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformando, incluso, los conocimientos anteriores”* (Gagliardi, 1986, pág. 31). Además, se trata de un concepto recurrente en el currículo de Ciencias, en la enseñanza general básica y enseñanza media de nuestro país. Cabría suponer, entonces, que el concepto logra ser aprendido por los estudiantes. Sin embargo, es “difícil de enseñar y aprender” (Sepúlveda, 2017), principalmente porque se enseña de forma disociada, sin ser articulado en una visión integral (Flores, 2000).

Desde la investigación educativa se han encontrado obstáculos que son recurrentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por una parte, la enseñanza de la célula desde una visión antropocéntrica (Mengascini, 2006) y por otra, los textos escolares, tanto ministeriales como privados utilizados como material de apoyo, no presentan una contextualización en el contenido de la célula, ni se problematizan fenómenos relacionados con ella. Además, hay una excesiva utilización de tecnicismos que carecen de sinónimos en el lenguaje coloquial, por lo tanto, no permiten que los estudiantes analicen, discutan y

generen explicaciones, lo que dificulta el desarrollo de habilidades tales como el pensamiento científico (Medina & Quiroz, 2017).

Por todo lo anteriormente expuesto, la conceptualización en el aprendizaje de las Ciencias es

“producto de todo un proceso dialéctico basado en el descubrimiento, en la búsqueda de nueva información; es una construcción colectiva que parte de la formulación de una pregunta, la cual sintetiza un problema de la vida cotidiana” (Rivera Gómez, 2017, pág. 901),

Por lo tanto, desde esta perspectiva, es de suma importancia para los docentes conocer y comprender los procesos cognitivos involucrados en la conceptualización del conocimiento científico (Santamaría, 2012). Por otra parte,

“La célula es un concepto clave en la conceptualización del conocimiento biológico, es una entidad que determina la estructura y funcionamiento de todo el mundo vivo” (Rodríguez-Palmero & Moreira, 1999, pág. 121).

Debido a los antecedentes expuestos, se requiere investigar acerca de la enseñanza de la Biología Celular, recabar información con el propósito de analizarla desde sus fundamentos teóricos, epistemológicos y didácticos. La información obtenida permitirá desarrollar una investigación que contribuya a mejorar la enseñanza y la comprensión del concepto de Célula y la Biología Celular, además de la creación de nuevos conocimientos, de modo que esta investigación se proyecte hacia un metaanálisis de la didáctica en Biología Celular.

Cabe señalar que la búsqueda de publicaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular, es el punto de inicio de nuevas investigaciones. La relevancia de este estudio radica en el análisis, desde el pensamiento sistémico,

de las investigaciones desarrolladas desde el año 2000 hasta la actualidad, en los ámbitos didácticos y cognitivos acerca de un concepto fundamental para la comprensión de la Biología, cuya puesta en práctica en el aula escolar, propendan hacia un aprendizaje significativo en los estudiantes.

1.1. Preguntas de investigación

Las preguntas que guiarán el presente estudio son:

- ¿Qué se ha investigado acerca del proceso enseñanza-aprendizaje en la Biología Celular, a nivel escolar?
- ¿Cuáles son los aportes de las investigaciones analizadas, al aprendizaje significativo de la Biología Celular?

1.2. Objetivos de la Investigación

Procurar dar respuestas a las preguntas de investigación, supone establecer una serie de pasos que nos permitan delimitar la meta a alcanzar. Por lo tanto, a partir de los antecedentes expuestos, derivaron los siguientes objetivos de la investigación.

1.2.1 Objetivos Generales

El objetivo general que permitirá dar respuestas a las preguntas de investigación, es el siguiente:

- Analizar, desde el paradigma de la Complejidad, investigaciones en didáctica de la Biología Celular a nivel escolar, comprendidas entre los años 2000-2021 y sus aportes al aprendizaje significativo del concepto de Célula.

1.2.2. Objetivos Específicos

Con la finalidad de llevar a cabo los objetivos generales trazados, fue necesario plantear los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las revistas relacionadas con la Enseñanza de las Ciencias que abordan investigaciones en Didáctica de la Célula y la Biología Celular.
- Seleccionar artículos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular a nivel escolar primario y secundario, publicados entre los años 2000 al 2021.
- Sistematizar la información contenida en los objetivos, postura epistemológica, fundamentos metodológicos, resultados y conclusiones relevantes de los artículos seleccionados.
- Determinar el nivel de jerarquía de procesos cognitivos hacia el cual están dirigidas las investigaciones analizadas, mediante la Taxonomía de Bloom.
- Identificar los aportes de las publicaciones analizadas, al aprendizaje significativo de la Biología Celular.

Desde los objetivos generales y específicos enunciados, se realizó el diseño investigativo, siendo el punto de partida para definir la metodología a utilizar, los que serán descritos más adelante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Marco Epistemológico

“La Ciencia sin Epistemología, si es que puede ser considerada, es primitiva e informe”.

Albert Einstein

En términos etimológicos, el término “Epistemología” proviene del griego *episteme* que significa conocimiento y *logos* que significa teoría. Es así que el significado es teoría del conocimiento y corresponde a una rama de la Filosofía que se ocupa de todos los elementos que procuran la adquisición de conocimiento e investiga los fundamentos, límites, métodos y validez del mismo (Ceberio & Watzlawick, 2006). Podría definirse como:

“El conjunto de conocimientos exactos que condiciona las formas de entender e interpretar el mundo en determinadas épocas. Es el saber construido metodológicamente y racionalmente, en oposición a opiniones que carecen de fundamento, parte de la filosofía que estudia los fundamentos y los métodos del conocimiento científico” (RAE, 2022).

En las Ciencias Naturales, la definición de epistemología corresponde a la rama de la filosofía que intenta dilucidar y sistematizar problemas científicos-filosóficos en torno a las Ciencias Naturales, una reflexión crítica sobre la investigación científica y su producto: el Conocimiento, siendo la Ciencia de las Ciencias. Otros autores plantean que:

“la epistemología es aquella parte de la ciencia que tiene como objeto (no el único) hacer un recorrido por la historia del sujeto respecto a la construcción del conocimiento científico; es decir, la forma cómo éste ha objetivado, especializado y otorgado un status de cientificidad al mismo; pero a su vez, el reconocimiento que goza este tipo de conocimiento por

parte de la comunidad científica. Es aquella epistemología que estudia la génesis de las ciencias; que escudriña cómo el ser humano ha transformado o comprendido su entorno por la vía de métodos experimentales o hermenéuticos en el deseo o necesidad de explicar fenómenos en sus causas y en sus esencias” (Jaramillo, 2003, pág. 176).

Es así que el objetivo de la Epistemología es delimitar las condiciones en que es posible el conocimiento humano, juzgar su validez y sus alcances.

Por otra parte, la Epistemología puede ser vista como un observatorio crítico de un fenómeno o de la realidad y a la vez constituyente de ella, situada en un contexto cultural, social, económico, político y natural, dando lugar al surgimiento de un pensamiento ecologizante (Morin 1999; Ricci, 1999, citados en Jaramillo, 2003). Según Morin

“El conocimiento, por tanto, es construido a partir y en la relación dialógica entre el sujeto y el objeto..., por cuanto la relación sujeto-objeto no se resuelve en una síntesis que subsume al sujeto y al objeto, sino en una relación siempre presente, de diálogo entre sujeto cognoscente y objeto conocido (que puede ser otro sujeto) ambos ubicados en el contexto histórico-socialcósmico que da identidad a cada individualidad bioantropo-sociológica” (Morin, 1980, citado en Juárez & Comboni, 2012, pág. 40).

La presente investigación se sitúa en el paradigma de la Complejidad, ya que los procesos cognitivos como el aprendizaje se relacionan con el contexto socio-histórico-cultural, donde variables como la formación docente, las concepciones de los docentes y estudiantes, los procesos neuromadurativos, la integración de conocimientos, habilidades, y actitudes, los recursos didácticos empleados, y la transferencia de lo aprendido en el entorno educativo, medioambiental, social al ámbito de la vida, sinérgicamente, ejercen efecto en el individuo que aprende.

2.1.2. Paradigmas epistemológicos en las Ciencias a lo largo de la historia

La filosofía de la ciencia a través de la epistemología trata de definir la producción del conocimiento científico, sus formas de validación y sus límites. De allí surgen los paradigmas constituidos en su esencia por las creencias compartidas por una comunidad científica. A lo largo de la historia de la ciencia han surgido una variedad de paradigmas científicos tales como: el paradigma positivista, el fenomenológico o hermenéutico, el socio crítico, los que se explicarán con más detalle, a continuación.

2.1.2.1. Paradigma Positivista

Cuando se nombra el positivismo hoy en día, los filósofos se suelen referir más bien a la Escuela de Berlín y al famoso Círculo de Viena, con Reichenbach y Carnap al frente, respectivamente, antes que a Comte, que fue quien utilizó por primera vez el nombre de positivismo cuando escribió su Curso de filosofía positiva en el siglo XIX. Este positivismo lógico, que se asienta sobre factores epistémicos, hechos empíricos y razonamiento lógico, se desarrolló especialmente en los años treinta, aunque ha perdurado con fuerza por lo menos hasta finales de los años cincuenta y con diversas adiciones (neopositivismo) hasta finales del siglo XX, siendo Hempel y Nagel también nombres claves en esta línea de pensamiento. El gran proyecto del Círculo de Viena fue la elaboración de la Enciclopedia para la Ciencia Unificada, en el que la reducción de unas ciencias a otras era el objetivo fundamental. Según esta perspectiva, el progreso científico está ligado a procesos de reducción de teorías, destacando dos tipos; uno por el que una teoría científica suficientemente probada extiende su campo de acción a otros fenómenos que habían sido estudiados de manera diferente, reduciéndolos a sus propios términos y marco teórico, y otro que consiste en la inclusión en una teoría científica más amplia de otras que estaban bien establecidas y aceptadas en sus propios dominios. Los positivistas lógicos identifican la filosofía de la ciencia con la epistemología científica, o más propiamente reducen la primera a la segunda. En los años treinta Reichenbach

estableció explícitamente que la tarea a realizar por los epistemólogos era la reconstrucción lógica. Este filósofo distinguió también claramente entre el contexto de descubrimiento (ciencia privada) y el contexto de justificación (ciencia pública). Según Reichenbach, los filósofos de la ciencia no tienen por qué ocuparse de cómo se llega a producir el descubrimiento científico (su génesis), sino de los resultados finales de la investigación científica expresados en artículos o libros (hechos descubiertos, teorías elaboradas, métodos lógicos empleados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones derivadas de las teorías). Con esta distinción, los epistemólogos positivistas no se ocuparán de los procesos científicos reales, sino que elaborarán exclusivamente sus reconstrucciones lógicas. Desde esta perspectiva la filosofía de la ciencia se convierte en una metaciencia (una ciencia de la ciencia), concentrando su objeto de estudio exclusivamente en el conocimiento elaborado. Este reduccionismo de la ciencia al conocimiento puro, descuidando los aspectos prácticos de la actividad científica y tecnológica (y la actual tecnociencia) es otro de los numerosos aspectos por el que los positivistas lógicos han sido muy criticados (Hacking, 1983).

En la actualidad, desde un punto de vista global, la tradición positivista está superada y no goza de una aceptación mayoritaria, pero su conocimiento es necesario para comprender los debates que dieron lugar a nuevos puntos de vista epistemológicos sobre la naturaleza de la ciencia y también, desde la perspectiva educativa ya que la filosofía positivista aún continúa vigente en las salas de clases, tanto en el pensamiento del profesorado de ciencias como en muchos libros de texto de uso habitual. Hacking (1996) caracteriza al positivismo por las siguientes ideas básicas:

- Hace hincapié en la verificación (o alguna variante como la falsabilidad).
- Cultiva en exceso la observación.
- Es contrario a la causalidad. No es necesario buscar causas en la naturaleza, tan sólo regularidades del tipo antecedente-consecuente.
- No da suficiente importancia a las explicaciones científicas.
- Es refractario a las entidades teóricas (antirrealismo).

- Se opone radicalmente a la metafísica, que se considera estéril para la ciencia porque está construida sin ningún correlato empírico, aplicando la navaja de Occam de manera tajante para descartar del pensamiento científico todo lo que recuerde a filosofía especulativa (empirismo antimetafísico).

Cuando nos referimos al positivismo lógico, habría que añadir a los rasgos positivistas anteriores la importancia concedida a la lógica, así como el interés por el significado y el análisis del lenguaje, sin embargo, estas nuevas características son ajenas a los primeros positivistas y también Van Fraassen, que compartió cinco de las ideas básicas señaladas por su contemporáneo, Hacking, alcanzando su máximo vigor en los años en que triunfaba el positivismo lógico (Van Fraassen, 1996).

El positivismo contempla a la ciencia como un intento de codificar y anticipar la experiencia y, más aún, considera que el método científico es el único intento válido de conocimiento, basado en los datos observacionales y las mediciones de magnitudes y sucesos. Así pues, una de las tesis básicas del positivismo lógico es el dogma de la unidad y universalidad del método científico. Se desarrollan teorías y leyes para correlacionar datos empíricos y, por lo tanto, la teoría verdadera es aquella mejor contrastada, la que se ajusta mejor a todos los datos observacionales, denominada teoría empíricamente adecuada. La verdad de la ciencia consiste en el mejor grado de bondad en ese ajuste, que determina la adecuación empírica de las teorías. En definitiva, sólo son creíbles aquellas proposiciones cuya verdad pueda establecerse por medio de observaciones. Además, el positivismo sostiene la existencia de un criterio radical de demarcación entre la ciencia y la no-ciencia, que sería la aplicación de dicho método científico único y universal, consistente en un conjunto de reglas objetivas y universales para el diseño de experimentos y la evaluación de teorías que aseguran el éxito y el progreso. Para los positivistas la ciencia progresa en la medida en que las teorías pueden predecir y explicar más que sus predecesoras. Suele defenderse como criterio de progreso científico que la teoría nueva

contenga a la vieja como caso límite y así permita retener sus éxitos (que tenga una mayor generalidad) y corregir sus errores. El concepto positivista de progreso científico, que resulta del cambio racional de teorías científicas (una teoría es reducida por otra que la sustituye), es acumulativo y se puede sintetizar en tres condiciones que debe cumplir la nueva teoría (Nagel, 1968):

- Toda explicación o predicción confirmada por la antigua teoría debe estar incluida en la nueva.
- Como ambas abarcan los mismos temas, las dos teorías serán conmensurables.
- Conclusiones empíricas no incluidas en la precedente (se habla de progreso si y sólo si existen nuevas leyes que describen correctamente fenómenos no explicados anteriormente). Tiene que evitar las consecuencias falsas de la teoría antecedente (condición fuerte).

Como hace notar Hacking, a comienzos de la década de los sesenta, la mayoría de los filósofos anglosajones estaban más o menos de acuerdo con las ideas de Nagel, pero pronto surgirían Kuhn y Feyerabend y la tesis de inconmensurabilidad entre teorías: la nueva teoría puede acabar reemplazando los temas, conceptos y problemas que abordaba la teoría antigua. Seguramente por influjo de las contundentes críticas recibidas, sobre todo a partir de los años sesenta, el positivismo ha suavizado posteriormente sus posiciones más duras, en particular las que se refieren a la objetividad y precedencia absoluta de los datos empíricos, así como la defensa a ultranza de las observaciones, hasta admitir la existencia de una cierta continuidad entre observaciones y teoría, pero manteniendo siempre lo observacional como algo más seguro y previo a lo teórico (Hacking, 1983). Ciertos neopositivistas llegan a admitir algunas de las tesis relativistas más débiles sobre las teorías, tales como la inducción pesimista de la historia (cualquier teoría será superada por otra teoría, luego se puede presumir falsa aunque no lo sepamos todavía) y la carga teórica inherente a toda observación (cualquier protocolo observacional presupone algún supuesto de

teoría). El positivismo pasa por ser la posición más infalibilista, pero con matices que van desde el radicalismo de aceptar sin límites el principio de inducción (inductivismo ingenuo), cuya demostración no fue capaz de resolver Carnap, hasta neopositivistas que aceptan el principio de Hume (ningún enunciado universal puede deducirse de un conjunto finito de casos favorables). El positivismo cree en la posibilidad de contrastar hipótesis aisladas, en contra de la tesis holista de Duhem-Quine que sostiene que una teoría científica concreta no puede ser sometida a contrastación empírica de forma aislada; la puesta a prueba de una teoría siempre depende de otras teorías e hipótesis (Laudan, 1990). que afirma la imposibilidad de deducir la falsedad de ningún elemento aislado de una red de enunciados, ni siquiera a partir de la falsedad del todo, ya que, en una contrastación, las hipótesis nunca se enfrentan aisladamente con la experiencia, sino como una parte de agrupaciones mayores que suponen otras hipótesis, condiciones iniciales, de contorno, etc. Por último, para los positivistas, el cambio y el progreso científico se alcanzan aplicando las reglas codificadas de la ciencia y, en consecuencias, ambos están por encima de cualquier consideración particular o interesada. De aquí concluyen que la ciencia es el único camino para el conocimiento válido (reduccionismo cientifista); esto es, el conocimiento científico es el único válido, objetivo y verdadero.

2.1.2.2. Paradigma Fenomenológico, Interpretativo o Hermenéutico

La fenomenología es una corriente filosófica desarrollada por Edmund Husserl en la mitad del siglo XX. Está centrada en cómo los individuos comprenden los significados de las experiencias vividas. Surge como contraposición al naturalismo, es un análisis de los fenómenos o experiencias significativas que se le muestran a la conciencia. Se aleja del conocimiento del objeto en sí mismo desligado de una experiencia, para comprender que el fenómeno es parte de un todo significativo y no hay posibilidad de analizarlo sin el abordaje holístico en relación con la experiencia de la que forma parte. Heidegger sustentó que:

“la fenomenología pone énfasis en la ciencia de los fenómenos. Esta radica en permitir y percibir lo que se muestra, tal como se muestra a sí mismo y en cuanto se muestra por sí mismo; en consecuencia, es un fenómeno objetivo, por lo tanto, verdadero y a la vez científico” (Heidegger, 2006, pág. p. 99).

Presenta las siguientes características:

- Primacía de la conciencia subjetiva.
- Entendimiento de la conciencia como activa, concesión con sentido.
- Reivindicación de que hay estructuras esenciales en la conciencia de las que obtenemos conocimiento directo, mediante una cierta clase de reflexión.
- Profundiza en los diferentes motivos de los hechos. No busca la generalización, la realidad es dinámica e interactiva. Tienen en cuenta el comportamiento de los otros/as actuando consecuentemente desde una perspectiva holística.
- Los propios individuos construyen la acción interpretando y valorando la realidad en su conjunto de modo analítico-descriptivo. Desde el contexto se le da su significado pleno.

Además, la teoría constituye una reflexión en y desde la praxis, conformando a realidad de hechos observables y externos, por significados e interpretaciones elaboradas del propio sujeto, a través de una interacción con los demás dentro de la globalidad de un contexto determinado. Se hace énfasis en la comprensión de los procesos desde las propias creencias, valores y reflexiones (Ricoy, 2006). Comprende la realidad como dinámica y diversa, su propósito es hacer una negación de las nociones científicas de explicación, predicción y control del paradigma positivista, por las nociones de comprensión, significación y acción. Sus características fundamentales son:

- Su orientación es al "descubrimiento".
- Busca la interconexión de los elementos que pueden estar influyendo en algo que resulte de determinada manera.
- No es fundamental el establecimiento de generalizaciones o leyes ni la ampliación del conocimiento teórico, aspira al descubrimiento y comprensión de los fenómenos en condiciones naturales, buscando la mayor complejidad y el carácter inacabado de los fenómenos sociales.

A diferencia del Positivismo, que estudia los fenómenos según lo observable y procesa la información con técnicas cuantitativas, este paradigma dirige su atención a los aspectos no observables ni cuantificables, desde las particularidades y contextos (Barrero, Bohórquez, & Mejía, 2011).

2.1.2.3. Paradigma Sociocrítico

Es considerado como una unidad dialéctica entre lo teórico y lo práctico. Nace de una crítica a la racionalidad instrumental y técnica preconizada por el paradigma positivista y plantea la necesidad de una racionalidad substantiva que incluya los juicios, los valores y los intereses de la sociedad, así como su compromiso para la transformación desde su interior. Fue la escuela de Frankfurt (Horkheimer, Adorno, Habermas), según lo reporta Boladeras (1996) la que desarrolló un concepto de teoría que tenía como objetivo fundamental la emancipación del ser humano. Esta concepción teórica es la que se conoce como Teoría Crítica.

El paradigma sociocrítico se fundamenta en la crítica social con un marcado carácter autorreflexivo; considera que el conocimiento se construye siempre por intereses que parten de las necesidades de los grupos; pretende la autonomía racional y liberadora del ser humano; y se consigue mediante la capacitación de los sujetos para la participación y transformación social. Utiliza la autorreflexión y el conocimiento interno y personalizado para que cada quien tome conciencia del rol que le corresponde dentro del grupo; para ello se propone la crítica ideológica y la aplicación de procedimientos del psicoanálisis que posibilitan la comprensión

de la situación de cada individuo, descubriendo sus intereses a través de la crítica. El conocimiento se desarrolla mediante un proceso de construcción y reconstrucción sucesiva de la teoría y la práctica. Algunos de los principios del paradigma son: (a) conocer y comprender la realidad como praxis; (b) unir teoría y práctica, integrando conocimiento, acción y valores; (c) orientar el conocimiento hacia la emancipación y liberación del ser humano; y (d) proponer la integración de todos los participantes, incluyendo al investigador, en procesos de autorreflexión y de toma de decisiones consensuadas, las cuales se asumen de manera corresponsable (Popkewitz, 1988).

Toda comunidad se puede considerar como escenario importante para el trabajo social asumiendo que es en ella donde se dinamizan los procesos de participación. Se sostiene que la respuesta más concreta a la búsqueda de soluciones está en establecer acciones a nivel de la comunidad con una incidencia plurifactorial y multidisciplinaria, es decir, de todas las organizaciones políticas y de masas, además de todos los representantes de las instituciones de cada esfera de conocimiento, no sólo para resolver problemas, sino para construir la visión de futuro que contribuirá a elevar la calidad de vida de esas personas o la calidad del desempeño de ellas en el ámbito de su acción particular, ya sea el educativo, el político, social, el general u otro. El conocimiento nunca es producto de individuos o grupos humanos con preocupaciones alejadas de la cotidianidad; por el contrario, se constituye siempre en base a intereses que han ido desarrollándose a partir de las necesidades naturales de la especie humana y que han sido configurados por las condiciones históricas y sociales (Habermas, 1986).

La Teoría Crítica

Una teoría crítica es producto de un proceso de crítica; es el resultado de un proceso llevado a cabo por un grupo cuya preocupación sea la de denunciar contradicciones en la racionalidad o en la justicia de los actores sociales a fin implementar las acciones para transformarse hacia el bien común de la organización social. Carr y Kemmis sostienen que:

“...la ciencia social crítica intenta analizar los procesos sociales e históricos que influyen sobre la formación de nuestras ideas sobre el mundo social (por ejemplo, el papel del lenguaje en el modelado de nuestro pensamiento, o el de los factores económicos o culturales en el modelado de nuestras circunstancias)” (Carr & Kemmis, 1988, p. 368).

Habermas (1994) distingue las funciones mediadoras de la relación entre lo teórico y lo práctico en la ciencia social crítica, a través de dos dimensiones: una instrumental y una comunicativa. La primera comprende lo teleológico–estratégico y promueve un tipo de interacción social basado en intereses comunes y en un adecuado cálculo de las posibilidades de éxito. La segunda promueve una interacción basada en procesos cooperativos de interpretación para que los individuos afectados por una situación común realicen una comprensión compartida de la misma y generen el consenso entre ellos con el fin de alcanzar soluciones satisfactorias para el grupo. La primera dimensión de interacción requiere de pocos puntos en común entre los participantes, sentados en torno a los medios para lograr el objetivo deseado; la segunda dimensión requiere compartir significados y valoraciones para que el entendimiento sea posible, ello presupone un cierto grado de comunidad en el mundo de la vida. Habermas parte del concepto de acción comunicativa porque él cree que es centralmente constitutivo de la sociedad humana; por ello trata, a partir de dicho concepto, de reconstruir una filosofía de la racionalidad. Para este autor la razón es una trama discursiva que articula las acciones de los individuos. Éstos pueden comprenderse porque comparten un mismo mundo simbólico que garantiza el que se otorgue validez al proceso dialógico. Es el mundo de la vida el que garantiza que los individuos de una misma sociedad compartan esos elementos simbólicos que hacen posible la cooperación y el entendimiento (Boladeras, 1996). Pero el concepto de acción comunicativa es, además, eminentemente crítico, pues las posibilidades ideales que el concepto plantea desenmascaran el carácter mutilado de la comunicación vigente en la sociedad contemporánea.

2.1.3. Estatus Epistemológico de la Biología

En su último libro, *Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica* (2006), Mayr hace hincapié en el hecho de que la existencia de la Biología, como Ciencia, fue ignorada a pesar de los desarrollos de los estudiosos del mundo viviente durante los siglos XVII y XVIII, tanto en el campo de la Medicina, como de la Historia Natural. Incluso, habiéndose establecido las ramas de la Biología: funcional y evolutiva, entre 1828, y 1866.

“La Biología era todavía en buena parte pasada por alto por filósofos de la Ciencia, desde Carnap, Hempel, y Popper, hasta Kuhn” (Mayr, 2006: 42).

Ello, según este autor, debido a la falta de formación en Biología de los filósofos de la Ciencia. Dadas las características de los fenómenos vivientes, como la variación, o los hechos fortuitos, la Biología no se identifica con los referentes propios de las ciencias llamadas físicas, que son las que han orientado los referentes filosóficos tales como el esencialismo (tipología), y el determinismo. Ante el problema fundamental de la Biología referente a qué caracteriza a un organismo vivo, hasta mediados del siglo XIX, predominó la tensión entre dos corrientes de pensamiento: la corriente Mecanicista y la Vitalista, presentándose una oscilación permanente entre ellas (Blandino, 1964; Canguilhem, 1976). Las doctrinas posteriores corresponden a corrientes intermedias, dentro de las cuales se encuentran el materialismo dialéctico, las concepciones mnemónicas, el emergentismo, el organicismo y el determinismo de fenómenos biológicos en ausencia de casualismo (Blandino, 1964). Actualmente, la perspectiva dominante corresponde al Organicismo y al Enfoque Sistémico.

Según Canguilhem (1976), las principales diferencias entre el Vitalismo y el Mecanicismo han sido los relacionados con:

- La sucesión de formas (discontinuidad-continuidad).
- El desarrollo del ser (preformismo-epigénesis).
- La individualidad (atomicidad-totalidad).

De igual forma, en el estudio de los fenómenos vivientes, han existido tensiones entre el determinismo y el no determinismo, y entre casualismo y no casualismo. El determinismo implica que los fenómenos biológicos están prefijados de una manera necesaria por las circunstancias o condiciones en que se produce, y, por consiguiente, ninguno de los actos de nuestra voluntad es libre, sino que, necesariamente preestablecido. Según Blandino (1964), estos problemas tienen un trasfondo filosófico y, por una parte, relacionados con la existencia o no existencia de una *psique* inmaterial y libre (que si existiera, algunas actividades no serían deterministas), y por otra parte, con la necesidad de una inteligencia ordenadora (como sustento de la no casualidad) para hacer posible la realización de procesos biológicos (regularidad, coordinación de fenómenos) que puede obedecer a una concepción teísta o en su lugar, ser inmanente de la materia.

2.1.3.1 El Mecanicismo

Desde la perspectiva mecanicista, un ser vivo no se diferencia de la materia inanimada, y los principios biológicos a nivel molecular, pueden ser explicados mediante principios físicos y químicos, sin la existencia de componentes metafísicos (Mayr, 1998). En otros términos, lo biológico se reduce a fenómenos físicos y químicos, sin necesidad de recurrir a principios vitales. Por otra parte, para explicar los fenómenos de la vida es suficiente con el conocimiento de las leyes que se observan en la naturaleza inorgánica. Los seres vivos son considerados como máquinas.

En el desarrollo de esta tendencia se distinguen los mecanicistas teístas (con destacados representantes como Descartes), que conciben que el organismo es

una máquina construida por Dios; y los mecanicistas ateos, que asumen al organismo como una máquina formada por la casualidad o bien, por la casualidad y la selección (Blandino, 1964). El mecanicismo no es finalista. En palabras de Canguilhem:

“como la construcción de la máquina no es una función de la máquina, el mecanismo biológico, si es el olvido de la finalidad, no es por lo mismo la eliminación radical” (Canguilhem, 1976, p.22).

El mecanicismo moderno, reduce el fenómeno biológico, únicamente a fenómenos físicos y químicos. Dicho pensamiento se identifica con el determinismo material y con el casualismo (Blandino, 1964).

Durante los siglos XVI y XVII, la visión de mundo medieval, teísta y aristotélica, cambia debido a los descubrimientos gestados en la revolución científica de la Física, la Astronomía y las Matemáticas (con representantes tan relevantes como Copérnico, Galileo, Descartes, Bacon y Newton). Se producen entonces dinámicas pendulares que oscilan desde la concepción de universo orgánico, viviente y espiritual, hasta la concepción del mundo como máquina (Capra, 2009).

La mecánica es considerada como la ciencia por excelencia debido a su claridad. Los grandes desarrollos de esta época obedecen a las importantes innovaciones en el método experimental que implicaba observación sistemática y provocada de los fenómenos naturales, e individualización de los factores que influyen en fenómenos mediante la selección y aislamiento de las condiciones (Blandino, 1964). En la lógica mecanicista, la ley debe ser llevada al lenguaje matemático de una forma exacta, identificándose con la concepción determinista de los fenómenos naturales (Serrano, 1985). Los desarrollos científicos del Renacimiento acarrearón importantes implicaciones en la forma de ver el mundo y de investigar. Es así como los trabajos de Galileo conllevaron a restricciones, resultando únicamente importante la medición y la cantidad, excluyendo la cualidad del trabajo en Ciencias. Por su parte, el método de pensamiento

analítico de Descartes conllevó a buscar la comprensión del funcionamiento del todo, únicamente desde las propiedades de las partes. Además, la naturaleza se dividió en dos reinos independientes: la mente y la materia. En el ámbito biológico, el mayor logro fue el modelo mecanicista de Descartes aplicado por William Harvey al fenómeno de la circulación sanguínea (Capra, 2009).

En el siglo XVIII ocurre un cambio significativo de la perspectiva mecanicista de la Biología, cuando Antoine Lavoisier define a la respiración como una oxidación, reconociendo la importancia de los fenómenos químicos en los procesos biológicos y no exclusivamente a los fenómenos mecánicos, aunque, siguiendo con la idea cartesiana, a los animales se les continuó viendo como máquinas, pero incluyendo procesos químicos para su funcionamiento.

Posteriormente, el mecanicismo encuentra en el movimiento romántico un importante oponente con Goethe, como figura central, quien fue uno de los primeros en utilizar el término morfología para el estudio de la forma biológica. Goethe admiró el orden en movimiento y concibió la forma como un patrón de relaciones al interior de un todo organizado. Los artistas románticos pusieron énfasis en la comprensión cualitativa de los patrones o pautas. Por su parte, Immanuel Kant en su libro “Crítica de la razón pura”, argumentó a propósito de la naturaleza de los seres vivos, que los organismos, a diferencia de las máquinas, son autorreproductores y autoorganizadores (Kant, 2020). Un importante aporte del destacado filósofo es que *“en un organismo, las partes existen además por medio de las otras, en el sentido de producirse entre sí”* (Capra, 2009, pág. 41), lo que implica que se concibe al organismo como un ser organizado y autoorganizador. Cabe destacar que este pensamiento fue retomado en el siglo XX como elemento importante en la construcción del pensamiento sistémico.

El movimiento romántico influyó en los estudios biológicos. Así, a finales del XVIII e inicios del XIX, el primordial objetivo de las investigaciones se focalizó en la forma, dejando en el plano secundario lo material. Posteriormente, en la segunda mitad del siglo XIX, se fortaleció el mecanicismo en la Biología (Capra, 2009). Los notables descubrimientos y el perfeccionamiento del microscopio

desencadenaron una serie de avances como la teoría celular, la evolución, los principios de la Embriología moderna, los desarrollos en Microbiología y la postulación de las leyes de la herencia. Estos hechos afianzaron las bases físicas y químicas de la Biología, llegando incluso a tener como dogma la concepción mecanicista.

No obstante, a pesar de los grandes desarrollos de la Biología desde el paradigma mecanicista del siglo XIX, se presentó un fuerte elemento contradictor, representado en las limitaciones para explicar desde este enfoque el desarrollo embrionario, y la diferenciación celular. Ante la búsqueda de solución del problema, se retomaron posiciones vitalistas y se desarrolló un nuevo paradigma: el organicismo.

2.1.3.2. El Vitalismo

El vitalismo niega la reductibilidad de la vida a meros fenómenos físicos y químicos, es decir, los fenómenos biológicos difieren en sus características, de los fenómenos no biológicos. El enfoque vitalista insiste en el finalismo de los órganos del ser viviente, los cuales se estructuran para hacer posible la vida. Esto, gracias a un principio vital, capaz de dirigir, organizar y coordinar todas las actividades del ser viviente, todos los fenómenos vivientes, lo cual implica una visión no casualista. Dicho principio ha recibido diferentes denominaciones, así, para Barthez era el principio vital, para Bichat la fuerza vital y para Aristóteles y Driesch la entelequia (Canguilhem, 1976). Desde la perspectiva vitalista, existe una unidad viviente producto de la coordinación que hace el principio vital sobre las partes, lo cual hace posible la vida:

“el primer argumento a favor de la unidad del viviente se deduce de la coordinación de las actividades de los distintos órganos para la vida del todo” (Blandino, 1964 p. 29).

El cuerpo no se puede formar de partes distanciadas entre sí, y la materia viva debe ser un continuo. La existencia de una fuerza vital es la que les asigna a los

seres vivos propiedades, tales como las adaptativas, que los diferencia de los inertes (Mayr, 1998). La naturaleza del principio vital varía. Así, en el vitalismo de Driesch (siglo XIX) es inmaterial e inespacial. Por su parte, en el vitalismo aristotélico-tomista es constitutivo, intrínseco del viviente, mas no es una sustancia que se adiciona a la materia para gobernarla, sino que hace parte del cuerpo y es llamado *“alma o psique, dirige de manera más o menos consciente todos los fenómenos biológicos, incluidos los vegetativos”* (Blandino, 1964, p. 22). Es único e indivisible en sí mismo, este principio “invade” todo el cuerpo viviente. Canguilhem afirma que el vitalismo es la expresión de la confianza del viviente en la vida, de la identidad de la vida consigo misma en el viviente humano, consciente de vivir, y a esto obedece la crítica de racionalistas y mecanicistas, quienes afirman que el carácter del vitalismo es de “nebulosidad”, de “vaporosidad”. En consecuencia, *“si el vitalismo es vago e informulado como una exigencia, el mecanicismo es estricto e imperioso como un método”* (Canguilhem, 1976, p.79). Esta visión carecía de una metodología para ponerse a prueba. Ulteriormente la genética y el darwinismo aportaron interpretaciones válidas de los fenómenos que según los vitalistas sólo se podían explicar por la intervención de una sustancia o fuerza vital (Mayr, 1998). Aristóteles planteaba que la forma era inmanente en la materia y viceversa. Además, que la naturaleza esencial de todas las cosas estaba en la materia, sólo de forma potencial, así, la forma convierte en real la esencia.

“El proceso de la autorrealización de la esencia en el fenómeno real fue denominado por Aristóteles entelequia” (Capra, 2009, p. 38).

Al respecto, Blandino resalta:

“La concepción aristotélica de la vida fue la primera doctrina biológica completa, elaborada por un hombre muy atento a la observación de los hechos y siempre ávido de probar sus propios asertos, sin limitarse a afirmarlos por simples motivos vagos” (Blandino, 1964, pág. 27).

La doctrina vitalista de Aristóteles es finalista y determinista ya que contempla que, en idénticas condiciones, siempre ocurre de igual manera; sin embargo, no es aplicable para fenómenos de la vida intelectual propios del hombre. Para el caso de plantas, la entelequia es material y no tiene conocimiento alguno, en los animales es inmaterial, dependiente intrínsecamente de la materia. Para la doctrina aristotélica el finalismo no es debido a la acción causalista creadora y ordenadora de Dios. En contraste, la doctrina tomista admite de forma más neta la espiritualidad del alma humana y concibe un finalismo en el cual Dios todo lo crea y ordena con causalidad eficiente (Blandino, 1964).

El vitalismo de los siglos XVII y XVIII se identifica con el animismo de Stahl, al asignarle al alma (que posee los atributos de la inteligencia) la propiedad de dar vida al cuerpo animal, siendo así alma y cuerpo, ontológicamente, diferentes (Canguilhem, 1976).

El principal vitalista del Renacimiento fue Stahl, para él, el principio vital es el alma racional, la cual influye sobre la materia, construye cuerpo y guía su actividad. A diferencia de Aristóteles, concibe el alma como sustancia completa diferente del cuerpo (concebido este como un aglomerado de sustancias completas). El principio vital es externo al cuerpo y hace posible que mantenga su composición (Blandino, 1964). Canguilhem (1976) señala que aún en los siglos XVIII y XIX perduraban enfoques vitalistas, como fue el caso de F. Wolf, fundador de la Embriología moderna. También Schwann, creador de las leyes generales de formación celular en 1838, aunque mecanicista, mostraba ciertos puntos a favor de las concepciones antimecanicistas. Creía en la existencia de un blastema formador en el que aparecían secundariamente las células y no tan sólo a partir de un mosaico de células. Aún en los primeros decenios del siglo XIX prevalecieron las tendencias vitalistas (heredadas del epigenismo del siglo XVIII).

Al respecto, Blandino (1964) recoge los siguientes argumentos:

- El finalismo y el orden en los organismos vivos son inexplicables en ausencia de un especial principio vital.
- La generación espontánea.
- La cantidad insignificante de materia, constituyente del semen resulta insuficiente para explicar el nacimiento del organismo.
- La uniformidad de los fenómenos vitales.
- Sólo en los vivientes hay compuestos ternarios y cuaternarios (con 3 o 4 tipos de átomos), en comparación con el mundo inorgánico con componentes químicos únicamente binarios. No obstante, este último argumento se debilitó con las primeras síntesis orgánicas en laboratorio (por ejemplo, en 1828 Wöhler sintetizó urea, a partir del isocianato de amonio).

En el siglo XIX repuntó el vitalismo como una búsqueda de respuestas a las limitaciones del mecanicismo de la época, como no poder explicar la diferenciación celular. Se planteó como directora del proceso de organización alguna entidad no física, alguna fuerza o campo que se suma a las leyes físicas y químicas y que es necesaria para la comprensión de la vida. Sin embargo, al igual que en el mecanicismo, la perspectiva vitalista de esta época aceptaba la división cartesiana entre cuerpo y mente. Capra (2000) destaca el experimento de inicios del siglo XIX, realizado por el embriólogo Hans Driesch, consistente en la obtención de adultos (más pequeños que los comunes) de erizos de mar, a partir de embriones a los que se les había extirpado una célula del temprano estadio bicelular, o tetracelular. De esta manera, demostró que los huevos de erizo marino eran capaces de lograr lo que ninguna máquina era capaz: la regeneración de entes completos desde sus partes. Pese a esto, la explicación que dio Driesch al fenómeno fue la propiedad asignada por una entelequia como entidad separada que actúa sobre el sistema físico sin ser parte del mismo. Comte, Büchner, Haeckel y Weismann, entre otros, fueron importantes opositores del vitalismo. Arguyeron que la existencia de una fuerza vital implica

actuar violando el determinismo de las leyes físicas, introduciendo nueva energía (contrario a la ley de la conservación de la materia) (Blandino, 1964).

Cabe destacar que el sobresaliente e influyente fisiólogo Claude Bernard (1813-1878) se opuso tanto al vitalismo como al mecanicismo; con base en datos experimentales, se afianzó decididamente el finalismo y el determinismo de los fenómenos biológicos (Canguilhem, 1976). Un hecho importante que se utilizó en contra del vitalismo fue el experimento de Spemann, quien logró obtener un organismo quimera mediante el trasplante de tejido sobre tejido de jóvenes embriones de tritones de diferente especie. Ante este resultado surgió la pregunta sobre cuál es el principio que dirige la cooperación entre las dos especies.

Ya en el último cuarto del siglo XX, Monod, al referirse al origen de *“fuerza organizadora”* que determina el aparato teleonómico, presenta dos perspectivas: la del vitalismo metafísico y la del vitalismo cientista. En los dos casos opera únicamente en el seno de la biosfera, de la materia viviente. Para el metafísico la vida constituye un “impulso”, una “corriente” radicalmente diferente de la materia inanimada (Monod, 1985). Para el cientista, las propiedades como la invariancia, la teleonomía de los seres vivos, no se deben completamente a fuerzas físicas y las interacciones químicas propias de los sistemas no vivientes. En cualquier caso, asigna al azar la causa de la estructuración del aparato teleonómico, azar que posibilita las perturbaciones. Según los planteamientos de Canguilhem, tanto la perspectiva mecanicista como la vitalista son antropomórficas ya que, en los dos casos, están *“inconscientemente cargados de un importe pragmático y técnico propiamente humano”* (Canguilhem, 1976, pág. 22).

2.1.3.3. El Organicismo

También llamado paradigma Holístico o Ecológico, en el organicismo, los fenómenos vitales tienden a estar muy coordinados, de tal forma que para expresar lo que es normal en un organismo el mecanicismo no da respuesta ya que, si bien es cierto, se dan procesos físico-químicos a nivel molecular, estos

mecanismos no responden en los niveles superiores de integración (Mayr, 1998). Como lo señala Capra (2000), dicho cambio implica revoluciones científicas e importantes movimientos pendulares. Es evidente la tensión entre el mecanicismo y el holismo, mientras que en el primero el énfasis se hace en las partes, en la sustancia (materia, estructura, cantidad), en el paradigma holístico se pone acento en el todo, en la forma (patrón, orden, cualidad). La Física Cuántica, al plantear que el mundo no se puede descomponer en unidades elementales, contribuyó significativamente al florecimiento de cambios paradigmáticos. Fue aún más impactante para la Física Cuántica que para la Biología la concepción de la constitución de los sistemas como totalidades. Desde Newton se pensaba que todo fenómeno físico se reducía a propiedades de partículas materiales. En los años veinte este pensamiento se replanteó a nivel subatómico mediante el establecimiento de probabilidades, ya no de cosas, sino de interconexiones entre varios procesos de observación y de medición. Así, para la Física Cuántica el objeto de estudio no son las cosas sino las interconexiones (Schrödinger, 2001). Con estos hallazgos se plantea que el colapso del mecanicismo cartesiano, luego de tres siglos de dominio, obedeció a los aportes de la Física Cuántica, probablemente contribuyendo a dar lugar a la Biología Organicista (Capra, 2009).

La perspectiva organicista plantea que el conjunto está determinado por las interrelaciones que se alternan, o se superponen, o se combinan. Dichas interrelaciones, expresadas en términos de probabilidades, están determinadas por la dinámica del sistema. Una característica clave del organicismo es la emergencia, según Mayr

“en todo sistema estructurado, en los niveles superiores emergen nuevas propiedades que no se habían podido predecir por muy bien que se conocieran los componentes del nivel inferior” (Mayr, 1998, pág. 34).

Desde la perspectiva organicista, un organismo vivo constituye un sistema ordenado jerárquicamente, con numerosas propiedades emergentes nunca

observadas en la materia inanimada, sus actividades están programadas genéticamente lo que implica que la información con que cuenta ha sido adquirida a lo largo del tiempo.

En el siglo XX se produce un desplazamiento del concepto de función (propio del mecanicismo), al concepto de organización. En la exploración que hizo Ross Harrison del concepto de organización, a comienzos de siglo, identificó los aspectos configuración y relación que subsiguientemente se unificaron en el concepto de patrón o pauta (configuración de relaciones ordenadas). Por su parte Joseph Woodger, en su libro “Los Principios Biológicos: Un Estudio Crítico”, afirma que los organismos pueden ser descritos como la complementación entre sus elementos químicos y sus relaciones organizadoras (Woodger, 2000). Woodger y muchos organicistas resaltaron que, una característica clave de la organización de los organismos vivos es su naturaleza jerárquica, y que en los seres vivos se construyen estructuras multiniveles, en las que existen sistemas dentro de sistemas, de forma que, el todo superior es el sistema que está conformado por subsistemas, relacionados entre sí a manera de red, entendiendo el sistema como

“un todo integrado cuyas propiedades esenciales surgen de las relaciones entre sus partes” (Capra, 2009, pág. 47).

Es así que, el carácter jerárquico del organismo no se sustenta en una estratificación donde unos dominan a otros, sino que diferentes niveles de complejidad, donde en cierto nivel surgen propiedades que estaban ausentes en niveles de menor complejidad. A esta propiedad se le ha denominado emergente. Por lo tanto, las características exclusivas de los organismos provienen de su organización. El organicismo pone acento en las características de los sistemas más complejos y organizados, en la historia evolutiva de los programas genéticos de los organismos.

“Los todos están tan relacionados con sus partes que no sólo la existencia del todo depende de la cooperación ordenada y la interdependencia de sus partes, sino que el todo ejerce además cierto grado de control determinista sobre sus partes” (Rittler y Bailey, 1928; citado por Mayr 1998, pág 25).

En conclusión, un sistema como el organismo no se puede explicar por completo describiendo las propiedades de sus partes aisladas; el funcionamiento del primero depende de la organización, las interacciones e interdependencias de las segundas (Mayr, 1998). El concepto de organización ha sido refinado hasta el de autoorganización en la teoría contemporánea de los sistemas vivos. (Afanador & Mosquera, 2016)

2.1.3.4. Perspectiva Sistémica

En los años ochenta, el desarrollo de las matemáticas de la complejidad contribuyó al surgimiento del concepto denominado autoorganización, a partir de elementos de la Teoría General de los Sistemas. Un concepto clave para comprender la autoorganización, es el de patrón de organización.

A lo largo del desarrollo de la historia de la ciencia, los estudios de la vida y naturaleza se han centrado en la tensión entre la sustancia y la forma (el patrón), siendo la sustancia, la preocupación dominante. Así, desde los enfoques vitalista y mecanicista se enfatizó en averiguar la composición, las cantidades, la distribución, en sí, a la sustancia, dejando de lado la forma.

Es tan solo en el siglo XX cuando resurge con fuerza el estudio del patrón (forma) como aspecto esencial para la comprensión de la vida. Es entonces, la perspectiva organicista la que centra su interés en la forma.

“Si bien es cierto que todos los organismos vivos están hechos en última instancia de átomos y moléculas, son “algo más” que átomos y moléculas. Existe algo más en la vida, algo inmaterial e irreducible: el patrón de organización” (Capra, 2000, pág 98).

Investigar el patrón demanda estudiar una configuración de relaciones. Para este autor, el patrón de organización es la configuración de relaciones. Características de un determinado sistema. El patrón de organización de los seres vivos corresponde a los sistemas autoorganizadores y se caracteriza porque:

- Sus elementos se relacionan de forma no lineal, con lo cual posee una configuración de red, con conformación de bucles de retroalimentación.
- Tiene capacidad de autoorganizarse y autorregularse.
- Se describe mediante ecuaciones no lineales.
- Se da en sistemas abiertos alejados del equilibrio.
- Implica la emergencia espontánea de nuevas estructuras y nuevos modos de comportamiento.

Capra (2000) resalta que la termodinámica clásica conduce a estructuras en equilibrio como por ejemplo la de los cristales, sin embargo, ese no es el caso de los sistemas vivientes. En los años setenta, Ilya Prigogine (creador de la teoría de la autorregulación), desarrolló una nueva termodinámica caracterizada por ser no lineal y explicar fenómenos de autoorganización de sistemas abiertos lejos del equilibrio que conllevan a la emergencia de estructuras disipativas. En la termodinámica de Prigogine, al contrario de la clásica, la energía disipativa es fuente de orden.

Por su parte, Laborit (1970) plantea que los organismos, para mantener su estructura compleja (entendida como el conjunto de relaciones), sin llegar al estado de desorden desde el punto de vista termodinámico, necesitan un aporte constante de energía química y una gran cantidad de regulaciones cibernéticas. De tal manera que los sistemas vivientes han desarrollado una capacidad metabólica que les permite que la energía que adquieren del exterior fluya en su interior principalmente en forma química a través de reacciones de oxidorreducción, de fosforilación y desfosforilación. En el organismo, los procesos anabólicos son dependientes de los catabólicos y viceversa. Se

establece entonces, una red de procesos metabólicos que están regulados fisiológicamente a nivel de las reacciones por demanda de ATP¹ y cibernéticamente a escala del individuo (para el caso de animales mediante los sistemas endocrino y nervioso). La emergencia de nuevas estructuras disipativas, resulta de las inestabilidades y a su vez pueden evolucionar al aumentar el flujo de materia y energía que generen nuevas inestabilidades. Al respecto, Capra (2000) destaca que el flujo de energía es exterior al sistema, y las inestabilidades y emergencias de nuevas formas de organización ocurren a partir de fluctuaciones internas amplificadas por bucles de retroalimentación positiva. Son conocidas las estructuras disipativas descubiertas en los años setenta en los campos de la Física, la Química y la Bioquímica (p. ej. las células hexagonales [Bénard], los “relojes químicos” [Prigogine], los hiperciclos [Eigen]) y para el caso de los sistemas vivos ¿existe un patrón de organización característico?

Los chilenos Humberto Maturana y Fernando Varela idearon el concepto de organización circular que denominaron autopoiesis (creación de sí mismo) como patrón general de organización de los sistemas vivos (Maturana & Varela, 2003). Según Varela (2002), la autopoiesis se caracteriza porque:

- Los sistemas vivos se organizan en un proceso causal circular cerrado que permite el cambio evolutivo.
- Los componentes del sistema son producidos y mantenidos por el mismo sistema.
- La función de cada componente contribuye a su vez a formar y transformar otros constituyentes permitiendo de esta manera el mantenimiento de circularidad global de la red.

¹ ATP: Adenosín Trifosfato, la fuente de energía de los seres vivos.

- Constantemente, toda la red se hace a sí misma. La red es producida por los componentes y a la vez los produce, dicho proceso implica una autoorganización.
- La organización autopoietica implica la creación de un perímetro de referencia que define el territorio de las operaciones de la red y define el sistema como unidad.
- En el modelo se considera a la célula como el sistema autopoietico más simple.

Los creadores del modelo autopoietico lo catalogaron dentro de un enfoque mecanicista. No obstante, para Capra (2000) la autopoiesis no se corresponde con el mecanicismo cartesiano, sino con el pensamiento sistémico. Ello, teniendo en cuenta que la propuesta no se centra en las propiedades de los componentes, sino de los procesos y hace énfasis en las relaciones entre componentes y entre procesos. Además, Maturana y Varela diferencian organización (concebida como las interrelaciones entre componentes) y estructura, siendo su objeto la primera. Para García, tanto los entes sociales como los biológicos comparten características como

“una historia evolutiva, el ser sistemas abiertos en reorganización permanente, que mantienen su organización mediante la existencia de sistemas de regulación y de la disipación continua de la energía, la tendencia hacia sistemas de organización cada vez más complejos, etc.”
(García, 1998).

El pensamiento sistémico emergió simultáneamente, especialmente en los años veinte, con diferentes disciplinas, encabezando la Biología (la idea central del nuevo paradigma es la naturaleza de la vida), con el posterior enriquecimiento de la Psicología Gestalt y de la Ecología. El pensamiento sistémico hace hincapié

en los principios de organización, enmarca el algo en el contexto del todo, como *“la comprensión de un fenómeno en el contexto de un todo superior”* (Capra, 2000, pág. 47). De esta forma, las propiedades y comportamientos de las partes no determinan las del todo sino justamente lo contrario. Capra (2000) destaca como características del pensamiento sistémico:

- Las propiedades del sistema están referidas al todo. Esto implica que los sistemas biológicos (sean organismos, partes del organismo, o comunidades) corresponden a las totalidades integradas, y, además, al direccionar el sistema en elementos aislados se pierden las propiedades de los sistemas. Por otra parte, las propiedades del todo emergen de las relaciones organizadas entre las partes.
- El grado de complejidad es diferente según los niveles sistémicos que lo conformen. Así, en un nivel se dan propiedades que no se dan en niveles inferiores (por la emergencia).
- Las relaciones partes-todo son invertidas respecto al mecanicismo, *“las} propiedades de las partes no son propiedades intrínsecas y sólo pueden entenderse desde el contexto del todo mayor”* (Ibid: 57). Por tanto, el pensamiento sistémico es contextual, es decir, sólo se puede explicar desde el entorno.
- Las relaciones se expresan en términos de redes. Así, la realidad se percibe como una red de relaciones en la que no existen cimientos ni estratos, sino múltiples relaciones.
- Tal y como lo demostró la Física Cuántica, no hay partes en absoluto, la parte es un patrón dentro de una red de relaciones. Los objetos en sí mismos son redes de relaciones pertenecientes a redes mayores. Mientras en el mecanicismo lo relevante son las partes y las relaciones

entre ellas son secundarias, en el pensamiento sistémico lo prioritario son las relaciones.

Así, en la perspectiva sistémica las características de las partes están determinadas por el tipo de interrelaciones de las partes (subsistemas) del todo (el sistema). En la ciencia sistémica cada estructura se considera como la manifestación de procesos subyacentes, corresponde entonces a un pensamiento procesual, en contraste con la visión mecanicista que contempla estructuras fundamentales que interactúan mediante fuerzas y mecanismos generando así procesos. Tal y como lo expresa Laborit (1970), la estructura es el conjunto de relaciones entre elementos de un conjunto.

El pensamiento sistémico tiene importantes implicaciones en la epistemología de las Ciencias. A continuación, se mencionan las destacadas por Capra (2000):

- No preponderan unas ciencias sobre otras. Así, la Física deja de tener una supremacía, un nivel más fundamental dentro de las ciencias. De tal forma, la Biología, la Psicología, la Física, etc. pertenecen a diferentes niveles sistémicos, pero ninguno es más fundamental que otro.
- No existen concepciones de cimientos que soporten las estructuras científicas, sino más bien redes.
- Se afecta el concepto tradicional de la objetividad de las Ciencias (propia del paradigma cartesiano). Como lo mencionara Heisenberg *“Lo que observamos, no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de observación”* (Capra, 2009, pág. 61). En consecuencia, la identificación de patrones (como objetos) depende del observador y del proceso de conocimiento.
- Los conceptos y teorías son limitados y aproximados. *“La Ciencia nunca puede facilitar una comprensión completa y definitiva”* (Capra, 2009, pág. 61), debido a la existencia de múltiples relaciones, con lo cual resulta

imposible abordarlas en su totalidad. “Los científicos jamás pueden tratar con la verdad, en el sentido de una correspondencia precisa entre la descripción y el fenómeno descrito” (Ibid.: 61). En consecuencia, lo que hace la Ciencia es aproximarse a la realidad.

Según García, esta perspectiva es incompatible con las propuestas deterministas y reduccionistas. Para este autor, entre otros son conceptos sistémicos: los mecanismos de regulación y autoperpetuación de los organismos, los sistemas jerárquicos y los niveles de organización, la modelización referida a los sistemas y la teoría ecológica (García, 1998).

2.1.4. La Biología como ciencia autónoma

“No se puede concebir abismo más vasto ni absoluto que el que existe entre la célula viviente y el sistema no biológico más ordenado, tal como un cristal o un copo de nieve”

Michael Denton.

La Biología puede fundamentarse, a la luz de la dialéctica, en la intersección de cuatro Estatutos Estructurantes, a saber: (1) ontológico: indica la visión del mundo, de la naturaleza y del hombre que se tiene; (2) epistemológica: indica bajo qué leyes, modelos y teorías se puede explicar un fenómeno; (3) histórico-social: indica cómo se construye la Biología en el contexto histórico y social; y, (4) conceptual: red conceptual que permite establecer las bases del conocimiento de esta ciencia a través de temas y teorías que fundamentan la Biología (De Sousa, Figueiredo, & De Oliveira, 2021). Idea que se resume en la siguiente ilustración:



Ilustración 1: Representación de la Biología como ciencia autónoma. (Elaboración propia)

2.1.4.1. Institucionalización de la Biología como una ciencia autónoma

A diferencia de otras ciencias de la naturaleza, tales como la Física, Química, Astronomía o Geología, la Biología ha transitado por un proceso de institucionalización reciente. En los primeros años del siglo XIX, naturalistas como Gottfried Reinhold Treviranus y Jean-Baptiste Lamarck, propusieron denominarla con el nombre de Biología (Coleman, 1985). Sin embargo, ya en el año 1766, el término “biología” aparecía publicado en el tercer volumen de la obra de Michael Christian Hanow: *“Philosophiae naturalis sive Physicae dogmaticae: Geologia, biologia, phytologia generalis et dendrologia”* (Ben-Menhamen, 2009). Varias décadas del siglo XX y eventos trascendentales, hicieron de la Biología una disciplina con una epistemología propia (Jacob, 1999).

La razón por la que la biología fue institucionalizada se debe a su objeto de conocimiento, los “seres organizados”, componentes del universo material que no pueden ser explicados sólo desde las ciencias fisicoquímicas, puesto que constituyen un fenómeno particular e irreducible al enfoque mecanicista (Castro Moreno & Orlay Valbuena, 2018). Sin embargo, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, fenómenos biológicos en los ámbitos de la biología molecular y la fisiología, posibilitaron un nuevo acercamiento a estas disciplinas científicas.

2.1.4.2. Diferencia de la Biología con otras Ciencias

La Biología, como una disciplina científica, tuvo su consagración gracias a los acontecimientos que se describen a continuación:

- a) La complejidad de los sistemas vivos:** El reconocimiento de las propiedades emergentes, lo que posiciona su objeto de estudio desde una perspectiva holista, donde las propiedades y los modos de acción en un nivel de integración más alto no son explicables en forma exhaustiva por la adición de las propiedades y los modos de acción de sus componentes aislados. A diferencia de los sistemas físicos, la complejidad de los

sistemas biológicos otorga capacidades de replicación, reproducción, metabolismo, regulación, adaptación, crecimiento y organización jerárquica. A su vez, cada nivel de organización y de complejidad, presenta propiedades emergentes que lo constituyen como un sistema, en sí mismo. Según Morin

“como todo es causa y causante, ayudado y ayudante, mediato e inmediato, y como todo se mantiene por un vínculo natural e insensible a los más alejados y a los más diferentes, (...) [resulta] imposible conocer las partes sin conocer el todo y conocer el todo sin conocer particularmente las partes...” (Morin, 2002, pág. 92)

b) La Biología Funcional (Sincrónica) y la Biología Histórica (Diacrónica):

La Biología se caracteriza por las nociones de evolución y de desarrollo individual (dimensión diacrónica), y por las de organización (dimensión sincrónica). Por ejemplo, los problemas fisiológicos como la síntesis, liberación y actuación de ciertas hormonas, y la idea de especie como categoría que agrupa a organismos de características similares pertenecen a la Biología funcional o sincrónica. Por otro lado, el estudio del desarrollo filogenético (de un grupo de organismos) y ontogenético (desde la fecundación de un organismo –en el caso de reproducción sexual hasta su muerte) corresponde a la Biología evolutiva (Piaget, 1980). También llamada Biología Histórica (Mayr, 2006), esta rama de la Biología está integrada por disciplinas como la paleontología y la biogeografía. En este ámbito, la experimentación es limitada, sino nula, por lo que se utiliza un método heurístico denominado narrativa histórica. Las narraciones actúan a modo de argumentos tentativos que posteriormente son puestos a prueba en cuanto a su poder explicativo. La fisiología, en su intento de responder el “cómo” dio un paso desde lo cualitativo a lo cuantitativo. Posteriormente, interpretó cada función de

órgano o tejido como partes de un motor en perfecto ordenamiento y construcción. Finalmente, la experimentación y la matematización de los fenómenos acercó la dimensión sincrónica de la Biología a la Física y llevó a que la Biología fuese considerada una rama de las ciencias naturales (Bermúdez, 2015). Por otra parte, frente a la imposibilidad de falsear narraciones históricas, propició la crítica por parte del unionismo metodológico. En los siglos XVII y XVIII, la escuela empirista de Francis Bacon puso el acento en la justificación del conocimiento a partir de los datos suministrados por la experiencia sensible y trató de establecer un método científico (inductivo y riguroso) apoyado en los datos de esta experiencia, dando lugar al inductivismo. Posteriormente, en contraposición, el falsacionismo de Popper consideró que una teoría científica es rechazada por falsación cuando se encuentra un experimento crucial que la contradice, por lo que el progreso científico se produciría mediante el repetido derrocamiento por falsación de las teorías y su reemplazo temporal por otras más satisfactorias; es decir, por sucesivas conjeturas y refutaciones, razón por la cual la Biología Histórica no da lugar a la prueba de hipótesis, poniendo énfasis en analizar y precisar los rastros de la evidencia para que pueda ser identificada e interpretada con propiedad (Cleland, 2001).

c) El azar y la probabilidad:

En muchos casos de la Biología, las predicciones sólo pueden expresarse como probabilidades, mientras que las leyes de la Física son más bien deterministas. De hecho, el resultado de un proceso evolutivo es habitualmente producto de una interacción entre numerosos factores fortuitos. El probabilismo tiene relación con la multicausalidad; es decir, de las distintas causas de un fenómeno, algunas pueden depender del azar (por ejemplo, las mutaciones, entrecruzamiento durante la meiosis, deriva

génica, ciertas extinciones, etc.). La Biología abrió un camino hacia lo incierto al reconocer la incertidumbre:

“si la aparición de la vida se corresponde con la transformación de un remolino de macromoléculas en una organización de nuevo tipo, capaz de auto-reorganizarse, auto-repararse, auto-reproducirse, apta para obtener organización, energía e información del medio, este origen no parece obedecer a ninguna necesidad ineluctable. Sigue siendo un misterio sobre el cual se siguen elaborando ideas” (Morin, 2002, págs. 60-61).

El azar y la probabilidad están unidos estrechamente en la ciencia estadística, por ejemplo, en genética, la descendencia de un cruce de híbridos para un par de alelos dominante/recesivo tiene un 75% de probabilidad de poseer el fenotipo dominante y el 25% del recesivo.

d) La limitación al mesocosmos:

En función de su accesibilidad a los órganos sensoriales humanos se pueden distinguir tres mundos:

- el microcosmos (o mundo subatómico de las partículas elementales y sus combinaciones)
- el mesocosmos, que se extiende desde los átomos hasta las galaxias.
- el macrocosmos (el mundo de las dimensiones cósmicas).

En general, sólo el mesocosmos es relevante para la Biología, aunque en Biología celular a veces se toman en cuenta a los electrones y los protones.

2.1.4.3. Lo vivo y la vida

Un ser vivo u organismo es un conjunto material de organización compleja, en la que intervienen sistemas de comunicación molecular que lo relacionan internamente y con el medio ambiente en un intercambio de materia y energía de una forma ordenada, teniendo la capacidad de desempeñar las funciones básicas de la vida que son la nutrición, la relación y la reproducción, de tal manera que los seres vivos funcionan por sí mismos sin perder su nivel estructural hasta su muerte. La materia que compone los seres vivos está formada en un 95 % por cuatro elementos (bioelementos) que son el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, a partir de los cuales se forman biomoléculas:

- Biomoléculas orgánicas o principios inmediatos: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- Biomoléculas inorgánicas: agua, sales minerales y gases.

Estas moléculas se repiten constantemente en todos los seres vivos, por lo que el origen de la vida procede de un antecesor común, pues sería muy improbable que hayan aparecido independientemente dos seres vivos con las mismas moléculas orgánicas. Se han encontrado microfósiles con una antigüedad de 3770-4280 millones de años, por lo que la vida podría haber surgido sobre la Tierra durante el Hádico, como también lo han estimado los relojes moleculares. Otra definición de ser vivo es mediante el concepto de autopoiesis, introducido por Humberto Maturana y Francisco Varela. La idea es definir a los sistemas vivientes por su organización más que por un conglomerado de funciones. Un sistema se define como autopoietico cuando las moléculas producidas generan la misma red que las produjo y especifican su extensión. Los seres vivos son sistemas que viven mientras conserven su organización. Todos sus cambios estructurales son para adaptarse al medio en el cual ellos existen. Para un observador externo al sistema, esta organización aparece como auto-referida. Las células son los únicos sistemas vivos primarios, es decir aquellos capaces

de mantener su autopoiesis en forma autónoma. Los organismos pluricelulares formados por células poseen características similares a las de las células, particularmente el estado estable, pero su vida les es concedida por la organización autopoietica de las células que los constituyen (Maturana & Varela, 2003). Por otra parte, la definición más escueta de ser vivo suele exigir para decidir si una determinada entidad está viva son dos: a) Capacidad para autorreplicarse. b) Capacidad para evolucionar de forma abierta. Sin embargo, los animales híbridos, no pueden reproducirse. Por influencia de Schrödinger (1944) y, más recientemente, de Prigogine, también es frecuente encontrar la caracterización de los seres vivos como sistemas alejados del equilibrio termodinámico, es decir, sistemas capaces de mantenerse con baja entropía y, por tanto, portadores de gran cantidad de información (Prigogine, 1980; Schrödinger, 2001). Los seres vivos crean orden a partir del desorden. Crean y mantienen una estructura ordenada, consumiendo para ello energía e intercambiando materia con su entorno. Esta es una definición de vida que ha alcanzado una popularidad creciente. El problema con ella es que –a no ser que se introduzcan posteriores precisiones– esta propiedad no es exclusiva de los seres vivos, y por tanto no serviría por sí sola para definirlos. Hay sistemas puramente físicos que se mantienen alejados del equilibrio termodinámico de forma semejante (por ejemplo, una estrella, o un tornado). Estas posteriores precisiones que suelen añadirse van normalmente encaminadas a señalar que el modo en que los seres vivos se mantienen alejados del equilibrio termodinámico es mediante determinados procesos metabólicos. Con ello, sin embargo, el punto de atención se desliza precisamente a estos procesos. Esta caracterización de la vida termina, pues, por ser una modalidad de uno de los dos grandes enfoques que mencionaremos a continuación. Un intento interesante de proporcionar una definición puramente formal de vida que vaya al núcleo esencial de la misma y que sirva expresamente no sólo para los organismos terrestres sino también para una hipotética vida extraterrestre ha sido el de Bernard Korzenievski. Korzenievski cree que la cibernética puede proporcionar el instrumental conceptual necesario para hacer tal cosa. Los seres vivos, por un lado, poseen

una gran cantidad de mecanismos regulatorios en niveles muy diferentes que tienen como finalidad mantener constante el valor de un parámetro (por ejemplo, la elevada concentración de un aminoácido bloquea su producción, una baja concentración de ATP estimula la producción de más ATP, la síntesis de las proteínas está ajustada al ritmo de su descomposición, la insulina y el glucagón son hormonas que funcionan como señales antagonistas para mantener el nivel de glucosa en sangre, etc.). Todos ellos, desde un punto de vista cibernético, son mecanismos de feedback negativo. Y todos ellos están subordinados a un “propósito” o fin superior: el mantenimiento de la identidad del individuo, el cual a su vez está subordinado al fin de la reproducción. Ahora bien, la reproducción es un mecanismo de feedback positivo: cuantos más individuos haya reproduciéndose, mayor será la tasa de reproducción (crecimiento exponencial). De ahí que la propuesta de definición de Korzenievski sea la siguiente: un ser vivo es:

“un sistema de feedbacks negativos inferiores subordinado a un feedback positivo superior” (Korzenievski, 2001, p. 278).

Sin embargo, los virus lo harían (lo cual para algunos no sería una dificultad), sino también las formaciones nubosas, los líquidos en el punto de ebullición, el fuego, los remolinos en un fluido, las extrusiones magmáticas o las elevaciones de las placas tectónicas. Todos ellos serían sistemas regulados por feedbacks negativos que les mantienen dentro de ciertos valores, dados los recursos disponibles, y que están subordinados al feedback positivo de su propagación. El intento de abstraer la organización, la “forma” de la vida, para generalizar la biología en el sentido de lograr una definición aplicable a cualquier tipo de vida posible, choca con la profunda imbricación entre materia y forma que, al menos en los seres vivos conocidos, constituye una característica esencial de su organización. Por lo tanto, Quizá haya que asumir el dictum nietzscheano de que lo que tiene historia no puede tener definición, y la vida, si por algo se caracteriza,

es por haber tenido historia, una historia que no se deja atrapar por fronteras precisas.

2.1.4.4. Niveles de organización biológica y propiedades emergentes

En Biología, la manera como las moléculas se organizan en las células y las células en organismos originó que los biólogos establecieran varias jerarquías o niveles de organización de los seres vivos y sus componentes (Vogt, 2019).

Según las Bases Curriculares de MINEDUC para Ciencias Naturales, el contenido sobre los niveles de organización biológica corresponde a quinto año de enseñanza general básica, en la unidad “Organización de los seres vivos. Sistemas del cuerpo humano” teniendo en cuenta los niveles de organización que lo constituyen y la interacción de los sistemas de órganos que le permiten cumplir sus funciones biológicas. Es decir, el ser humano sirve como modelo explicativo. En el mapa conceptual que se presenta a continuación, se pueden observar en detalle los diferentes niveles de organización biológica (Curtis, 2008). Cabe señalar que, para la presente investigación, se explicará con detalle el nivel biológico de célula, sin profundizar en los restantes niveles de organización.

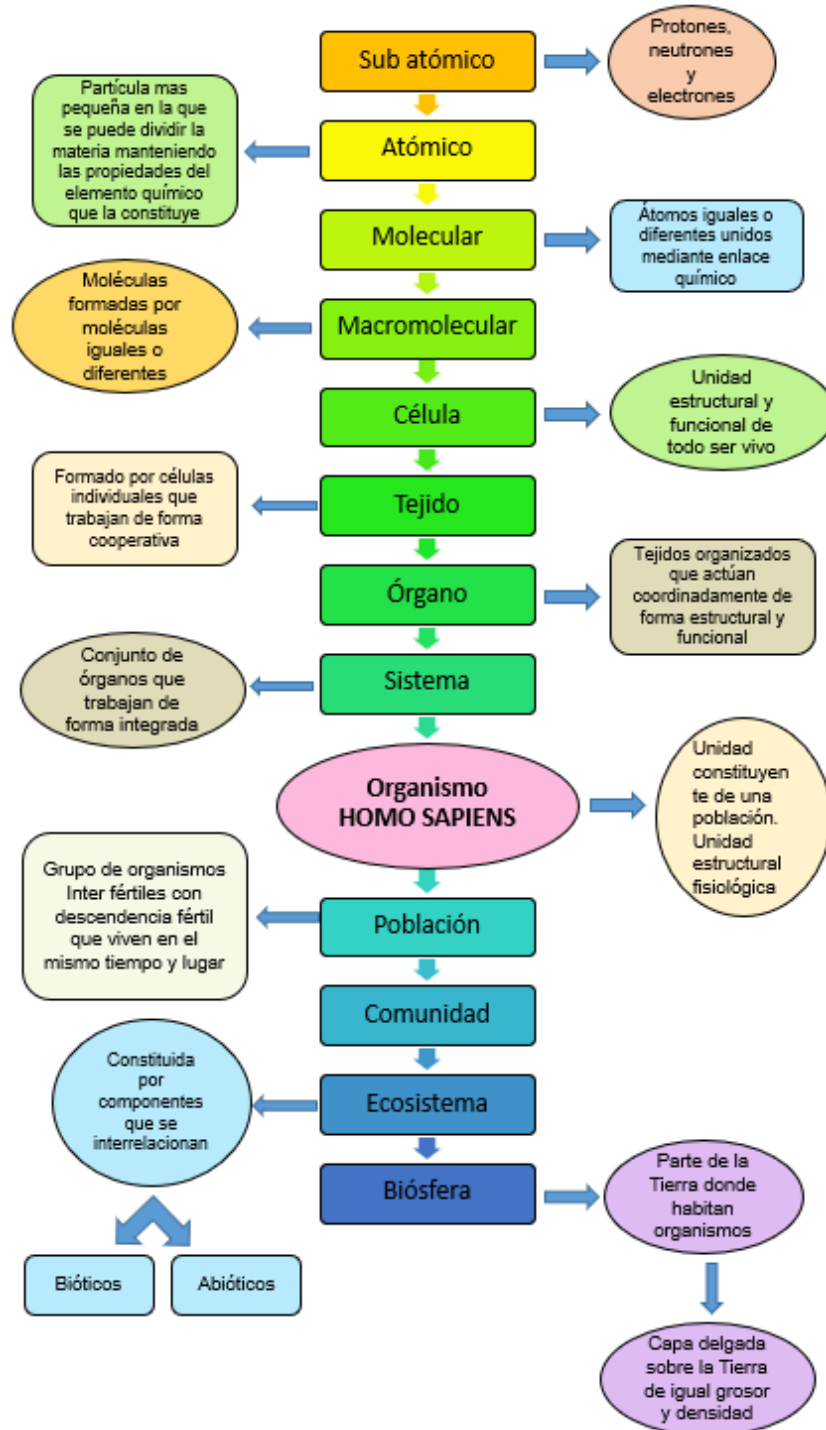


Ilustración 2: Mapa conceptual Niveles de Organización Biológica (Elaboración propia).

Como se puede observar en el mapa conceptual, se mencionan los distintos niveles de organización que se estudian en ciencias a lo largo de la enseñanza básica y media de nuestro país. Los tres niveles de organización iniciales, son

considerados niveles de organización de la materia, ya que no se manifiestan propiedades relacionadas con la vida, a excepción del nivel macromolecular con algunas proteínas conocidas como priones, que por mal plegamiento, rompen proteínas cercanas, lo que a su vez destruyen a otras por lo tanto, se “reproducen” causando cuadros infecciosos de fácil transmisión de animales a humanos (Pidone, 2005). A partir del nivel de organización celular, las propiedades emergentes se relacionan con procesos de intercambio de energía y materia, autopoiesis, metabolismo, reproducción, posibilitando que la célula sea por sí misma un ser vivo. Al existir un conjunto de células, dará lugar a un nuevo nivel, el nivel tejido o tisular, donde las células tendrán una función específica. En el siguiente nivel, la especificidad funcional será el factor mediante el cual se organicen los tejidos, dando lugar a tejido epitelial o de revestimiento, conectivo o de soporte, muscular y nervioso. En organismos vegetales, se encuentran tejidos como el parénquima cuya función es el almacenamiento de agua y azúcares, meristemático, relacionado con crecimiento (tallos, raíces) y colénquima y esclerénquima relacionados con sostén y finalmente vascular (xilema y floema) cuya función es conductora (Azcón-Bieto & Talon, 2013).

El conjunto de tejidos dará lugar a un órgano, los órganos a sistemas y, finalmente, un organismo, en este caso el ser humano, que es el organismo empleado como modelo para la enseñanza de los niveles de organización biológica en educación básica (MINEDUC, 2015). Cabe señalar que, a nivel celular, se mencionan los microorganismos (procariontes como eucariontes), órganos y sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio, con un enfoque en el cuidado de la salud y una alimentación sana.

En séptimo básico, se considera el contenido de sistema inmunitario, estructuras básicas de células eucariontes y procariontes (membrana celular, citoplasma, material genético). En cuanto a los últimos, el contenido sobre infecciones de transmisión sexual, acentúa una visión negativa de los microorganismos, pese a que en el contenido de diversidad celular, se considera la importancia de los microorganismos en las actividades humanas.

En octavo básico se estudia específicamente el nivel celular y tejidos, predominando la enseñanza de la célula eucarionte animal, por sobre la vegetal. En sexto básico se consideran los niveles ecosistema y biósfera, contenido presente en la unidad “Los seres vivos y el suelo en que habitan”. Posteriormente, se profundizan durante la enseñanza media en Biología, donde se estudian los niveles de organización: población, comunidad, y se profundizan los niveles ecosistema y biósfera. (MINEDUC, 2016).

2.1.4.5. Teorías que sustentan a la Biología

La Biología, como disciplina de las ciencias exactas, se rige por preceptos, en base a los cuales se puede comprender, científicamente, el fenómeno de la vida: universalidad, evolución, diversidad, continuidad, homeostasis, interacción, cada uno explicado a continuación:

- **Universalidad:** Todas las formas de vida están formadas por células y requieren la información genética para perpetuarse en el tiempo y realizar procesos de nutrición, reproducción y crecimiento.
- **Evolución:** La vida es un proceso de cambios continuos que posibilita a las especies adaptarse a los cambios del medio.
- **Diversidad:** Gran cantidad de especies, desde organismos unicelulares hasta pluricelulares (diversidad interespecífica) y diversidad intraespecífica.
- **Continuidad:** La vida es un proceso continuo que involucra a los seres vivos del presente y a sus herederos directos. Esto significa que la vida ha cambiado a lo largo de una cadena extensa en el tiempo, desde hace 3500 millones de años hasta hoy.
- **Homeostasis:** Corresponde al proceso mediante el cual se mantiene un equilibrio dinámico entre los organismos y el medioambiente.
- **Interacción:** cada nivel de organización es un sistema donde existen relaciones entre los componentes bióticos (relaciones inter e

intraespecíficas) y abióticos (con el entorno, intercambios de materia y energía).

A partir de los principios unificadores mencionados, se desprenden las teorías que fundamentan a la Biología. Comprender las teorías que proporcionan solidez a una disciplina científica, implica entender el concepto de teoría, el cuál presenta distintas acepciones. Según Barberá (1992) la causa principal es continuar utilizando el método descrito por Francis Bacon como el paradigma de método científico: recolección de datos, clasificación de éstos y, si han sido correctamente realizados los dos primeros pasos, entonces todo ello cristalizará en una Ley General que la Naturaleza deberá cumplir. Esta forma de presentar el método científico como único y de forma puramente inductiva, unido a las confusas definiciones que existen sobre lo que es una teoría, hace que éstas no queden justamente representadas en el cuerpo de conocimiento de la Biología (Barberá, 1992).

Las acepciones, en conjunto con la escasa representación de las teorías en los textos de Biología, han sido unas de las razones por la cual la Biología se considera como una ciencia descriptiva y no como lo que es, una disciplina de carácter hipotético-deductivo, lo que hoy se conoce como Biología Teórica (Hodson, 1982 citado en Barberá, 1992).

Considerando que las teorías son mucho más que una simple inducción o una determinada idea que se supone que representa la realidad, en sí mismas, constituyen un modelo de razonamiento, cuyo contenido es un conjunto de ideas formuladas como postulados o premisas básicas, unas líneas de razonamiento, algunos hechos y algunas definiciones. Las líneas de razonamiento son las encargadas de construir la estructura, y lo pueden hacer de tres formas: utilizando los hechos para corroborar los correspondientes postulados, utilizando los hechos y los postulados para explicar otros hechos relacionados, o utilizando los postulados y los hechos para predecir posibles nuevos hechos.

Para esta investigación, se consideraron 3 teorías que sostienen a la Biología, por ser aquellas que son parte del currículum de Biología: La Teoría Celular,

Teoría de la Herencia de Mendel y la Teoría Evolutiva de la Selección Natural, las que se explican a continuación

1. La Teoría Celular

Como las células son muy pequeñas, no se supo de ellas hasta la invención del microscopio a mediados del siglo XVII. La observación de ellas sólo fue el primer paso para su comprensión. En 1838, el botánico alemán Matthias Schleiden concluyó que las células y las sustancias que producen forman la estructura básica de las plantas y que el crecimiento vegetal se da por agregación de células nuevas. En 1839, el biólogo alemán Theodor Schwann (amigo y colaborador de Schleiden) llegó a conclusiones similares para células animales. El trabajo de ambos arrojó una teoría unificada de las células como unidades fundamentales de la vida. En 1855, Rudolf Virchow completó la teoría celular al concluir que todas las células provienen de células ya existentes. La Teoría celular es un concepto unificador en la Biología y comprende los siguientes principios:

- Todo organismo vivo está compuesto por una o más células
- Los organismos vivos más pequeños son células únicas y las células son las unidades funcionales de los organismos multicelulares.
- Todas las células proceden de otra célula preexistentes.

Todos los seres vivos, desde las bacterias hasta las secuoyas gigantes, están compuestos por células. Una bacteria consta de una célula relativamente simple, el cuerpo humano posee billones de células complejas especializadas en una gran variedad de funciones. Las células sobreviven a partir de la obtención de energía y materia del entorno, sintetizar proteínas y otras moléculas necesarias para crecer, repararse y eliminar desechos. Además, las células deben interactuar unas con otras. Para asegurar la continuidad de la vida, deben reproducirse (Audersirk & Byers, 2013).

2. Teoría de la Herencia de Mendel

Los caracteres humanos como el color de los ojos y el color del cabello, junto con muchas otras características, se transfieren de una generación a otra. La herencia, que es la transmisión de información genética de progenitores a su descendencia, generalmente sigue patrones predecibles en organismos tan diversos como humanos, pingüinos, levadura de panadería, y girasoles. La genética, la ciencia de la herencia, estudia similitudes genéticas y la variación genética, las diferencias entre progenitores y su descendencia o entre individuos de una población.

El estudio de la herencia como una moderna rama de la ciencia empezó a mediados del siglo XIX con el trabajo de Gregor Mendel (1822-1884), monje que cultivó plantas de guisantes, fue el primer científico en aplicar de manera efectiva métodos cuantitativos para estudiar la herencia. Él no sólo describió sus observaciones sino que planeó de manera cuidadosa sus experimentos, registró los datos, y analizó los resultados matemáticamente. Aunque durante su vida su trabajo no fue apreciado, éste fue redescubierto en 1900. Durante las décadas posteriores al redescubrimiento de los resultados de Mendel, los genetistas extendieron los principios de Mendel correlacionando la transmisión de información genética de generación en generación con el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis². Al estudiar una variedad de organismos, los genetistas comprobaron los descubrimientos de Mendel y agregaron una creciente lista de las así llamadas excepciones a sus principios.

La teoría de la Herencia Mendeliana postula las siguientes leyes, correspondientes a los principios que establecen la forma en que ocurre la herencia:

1º Ley: Principio de la Uniformidad: Establece que, cuando se cruzan dos individuos de raza pura (homocigotos), la primera generación filial (heterocigotos), será igual entre ellos (fenotipos y genotipos) y, además, sobresaldrá el rasgo fenotípico de uno de los progenitores (genotipo dominante).

² Tipo de división celular en el que se forman los gametos (espermatozoides y ovocitos)

Las razas puras están compuestas por alelos (versión específica del gen), que determina su característica sobresaliente.

2° Ley: Principio de Segregación: Consiste en que del cruce de dos individuos de la primera generación filial (Aa, heterocigota dominante) tendrá lugar una segunda generación filial en la cual reaparecerá el fenotipo y genotipo del individuo recesivo (aa, homocigoto recesivo), resultando lo siguiente: $Aa \times Aa = AA, Aa, Aa, aa$. Es decir, el carácter recesivo permanecía oculto en una proporción de 1 a 4.

3° Ley: Principio de la Transmisión independiente: consiste en establecer que hay rasgos que se pueden heredar de manera independiente. Sin embargo, esto solo ocurre en los genes que se encuentran en cromosomas diferentes y que no intervienen entre sí, o en genes que están en regiones muy distantes del cromosoma. Asimismo, al igual que en la segunda ley, ésta se manifiesta mejor en la segunda generación filial.

Variaciones a las leyes de Mendel

Las variaciones de las leyes de Mendel o herencia no mendeliana son los términos empleados para referirse a la existencia de patrones de herencia que no fueron tomados en cuenta en las leyes de Mendel, y que se deben explicar para comprender la existencia de otros patrones hereditarios.

- **Dominancia incompleta:** se trata de las características que no necesariamente una domina la otra. Dos alelos pueden generar un fenotipo intermedio cuando se produce una mezcla de los genotipos dominantes. Por ejemplo, de la mezcla de una rosa roja y una rosa blanca puede generarse una rosa rosada.
- **Alelos múltiples:** en un gen pueden existir múltiples alelos, sin embargo, solo dos pueden estar presentes y generar un fenotipo intermedio, sin que uno domine sobre el otro. Por ejemplo, como ocurre en los grupos sanguíneos

- **Codominancia:** dos alelos pueden expresarse a la vez porque los genes dominantes también se pueden expresar sin mezclarse.
- **Pleiotropía:** hay genes que pueden afectar diversas características de otros genes.
- **Ligamiento al sexo:** está asociada a los genes que contienen el cromosoma X de los seres humanos y que generan diferentes patrones de herencia.
- **Epistasis:** los alelos de un gen pueden encubrir y afectar la expresión de los alelos de otro gen.
- **Genes complementarios:** se refiere a que hay alelos recesivos de diferentes genes que pueden expresar un mismo fenotipo.
- **Herencia poligénica:** se trata de los genes que afectan las características de los fenotipos como la estatura, color de piel, entre otros.

El trabajo científico de Gregor Mendel solo fue tomado en cuenta a partir de 1900, cuando los científicos Hugo Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak tomaron en cuenta sus investigaciones y experimentos (Alberts, 2006).

3. Teoría de la Evolutiva de la Selección Natural

La idea básica de la evolución biológica es que las poblaciones y las especies de organismos cambian con el tiempo. Hoy en día, cuando pensamos en evolución, tendemos a relacionar esta idea con una persona: el naturalista británico Charles Darwin.

En la década de 1850, Darwin escribió un libro controversial e influyente llamado El Origen de las Especies. En él, propuso que las especies evolucionan (o, como lo dijo él, tienen "descendencia con modificaciones") y que todos los seres vivos pueden rastrear su ascendencia a un antepasado común. También sugirió un mecanismo para la evolución: la selección natural, en la que los rasgos heredables que permiten a un organismo sobrevivir y reproducirse, se vuelven más comunes en una población a lo largo del tiempo (Curtis, 2008).

Darwin propuso que las especies cambian con el tiempo, que las especies nuevas provienen de especies preexistentes y que todas las especies comparten un ancestro común. En este modelo, cada especie tiene su propio conjunto de diferencias heredables (genéticas) en relación con su ancestro común, las cuales se han acumulado gradualmente durante periodos de tiempo muy largos. Eventos de ramificación repetidos, en los que las nuevas especies se desprenden de un ancestro común, producen un "árbol" de muchos niveles que une a todos los seres vivos, se refirió a este proceso, en el que los grupos de organismos cambian en sus características heredables a lo largo de generaciones, como "descendencia con modificaciones". Hoy en día, lo llamamos evolución, donde una especie puede ramificarse en dos a lo largo del tiempo, y explica cómo este proceso puede repetirse muchas veces en el "árbol genealógico" de un grupo de especies emparentadas. Cabe señalar que Darwin no solo propuso que los organismos evolucionaban, sino que también el mecanismo para la evolución: la selección natural. Este mecanismo era elegante y lógico, y explicaba cómo podían evolucionar las poblaciones (tener descendencia modificada) de tal manera que se hacían más adecuadas para vivir en sus entornos con el paso del tiempo.

El concepto de Selección Natural, está basado en las siguientes observaciones fundamentales:

Los rasgos a menudo son heredables. En los seres vivos, muchas características son hereditarias o pasan de padres a hijos. (Darwin sabía que esto sucedía, si bien no sabía que los rasgos se heredaban mediante genes).

Se produce más descendencia de la que puede sobrevivir. Los organismos son capaces de generar más descendientes de los que su medio ambiente puede soportar, por lo que existe una competencia por los recursos limitados en cada generación.

La descendencia varía en sus rasgos heredables. La descendencia en cualquier generación tendrá rasgos ligeramente distintos entre sí (color, tamaño, forma, etcétera), y muchas de estas características serán heredables.

Basado en estas sencillas observaciones, Darwin concluyó lo siguiente:

En una población, algunos individuos tendrán rasgos heredables que les ayudarán a sobrevivir y reproducirse (dadas las condiciones del entorno, como los depredadores y las fuentes de alimentos existentes). Los individuos con los rasgos ventajosos dejarán más descendencia en la siguiente generación que sus pares, dado que sus rasgos los hacen más efectivos para la supervivencia y la reproducción.

Debido a que los rasgos ventajosos son heredables y a que los organismos que los portan dejan más descendientes, los rasgos tenderán a volverse más comunes (presentarse en una mayor parte de la población) en la siguiente generación.

En el transcurso de varias generaciones, la población se adaptará a su entorno (ya que los individuos con rasgos ventajosos en ese ambiente tendrán consistentemente un mayor éxito reproductivo que sus pares).

El modelo de evolución mediante selección natural le permitió explicar los patrones que vio durante sus viajes. Por ejemplo, si las especies de pinzones de las Galápagos compartían un ancestro común, tenía lógica que tuvieran mucho parecido entre ellas (y con los pinzones continentales, con quienes probablemente compartían un ancestro común). Si los grupos de pinzones habían estado aislados en islas separadas durante muchas generaciones, cada grupo se habría visto expuesto a un ambiente diferente en que el que se habrían favorecido distintos rasgos heredables, como los diferentes tamaños y formas de los picos para aprovechar distintas fuentes de alimento. Estos factores pudieron conducir a la formación de especies distintivas de cada isla (Solomon, Berg, & Martin, 2013).

i. La selección natural depende del ambiente

La selección natural no favorece rasgos que sean intrínsecamente superiores de alguna manera, sino los que sean beneficiosos (esto es, que le ayuden a un organismo a sobrevivir y reproducirse de forma más efectiva que sus pares) en

un ambiente específico. Los rasgos que son útiles en un entorno pueden incluso ser perjudiciales en otro.

ii. La selección natural actúa sobre la variación heredable existente

La selección natural necesita tener algún material inicial y este es la variación heredable. Para que la selección natural actúe sobre una característica, ya debe haber variedad (diferencias entre los individuos) en ese rasgo. Adicionalmente, las diferencias deben ser heredables, tienen que estar determinadas por los genes del organismo.

iii. La variación heredable proviene de mutaciones al azar

La fuente original de las nuevas variantes de genes que producen rasgos heredables nuevos, como los colores del pelaje, es la mutación aleatoria (cambios en la secuencia del ADN). Las mutaciones aleatorias que pasan a la descendencia por lo general se producen en la línea germinal, o los óvulos y espermatozoides de los organismos. La reproducción sexual "mezcla y combina" las variantes génicas para producir más variedad (Audersirk & Byers, 2013).

La evolución por selección natural y otros mecanismos es la base de la increíble diversidad de formas de vida actuales, y la acción de la selección natural puede explicar la adaptación que existe entre los organismos modernos y su medio ambiente (Solomon, Berg, & Martin, 2013).

2.1.4.6. Biología Celular

El término *cellula* o célula fue acuñado en 1665 por el científico inglés Robert Hooke al observar bajo las lentes de un microscopio rudimentario las «celdillas» constituyentes del corcho y otros tejidos vegetales (que correspondían, en realidad, a restos celulares y no a células vivas). En 1674, Antony van Leeuwenhoek, un comerciante de telas holandés aficionado a pulir lentes,

describió que la sangre estaba compuesta por diminutos glóbulos que fluían a lo largo de delgados capilares y realizó numerosas observaciones de diversos «animalículos» u organismos microscópicos, a menudo unicelulares, que hoy conocemos como microorganismos.

El siglo XIX constituyó, sin embargo, el verdadero punto de partida para el estudio de la célula y su función, que se desarrolló paralelamente a los avances de la microscopía y a la aparición, en la década de los años treinta, del microscopio compuesto. En 1831, el botánico escocés Robert Brown introdujo la noción de núcleo celular y en 1838, el botánico Matthias Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann enunciaron el postulado básico de la teoría celular, según el cual todos los seres vivos, vegetales y animales, están formados por células, a las que consideraron las unidades vitales fundamentales. En 1839 Purkinje denominó «protoplasma» al contenido celular.

Estudios posteriores completaron el conocimiento de la célula. Así, en 1855, el patólogo Rudolf Virchow estableció que todas las células proceden de otras preexistentes (*omnis cellula e cellula*) y, ya a principios del siglo XX, las investigaciones sobre la estructura del sistema nervioso del histólogo español Santiago Ramón y Cajal, Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1906, demostraron la individualidad de las neuronas y pusieron de manifiesto la universalidad de la teoría celular al aplicarla también al tejido nervioso.

I. Diversidad Celular

Un gran paso en la biología molecular se dio cuando un equipo de la Universidad de Illinois, realizó análisis genéticos en los años 70, usando el método de secuencia molecular del ARN ribosomal procariota 16S, ya que los ribosomas son abundantes en cada célula y fáciles de extraer, haciendo de este organelo el favorito para la investigación. El resultado fue toda una revolución en la elaboración de árboles filogenéticos que nos permite conocer la diversidad biológica. En el año 1977, Carl Woese y G. Fox observaron un tipo de microorganismo productor de metano con características muy diferentes de las

bacterias (procariontes) y organismos eucariontes, descubriendo una tercera forma de vida, la que llamó arqueobacterias (Archaeobacteria), dando lugar al descubrimiento de 3 dominios biológicos: Procariontes (Bacterias, organismos exclusivamente unicelulares), Eucariontes (organismos con tipos celulares de origen animal y vegetal, unicelulares y pluricelulares) y arqueobacterias (organismos unicelulares. (Brown, Douady *et al.*, 2001).

En resumen, todas las formas de vida de nuestro planeta están constituidas por células procariontes (núcleo desprovisto de envoltura que abarca los dominios Bacteria y Arqueobacteria) y células eucariontes animal y vegetal.

II. Aspectos Morfológicos y Fisiológicos de la Célula

Según Curtis, las células son las unidades estructurales y funcionales de todo ser vivo. Todos los organismos están conformados por células. El cuerpo de todo organismo multicelular complejo está constituido por una variedad de células diferentes especializadas (Curtis, 2008).

Las células procariotas y eucariotas realizan sus funciones en organelos especializados que se encuentran principalmente en su citoplasma.

A continuación, se nombrarán y explicarán la estructura y función de los organelos presentes en células procariontes y eucariontes.

1. Membrana celular

La membrana celular es una capa cuyo grosor oscila entre los 7 y 9 nanómetros, no perceptible con el microscopio óptico. Rodea el citoplasma y establece compartimentos con distintas características químicas al interior de la célula. En las células eucariontes de origen vegetal o animal envuelve al núcleo, constituye el aparato de Golgi, los lisosomas y los diversos tipos de vesículas citoplásmicas. Las membranas biológicas son barreras atravesadas simultáneamente por decenas o centenas de flujos de diversas sustancias, en ambas direcciones (Curtis, 2008).

2. Mitocondrias

Las mitocondrias son estructuras compartimentadas, que están separadas del resto del citoplasma por dos membranas. Son organelos cuyo número es variable, según el tipo de célula y la función que cumple. Dentro de sus dos membranas se encuentra un espacio intermembranoso. La membrana interna limita la matriz que esta divide en repliegues llamados crestas que amplían la superficie de la membrana interna donde tiene lugar la síntesis de ATP³. Además de sintetizar ATP por degradación de la glucosa y ácidos grasos, intervienen en tres procesos: apoptosis o muerte celular programada, síntesis de hormonas esteroideas y procesos termogénicos. Están ausentes en células procariontes. Para comprender la función de las mitocondrias es necesario tener en cuenta que, todos los organismos requieren energía para vivir y que el único tipo de energía que los seres vivos utilizan, directa o indirectamente, es la que se encuentra en el ATP. Por tanto, el ATP es la molécula mediante la cual se obtienen energía moneda para todos los procesos endergónicos que ocurren en todos los organismos vivos. De hecho, no es posible aceptar que exista vida (cuando menos como hasta ahora la conocemos) sin la existencia de ATP (Kierszenbaum, 2015).

3. Retículo endoplasmático

El retículo endoplásmico es una subestructura presente en eucariontes, que provee a la célula de una gran superficie para la organización espacial de reacciones químicas y de síntesis de moléculas. El retículo endoplásmico presenta dos regiones claramente distinguibles tanto funcional como morfológicamente: el retículo endoplásmico liso (R.E.L) y el retículo endoplásmico rugoso (R.E.R). Ambos forman un sistema de membranas que está separado del citosol circundante. El retículo endoplasmático rugoso está compuesto por ribosomas unidos por sacos o túbulos. En este se sintetizan

³ ATP: Adenosín-trifosfato.

proteínas que van a la membrana plasmática, el exterior de la célula o son transportadas por los lisosomas. El retículo endoplasmático liso no presenta ribosomas. Se encarga de la síntesis de lípidos y hormonas esteroideas, es responsable de la inactivación de componentes tóxicos para la célula (Curtis, 2008).

4. Aparato de Golgi

Es un organelo celular endomembranoso. Se encuentra generalmente localizado cerca del núcleo celular y del retículo endoplasmático rugoso. Se asemeja a una pila de sacos aplanados llamados cisternas. Allí, las proteínas continúan su procesamiento proveniente del retículo endoplasmático rugoso, donde reciben un marcaje (moléculas de polisacáridos) para ser exportadas, por medio de vesículas que se desprenden y que, al fusionarse con la membrana celular, liberan al exterior (Kierszenbaum, 2015)

5. Lisosomas

Son estructuras encargadas del procesamiento de desechos sólidos y almacenaje de materiales en la célula. Contienen en su interior más de 40 enzimas diferentes cada una especializada en dividir un tipo de macromolécula en sus monómeros correspondientes que pueden ser excretados o reciclados en nuevos polímeros (Freeman, 2009).

6. Peroxisomas

Son vesículas que contienen enzimas encargadas de procesar moléculas conocidas como especies reactivas de oxígeno (ROS, en inglés), dentro de las cuales se encuentran el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Cada peroxisoma oxida compuestos específicos dependiendo del conjunto de enzimas oxidativas presente en su interior (Freeman, 2009).

7. Ribosomas

Los ribosomas son organelos compuestos de ARN⁴ y proteínas los cuales se asocian para formar una estructura compleja. El ribosoma de organismos eucariontes está formado por dos subunidades de diferente tamaño que se conocen como subunidades 40s y 60s, siendo un ribosoma de tamaño 80 s⁵. En los organismos procariotas, los ribosomas comprenden un tamaño de 70 s, con subunidades de 40 s y 50 s.

8. Citoesqueleto

El término citoesqueleto fue introducido en años recientes para denominar a un grupo complejo de estructuras citoplásmicas constituidas por proteínas filamentosas. No es sólo un conjunto de estructuras estáticas encargadas de proporcionar soporte a la célula, sino que constituye un complejo estructural dinámico (De Robertis, 2011). El citoesqueleto mantiene la forma característica de la célula. Está compuesto por filamentos de proteínas, algunos formando microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios que además de dar forma, sostienen la membrana nuclear interna y están implicados en el movimiento celular y en el transporte de materiales dentro de la célula (Freeman, 2009).

9. Núcleo

El núcleo es un compartimento celular limitado por una cisterna interrumpida por poros, que contiene el material genético constituido por el ácido desoxirribonucleico (DNA), y los componentes necesarios para la transcripción de la información genética en ácido ribonucleico (RNA), para el procesamiento del RNA y, eventualmente, para la duplicación del DNA. (Jiménez & Merchant,

⁴ Ácido Ribonucleico.

⁵ Unidad de sedimentación empleada en Biología Molecular, denominada Svedberg.

2003). En las células eucariontes, está rodeado por la envoltura nuclear formada por las membranas interna y externa (esta envoltura nuclear es atravesada por aperturas similares a poros, a través de los cuales hay intercambio de moléculas hidrosolubles del núcleo al citoplasma). Esta le confiere rigidez a la estructura y mantiene su forma (Becker, Kleinsmith, & Hardin, 2007).

En la célula procarionte, el núcleo no presenta membrana y su material genético se encuentra disperso en el citoplasma, en una región denominada nucleóide⁶ (Verma, Qian, & Adhya, 2019).

10. Nucléolo

Se encuentra ubicado dentro del núcleo, su principal función es sintetizar las moléculas de RNA y proteínas presentes en los ribosomas y ensamblar las subunidades que los forman (Becker, 2007).

11. Pared Celular

Estructura presente en células eucariontes vegetales y en células procariontes. La pared celular vegetal, se compone de celulosa y su función es proteger el contenido de la célula y dar rigidez a esta, funciona como mediadora en todas las relaciones de la célula con el entorno y actúa como compartimiento celular. Además, en el caso de hongos y plantas, define la estructura y otorga soporte a los tejidos y partes de la célula (Curtis, 2008).

El caso de la pared celular en procariontes, se compone de peptidoglucano (bacterias) o pseudopeptidoglucano (arqueas). En hongos, se compone de quitina, mientras que en algas marinas, se componen de polisacáridos y glucoproteínas, Algunas algas presentan pared celular compuesta de dióxido de silicio.

⁶ Región de forma irregular donde se encuentra el material genético bacteriano.

12. Centríolos

Corresponde a un organelo con estructura cilíndrica, constituido por tripletes de microtúbulos, que forma parte del citoesqueleto. Una pareja de centríolos posicionados perpendicularmente entre sí y localizada en el interior de una célula se denomina diplosoma. Cuando el diplosoma se halla rodeado de material pericentriolar (una masa proteica densa), recibe el nombre de centrosoma o centro organizador de microtúbulos (COMT), el cual es característico de las células animales (Feldman, Geimer, & Marshall, 2007).

13. Cloroplastos y Plastidios

Los cloroplastos son organelos presentes en células vegetales que cumplen la función de almacenar la clorofila y llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, donde la planta utiliza la energía luminosa para oxidar sus pigmentos (fotopigmentos), descomponer agua en protones y oxígeno de atmosférico para la producción de carbohidratos, almacenados como almidón en estructuras denominadas amiloplastos.

Las plantas presentan además otros plastidios que almacenan fotopigmentos sensibles a diferentes niveles de energía del espectro de luz visible (De Robertis, 2011).

14. Vacuolas

Una vacuola es un organelo unido a la membrana celular. En las células animales, las vacuolas son generalmente pequeñas y ayudan a retener los productos de desecho. En las células vegetales, las vacuolas ocupan un volumen importante en la célula y mantiene el balance hídrico (Curtis, 2008).

15. Cilios y Flagelos

Estructuras celulares anexas, presentes en algunos tipos celulares eucariontes tales como espermatozoides en el ser humano y protozoos. Junto con los cilios, los flagelos eucariotas constituyen un grupo de estructuras conocidas como undulipodios. Su ultraestructura es esencialmente la misma, pero el flagelo generalmente se complica con otros elementos añadidos, resultando más grueso y más largo. Otra diferencia es el patrón de batido (Haimo & Rosenbaum, 1981). Cilios y flagelos poseen estructuras similares: tienen forma cilíndrica, de diámetro uniforme en toda su longitud, con una terminación redondeada, semiesférica. Su núcleo es un cilindro de nueve dobletes de microtúbulos que rodean a otros dos centrales. Esta estructura "9+2" se denomina axonema. Este núcleo se encuentra cubierto por la membrana plasmática, a fin de que el interior del flagelo sea accesible al citoplasma de la célula. En la base del flagelo eucariota se encuentra un cuerpo basal (también denominado blefaroplasto o cinetosoma), que es el centro de organización de microtúbulos para los microtúbulos flagelares, de alrededor de 500 nm de largo. Los cuerpos basales son estructuralmente idénticos a los centriolos (Jiménez & Merchant, 2003).

Cada uno de los dobletes de microtúbulos exteriores tiene asociado un par de brazos de dineína (uno interior y otro exterior). Estos brazos de dineína producen fuerza a través de la hidrólisis de ATP y consiguen que el flagelo se doble. De esta forma se consigue el batido de los flagelos. El axonema flagelar también contiene radios hechos de complejos de polipéptido que se extienden desde cada uno de los dobletes de microtúbulos exteriores hacia la pareja central, con la "cabeza" dirigida hacia el interior. Se cree que la cabeza interviene en la regulación del movimiento flagelar, aunque su función exacta y método de acción todavía no son bien entendidas

En procariontes, es una estructura única, completamente diferente de los demás sistemas orgánicos utilizados por los seres vivos para el movimiento. Realmente presenta una similitud notable con los sistemas mecánicos artificiales, pues es una compleja estructura compuesta de varios elementos (piezas) y que rota como una hélice. El flagelo bacteriano está impulsado por un motor rotativo compuesto

por proteínas, situado en el punto de anclaje del flagelo en la membrana plasmática. El motor está impulsado por la fuerza motriz de una bomba de protones, es decir, por el flujo de protones (iones de hidrógeno) a través de la membrana plasmática bacteriana (Macnab, 2003).

2.1.5. Enseñanza de la Biología

Nuestra única gran defensa contra la ignorancia científica es la educación, y en la vida temprana de todos los científicos, el primer interés del niño fue provocado por un profesor.

Peter Agre

La enseñanza consiste en un encuentro humano, es un proceso de comunicación que incide sobre la formación de las personas. Es una forma de intervención destinada a mediar en la relación entre un aprendiz y un contenido a aprender. Es una función mediadora y orientadora entre el conocimiento existente como patrimonio socio cultural y el alumno que aprende (Merino, 1995).

Furman y Podestá (2010) proponen tres grandes modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia que han tenido y tienen presencia en las aulas:

a) Los modelos de enseñanza de transmisión-recepción: Aquellos que conciben a la ciencia como un cúmulo de conocimientos acabados, objetivos, absolutos y verdaderos. El docente se convierte en el portavoz de la ciencia, y su función se reduce a exponer desde la explicación rigurosa, clara y precisa, los resultados de la actividad científica (Pozo, 1999). El alumno es un consumidor de conocimientos, que debe atender, captar y recordar los conceptos.

b) Los modelos de enseñanza por descubrimiento: Se considera que el conocimiento está en la realidad cotidiana y el alumno, en contacto con ella, puede acceder espontáneamente a él (inductivismo extremo). El modelo plantea que la mejor forma de aprender ciencia es haciendo ciencia. Sin embargo, es necesario tener en cuenta a este respecto que, pese a la importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente libresca, de simple transmisión de conocimientos, sin apenas trabajo experimental real (más allá de algunas „recetas de cocina“) (Adúriz-Bravo, Eguren, & Rocha, 2003).

c) Los modelos de enseñanza por indagación: Son aquellos que consideran a la ciencia como una construcción humana, colectiva, que buscan explicar el funcionamiento del mundo natural de manera coherente y que está sujeta a cambios. En este caso el rol del docente consiste en diseñar cuidadosamente actividades que orientan a los alumnos en la construcción de conceptos y competencias científicas. El alumno participa activamente en las experiencias construyendo conceptos y herramientas de pensamiento científico bajo la guía del docente.

Cabe señalar que los resultados de los procesos educativos no dependen, exclusivamente, de sus componentes, sino del conjunto de relaciones que se establecen entre ellos, dando lugar a un entramado complejo entre docentes, estudiantes, el currículum disciplinar y el contexto sociocultural en el que estos procesos se encuentran inmersos. Por esta razón, en este apartado se detallarán los aspectos involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología.

2.1.5.1 Teorías Pedagógicas

En el presente apartado, se explicará qué son las teorías pedagógicas, sus características y aportes a la Didáctica.

En términos generales, las teorías pedagógicas son los estudios existentes que utilizan diferentes enfoques, métodos y técnicas de enseñanza y aprendizaje enfocadas en procesos específicos. Kuhn plantea que una teoría es una síntesis de conocimientos organizados de acuerdo a un principio que hace posible la explicación de determinados hechos. En este marco la teoría está inscrita dentro de una matriz social, dentro de una historia, sujeta a reglas y normas implícitas o explícitas derivadas de un paradigma (Verdejo, 2019). Para el desarrollo de esta investigación, la enseñanza y el aprendizaje están concebidos desde el paradigma cognitivo, donde los contenidos y métodos son medios para desarrollar capacidades y valores. Este paradigma se enfoca en varias dimensiones de lo cognitivo (atención, percepción, memoria, inteligencia,

lenguaje, pensamiento, etc.), el aprendizaje depende de lo que el individuo perciba, de acuerdo a sus capacidades y percepciones previas o antecedentes, las cuales actúan en forma relativa y personal, influidas principalmente por sus actitudes y motivaciones. Desde el paradigma cognitivo, dos aspectos son fundamentales: el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades estratégicas generales y específicas de aprendizaje.

La enseñanza se centra en el desarrollo de estrategias de aprendizaje orientadas a los objetivos cognitivos y afectivos, la motivación se espera que sea intrínseca centrada en la mejora del alumno que aprende. En el paradigma cognitivo se puede decir metafóricamente que el sujeto es un organismo, entendido como una totalidad cognitiva y afectiva. Esta nueva percepción tiene muy en cuenta el procesamiento de la información, reconoce la importancia de cómo las personas organizan, filtran, codifican, categorizan, y evalúan la información, de igual manera, la forma en que sus estructuras o esquemas mentales son empleadas para acceder e interpretar la realidad.

Respecto a la evaluación, se plantea desde un método cualitativo para el proceso formativo y cuantitativo para el producto, para esto es necesario una evaluación inicial para conocimiento previo de los conceptos básicos del sujeto. En este paradigma el profesor es capaz de reflexionar sobre su metodología en el aula para facilitar el aprendizaje de los alumnos y a su vez subordina la enseñanza al aprendizaje; el alumno es modificable en lo cognitivo y lo afectivo, no es un receptor pasivo y aprende lo que se le enseña, es más, el estudiante es actor de su propio aprendizaje.

Surge a comienzos de los sesenta y se destacan en su conformación autores como: Piaget y la psicología genética, Ausubel y el aprendizaje significativo, y las aportaciones de Vygotsky sobre la socialización en los procesos cognitivos superiores y la importancia de la "zona de desarrollo próximo". Se profundizarán en cada una de las teorías mencionadas, en el apartado de Aprendizaje.

Desde los años cincuenta y hasta la década de los ochenta, se han desarrollado diversas corrientes dentro de este enfoque, por ejemplo: el constructivismo, la propuesta socio cultural, entre otras.

A continuación se presentarán la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel y los aportes de Novak y Gowin.

I. El Aprendizaje Significativo de Ausubel

El aprendizaje significativo es uno de los principales argumentos en los que se fundamentan las concepciones constructivistas. Ausubel fue quien sistematizó su naturaleza, a partir del establecimiento de vínculos, identificados y no arbitrarios, entre el nuevo contenido, el objeto de aprendizaje, y los conocimientos previos que se mantienen en la estructura cognitiva de los aprendices.

Cabe señalar que en la construcción del conocimiento se dan dos procesos importantes, el primero, en el cual el sujeto toma del medio ambiente elementos que son integrados en las formas o estructuras existentes, llamado asimilación. El segundo, llamado acomodación, donde el sujeto lleva a cabo ajustes, reajustes y modificaciones adaptándose a nuevas condiciones o situaciones. Sin embargo al no tener el sujeto los esquemas mentales que puedan acogerlos, ciertas experiencias o elementos informativos no podrán ser asimiladas (Piaget, 1982). En coherencia con el planteamiento de Piaget, Ausubel desarrolló la teoría del Aprendizaje significativo, mecanismo que les permite a los humanos tanto la adquisición como el almacenamiento de grandes cantidades de ideas e información representadas por cualquier campo del conocimiento.

El aprendizaje significativo comprende la adquisición de nuevos significados y, a la inversa, éstos son producto del aprendizaje significativo. El surgimiento de nuevos significados en el alumno refleja la consumación de un proceso de aprendizaje significativo. Después de indicar con algunos pormenores lo abarcado por este proceso, examinaremos más explícitamente tanto la naturaleza del significado como su relación con el aprendizaje significativo (Ausubel, 1976).

La teoría trata de atribuir un significado a lo que se aprende, precisamente en función de lo que ya se conoce. Lo que le permite al estudiante ir de la recepción de contenidos a la reelaboración, reinterpretación o mejora de los esquemas de

conocimiento disponibles, porque cuando un aprendizaje adquiere significado no se limita a la asimilación, sino que supone un proceso de interiorización que conlleva a la revisión, modificación y enriquecimiento de la estructura cognitiva, estableciendo nuevas conexiones y relaciones entre ellos, con los que se asegura la funcionalidad y la memorización comprensiva de los contenidos aprendidos.

Ausubel afirma que no todos los tipos de aprendizaje humano son iguales, sino que hay varios tipos de aprendizaje que se podría ubicar en dos dimensiones, como se muestra en la siguiente figura:

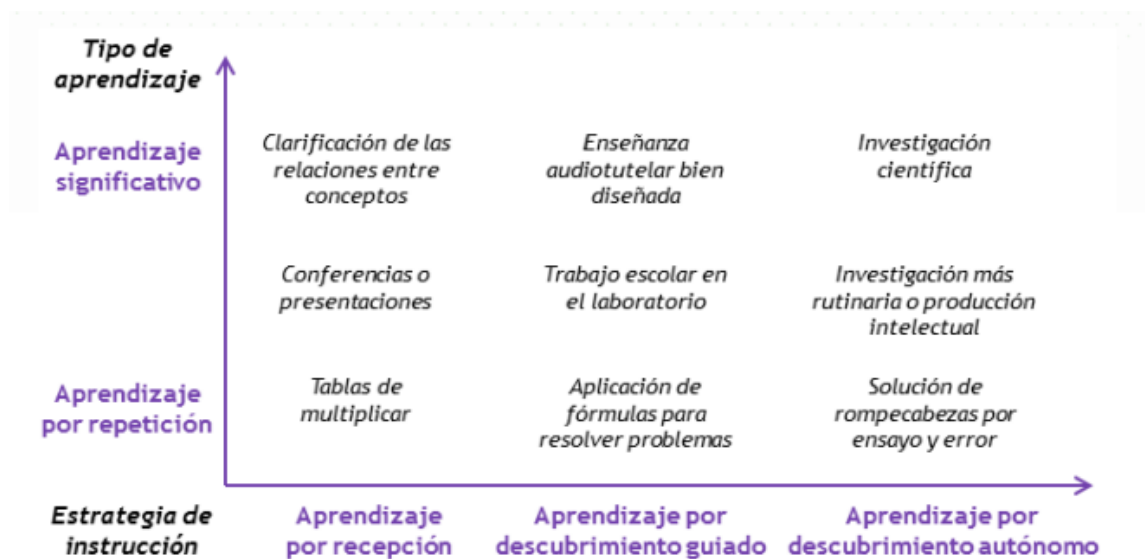


Ilustración 3: Tipos de Aprendizaje. Tomada de Ausubel, Novak y Hanesian (1976)

Respecto al gráfico, se puede observar:

- 1) **Primera dimensión:** dos modalidades de aprendizaje: el repetitivo o memorístico y el significativo.
- 2) **Segunda dimensión:** aprendizaje por recepción y aprendizaje por descubrimiento.
 - **Aprendizaje por recepción:** se le presenta al estudiante el contenido en su forma final, exigiéndole únicamente que internalice o incorpore el material.

- **Aprendizaje por descubrimiento:** no se da al estudiante el contenido principal de lo que va a ser aprendido, sino que este debe descubrirlo.

Según los tipos de aprendizaje, se tienen las siguientes situaciones de aprendizaje, resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 1: Situaciones de aprendizaje según David Ausubel. Tomado de (Díaz, Hernández, & Hernández, 2002)

Primera Dimensión: Modo en que se adquiere la información	
<i>Recepción</i> • El contenido se presenta en su forma final • El alumno debe internalizarlo en su estructura cognitiva • No es sinónimo de memorización • Propio de etapas avanzadas del desarrollo cognitivo en la forma de aprendizaje verbal hipotético sin referentes concretos (pensamiento formal) • Útil en campos establecidos del conocimiento. Ejemplo: Se pide al alumno que estudie el fenómeno de la difracción en su libro de texto de Física, capítulo 8.	<i>Descubrimiento</i> • El contenido principal a ser aprendido no se da, el alumno tiene que descubrirlo • Propio de la formación de conceptos y solución de problemas • Puede ser significativo o repetitivo • Propio de las etapas iniciales del desarrollo cognitivo en el aprendizaje de conceptos y proposiciones. • Útil en campos del conocimiento donde no hay respuestas unívocas. Ejemplo: El alumno, a partir de una serie de actividades experimentales (reales y concretas) induce los principios que subyacen al fenómeno de la combustión.
Segunda Dimensión: forma en que el conocimiento se incorpora en la estructura cognitiva del aprendiz	
<i>Significativo</i> • La información nueva se relaciona con la ya existente en la estructura	<i>Repetitivo</i> • Consta de asociaciones arbitrarias, al pie de la letra

cognitiva de forma sustantiva, no arbitraria ni al pie de la letra • El alumno debe tener una disposición o actitud favorable para extraer el significado • El alumno posee los conocimientos previos o conceptos de anclaje pertinentes • Se puede construir un entramado o red conceptual • Condiciones: Material: significado lógico Alumno: significación psicológica • Puede promoverse mediante estrategias apropiadas (por ejemplo, los organizadores anticipados y los mapas conceptuales)	• El alumno manifiesta una actitud de memorizar la información • El alumno no tiene conocimientos previos pertinentes o no los "encuentra" • Se puede construir una plataforma o base de conocimientos factuales • Se establece una relación arbitraria con la estructura cognitiva • Ejemplo: aprendizaje mecánico de símbolos, convenciones, algoritmos

Este aprendizaje puede ser significativo o repetitivo, en el primero de los casos la tarea o material hechos significativos durante el proceso de internalización, mientras que en el segundo no pasa esto. Es importante aclarar que el aprendizaje por repetición y el significativo no son cualitativamente discontinuos en términos de los procesos psicológicos que subyacen a cada uno de ellos. Es posible encontrar tipos de aprendizaje que compartan algunas de las propiedades de estos aprendizajes y ambos tipos de aprendizajes pueden verse en la misma tarea de aprendizaje (Maldonado, Paradigmas del Aprendizaje, 2017).

De la gráfica sobre tipos de aprendizaje (Ilustración 4) se puede extrapolar las siguientes propuestas de enseñanza significativa:



Ilustración 4: Tipos de Enseñanza Significativa. Tomado de (Díaz, Hernández, & Hernández, 2007)

Para Ausubel la estructura cognitiva consiste en un conjunto organizado de ideas que preexisten al nuevo aprendizaje. Los nuevos aprendizajes se establecen por subsunción, se refiere a una estrategia en la cual, a partir de aprendizajes genéricos ya establecidos, se puede adquirir nuevos conocimientos más específicos a los previos que ya están instaurados en la estructura cognitiva. En otras palabras, los conocimientos previos más generales permiten "anclar" los nuevos más particulares. La estructura cognitiva debe estar en capacidad de discriminar los nuevos conocimientos y establecer diferencia para que tengan algún valor para la memoria y puedan ser retenidos como contenidos distintos. Los conceptos previos que presentan un nivel superior se les denomina organizadores avanzados y su principal función es la de establecer un puente entre lo que el educando ya conoce y lo que necesita conocer (Ausubel, 1976). Con respecto al material a utilizar, se estudia y analiza de una manera intencional, no memorística al pie de la letra. Cabe señalar que el material no es por sí mismo significativo, es el estudiante quien hace que sea o no significativo, dependiendo de su estructura cognoscitiva. Es decir, tiene que existir en el estudiante los esquemas genéricos u organizadores para integrar el nuevo aprendizaje.

Estrategias de Enseñanza

El siguiente cuadro, sintetiza diversas estrategias de enseñanza para el aprendizaje significativo:

Tabla 2: Estrategias de enseñanza para un aprendizaje significativo. Tomado de (Díaz, Hernández, & Hernández, Capítulo 5, 2002).

Tipos de Estrategias	Descripción	Proceso cognitivo en el que incide	Efectos esperados en el aprendiz
Objetivos	Enunciado que establece condiciones, tipo de actividad y forma de evaluación del aprendizaje del alumno. Generación de expectativas apropiadas en los alumnos.	Activación de conocimientos previos	Conoce la finalidad y alcance del material y cómo manejarlo El alumno sabe qué se espera de él al terminar de revisar el material Ayuda a contextualizar sus aprendizajes y a darles sentido
Resumen	Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatiza conceptos clave, principios, términos y argumento central.	Promover una organización más adecuada de la información que se ha de aprender (mejorar las conexiones internas)	Facilita el recuerdo y la comprensión de la información relevante del contenido que se ha de aprender
Organizador previo	Información de tipo introductorio y contextual. Es elaborado con un nivel superior de abstracción, generalidad e inclusividad que la información	Generación de expectativas apropiadas. Para potenciar el enlace entre conocimientos previos y la información que se ha de	Hace más accesible y familiar el contenido Elabora una visión global y contextual

	que se aprenderá. Tiende un puente cognitivo entre la información nueva y la previa	aprender (mejorar las conexiones externas)	
Ilustraciones	Representación visual de los conceptos, objetos o situaciones de una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, esquemas, gráficas, dramatizaciones, etcétera).	Orientar y mantener la atención	Facilita la codificación visual de la información
Analogías	Proposición que indica que una cosa o evento (concreto y familiar) es semejante a otro (desconocido y abstracto o complejo)	Para potenciar el enlace entre conocimientos previos y la información que se ha de aprender (mejorar las conexiones externas)	Comprende información abstracta Traslada lo aprendido a otros ámbitos
Preguntas Intercaladas	Preguntas insertadas en la situación de enseñanza o en un texto. Mantienen la atención y favorecen la práctica, la retención y la obtención de información relevante.	Orientar y mantener la atención	Permite practicar y consolidar lo que ha aprendido Resuelve sus dudas Se autoevalúa gradualmente
Pistas topográficas y discursivas	Señalamientos que se hacen en un texto o en la situación de	Orientar y mantener la atención	Mantiene su atención e interés Detecta información

	enseñanza para enfatizar y/u organizar elementos relevantes del contenido por aprender.		principal Realiza codificación selectiva
Mapas conceptuales y redes semánticas	Representación gráfica de esquemas de conocimiento (indican conceptos, proposiciones y explicaciones).	Promover una organización más adecuada de la información que se ha de aprender (mejorar las conexiones internas)	Realiza una codificación visual y semántica de conceptos, proposiciones y explicaciones Contextualiza las relaciones entre conceptos y proposiciones
Uso de estructuras textuales	Organizaciones retóricas de un discurso oral o escrito, que influyen en su comprensión y recuerdo.		Facilita el recuerdo y la comprensión de lo más importante de un texto

Junto con las estrategias de enseñanza resumidas en la tabla, para el aprendizaje significativo existen distintos métodos:

- **Aprendizaje por descubrimiento:** los estudiantes obtienen el conocimiento por sí mismos resolviendo problemas. El descubrimiento exige que los profesores organicen actividades para que los alumnos puedan plantear y probar hipótesis. No se trata simplemente de dejar los estudiantes hacer lo que quieran.
- **Enseñanza por indagación:** es una forma de aprendizaje por descubrimiento que sigue los principios socráticos de modo que el docente que emplea este tipo de enseñanza plantea una gran cantidad de preguntas a los estudiantes.
- **Aprendizaje asistido por pares:** se refiere a métodos de instrucción en los que los compañeros actúan como agentes activos en el proceso de aprendizaje. La tutoría de pares y el aprendizaje cooperativo son formas de aprendizaje asistido por los pares.

- **Discusiones y debates:** son útiles cuando el objetivo consiste en lograr una mayor comprensión conceptual o conocer múltiples puntos de vista de un tema.
- **Enseñanza reflexiva:** es la toma de decisiones bien pensada que tome en cuenta factores como los estudiantes, los contextos, los procesos psicológicos, el aprendizaje, la motivación y el autoconocimiento. Para convertirse en un profesor reflexivo es necesario desarrollar el conocimiento personal profesional, estrategias de planeación y habilidades de evaluación.

II. Aportes de Novak y Gowin

Novak: El Aprendizaje significativo desde una visión humanista

Al explicitar las condiciones del aprendizaje significativo, Ausubel toma en consideración el aspecto afectivo, el aprendizaje significativo requiere no sólo que el material de aprendizaje sea potencialmente significativo (i.e., relacionable a la estructura cognitiva de manera no-arbitraria y no-literal), sino también que el aprendiz manifieste una disposición para relacionar el nuevo material de modo sustantivo y no-arbitrario a su estructura de conocimiento. De lo expuesto se deriva que para aprender de manera significativa quien aprende debe querer relacionar el nuevo contenido de manera no-literal y no-arbitraria a su conocimiento previo. Independientemente de cuán potencialmente significativa es la nueva información (un concepto o una proposición, por ejemplo), si la intención del sujeto fuera sólo la de memorizarlo de manera arbitraria y literal, el aprendizaje solamente podrá ser mecánico. En esta disposición para aprender se puede percibir la importancia del dominio afectivo en el aprendizaje significativo ya en la formulación original de Ausubel. Pero fue Joseph Novak (1977, 1981) quien dio un toque humanista al aprendizaje significativo. Novak es co-autor de la segunda edición de la obra "Educational Psychology: a cognitive view" (1978, 1980, 1983) y durante mucho tiempo trabajó en el refinamiento, verificación y divulgación de la teoría del aprendizaje significativo, hasta tal punto que esta teoría debería ser, hoy, la teoría de Ausubel y Novak (Novak, 1981). Sin embargo, Novak tiene lo que él llama su teoría de educación:

“El aprendizaje significativo subyace a la integración constructiva entre pensamiento, sentimiento y acción lo que conduce al engrandecimiento (“empowerment”) humano” (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983; citado en Moreira, 1997, pág. 13).

Para Novak, una teoría de educación debe considerar que los seres humanos piensan, sienten y actúan y debe ayudar a explicar cómo se pueden mejorar las maneras a través de las cuales las personas hacen eso. Cualquier evento educativo es, de acuerdo con Novak, una acción para cambiar significados (pensar) y sentimientos entre aprendiz y profesor.

La cuestión del intercambio de significados ya apareció cuando se habló de Vygotsky y volverá a tratarse más adelante en la teoría de enseñanza de Gowin (Gowin, 1981). Aquí basta considerar que el objetivo de este intercambio es el aprendizaje significativo de un nuevo conocimiento contextualmente aceptado. Pero Novak se refiere también a un intercambio de sentimientos. Un evento educativo, según él, está también acompañado de una experiencia afectiva. La predisposición para aprender, destacada por Ausubel como una de las condiciones para el aprendizaje significativo, está, para Novak, íntimamente relacionada con la experiencia afectiva que el aprendiz tiene en el evento educativo. Su hipótesis es que la experiencia afectiva es positiva e intelectualmente constructiva cuando la persona que aprende tiene provecho en la comprensión; recíprocamente, la sensación afectiva es negativa y genera sentimientos de inadecuación cuando el aprendiz no siente que está aprendiendo el nuevo conocimiento. Predisposición para aprender y aprendizaje significativo guardan entre sí una relación prácticamente circular: el aprendizaje significativo requiere predisposición para aprender y, al mismo tiempo, genera este tipo de experiencia afectiva. Actitudes y sentimientos positivos en relación con la experiencia educativa tienen sus raíces en el aprendizaje significativo y, a su vez, lo facilitan. Novak, como se ha expuesto al comenzar esta sección, “adoptó” la teoría de Ausubel y, consecuentemente, el concepto de aprendizaje significativo.

Sin embargo, él dio nuevos significados a este concepto o extendió su ámbito de aplicación: en su teoría humanista de educación, el aprendizaje significativo subyace a la construcción del conocimiento humano y lo hace integrando positivamente pensamientos, sentimientos y acciones, lo que conduce al engrandecimiento personal (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983).

Uve de Gowin

La técnica heurística de la Uve fue inventada por Gowin (1981) como una estrategia para resolver un problema o para entender un procedimiento. Ha sido aplicada en educación básica, educación media y en la Educación Superior. Gowin propone la Uve como una herramienta para ser empleada al analizar críticamente un trabajo de investigación, entender un experimento en el laboratorio, en una enseñanza dirigida para promover un aprendizaje significativo, así como extraer el conocimiento de tal forma que pueda ser utilizado en la resolución de problemas (Herrera & Sánchez, 2012). Se considera una herramienta metacognitiva, ya que ilustra y facilita el aprendizaje a través de los elementos teóricos y metodológicos que interactúan en el proceso de la construcción del conocimiento, para la solución de un problema (Guardian & Ballester, 2011). Interrelaciona el saber, el saber hacer y el saber ser; es decir, los contenidos relacionados con los conceptos, procedimientos y actitudes (competencias científicas), y además permite integrar el conocimiento cotidiano con el científico, logrando ser considerada altamente significativa (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983; Novak & Gowin, 1988; Ontoria, 2001; Díaz-Barriga & Hernández, 2002).

Una de las condiciones para que ocurra el aprendizaje significativo es que el material a ser aprendido sea relacionable (o incorporable) a la estructura cognitiva del aprendiz, de manera *no arbitraria* y *no literal*. Un material con esa característica sería un material potencialmente significativo. En este material se debería considerar, además, dos factores muy importantes: su propia naturaleza,

y su naturaleza en relación con la estructura cognitiva del aprendiz (Moreira, 2006).

El aprendizaje significativo supone cuestionamiento y requiere la implicación personal de quien aprende, es decir, una actitud reflexiva hacia el propio proceso y el contenido objeto de aprendizaje tendiente a que nos preguntemos qué queremos aprender, por qué y para qué aprenderlo significativamente (Moreira, 2010). Surge así una nueva aportación, que es su carácter crítico. A través del aprendizaje significativo crítico es como el alumno podrá formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, no ser subyugado por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías (Moreira, 2005).

Para Gowin, el aprendizaje significativo tiene en cuenta la importante influencia de la experiencia emocional en el proceso que conduce a su desarrollo. Pero no sólo es un resultado, sino un proceso en el que se comparten significados; esta idea se desarrolla ampliamente en la teoría de educación postulada. Para él,

"la enseñanza se consume cuando el significado del material que el alumno capta es el significado que el profesor pretende que ese material tenga para el alumno." (Gowin, 1981, pág. 81).

La aportación esencial de Gowin es el establecimiento de una interacción triádica profesor/alumno/materiales educativos del currículum tendiente a compartir significados, sin la que de ningún modo se obtendría un aprendizaje significativo (Rodríguez, Caballero, & Moreira, 2010). Además, y en el logro del mismo, Gowin delimita las responsabilidades de los distintos actores en el proceso de aprender. Este autor incorpora la necesidad de fomentar la relación activa que los estudiantes deben hacer entre lo que se observa, lo que se hace y los conceptos, principios y teoría que guían la investigación científica. Gowin (1988), establece que son los conceptos los que guían nuestras observaciones, la selección de eventos, objetos, el tipo de datos, el manejo de ellos y las interpretaciones de los resultados en una experimentación. En sus observaciones encontró que los estudiantes no tenían suficiente claridad conceptual cuando abordaban un

problema de investigación en el campo de las ciencias naturales. También se observa dificultad en registrar lo que observaban, y terminaban haciendo afirmaciones de conocimientos sin saber el por qué. Como consecuencia de lo anterior los informes de laboratorio tenían carencias de significado, de aquí se plantea utilizar la estructura del diagrama en V para comunicar información (Novak & Gowin, 1988).

2.1.5.2. Didáctica de las Ciencias Naturales y Biología

En la educación, es frecuente la utilización de términos que describen los procesos cognitivos involucrados con el aprendizaje, como, por ejemplo, Didáctica. Con el objeto de proporcionar un desarrollo comprensible de esta investigación, es necesario hacer referencia a aspectos epistemológicos de la Didáctica y su evolución en el tiempo.

Juan Amos Comenio fue el primero, según la historia, en mencionar el concepto de didáctica en su obra “didáctica Magna”, publicada en 1657. En este documento, Comenio da a conocer cuál es su concepción acerca de la enseñanza. En el primer apartado del documento, la didáctica general, Comenio menciona al hombre con unas aptitudes y que son susceptibles de ser usadas para uso del mismo ser. Cada ser humano sería capaz de forjar su propio destino, cada uno tiene su propia forma de aprender y sus ritmos de aprendizaje.

En el segundo apartado, Comenio plantea la posibilidad de hacer más cosas si primero se conoce el ser humano a sí mismo. Y ya en el tercer apartado Comenio menciona que la educación de un ser humano pasa de lo más sencillo a lo más complejo, de forma natural la escuela maternal, la escuela elemental, la escuela latina o gimnasio y la academia.

La historia se remonta a los primeros siglos de nuestra era, en donde nace la necesidad de adiestrar a los catecúmenos, personas que pertenecían a la religión cristiana, se encuentra la “Didaché”, la enseñanza codificada de las fórmulas ortodoxas de la nueva fe. Luego tomaron el nombre de “Katechismoí”.

Desde esa época se percibe la transmisión de la información desde el docente hacia el estudiante. La pedagogía empezó a difundirse por todo el occidente

como pedagogía universal cuyos más grandes representantes son Pestalozzi, Herbart y Paulo Freire. Los recortes y direccionamientos de los saberes circulantes centrados por el Estado alrededor de la escuela y los maestros dan inicio a los procesos de pedagogización que desbordan los muros escolares y establecen la pedagogía como saber social, con la relación e integración de otros saberes y prácticas (Martínez, 1993). Se le puede atribuir los principios de la didáctica en el discurso pedagógico a la “Ratio Studiorum” de la Compañía de Jesús, quienes redactaron un documento que luego fue socializado con todos los colegios jesuitas para su revisión y puesta en práctica. Posteriormente, no solo eran importantes los contenidos o “pensum” sino también los “métodos de enseñanza”.

En la actualidad, se está difundiendo un nuevo tipo de enseñanza de las ciencias centrado en el aprender a hablar y a escribir ciencia, es decir, centrado en la apropiación del lenguaje científico en un proceso gradual y contextualizado (Lemke, 1997; Izquierdo y Sanmartí, 1999). La problemática del contexto en el lenguaje es un importante tema de investigación, ya que ella hace evidente la fractura entre lo que llamamos ciencia erudita y ciencia escolar: el lenguaje, por ser instrumento de expresión de ambas ciencias, exhibe semejanzas y diferencias al ser usado en una u otra, y se producen deformaciones en la transición de una ciencia hacia la otra (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 1998).

Por otra parte, una dificultad importante que impide que se produzcan aprendizajes significativos son las grandes diferencias entre las diversas representaciones idiosincrásicas que construyen los alumnos acerca del mundo natural y sus correspondientes representaciones científicas. Entonces se podría deducir que la diferencia entre los modelos mentales entre expertos y novatos involucra aspectos lingüísticos, semánticos, sintácticos y representacionales. Galagovsky (1998) propone tres formas de aproximarse, las que pueden ser:

- 1) Considerar que la enseñanza de las ciencias en la escuela podría seguir una secuencia lineal de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, de tal forma que se comienza con un número reducido de

temáticas que se irían ampliando en cantidad a medida que avanza la escolarización. Esta aproximación sugiere que cada alumno manejaría saberes científicos proporcionales a sus años de escolaridad, suponiendo el máximo conocimiento para un egresado de la titulación superior en el área.

- 2) Considerar que la enseñanza de las ciencias en la escuela podría consistir en una visión totalizadora de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, de tal forma que se abarcaran importantes volúmenes de información desde los primeros niveles de escolaridad, variando sus niveles de profundización conceptual a medida que ésta avanza. Esta aproximación sugiere que cada alumno tendría algún tipo de acercamiento a vastos saberes científicos, y que su dominio de la profundidad conceptual sería proporcional a sus años de escolaridad, suponiendo la máxima profundidad para un egresado de la titulación superior en el área.
- 3) Considerar la existencia de una ciencia escolar que involucraría una visión selectiva de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, de tal forma que la selección consistiera en un relevamiento de los conceptos estructurantes de las disciplinas científicas (Sanmartí & Izquierdo, 1997) adaptados a su máxima profundidad según las condiciones de entorno de cada situación de enseñanza-aprendizaje en particular (edad de los alumnos, recursos de diferente índole, condicionantes socioculturales, etc.). Esta aproximación sugiere que cada alumno al final de la educación obligatoria tendría un grado aceptable de alfabetización científica. Se supone que la titulación superior en un área científica aportaría gran cantidad de conocimientos específicos al quehacer profesional en dicha área, que no serían parte imprescindible del bagaje cultural de un miembro cualquiera de nuestra sociedad.

Porlán (1998) sostiene que el objeto de estudio de la Didáctica de las Ciencias Naturales son los sistemas de enseñanza-aprendizaje que abordan fenómenos

materiales y naturales, con dos finalidades complementarias. Por un lado, describir y analizar los problemas más significativos de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales y elaborar y experimentar modelos que ofrezcan alternativas prácticas fundamentadas y coherentes. Para el caso de la Didáctica de la Biología, esto hace referencia a los procesos biológicos, la biodiversidad, las relaciones de los organismos con el ambiente. La considera una disciplina emergente ya que se encuentra en proceso de expansión teórica y de consolidación metodológica. En el mismo sentido, (Mellado & Carracedo, 1993) sostienen que la Didáctica de las Ciencias se está constituyendo como disciplina específica y se debaten sus fundamentos epistemológicos. Por su parte, (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002) plantean que tiene un fundamento epistemológico basado en los contenidos de las ciencias, pero que también recibe los aportes de la psicología y de las ciencias cognitivas. Si bien se pueden encontrar recurrencias en los señalamientos de los autores citados, las diversas posiciones dan cuenta de una discusión vigente y en curso. Una de las cuestiones que no se abordan es la denominación, que no por ser el “nombre de la disciplina”, resulta un tema de menor importancia. La mayoría de los autores hablan de Didáctica de las Ciencias (Gil-Pérez, 1983; Gil-Pérez, 1991; Joshua y Dupin 1993; Astolfi, 1997; Porlán, 1998; Sanmartí, 2002; Carrascosa, Martínez Torregosa, Furió y Guisasola, 2008) dando por sentado que se trata de las Ciencias Naturales. Este tema es un debate que la comunidad científica debería darse, ya que detrás de esta idea, se esconde un sesgo positivista que considera como ciencia, “solo” las Ciencias Naturales (Rassetto, 2018).

2.1.5.3. Conocimiento didáctico y disciplinar de los profesores

En este apartado, se definirá qué es el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC), los modelos más utilizados en investigación educativa y cómo evolucionan desde el saber, saber hacer y saber que lo sé hacer y sus aportes al mejoramiento de las prácticas de enseñanza de las ciencias.

I. Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)

La educación científica, educación en ciencias o didáctica de las ciencias, es una ciencia social que tienen como objetivo el estudio de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y cuya finalidad última es la alfabetización científica de todos los estudiantes.

Dado que tanto en Chile como Latinoamérica existe una gran influencia del concepto de didáctica, el desarrollo del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) de los profesores de ciencias se puede asociar a esta parte de la formación profesional (Vergara & Cofré, 2014).

Determinar qué saben los docentes y cómo usan dicho conocimiento en la práctica, ha sido un tema de gran interés en la investigación educativa. Así, en un principio fue Shulman (1987) , quien propuso 7 categorías de conocimientos que se pueden reconocer en los profesores, las que se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Tipos de conocimientos del docente según Shulman (1987) tomado de Cofré, Vergara, & Spotorno (2021)

Tipo de Conocimiento			Ejemplos de conocimientos que debemos tener para realizar una clase exitosa
Conocimiento del Contenido Disciplinar (CD)			¿Qué es lo más importante que deben aprender sobre Biología?
Conocimiento del Currículum (CCU)			¿Cuál es la diferencia entre las bases curriculares y los programas de estudio?
Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)			¿Cuáles son las creencias de los estudiantes sobre los conceptos más importantes de la Biología?
Conocimiento Pedagógico General (CPG)			¿Cómo se debe organizar una actividad con trabajo colaborativo? ¿Cuáles son los momentos de la clase?
Conocimiento de los Estudiantes (CP)			¿Existen conflictos entre los estudiantes o grupos? ¿Existen problemas en algunas familias? ¿Existen estudiantes con NEE?

Conocimiento del contexto Educativo (CC)	¿Cuál es el proyecto educativo del colegio?
Conocimiento de los Valores y Fines de la Educación (CV)	¿Cómo puedo trabajar la solidaridad y la diversidad en el curso? ¿Cómo puedo ayudar a mis estudiantes a ser ciudadanos biológicamente informados?

De los conocimientos previamente mencionados, el CPC sería un conocimiento propio y que distingue al docente de un especialista en el tema, es decir, este conocimiento distingue al profesor o profesora de un Biólogo o Licenciado en Biología. Para Shulman, el CPC abarca el conocimiento en la forma de representar y formular un tema, haciéndolo comprensible para otro, comprensión que hace que el aprendizaje de temas específicos sea fácil o difícil. Las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de distintas edades y antecedentes traen consigo el aprendizaje de los temas y lecciones que se enseñan con más frecuencia (Shulman,1986). A partir de lo anterior, comenzaron a surgir algunas interrogantes respecto de este CPC, por ejemplo ¿Es este CPC un cuerpo de conocimientos diferente y único? Shulman planteó que es una de las 7 categorías de conocimientos que tiene un profesor, y este puede emerger y crecer en la medida que la o el docente sea capaz de transformar su conocimiento del contenido (CD) con el fin de enseñarlo a determinados estudiantes. Otros autores, como Magnusson, Krajcik y Borko, plantean que el CPC corresponde a una categoría de conocimiento más elevada y que no corresponde a la suma de conocimientos propuesta por Shulman (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999). Según estos autores, creadores de uno de los modelos más influyentes de las últimas dos décadas (Chan & Hume, 2019) conceptualizaron el CPC sobre la base de cinco componentes:

- a) Orientaciones hacia la enseñanza
- b) Conocimiento del currículum
- c) Conocimiento de la evaluación
- d) Conocimiento de la comprensión de los estudiantes

e) Conocimiento de las estrategias de enseñanza

El modelo de Magnusson, como se conoce actualmente, se hizo popular, posiblemente por el hecho de que proporciona categorías discretas, fácilmente identificables, ideales para ser usadas en instrumentos de evaluación del CPC. Según la revisión de Chan y Hume (2019) entre los años 2000-2018, de los casi 100 artículos publicados sobre CPC, cerca del 50% ha utilizado el modelo de Magnusson o modificaciones de él.

II. Evolución del modelo de CPC

Desde los inicios de la investigación en CPC, se buscaba comprender lo que el profesor hace y sobre los elementos que considera en la toma de decisiones previa a la enseñanza (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008). De esta forma, se ha definido un CPC declarativo, relativo a la forma de resolver la serie de tareas en el proceso de preparación de la enseñanza. Es la manera en que el docente hace uso de sus conocimientos previos para indicar cómo hará frente a la enseñanza de un determinado contenido científico.

El CPC procedimental, en cambio, alude a las acciones que el profesor exhibe durante la enseñanza, por ejemplo, al interior de la sala de clases (Schmelzing, y otros, 2013). Otros autores han descrito esta distinción como el CPC on action (CPC sobre la acción) y el CPC in action (CPC en acción) (Park & Oliver, 2008). Las últimas autoras mencionadas, desarrollaron una nueva versión del modelo de Magnusson, pero incorporando un sexto componente: La autoeficacia del profesor, como un elemento afectivo, específico del contexto. En su investigación Park y Oliver define la autoeficacia como la creencia del profesor en su habilidad para afectar el resultado de aprendizaje de sus estudiantes.

A partir del trabajo de diferentes investigadores en educación científica a nivel mundial, se comenzó a discutir sobre el desarrollo de un modelo para el consenso, en el cuál fueran incorporadas muchas ideas que se estaban trabajando paralelamente o en forma confusa. En este modelo se identifica el

papel general del conocimiento profesional del docente y sitúa al CPC dentro de ese modelo más amplio, incluyendo toda la complejidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Este trabajo se inició a partir del desarrollo profesional y de habilidades docentes en el que se incluyó el CPC, llamado Modelo de Consenso (MC) del año 2012 (Berry, Friedrischen, & Loghran, 2015). En este modelo, el CPC se define como:

“El conocimiento, el razonamiento, y la planificación para enseñar un tema específico de una manera particular para un propósito particular a estudiantes particulares para obtener mejores resultados” (Gess-Newsome, 2015, pág. 36).

Según Gess-Newsome, este modelo ofrecía una explicación para la investigación didáctica con una forma más sólida y predictiva de pensar sobre el conocimiento y la acción del profesor. Específicamente, el MC comienza con las bases genéricas de conocimiento profesional del maestro (algunos conocimientos originales de Shulman) el cual informa y es informado por el CPC específico del tema disciplinar. Este modelo aporta varias cosas: 1) hace explícito que el contenido para la enseñanza se produce vinculado a un tema. 2) Este conocimiento combina contenido, pedagogía o didáctica y el contexto. 3) Se reconoce la diferencia entre un conocimiento de la profesión y uno personal, lo que le permite asumir un rol normativo (Gess-Newsome, 2015). Cabe señalar que, si bien resulta interesante destacar los elementos amplificadores y filtros entre los conocimientos declarativos y la práctica, así como entre la práctica y el resultado del aprendizaje de los estudiantes, es que no es tan correcto el relacionar el conocimiento del profesor directamente con el aprendizaje de los estudiantes.

Pese a que este modelo integrativo del CPC con otros conocimientos, contexto, práctica docente y estudiantes, no ha sido muy utilizado y puede ser reemplazado por el Modelo de Consenso Refinado (MCR). Esta práctica sería el resultado de la interacción de múltiples capas de conocimientos y experiencias (Carlson &

Daehler, 2019). Este modelo identifica 3 tipos diferentes de CPC: CPC colectivo (cCPC), CPC personal (pCPC) y CPC implementado (iCPC), que describen respectivamente: a) el conocimiento profesional especializado, b) lo que el docente sabe acerca de cómo enseñar y c) el subconjunto único de conocimientos que un profesor utiliza al tomar sus decisiones pedagógicas durante la planificación, la enseñanza y la reflexión de su clase (Carlson y Daehler, 2019, citado en Cofré y Vergara, 2021).

El CPC se ha estudiado mucho en el contexto de formación inicial docente, sin embargo desde principios del año 2000 se han desarrollado investigaciones orientadas a evaluar el mejoramiento del CPC de estudiantes de pedagogía (Cofré, Vergara, & Spotorno, 2021, pág. 35). Finalmente, cabe señalar que para esta investigación, se ajusta el modelo de Magnusson porque, desde el pensamiento sistémico, si lo comparamos con el modelo planteado por Shulman, es más que la suma de los tipos de conocimientos y considera el conocimiento del currículum, de evaluación, la comprensión de los estudiantes y de las estrategias de enseñanza.

2.1.5.4. Grandes Ideas de la Ciencia

Existe una tendencia creciente en considerar las *Grandes Ideas de la Ciencia* para la enseñanza de las ciencias, acorde con los desafíos actuales que representa la alfabetización científica. Las grandes ideas han sido incorporadas al currículum de ciencias en Chile. Explícitamente, fueron incorporadas desde el año 2015 (MINEDUC, 2015) y hay poca información acerca de la forma en que los docentes trabajan con ellas en el aula (González-Weil & Bravo, 2021).

Los desafíos actuales a los que se enfrenta la sociedad requieren no solo comprender conceptos científicos, sino también desarrollar actitudes científicas y habilidades del pensamiento científico. De igual forma, comprender la Ciencia como una actividad humana, parte de nuestra cultura, por lo tanto influenciada por factores históricos, políticos, económicos y sociales. Mas aún, se requiere formar personas capaces de tomar decisiones, y generar acciones que mejoren

la calidad de vida del ser humano, cuidar nuestro entorno y sobrevivir como especie.

I. Alfabetización científica

La alfabetización científica de la población juega un rol clave no solo para la sobrevivencia de la Ciencia, sino que para nuestra propia sobrevivencia. Sjöström y Eilks (2016) propusieron 3 visiones de alfabetización científica:

- **Visión I:** Centrada en el contenido y los procesos científicos para su posterior aplicación.
- **Visión II:** Su objetivo es comprender la utilidad del conocimiento científico en la vida cotidiana y en la sociedad.
- **Visión III:** Trata sobre “el saber científico en acción” también llamada alfabetización científica crítica implica una educación científica transformadora, que enfatiza la transdisciplinariedad, promoción de valores y una ciudadanía global orientada en la praxis.

Las circunstancias actuales de nuestro planeta nos llevan a una alfabetización científica como la señalada en la Visión III. Un posible espacio de desarrollo son las escuelas y universidades, mediante la educación científica de los estudiantes (Eilks, Sjöström, 2016 citado en Cofré, Vergara, & Spotorno, 2021, pág. 64).

II. ¿Qué son las grandes ideas de la Ciencia?

Considerando los desafíos actuales de la sociedad sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, existe una nueva propuesta curricular para abordar el contenido científico, denominada “Grandes Ideas de las Ciencias”. Esta propuesta busca que los estudiantes *“puedan ver conexiones entre diferentes ideas científicas”*, de esta forma, las conexiones establecidas facilitan la

utilización de estas ideas en nuevas situaciones en lugar de las ideas desconectadas y un entendimiento más crítico de la ciencia (Harlen, 2015).

El origen de este constructo data de 1998 cuando Robin Millar y Jonathan Osborne propusieron la existencia de “historias explicativas de las ciencias” advirtiendo sobre la importancia de escoger historias relevantes para incorporar en el currículum (Millar & Osborne, 1998). No fue hasta el año 2010 que, en el marco del seminario “Grandes Ideas de la Ciencia” se acuñó este constructo. Científicos y educadores relacionados con la educación en ciencias de todo el mundo propusieron ideas y principios que todo estudiante debería conocer durante su período escolar. Bajo el liderazgo de Wynne Harlen, se elaboraron 2 reportes que agrupan estas ideas: Principios y grandes ideas de la educación en ciencias (2010) donde se presentan estas grandes ideas de y acerca de las ciencias. Por otra parte, el segundo reporte conocido como “Trabajando con grandes ideas de la educación en ciencias” (2015) muestra un enfoque más aplicado sobre la forma de abordar las grandes ideas en el aula (Harlen, 2010, 2015).

Esta propuesta incluyó teorías, modelos y principios que explican el mundo natural y 4 ideas acerca de la ciencia, en cuanto a la forma en que estas grandes ideas se han desarrollado (Harlen, 2015). Las grandes ideas se definieron como: *“ideas que pueden usarse para explicar y hacer predicciones sobre una variedad de fenómenos relacionados en el mundo natural”* (Harlen, 2015, pág. 17). Esta conceptualización incorpora la progresión de ideas *“pequeñas” desarrolladas de estudios particulares, se construyen para formar gradualmente ideas “grandes”* (Ibid., p.8), que abarcan más fenómenos. La progresión se relaciona con el dominio científico de pequeñas ideas alcanzadas mediante experiencias concretas hasta ideas más amplias y abstractas, a través de los años de escolarización de los estudiantes (Harlen, 2010). En la siguiente tabla, se presentan las grandes ideas de y acerca de la Ciencia, a continuación:

Tabla 4: Grandes Ideas de la Ciencia (Harlen *et al.* 2010)

Ideas de la Ciencia

1	Todo material en el Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.
2	Los objetos pueden afectar otros objetos a distancia.
3	El cambio de movimiento de un objeto requiere que una fuerza neta actúe sobre él.
4	La cantidad de energía del universo siempre es la misma, pero la energía puede transformarse cuando algo cambia o se hace ocurrir.
5	La composición de la Tierra y de la atmósfera y los fenómenos que ocurren en ellas le dan forma a la superficie de la Tierra y afectan su clima.
6	El sistema solar es una muy pequeña parte de los millones de galaxias en el Universo.
7	Los organismos están organizados sobre la base de células.
8	Los organismos requieren de suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos.
9	La información genética es transmitida de una generación de organismos a la siguiente información.
10	La diversidad de los organismos, vivientes y extintos, es el resultado de la evolución.

Ideas acerca de la Ciencia

11	La ciencia supone que para cada efecto hay una o más causas.
12	Las explicaciones, las teorías y los modelos científicos son aquellos que mejor dan cuenta de los hechos conocidos en su momento.
13	El conocimiento generado por la ciencia es usado en algunas tecnologías para crear productos que sirven a propósitos humanos.
14	Las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicancias éticas, sociales económicas y políticas.

Otros educadores científicos han proporcionado más definiciones de las grandes ideas. Es así que según Mitchell las define como

“un principio unificador que conecta y organiza ideas, conceptos pequeños y experiencias múltiples” (Mitchell, Keast, Panizzon, & Mitchell, 2016).

Otra definición es

“las grandes ideas pueden considerarse como los patrones que permiten conectar los puntos del conocimiento que de otra forma estaría fragmentado” (Whiteley, 2012, pág. 43).

Estas grandes ideas permitirían establecer nuevas relaciones entre contenidos científicos (Olson, 2008), por lo que podrían ser comunes a más de un fenómeno con el potencial de volverse más sofisticadas con el tiempo (Plummer & Krajcik, 2010). Las grandes ideas pueden ser asociadas a STEM (acrónimo de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) de manera de entenderlas transversal e integradamente pudiendo ser grandes ideas de contenidos o grandes ideas de los procesos asociados a STEM (Chalmers, Carter, Cooper, & Nason, 2017). En Chile este nuevo enfoque educativo está incorporado en el currículum nacional (MINEDUC, 2012, 2015 y 2019) enfatizando las *grandes ideas de las ciencias* desde 7° básico hasta 2° medio, mientras que las *ideas acerca de la ciencia* podrían estar asociadas a 3° y 4° medio. En estos niveles, la definición que entrega el currículum nacional es la siguiente:

“...Para contribuir a la alfabetización científica es fundamental comprender conceptos e ideas nucleares de las ciencias que permitan construir otros conocimientos. Las grandes ideas como construcción conceptual permiten explicar eventos y fenómenos importantes para la vida de los estudiantes durante y después de su etapa escolar. Son relaciones y patrones observados en un amplio rango de fenómenos. Estas relaciones posibilitan una visión integrada de las ciencias, con lo cual se adquieren aprendizajes profundos sobre objetos, materiales, fenómenos y relaciones del mundo natural.” (MINEDUC, 2019, pág. 70).

Si bien existen diferentes ejemplos sobre el uso de las grandes ideas, se ha producido poco conocimiento acerca de cómo los profesores chilenos están incluyendo esta innovación curricular (Bravo, Astudillo, Cisternas, & Flores, 2019). Este punto se vuelve importante, ya que el currículum chileno adoptó esta forma de enseñar las ciencias en todos los niveles escolares (Cofré, Vergara, & Spotorno, 2021). Ogborn (2002) formula dos preguntas al respecto: ¿Quién es el propietario o propietaria de las innovaciones curriculares una vez que se han desarrollado? y ¿Cómo se transforman una vez que se van a implementar?

Ogborn propone que el éxito de un proyecto de desarrollo curricular está relacionado con “el sentido de propiedad de la innovación”, concluyendo que los docentes son los verdaderos dueños del currículum (Ogborn, 2002, pág. 143). Cabe señalar que, para el caso específico de la Biología, del listado de “Ideas de la Ciencia”, las últimas cuatro se relacionan directamente con la forma en que la ciencia explica los fenómenos biológicos. Las ideas 7 y 8 *“Los organismos están organizados en base a células”* y *“los organismos requieren de suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos”* nos invita a comprender que los seres vivos tienen la necesidad de incorporar materia y energía para mantenerse, lo cual determina una organización específica -la célula- cuyo funcionamiento se refleja a nivel macro en todas las funciones del organismo (González-Weil & Bravo, 2017). En términos de alfabetización científica, la comprensión de estas grandes ideas nos permite explicar una serie de fenómenos cotidianos. Finalmente, el comprender una gran idea y cuestionarse acerca de la manera en que puede ser enseñada, es parte importante del desarrollo del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) o Pedagogical Content Knowledge (PCK). Es vital considerar además, las prácticas de ellos docentes en una lógica híbrida de construcción de conocimiento, lo que aporta mayor diversidad de experiencias y por lo tanto, un aprendizaje más situado.

“Las grandes ideas pueden ser comprendidas como un vehículo co-construido (academia, profesores en formación y en ejercicio, estudiantes) que transporta estas ideas no solo de la ciencia sino que también acerca de la ciencia y su relación con la sociedad” (Cofré, Vergara, & Spotorno, 2021, pág. 82).

2.1.5.5 Enseñanza de los conceptos estructurantes

Para entender el mundo lo hacemos valiéndonos de conceptos y de cómo se relacionan, por ello, en las teorías modernas del aprendizaje, la adquisición de

conocimientos es un aspecto difícilmente separable de su representación. Entonces:

“cuanto más entretrejida está la red de conceptos que posee una persona en un área específica, mayor es su capacidad para establecer relaciones significativas y por lo tanto para comprender los hechos propios de esa área” (Pozo, Sanz, Gómez, & Limón, 1991).

En la enseñanza de las Ciencias Naturales se hace necesario acudir a referentes conceptuales que permitan formar una estructura “soporte” para construir todos los demás conceptos, a ellos se les llama conceptos estructurantes:

“cuya construcción transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores” (Gagliardi, 1986).

Los conceptos estructurantes se encuentran en los procesos mentales *cuando*

“al formar un concepto el alumno construye (o reconstruye) su sistema cognitivo” (Gagliardi, 1986)

esa reconfiguración de las representaciones mentales lo hace competente para construir otros conocimientos, a través de una modificación anterior del aprendizaje en el estudiante. La importancia de los conceptos estructurantes radica en promover su interiorización en el alumno, lo que permitirá que *“se desarrolle una nueva capacidad para observar el mundo”* (Gagliardi, 1995). En este sentido, los conceptos estructurantes son fundamentales en las mallas curriculares ya que:

“atraviesan todos los contenidos de las áreas, cuya comprensión debe ser uno de los objetivos esenciales en la educación obligatoria. Difícilmente se

puede comprender nociones más específicas si no se dominan esos principios” (Coll & Pozo, 1992).

De allí la importancia de que los niños de la escuela primaria se apropien de los conceptos estructurantes, que les proporciona las condiciones para aprender, pues el estudiante da un significado a lo que percibe, en función de lo que ya conoce (su sistema de significación) permitiéndole incorporar cosas que antes no se tomaban en cuenta o se les daba otro significado (Gagliardi, 1995)

Entender a los seres vivos implica, necesariamente, la adquisición de herramientas conceptuales para la comprensión de las células que lo componen. Por esta razón, el concepto de célula tiene justificada su presencia en la enseñanza de la Biología en cualquier nivel educativo (básico, secundario o universitario) debido a su carácter de conocimiento estructurante para la comprensión de los seres vivos (Rodríguez, 2000). Investigaciones sobre ideas previas o concepciones alternativas muestran la complejidad del proceso de aprendizaje, especialmente en el caso de los conceptos científicos, difíciles de cambiar, puesto que se requiere de una construcción previa de una imagen (funcional y estructural) representación abstracta con relaciones y procesos complejos (Flores, y otros, 2000). Debido a las dimensiones celulares, los estudiantes de secundaria presentan dificultades, por lo que sus representaciones mentales no son claras, además, presentan dificultad para interpretar gráficos, poseen ideas bastante alejadas de la composición celular de los organismos y del contenido celular, no logran establecer la correlación entre sus funciones con las de los organismos pluricelulares (Caballer & Jimenez, 1992).

Frente a la imposibilidad de aprehender la realidad directamente, el ser humano construye alguna forma de representación mental para que ella actúe como intermediario entre el sujeto y su entorno (Herrera & Sánchez, 2009). En el caso del concepto de célula, con dificultades concretas para el estudiante, éste, necesariamente, debe construirlas para dar cuenta de la realidad que pretende

captar; y esa realidad termina siendo conceptualizada a través de esquemas (Giordan,1987).

2.1.6. Aprendizaje

“Mi habilidad ahora es soltar lo que tengo para ver todo desde otra perspectiva. Cada vez que soltamos el sostener alguna verdad o creencia, aparece algo nuevo. Es una apertura de la mirada reflexiva. Dejar de saber para ponerse en la posibilidad de no saber, lo cual es un cambio”.

Humberto Maturana.

El aprendizaje consiste en un proceso activo y personal de construcción de significados, durante el cual la persona reestructura progresivamente sus esquemas conceptuales (Driver, 1989). El concepto de aprendizaje desde un punto de vista constructivista se centra en la importancia del significado construido por las personas en sus intentos de dar sentido al mundo. Las construcciones realizadas se conciben como modelos provisionales, puestos a prueba constantemente por confrontación con la experiencia y, si es necesario, modificados en consecuencia. Esta línea de pensamiento se ocupa de las intenciones, creencias y emociones de las personas tanto como de su conceptualización, y reconoce la influencia que la experiencia previa tiene en la forma como se perciben e interpretan los fenómenos (Driver. & Oldham, 1997). El aprendizaje basado en la mera aglomeración y amontonamiento de conocimientos se ha revelado bastante ineficaz para esta sociedad, atravesada por cambios culturales y tecnológicos donde se impone la readaptación y actualización constante, así como el aprendizaje que permita a la persona responder, frente a nuevas situaciones, de forma creativa y constructiva (López Noguero, 2007). Detrás de toda propuesta teórica o de toda práctica de enseñanza hay, explícita o implícitamente, una concepción de aprendizaje (Manuale, 2007).

En este apartado se explicará el proceso de aprendizaje desde los aportes de la neurociencia y los fundamentos fisiológicos del proceso de conceptualización, así como explicar los distintos niveles de abstracción.

Bases Biológicas del proceso de Aprendizaje

En este apartado se explicarán los aspectos biológicos del proceso de aprendizaje, partiendo por la organización nerviosa del cerebro y las estructuras involucradas en este proceso, hasta aspectos neurofisiológicos.

2.1.6.1. Organización y Estructuras

El sistema nervioso central (SNC) se compone del cerebro y la médula espinal, constituyendo el centro donde ocurre el control de la conducta voluntaria (pensamiento y comportamiento). Por otra parte, el sistema nervioso autónomo (SNA) regula las actividades involuntarias, como las que se involucran en la digestión, la respiración y la circulación de la sangre. Estos sistemas no son completamente independientes. Por ejemplo, las personas pueden aprender a controlar su frecuencia cardíaca, lo que significa que están manejando de manera voluntaria una actividad involuntaria (Snell, 2019, págs. 2-7).

La médula espinal mide aproximadamente 18 pulgadas (45,7 cms) y se extiende desde la base del cerebro hasta la mitad de la espalda. Su principal función es la de transmitir señales desde y hacia el cerebro, lo que la convierte en el mensajero central entre el cerebro y el resto del cuerpo. Su ruta ascendente lleva señales desde lugares del cuerpo hasta el cerebro, y su ruta descendente transmite mensajes desde el cerebro hasta la estructura corporal apropiada (por ejemplo, para provocar el movimiento). Los daños a la médula espinal, como los provocados por un accidente, pueden producir síntomas que van desde la falta de sensibilidad hasta la parálisis total (Wolfe, 2001; Jensen, 2005).

I. Organización neuronal

El SNC está compuesto por miles de millones de células en el cerebro y en la médula espinal. Existen dos tipos principales de células: las neuronas y las células gliales.

- a) Neuronas:** El cerebro y la médula espinal contienen alrededor de 100 mil millones de neuronas que envían y reciben información a lo largo de los músculos y órganos (Wolfe, 2001). A diferencia de otras células del cuerpo humano que pueden regenerarse, las neuronas tienen cierta capacidad de regeneración (Kempermann & Gage, 1999), aunque aún no se sabe bien en qué grado se regeneran ni se conoce a fondo el proceso mediante el cual ocurre esto. Las neuronas también difieren de otras células del cuerpo debido a que se comunican entre sí por medio de señales eléctricas y reacciones químicas. Por lo tanto, su organización es distinta a las de otras células corporales.
- b) Células gliales:** Son mucho más numerosas que las neuronas. Estas células se podrían considerar de soporte, ya que apoyan las funciones de las neuronas. Las células gliales no transmiten señales como las neuronas, pero ayudan en el proceso. realizan muchas funciones. Una de las principales es garantizar que las neuronas operen en un ambiente adecuado, para lo cual ayudan a eliminar las sustancias químicas que podrían interferir en su funcionamiento y eliminan las células muertas del cerebro. Otra de sus importantes funciones es colocar la mielina, una envoltura en forma de vaina que rodea a los axones y ayuda a transmitir las señales del cerebro (este tema se analizará en la siguiente sección). Al parecer las células gliales también desempeñan funciones fundamentales en el desarrollo del cerebro fetal (Wolfe, 2001). Por consiguiente, las células gliales trabajan en conjunto con las neuronas para garantizar un eficaz funcionamiento del SNC.

En la siguiente imagen, que corresponde a una representación de la organización de las neuronas, se muestra la sinapsis, proceso que será explicado a continuación:

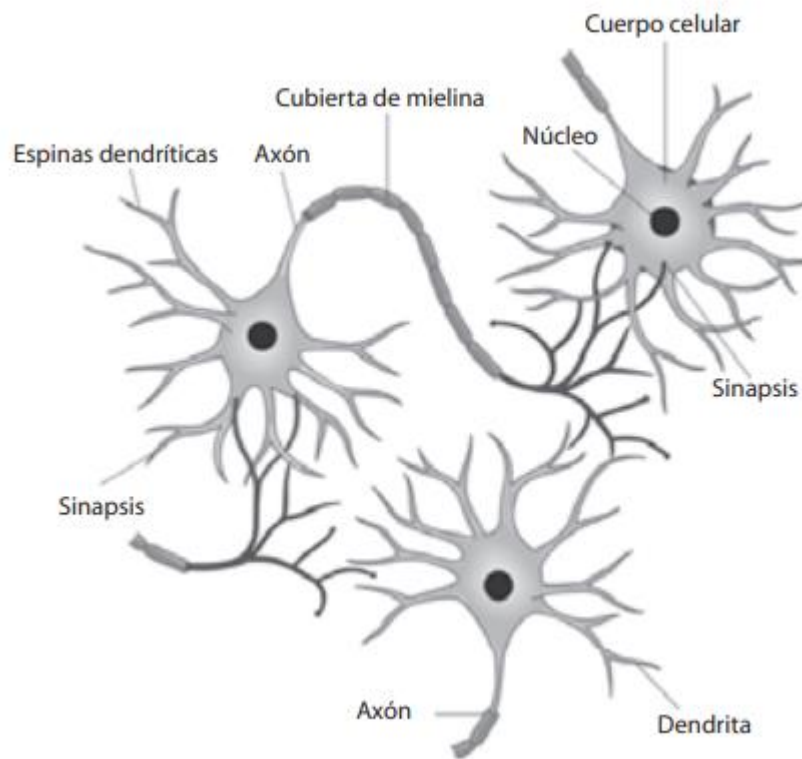


Ilustración 5: Organización neuronal, tomado de Schunk (2012), pág 32

Sinapsis: Cada neurona consta de un cuerpo celular, miles de pequeñas dendritas y un axón. Una dendrita es la prolongación de tejido que recibe información de otras células. Un axón es una trama larga de tejido que envía mensajes a otras células. La vaina de mielina rodea al axón y facilita el viaje de las señales. Cada axón termina en una estructura ramificada. Las terminales de estas estructuras ramificadas se conectan con las terminales de las dendritas, y a esta conexión se le conoce como sinapsis. La estructura interconectada es la clave de la comunicación entre las neuronas, ya que los mensajes viajan de una neurona a otra a través de la sinapsis. El proceso mediante el cual se comunican las neuronas es complejo. En el extremo de cada axón se encuentran neurotransmisores químicos, los cuales no están en contacto directo con las dendritas de otra célula. A este hueco entre las dendritas y el axón se le conoce como espacio sináptico. Cuando las señales eléctricas y químicas alcanzan un nivel suficiente, se liberan neurotransmisores en ese espacio, los cuales activan

o inhiben una reacción en la dendrita con la que tienen contacto. Por ello, el proceso comienza como una reacción eléctrica en la neurona y el axón, después se convierte en una reacción química en el espacio y por último se convierte nuevamente en una respuesta eléctrica en la dendrita. Este proceso continúa de una neurona a otra a gran velocidad.

II. Estructuras del cerebro

El cerebro de un ser humano adulto pesa aproximadamente tres libras (1360 g) (Tolson, 2006; Wolfe, 2001). Su superficie presenta una serie de pliegues y una apariencia arrugada. Se compone de un 78% de agua y el 22% restante lo constituyen grasas y proteínas. En la siguiente imagen se muestran las principales estructuras cerebrales que participan en el aprendizaje (Byrnes, 2001; Jensen, 2005; Wolfe, 2001), las cuales se describen a continuación:

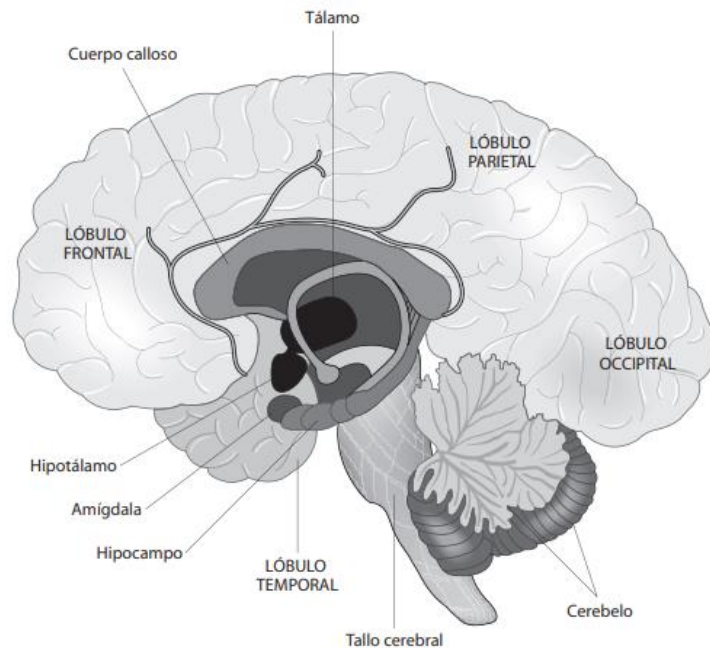


Ilustración 6: Principales estructuras cerebrales. Tomado de Schunk, D. (2012) pág. 34

- **Tallo cerebral y formación reticular:** En la base del cerebro se encuentra el tallo cerebral, que se encarga de las funciones del SNA (involuntarias

por medio de su formación reticular, que es una red de neuronas y fibras encargadas de regular el control de funciones corporales básicas como la respiración, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea, el movimiento ocular, la salivación y el gusto. La formación reticular también está involucrada en los niveles de conciencia (como el sueño y la vigilia). Por ejemplo, cuando uno entra en una habitación silenciosa y oscura, la formación reticular disminuye la activación del cerebro y facilita el sueño. La formación reticular también ayuda a controlar la información sensorial. esta estructura permite que nos enfoquemos sólo en los estímulos relevantes, lo cual es fundamental para la atención y la percepción, componentes básicos en el sistema de procesamiento de información del ser humano. Además, la formación reticular produce muchos de los mensajeros químicos del cerebro.

- **Cerebelo:** Se ubica en la zona posterior del cerebro, regula el equilibrio corporal, el control muscular, los movimientos y la postura del cuerpo. Aunque estas actividades están principalmente bajo control consciente y, por lo tanto, en el dominio de la corteza, esta última no cuenta con todo el equipo necesario para regularlas, por lo que debe trabajar en conjunto con el cerebelo para la coordinación de los movimientos. El cerebelo es la clave para adquirir las habilidades motoras. Con la práctica muchas habilidades motoras se convierten en automáticas (como tocar el piano y conducir un automóvil). Este automatismo ocurre porque el cerebelo tomará parte del control, con lo cual permitirá que la corteza se concentre en las actividades que requieren la conciencia (por ejemplo, pensar y resolver problemas).
- **Tálamo e Hipotálamo:** Sobre el tallo cerebral se encuentran dos estructuras del tamaño de una nuez: el tálamo y el hipotálamo. El tálamo actúa como un puente por el cual se envía la información desde los órganos de los sentidos (con excepción del olfato) hacia la corteza. El hipotálamo forma parte del SNA y controla las funciones corporales necesarias para mantener la homeostasis, como la temperatura corporal,

el sueño, y las sensaciones de sed y hambre. El hipotálamo también es responsable del incremento en la frecuencia cardíaca y respiratoria que experimentamos cuando nos asustamos o nos sentimos estresados.

- **Amígdala:** La amígdala participa en el control de las emociones y la agresividad. La información sensorial (exceptuando al olfato, que viaja directamente a la corteza) va al tálamo, el cual a su vez envía la información al área apropiada de la corteza y a la amígdala. La función de la amígdala consiste en evaluar qué tan peligrosa es la información sensorial; si reconoce un estímulo potencialmente dañino, envía una señal al hipotálamo, que provoca los cambios emocionales antes señalados (como el aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea).
- **Hipocampo:** El hipocampo es la estructura cerebral responsable de la memoria del pasado inmediato, ayudando a establecer la información en la memoria a largo plazo (que reside en la corteza), pero continúa desempeñando su papel de activar esa información cuando se necesita. Por consiguiente, el hipocampo intervendría en la memoria actual activa (de trabajo) hasta que la información se haya codificado completamente en la memoria a largo plazo, momento en el que es posible que el hipocampo deje de desempeñar su función.
- **Cuerpo calloso:** A lo largo de todo el cerebro (encéfalo), del frente hacia atrás, existe una banda de fibras conocidas como cuerpo calloso, la cual lo divide en dos mitades o hemisferios y los conecta para el procesamiento neuronal. Esto es fundamental porque gran parte del procesamiento mental ocurre en diferentes lugares del cerebro y a menudo involucra a ambos hemisferios.
- **Lóbulo occipital:** Los lóbulos occipitales del cerebro participan principalmente en el procesamiento de la información visual. Al lóbulo occipital también se le conoce como corteza visual. Recuerde que el tálamo recibe primero los estímulos visuales y luego envía esas señales a los lóbulos occipitales. Aquí se llevan a cabo varias funciones, como la determinación del movimiento, el color, la profundidad, la distancia y otras

características visuales. Una vez que se dan estas determinaciones, los estímulos visuales son comparados con la información almacenada en la memoria para determinar el reconocimiento (la percepción). De esta manera se reconoce un objeto que coincide con un patrón almacenado. Cuando no hay coincidencia, se codifica un nuevo estímulo en la memoria. La corteza visual debe comunicarse con otros sistemas del cerebro para determinar si un estímulo visual coincide con un patrón almacenado (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 1998).

- **Lóbulos parietales:** Localizados en la parte superior del cerebro, son responsables del sentido del tacto, y ayudan a determinar la posición del cuerpo y a integrar la información visual. Los lóbulos parietales poseen una sección anterior (adelante) y posterior (atrás). La parte anterior recibe información del cuerpo con respecto al tacto, la temperatura, la posición del cuerpo y las sensaciones de dolor y presión (Wolfe, 2001). Cada parte del cuerpo tiene ciertas zonas en la parte anterior que reciben la información que éste envía y la identifican con exactitud. La parte posterior integra la información táctil para brindar una conciencia corporal espacial o para conocer la posición del cuerpo en todo momento. Los lóbulos parietales también pueden aumentar o reducir la atención a diferentes partes del cuerpo. Por ejemplo, el lóbulo parietal recibe e identifica el dolor en una pierna, pero si el individuo está viendo una película divertida y le pone mucha atención, es probable que “se olvide” de que le duele la pierna.
- **Lóbulo temporal:** Los lóbulos temporales, localizados en un costado del cerebro, son responsables del procesamiento de la información auditiva. Cuando se recibe información auditiva (como una voz u otros sonidos), esa información se procesa y transmite a la memoria auditiva para determinar el reconocimiento. Luego, el reconocimiento puede conducir a la acción. Por ejemplo, cuando un profesor ordena a los estudiantes que guarden sus libros y se formen en la puerta, la información auditiva es procesada y reconocida, lo que conduce a la acción apropiada. En la zona

donde los lóbulos occipital, parietal y temporal se cruzan en la corteza del hemisferio izquierdo, se encuentra el área de Wernicke, la cual nos permite comprender el lenguaje y utilizar la sintaxis adecuada cuando hablamos. Esta área trabaja de forma estrecha con otra zona ubicada en el lóbulo frontal del hemisferio izquierdo conocida como área de Broca, que es necesaria para hablar.

- **Lóbulo frontal:** Como su nombre lo indica, los lóbulos frontales se localizan en la zona frontal del cerebro y conforman la parte más grande de la corteza. Sus principales funciones son el procesamiento de la información con respecto a la memoria, la planeación, la toma de decisiones, el establecimiento de metas y la creatividad. Los lóbulos frontales también contienen la corteza motora primaria que regula los movimientos musculares. Podría decirse que los lóbulos frontales del cerebro nos distinguen más claramente de los animales inferiores, e incluso de nuestros ancestros de generaciones pasadas. Los lóbulos frontales han evolucionado para asumir funciones aún más complejas, ya que nos permiten planear y tomar decisiones conscientes, resolver problemas y conversar con otras personas. Además, nos hacen conscientes de nuestros procesos mentales, lo que constituye una forma de metacognición.

En la parte superior del cerebro surge una banda de fibras que baja hacia los oídos, conocida como corteza motora primaria. Cada parte del cuerpo está localizada en un lugar específico de la corteza motora, así que una señal que se origina en cierta parte de la corteza conduce a realizar el movimiento apropiado. La parte anterior del lóbulo frontal, o corteza prefrontal, es proporcionalmente más grande en los seres humanos que en otros animales. En esta zona ocurren las formas más elevadas de actividad mental (Ackerman, 1992). La corteza prefrontal es fundamental para las asociaciones del procesamiento de la información cognoscitiva en el cerebro.

Cabe señalar que se han identificado distintas áreas el cerebro involucradas en diferentes funciones relacionadas al aprendizaje. A continuación se presentan en un cuadro cada una de ellas (Byrnes, 2001; Jensen, 2005; Wolfe, 2001).

Tabla 5: Funciones principales de las áreas del cerebro. Tomado de (Schunk, 2012, pág. 38)

Área	Funciones Principales
Corteza cerebral	Procesa información sensorial- regula varias funciones del aprendizaje y la memoria.
Formación reticular	Controla funciones corporales (como la respiración y la presión sanguínea), activación, sueño-vigilia
Cerebelo	Regula el equilibrio corporal, la postura, el control muscular, el movimiento, la adquisición de habilidades motoras.
Tálamo	Envía la información de los sentidos (con excepción del olfato) a la corteza.
Hipotálamo	Controla funciones corporales homeostáticas (como temperatura, sueño, sed y hambre), incrementa la frecuencia cardíaca y respiratoria durante situaciones de estrés.
Amígdala	Controla las emociones y la agresividad- evalúa el nivel de peligrosidad de la información sensorial.
Hipocampo	Mantiene la memoria del pasado inmediato y la memoria de trabajo- establece la información en la memoria a largo plazo.
Cuerpo calloso	Conecta los hemisferios derecho e izquierdo
Lóbulo Occipital	Procesa la información visual.
Lóbulo Parietal	Procesa la información táctil, determina la posición del cuerpo, integra la información visual.
Lóbulo Temporal	Procesa la información auditiva.
Lóbulo Frontal	Procesa información para la memoria, la planeación, la toma de decisiones, el establecimiento de metas, la creatividad, regula los movimientos musculares (corteza motora primaria).
Área de Broca	Controla la producción del lenguaje.
Área de Wernicke	Comprende el lenguaje, regula el uso de la sintaxis apropiada al hablar.

III. Localización e Interconexiones

Durante muchos años se ha sabido que, en general, el hemisferio izquierdo gobierna el campo visual derecho y el lado derecho del cuerpo, y que el hemisferio derecho regula el campo visual izquierdo y el lado izquierdo del cuerpo. Sin embargo, los dos hemisferios están conectados por conjuntos de fibras, y el conjunto más grande es el cuerpo calloso. Gazzaniga, Bogen y Sperry (1962) demostraron que el lenguaje está controlado principalmente por el hemisferio izquierdo. Estos investigadores descubrieron que, cuando se seccionaba el cuerpo calloso, los pacientes que sostenían un objeto fuera de la vista con su mano izquierda, decían que no estaban sosteniendo objeto alguno (Gazzaniga, Bogen, & Sperry, 1962, citado en Schunk, 2012). Al parecer, sin el estímulo visual y debido a que la mano izquierda se comunica con el hemisferio derecho, cuando este hemisferio recibía la información no podía producir un nombre (porque el lenguaje se localiza en el hemisferio izquierdo), y con un cuerpo calloso seccionado, la información no podía transferirse al hemisferio izquierdo. La investigación del cerebro también ha identificado otras funciones localizadas. Al parecer el pensamiento analítico se localiza en el hemisferio izquierdo, mientras que el procesamiento espacial, auditivo, emocional y artístico ocurre en el hemisferio derecho (aunque es probable que el hemisferio derecho procese las emociones negativas y el hemisferio izquierdo las emociones positivas; Ornstein, 1997). La música se procesa mejor en el hemisferio derecho, la direccionalidad también en el hemisferio derecho y el reconocimiento facial en el hemisferio izquierdo. El hemisferio derecho también desempeña un papel crucial en la interpretación de los contextos (Wolfe, 2001).

Los hemisferios trabajan en conjunto; la información está disponible para ambos todo el tiempo. El habla es un buen ejemplo. Si usted mantiene una conversación con un amigo, el hemisferio que le permite producir el lenguaje es el izquierdo, pero el que le proporciona el contexto y le ayuda a comprender su significado es el derecho. Existe un gran debate entre los neurocientíficos cognoscitivos acerca del grado de lateralización. Algunos argumentan que funciones cognoscitivas específicas se localizan en regiones particulares del cerebro, mientras que otros

consideran que diferentes regiones presentan la habilidad de desempeñar varias tareas (Byrnes y Fox, 1998). Este debate es similar al que existe en la psicología cognoscitiva entre la perspectiva tradicional, que plantea que el conocimiento se codifica a nivel local, y la perspectiva del procesamiento paralelo distribuido que asegura que el conocimiento no se codifica en un solo lugar sino a lo largo de muchas redes de memoria (Bowers, 2009). Hay evidencia científica que sustenta ambas posturas. Distintas partes del cerebro realizan diferentes funciones, pero las funciones pocas veces están, si es que alguna vez lo están, completamente localizadas en una sola zona. Esto es verdad especialmente en las operaciones mentales complejas, que dependen de varias operaciones mentales básicas cuyas funciones podrían estar distribuidas en diversas áreas. Como señalan Byrnes & Fox (1998):

“casi cualquier tarea requiere que participen ambos hemisferios, aunque éstos parecen procesar ciertos tipos de información de manera más eficiente que otros” (p. 310).

Por lo tanto, en lo que se refiere al ámbito educativo, la práctica de enseñar a los diferentes lados del cerebro (el cerebro derecho y el cerebro izquierdo) no está sustentada por la investigación empírica.

2.1.6.2. Neurofisiología del Aprendizaje

Para esta investigación, se tomó como referencia las ideas más relevantes del modelo de procesamiento de la información para la comprensión del procesamiento cerebral durante el aprendizaje.

I. Modelo del procesamiento de la información

El sistema de procesamiento de la información incluye los registros sensoriales, la memoria a corto plazo (MCP) o de trabajo (MT) y la memoria a largo plazo (MLP). Los registros sensoriales reciben información y la mantienen durante una fracción de segundo, después de lo cual la información se descarta o se envía a la memoria de trabajo. La mayor parte de la información sensorial se descarta, ya que en todo momento somos bombardeados por múltiples estímulos sensoriales. toda la información sensorial (excepto la que proporciona el olfato) viaja directamente al tálamo, donde al menos parte de ella es enviada a la parte apropiada de la corteza cerebral para su procesamiento (por ejemplo, a los lóbulos cerebrales que procesan la información sensorial correspondiente). Pero no se envía en la misma forma en que se recibió, sino como una “percepción” nerviosa de ella. Por ejemplo, un estímulo auditivo recibido por el tálamo será transformado en el equivalente nervioso de la percepción de ese estímulo. Esta percepción también es responsable de hacerla coincidir con la que ya se encuentra almacenada en la memoria, un proceso que se conoce como reconocimiento de patrones. Por consiguiente, si el estímulo visual es el profesor en el salón de clases, la percepción que se envía a la corteza coincidirá con la representación del profesor almacenada y se reconocerá el estímulo. Parte de lo que da significado a la percepción es que el sistema de activación reticular del cerebro filtra la información para eliminar la que sea trivial y enfocarse en el material importante (Wolfe, 2001). Este proceso es adaptativo, ya que si tratáramos de poner atención a todos los estímulos, no podríamos enfocar nuestra atención en nada. Existen varios factores que influyen en esta filtración. La importancia percibida, como cuando los profesores anuncian que el material es importante (por ejemplo, que habrá un examen), es capaz de llamar la atención de los estudiantes. Lo novedoso atrae la atención; el cerebro tiende a enfocarse en información novedosa o diferente a la esperada. Otro factor es la intensidad; los estímulos a un volumen más alto, más brillantes o más pronunciados llaman más la atención. El movimiento también ayudará a enfocar la atención. Aunque estos sistemas para llamar la atención funcionan sobre todo

de forma inconsciente, es posible utilizar este conocimiento para ayudar a enfocar la atención de los estudiantes en el salón de clases, como cuando se utilizan presentaciones visuales brillantes y novedosas. Las principales partes del cerebro involucradas en la memoria y en el procesamiento de la información son la corteza y el lóbulo temporal medio (Wolfe, 2001). Al parecer el cerebro procesa y almacena recuerdos en las mismas estructuras que inicialmente perciben y procesan la información. Al mismo tiempo, las partes específicas del cerebro involucradas en la MLP varían dependiendo del tipo de información. En el caso de la información declarativa (como la visual y la auditiva), los que reciben la información y la transfieren al hipocampo y al lóbulo temporal medial cercano son los registros sensoriales de la corteza cerebral. Los estímulos se registran en un formato muy similar conforme aparecen (por ejemplo, como estímulos visuales o auditivos). El hipocampo no es el último lugar de almacenamiento, sino que actúa como procesador y transmisor de información. Como veremos en la siguiente sección, la información que aparece con mayor frecuencia produce conexiones nerviosas más firmes. Con múltiples activaciones los recuerdos forman redes nerviosas que se integran con mayor firmeza en las cortezas frontal y temporal. Por lo tanto, al parecer la MLP de la información declarativa reside en las cortezas frontal y temporal. Gran parte de la información procedimental se convierte en automática, de manera que se pueden realizar los procedimientos con poca o ninguna conciencia (como escribir en el teclado y andar en bicicleta). El aprendizaje procedimental inicial involucra la corteza prefrontal, el lóbulo parietal y el cerebelo, lo cual garantiza que atendamos de forma consciente los movimientos o pasos, y que esos movimientos o pasos se integren de manera correcta. Con la práctica estas áreas muestran menor actividad y otras estructuras cerebrales, como la corteza motora, se vuelven más activas (Wolfe, 2001). La neurociencia cognoscitiva apoya la idea de que se puede aprender mucho a por medio de la observación (Bandura & Cervone, 1986). La investigación revela que los circuitos corticales involucrados en la realización de una acción también responden cuando observamos a otra persona realizarla (van Gog, Paas, Marcus, Ayres, & Sweller, 2009). Cuando se trata de procedimientos

que no involucran aspectos motores (por ejemplo, la decodificación de palabras y la suma simple) la corteza visual participa de manera importante. La repetición en realidad puede modificar la estructura nerviosa de la corteza visual. Estos cambios nos permiten reconocer estímulos visuales (como palabras y números) con rapidez sin tener que procesar conscientemente su significado. Como consecuencia, muchas de estas tareas cognoscitivas se tornan rutinarias. El procesamiento consciente de la información (como cuando nos detenemos a pensar sobre el significado de un párrafo que leímos) requiere una extensa actividad en otras partes del cerebro.

II. Redes de memoria

Con la presentación repetida de estímulos o información, las redes nerviosas pueden volverse tan fuertes que las respuestas neuronales se den con gran rapidez. Desde la perspectiva de la neurociencia cognoscitiva, aprender implica formar y fortalecer conexiones y redes nerviosas (conexiones sinápticas). Esta definición es bastante similar a la definición del aprendizaje utilizado por las teorías actuales del procesamiento de la información.

(Hebb, 1949 citado en Schunk, 2012) formuló una teoría neurofisiológica del aprendizaje que subraya el papel que desempeñan dos estructuras corticales: las asambleas celulares y las secuencias de fase. Una asamblea celular es una estructura que incluye células de la corteza y de los centros subcorticales (Hilgard, 1956). Básicamente, una asamblea celular es un equivalente nervioso de una asociación simple, y se forma gracias a estimulaciones que se repiten con frecuencia. Cuando la estimulación específica ocurre otra vez, se activa la asamblea celular. Hebb creía que cuando la asamblea celular fuera activada, facilitaría las respuestas nerviosas en otros sistemas, así como las respuestas motoras. ¿Cómo se forman las asambleas celulares? Hebb sólo pudo especular sobre esto, porque en su época la tecnología para examinar los procesos cerebrales era muy limitada. Él pensaba que las estimulaciones repetidas provocaban el crecimiento de botones sinápticos que aumentaban el contacto

entre los axones y las dendritas (Hilgard, 1956). Con las estimulaciones repetidas, la asamblea celular se activaría de manera automática, lo cual facilitaría el procesamiento nervioso. Una secuencia de fase es una serie de asambleas celulares. Las asambleas celulares que se estimulan de manera repetida forman un patrón o una secuencia que impone cierta organización sobre el proceso. Por ejemplo, estamos expuestos a múltiples estímulos visuales cuando observamos el rostro de un amigo. Uno puede imaginar múltiples asambleas celulares, cada una de las cuales cubre un aspecto específico del rostro (como la esquina izquierda del ojo izquierdo o la parte baja de la oreja derecha). Al observar de manera repetida el rostro del amigo, estas múltiples asambleas celulares se activan de manera simultánea y se conectan para formar una secuencia de fase coordinada que ordena las partes (de manera que no sobreponemos la parte baja de la oreja derecha en la esquina izquierda del ojo izquierdo). La secuencia de fase permite que el todo coordinado sea significativo y que se perciba de manera consciente

Es necesario destacar que el proceso de la formación y fortalecimiento de las conexiones sinápticas (aprendizaje) modifica la estructura física del cerebro y altera su organización funcional (National Research Council, 2000). El aprendizaje de tareas específicas produce cambios localizados en las áreas del cerebro correspondientes a la tarea, y estos cambios establecen una nueva organización cerebral. Tendemos a pensar que el cerebro determina el aprendizaje, pero de hecho se trata de una relación recíproca debida a la “neuroplasticidad” del cerebro, o a su capacidad para modificar su estructura y sus funciones como resultado de la experiencia (Begley, 2007). Dado que el cerebro impone cierta estructura a la información entrante, es importante que esta estructura ayude a facilitar los recuerdos. Entonces, podríamos decir que la simple consolidación y la memoria son insuficientes para garantizar el aprendizaje a largo plazo, y que más bien la instrucción debería cumplir la función fundamental de ayudar a establecer una estructura adecuada para ello.

III. Desarrollo cerebral

Aunque los cerebros de los seres humanos son estructuralmente similares, existen diferencias entre los individuos. Cinco factores que influyen en el desarrollo del cerebro son la genética, la estimulación ambiental, la nutrición, los esteroides y los teratógenos (Byrnes, Minds, brains, and learning: Understanding the psychological and educational relevance of neuroscientific research., 2001)

- **Genética:** El cerebro humano difiere en tamaño y composición del cerebro de otros animales. Aunque la diferencia entre el genoma humano y el de nuestro pariente animal más cercano (el chimpancé) es de sólo 1.23% (Lemonick & A, 2006), esa diferencia y otras variaciones genéticas producen una especie que puede diseñar y construir puentes, componer música, escribir novelas, resolver ecuaciones complejas, etcétera. Los cerebros humanos tienen una estructura genética similar, pero difieren con respecto a su tamaño y estructura. Las instrucciones genéticas determinan el tamaño, la estructura y la conectividad nerviosa del cerebro.
- **Estimulación ambiental:** El desarrollo del cerebro requiere estimulación del ambiente. El desarrollo prenatal prepara el terreno para el aprendizaje creando circuitos nerviosos que pueden recibir y procesar estímulos y experiencias. Tales experiencias afinan aún más los circuitos añadiendo y reorganizando las sinapsis. Por ejemplo, las mujeres embarazadas que les hablan y les cantan a sus bebés podrían, mediante su discurso y su canto, ayudarlos a establecer conexiones nerviosas (Wolfe, 2001). El desarrollo del cerebro se retrasa cuando las experiencias son escasas o nulas. Aunque existen ciertos periodos críticos en los que la estimulación puede producir efectos profundos (Jensen, 2005), la investigación sugiere que la estimulación es importante durante toda la vida para garantizar un desarrollo continuo del cerebro.
- **Nutrición:** La falta de una buena nutrición puede tener efectos importantes sobre el desarrollo del cerebro y los efectos específicos dependen del momento en que se presenta la mala nutrición (Byrnes,

Minds, brains, and learning: Understanding the psychological and educational relevance of neuroscientific research., 2001). Por ejemplo, la desnutrición prenatal desacelera la producción y el crecimiento de las neuronas y de las células gliales. Uno de los periodos críticos se da entre el cuarto y el séptimo mes de gestación, cuando se producen la mayoría de las células cerebrales (Jensen, 2005). Si la desnutrición ocurre posteriormente, desacelera la velocidad a la que crecen las células y la velocidad a la que adquieren la vaina de mielina. Aunque este último problema podría corregirse con una dieta adecuada, el primero no puede solucionarse debido a que se han desarrollado muy pocas células. Por esto, a las mujeres embarazadas se les aconseja evitar las drogas, el alcohol y el tabaco; asimismo se les recomienda alimentarse bien y evitar el estrés, el cual también le causa problemas a un feto en desarrollo.

- **Esteroides:** Los esteroides son una clase de hormonas que afectan varias funciones, incluyendo el desarrollo sexual y las reacciones ante el estrés (Byrnes, Minds, brains, and learning: Understanding the psychological and educational relevance of neuroscientific research., 2001). Los esteroides pueden afectar el desarrollo cerebral de diversas maneras. El cerebro tiene receptores para hormonas, y durante el desarrollo prenatal se absorben hormonas como el estrógeno y el cortisol, que pueden modificar la estructura del cerebro. Un exceso de hormonas del estrés puede causar muerte neuronal. Los investigadores también han explorado si las diferencias en el género y la preferencia sexual se deben en parte a las diferencias en los esteroides. Aunque la evidencia del papel que desempeñan estas sustancias en el desarrollo cerebral es menos concluyente que la del papel que desempeña la nutrición, se sabe que tienen el potencial de afectar el cerebro.
- **Teratógenos:** Son sustancias extrañas (como el alcohol y los virus) que pueden provocar anomalías en un embrión o feto en desarrollo (Byrnes, 2001). Se considera que una sustancia es teratógena sólo si la investigación demuestra que un nivel no demasiado elevado puede afectar

el desarrollo del cerebro. Por ejemplo, la cafeína en pequeñas cantidades no suele ser teratógena, pero podría serlo si se ingiere en grandes cantidades. Los teratógenos pueden afectar el desarrollo y la interconexión de las neuronas y las células gliales. En casos extremos (como sucede con el virus de la rubéola) pueden provocar defectos en el nacimiento.

IV. Fases del Desarrollo cerebral

Durante el desarrollo prenatal aumenta el tamaño del cerebro y el de sus estructuras, y se incrementa el número de las neuronas, las células gliales y las conexiones nerviosas (sinapsis). El desarrollo cerebral prenatal es rápido, ya que ocurre en nueve meses y la mayoría de las células se producen entre el cuarto y el séptimo mes (Jensen, 2005). Las células viajan hacia arriba del tubo neural, emigran hacia diferentes partes del cerebro y forman conexiones. Se estima que en su punto máximo el embrión genera un cuarto de millón de células cerebrales por minuto. El cerebro de un recién nacido cuenta con más de un millón de conexiones, lo que representa alrededor de 60 por ciento del número máximo de sinapsis que se desarrollan en el transcurso de la vida (Jensen, 2005). Dadas estas cifras, no es de sorprender que el desarrollo prenatal sea tan importante. Los cambios que ocurren en esa etapa pueden provocar efectos profundos y permanentes. El desarrollo del cerebro también ocurre con rapidez en los niños pequeños. Hacia los dos años de edad un niño presenta tantas sinapsis como un adulto, y a los tres años cuenta con miles de millones más que un adulto. El cerebro de los niños pequeños es denso y muestra muchas conexiones nerviosas complejas, más que en cualquier otra etapa de la vida (Trawick-Smith, 2003). De hecho, los niños pequeños tienen demasiadas sinapsis. Alrededor de 60 por ciento de la energía de los bebés es utilizada por su cerebro. En comparación, el cerebro adulto requiere sólo de 20 a 25 por ciento de la energía (Brunton, 2009). Con el desarrollo los niños y los adolescentes pierden muchas más sinapsis de las que crean. En el momento en que un adolescente cumple 18 años ya ha

perdido casi la mitad de sus sinapsis de la infancia. Las conexiones cerebrales que no se utilizan o que no son necesarias simplemente desaparecen. Esta estrategia de “usar o perder” es deseable porque las conexiones que se utilizan serán reforzadas y consolidadas, mientras que las que no se utilizan se perderán para siempre. Hacia los cinco años de edad, el cerebro del niño ya adquirió el lenguaje y ya desarrolló habilidades motoras y sensoriales, así como otras capacidades. Los cambios rápidos de los primeros años se desaceleran, pero el cerebro continúa creando sinapsis. Las redes nerviosas se vuelven más complejas en sus conexiones y este proceso continúa durante todo el desarrollo. Como comentó Bryan en la conversación inicial, durante la adolescencia ocurren cambios importantes, ya que en esta etapa el cerebro sufre varias alteraciones estructurales (Jensen, 2005). Los lóbulos frontales, que manejan el razonamiento abstracto y la solución de problemas, están madurando, y el tamaño de los lóbulos parietales está aumentando. La corteza prefrontal, que controla el juicio y los impulsos, madura con lentitud (Shute, 2009). También ocurren cambios en los neurotransmisores, especialmente en la dopamina, que pueden provocar que el cerebro sea más sensible a los efectos placenteros de las drogas y el alcohol. Ocurre un engrosamiento de las células del cerebro y reorganizaciones masivas de las sinapsis, lo que hace que esta etapa sea fundamental para el aprendizaje. La estrategia de “usar o perder” provoca que ciertas regiones del cerebro se fortalezcan mediante la práctica; por ejemplo, practicar el piano causa el engrosamiento de las neuronas en la región del cerebro que controla los dedos (Wallis, 2004). Dados estos cambios generalizados en el cerebro, no es de sorprender que a menudo los adolescentes tomen malas decisiones y practiquen conductas de alto riesgo que involucren drogas, alcohol y sexo. Es necesario que las estrategias para la instrucción tomen en cuenta estos cambios.

1. Períodos cruciales

los primeros dos años de vida son un periodo tan fundamental que si el niño no vive ciertas experiencias, su desarrollo se verá afectado de manera permanente.

Esta afirmación es verdadera hasta cierto punto, ya que tiende a ser exagerada. Cinco aspectos del desarrollo del cerebro para los que parece haber periodos cruciales son el lenguaje, las emociones, el desarrollo sensoriomotor, el desarrollo auditivo y el desarrollo visual (Jensen, 2005).

Desarrollo sensoriomotor: Los sistemas asociados con la visión, la audición y los movimientos motores se desarrollan ampliamente a través de la experiencia durante los primeros dos años de vida. El sistema vestibular del oído interno influye en el movimiento y en el sentido del equilibrio, y afecta a otros sistemas sensoriales. Hay evidencias de que la estimulación vestibular inadecuada en los bebés y en los niños pequeños podría provocar problemas de aprendizaje posteriores (Jensen, 2005). Sin embargo, con demasiada frecuencia los bebés y los niños pequeños no son colocados en ambientes estimulantes, especialmente los niños que pasan gran parte del día en guarderías que proporcionan sólo cuidados básicos. Muchos niños tampoco reciben estimulación suficiente fuera de ese contexto, ya que pasan demasiado tiempo en asientos de automóvil, carritos o frente a un televisor. Fomentar el movimiento de los niños pequeños, e incluso mecerlos, les proporciona estimulación. Alrededor de 60 por ciento de los bebés y los niños pequeños pasan una o dos horas al día, en promedio, viendo televisión o videos (Courage & Setliff, 2009). Aunque los niños pequeños pueden aprender de estos medios, no lo hacen con mucha facilidad. Su comprensión y aprendizaje aumentan cuando los padres los ven junto con ellos y les ofrecen descripciones y explicaciones (Courage & Setliff, 2009).

- **Desarrollo auditivo:** Los primeros dos años de la vida del niño son cruciales para el desarrollo auditivo. Hacia los seis meses de edad los bebés pueden discriminar la mayoría de los sonidos de su entorno (Jensen, 2005). Durante los primeros dos años, el sistema auditivo de los niños madura en términos de la gama de sonidos que escuchan y la habilidad para discriminar entre ellos. Las alteraciones en el desarrollo auditivo pueden producir problemas para aprender a hablar, ya que gran parte de la adquisición del lenguaje depende de que el niño escuche hablar a otras personas a su alrededor.

- **Visión:** La visión se desarrolla principalmente durante el primer año de vida, sobre todo después del cuarto mes. La densidad sináptica del sistema visual aumenta de manera drástica, incluyendo las conexiones nerviosas que regulan la percepción del color, la profundidad, el movimiento y el tono. El desarrollo visual adecuado requiere un ambiente rico en estímulos visuales, donde los bebés puedan explorar objetos y movimientos. La televisión y las películas son malos sustitutos, pues si bien proporcionan color y movimiento, son bidimensionales, y el cerebro en desarrollo necesita percibir la profundidad. La acción que se muestra en la televisión y en las películas a menudo ocurre con tanta rapidez que los bebés no se pueden centrar en ella de manera adecuada (Jensen, 2005).

En resumen, los primeros dos años de vida son fundamentales para el desarrollo adecuado de los sistemas sensoriomotor, visual y auditivo, el cual se ve favorecido cuando los bebés viven en un ambiente lleno de estímulos que les permite experimentar movimientos, imágenes y sonidos. Al mismo tiempo, el desarrollo del cerebro es un proceso que continúa durante toda la vida; el cerebro necesita estimulación después de los dos años de edad. El cerebro continúa añadiendo, borrando y reorganizando las conexiones sinápticas, y sigue cambiando estructuralmente. Aunque los investigadores han demostrado que ciertos aspectos del desarrollo del cerebro ocurren con mayor rapidez en determinados momentos, los individuos de cualquier edad se benefician de ambientes estimulantes.

2. Desarrollo del lenguaje

Los estudios del cerebro de los niños en desarrollo, aunque menos comunes, han proporcionado conocimientos importantes sobre el desarrollo de las funciones del lenguaje. Con frecuencia los estudios comparan a niños que se están desarrollando normalmente con niños que muestran dificultades para aprender en la escuela. Los investigadores a menudo miden los potenciales relacionados

con eventos (o potenciales evocados), que son cambios en las ondas cerebrales que ocurren cuando los individuos anticipan o participan en diversas tareas (Halliday, 1998).

Las diferencias encontradas en los potenciales relacionados con eventos distinguen de forma confiable a los niños promedio de los que están por arriba y por debajo del promedio (Molfese, y otros, 2006). Los niños que se están desarrollando normalmente muestran una extensa activación cortical, bilateral y anterior (frontal), y una acentuada activación en las áreas del lenguaje y el habla del hemisferio izquierdo. En contraste con el mantenimiento de la lectura, al parecer, el desarrollo de la lectura también depende de la activación anterior, quizás en ambos lados del cerebro (Vellutino & Denckla, 1996). Otros estudios demuestran que los niños en desarrollo que sufren anomalías en el hemisferio izquierdo aparentemente las compensan, hasta cierto grado, aprendiendo a leer utilizando el hemisferio derecho. Tal vez el hemisferio derecho sea capaz de sustentar y mantener un nivel adecuado de lectura, aunque al parecer es fundamental que esta transición ocurra antes del desarrollo del lenguaje. La suposición de que las funciones del lenguaje podrían ser suplidas por el hemisferio derecho no se cumpliría cuando el daño en el hemisferio izquierdo ocurriera en la edad adulta. Un periodo crucial en el desarrollo del lenguaje parece ser el que va desde el nacimiento hasta los cinco años. Durante este tiempo el cerebro de los niños desarrolla la mayoría de sus capacidades para el lenguaje. Entre los 19 y los 31 meses de edad ocurre un rápido incremento en el vocabulario (Jensen, 2005). El desarrollo de estas capacidades de lenguaje mejora cuando los niños viven en ambientes ricos en lenguaje, donde los padres y las demás personas hablan con ellos. Este periodo fundamental para el desarrollo del lenguaje se traslapa con el periodo crucial del desarrollo auditivo entre el nacimiento y los dos años de edad. Además de este periodo crítico, al parecer el desarrollo del lenguaje forma parte de un proceso natural programado. Hemos visto cómo los sistemas auditivo y visual desarrollan capacidades para proporcionar información que ayuda al desarrollo del lenguaje. Los niños aprenden o adquieren fonemas cuando están expuestos a ellos en su entorno; si

no hay fonemas en su ambiente, los infantes no los adquieren. Por consiguiente, es probable que exista un periodo crucial en el que se forman conexiones sinápticas de manera adecuada, pero sólo si el ambiente proporciona los estímulos. En resumen, quizás el cerebro de los niños esté “preparado” (“preconectado”) para aprender varios aspectos del lenguaje en diferentes momentos, según su nivel de desarrollo cerebral (National Research Council, 2000). Algo importante para la educación consiste en que la instrucción puede ayudar a facilitar el desarrollo del lenguaje. Diferentes áreas del cerebro deben trabajar en conjunto para aprender el lenguaje, como las áreas involucradas en la vista, la audición, el habla y el pensamiento (National Research Council, 2000; Byrnes, 2001). La adquisición y el uso de lenguaje es una actividad coordinada: las personas escuchan hablar a otras y leen textos, piensan en lo que escucharon y en lo que leyeron, y componen oraciones para escribir o para hablar. Esta actividad coordinada implica que el desarrollo del lenguaje podría beneficiarse de una instrucción que coordine estas funciones, es decir, de experiencias que involucren la visión, la audición, el habla y el pensamiento. En resumen, en el desarrollo del lenguaje de niños normales participan diferentes áreas del cerebro, aunque las contribuciones del hemisferio izquierdo suelen ser mayores que las del hemisferio derecho. Con el tiempo, el hemisferio izquierdo asume en gran medida las funciones del lenguaje. En particular, al parecer la habilidad para leer requiere el control del hemisferio izquierdo. Sin embargo, se requieren más investigaciones para entender plenamente la relación que existe entre las funciones del cerebro, el desarrollo de lenguaje y la habilidad para leer. Al igual que otros aspectos del desarrollo cerebral, la adquisición del lenguaje refleja la interacción entre la herencia y el ambiente. La experiencia cultural de los bebés y los niños determina, en gran medida, cuáles sinapsis se conservarán. Si la cultura subraya las funciones motoras, esas serán las que se fortalecerán; en cambio, si la cultura asigna mayor importancia a los procesos cognoscitivos, entonces serán éstos los que mejorarán. Si los niños pequeños están expuestos a un ambiente rico en estímulos lingüísticos, con un énfasis en el lenguaje oral y escrito, entonces adquirirán el lenguaje con mayor rapidez que los niños que viven en

ambientes que carecen de esos estímulos. Para facilitar el desarrollo temprano del cerebro de los bebés y los niños pequeños hay que proporcionarles buenas experiencias, enfatizando las funciones perceptuales, motora y del lenguaje, especialmente durante sus primeros años de vida. Esas experiencias deberían fomentar la formación de conexiones y redes sinápticas. También existe evidencia de que los bebés que sufren en el útero (por ejemplo, por el abuso de drogas o alcohol de la madre), así como los que padecen problemas del desarrollo (como retraso y autismo), se benefician de una intervención temprana durante los primeros tres años de vida (Shore, 1997).

Cabe señalar que el conocimiento del proceso de aprendizaje a nivel cerebral, ha posibilitado el desarrollo de distintas estrategias de enseñanza tales como el aprendizaje basado en problemas (ABP), discusiones activas, simulaciones, juegos de roles, gráfica (información visual) y atmósfera positiva (Schunk, 2012).

2.1.6.3. Teoría del desarrollo cognitivo de Piaget

La teoría del desarrollo cognitivo la propone Jean Piaget. El desarrollo cognitivo es el conjunto de transformaciones que se dan en el transcurso de la vida por el cual aumentan los conocimientos y las habilidades para percibir, pensar y comprender. Estas habilidades son utilizadas para la resolución de problemas prácticos en la vida (Rafael, 2018). Esta teoría ha sido denominada epistemología genética porque estudió el origen y desarrollo de las capacidades cognitivas desde su base orgánica, biológica, genética, encontrando que cada individuo se desarrolla a su propio ritmo. Describe el curso del desarrollo intelectual desde la fase del recién nacido, donde predominan los mecanismos reflejos, hasta la etapa adulta caracterizada por procesos conscientes de comportamiento regulado (Maldonado, Paradigmas del Aprendizaje, 2017). Piaget tomó de Kant su entendimiento básico de que el conocedor es activo, y añadió una dimensión de desarrollo. El espacio, el tiempo, la causalidad y el objeto (las “categorías” que Kant consideraba innatas a la mente) se convirtieron en los conceptos básicos cuya génesis Piaget rastreó hasta la infancia y más allá. Tanto para Kant como

para Piaget, estas estructuras cognitivas dan forma a nuestra experiencia de la realidad, pero para Piaget se desarrollan de tal manera que la cognición construye dando forma a los datos empíricos de la sensación y desarrollando nuevas estructuras conceptuales (Packer & Goicoechea, 2010, pág. 4). La teoría señala que la adquisición del conocimiento y el desarrollo del pensamiento se realizan a través del principio de adaptación del pensamiento a la realidad, lo que implica unos procesos básicos: la asimilación y la acomodación. La asimilación consiste en acomodar los elementos exteriores del sujeto (objetos y personas) a las estructuras de conocimiento que ya posee. La acomodación es el proceso que completa la asimilación. Puesto que una vez las experiencias se han incorporado a las estructuras cognitivas del sujeto, se requiere de un reajuste o reacomodo para integrar los conocimientos nuevos con los ya existentes (Schunk, 2012, pág. 236). Algunos se preguntan si la teoría de Piaget es constructivista, y la respuesta es sí, porque supone que los educandos establecen sus propios conceptos sobre el mundo para darle sentido. Dichos conceptos no son innatos, sino que adquiridos a través de las experiencias. El estudiante no recibe la información del entorno sino que la procesa de acuerdo con las estructuras mentales que posee. El individuo le da un sentido a su ambiente y construye su realidad de acuerdo a sus capacidades. Simultáneamente, estos conceptos básicos se convierten en perspectivas más sofisticadas a través de la experiencia.

Asimilación y acomodación

Las funciones asimilación y acomodación son necesarias para la adaptación del individuo a su ambiente. La asimilación y la acomodación son procesos complementarios. Mientras la realidad se asimila, las estructuras se acomodan. A través de la asimilación el estudiante interioriza la información a sus estructuras cognitivas y ajusta el conocimiento previo que posee. Y con la acomodación, ajusta sus estructuras a las circunstancias exigentes, es decir, se incorpora a la experiencia las acciones para lograr una verdadera interiorización de un

aprendizaje. En otras palabras, la acomodación consiste en cambiar las estructuras internas para lograr que sean congruentes con la realidad externa. Es decir, el individuo adapta el ambiente a sí mismo y lo utiliza según lo concibe. Dicha adaptación es un esfuerzo cognoscitivo del individuo para encontrar un equilibrio entre él mismo y su ambiente. Acomodamos cuando adaptamos nuestras ideas para darle sentido a la realidad. Los mecanismos de asimilación y acomodación conforman unidades de estructuras cognoscitivas que Piaget denomina esquemas, en dichos esquemas se fundamenta todo el conocimiento. Los esquemas son representaciones interiorizadas de cierta clase de acciones o ejecuciones, como cuando se realiza algo mentalmente sin realizar la acción. Puede decirse que el esquema constituye un plan cognoscitivo que establece la secuencia de pasos que conducen a la solución de un problema (Maldonado, Paradigmas del Aprendizaje, 2017, págs. 3,4). Además Piaget señala que el sujeto aprende de acuerdo a su edad biológica y desarrollo cognitivo, este desarrollo los clasifica en estadios, concepto que describe la actividad mental del individuo, la cual está programada genéticamente (Schunk, 2012).

Principio de equilibrio

Según Piaget, el desarrollo cognoscitivo depende de cuatro factores: la madurez biológica, la experiencia con el ambiente físico, la experiencia con el entorno social y el equilibrio. Todo enmarcado en un proceso en el cual a la maduración biológica le sigue la experiencia inmediata del individuo, que encontrándose vinculado a un contexto socio-cultural incorpora el nuevo conocimiento en base a unos supuestos previos (transmisión social), ocurriendo el verdadero aprendizaje cuando el individuo logra transformar y diversificar los estímulos iniciales, equilibrándose así internamente, con cada alteración cognoscitiva. De los cuatro aspectos anteriores, los primeros tres se explican por sí mismos, pero sus efectos dependen del cuarto. El equilibrio es el impulso biológico de producir un estado óptimo de equilibrio (o adaptación) entre las estructuras cognoscitivas y el ambiente. El equilibrio es el factor central y la fuerza motivadora detrás del

desarrollo cognoscitivo; coordina las acciones de los otros tres factores y permite que haya congruencia entre las estructuras mentales internas y la realidad ambiental externa. El desarrollo se da de manera natural a través de las interacciones habituales con los entornos físico y social. El impulso para los cambios en el desarrollo es interno. Los factores ambientales son extrínsecos; pueden influir en el desarrollo pero no dirigirlo (Schunk, 2012, pág. 277). Los profesores pueden organizar el ambiente para provocar un conflicto, pero no predecir cómo un niño en específico lo resolverá. El aprendizaje ocurre a partir de la reestructuración de las estructuras cognitivas internas del aprendiz, de sus esquemas y estructuras mentales, de tal forma que al final de un proceso de aprendizaje deben aparecer nuevos esquemas y estructuras como una nueva forma de equilibrio (Maldonado, Paradigmas del Aprendizaje, 2017). El aprendizaje presenta dos formas: la primera corresponde al desarrollo propio de la inteligencia, proceso adaptativo de asimilación y acomodación, el cual debe tener en cuenta factores como la maduración biológica, la experiencia, la transmisión social y el equilibrio cognitivo. La segunda forma de aprendizaje, se limita a la adquisición de nuevas estructuras para determinadas operaciones mentales específicas. El aprendizaje está obligatoriamente relacionado con el desarrollo del estudiante, porque de lo contrario éste sería incapaz de aprender. La motivación del estudiante se deriva de la existencia de un desequilibrio conceptual y de la necesidad del estudiante por restablecer dicho equilibrio. La enseñanza debe ser planeada para que el estudiante manipule los objetos de su ambiente, transformarlos, encontrándoles un sentido o disociándolos, variándolos en sus diversos aspectos, hasta que logre hacer inferencias lógicas y desarrollar nuevos esquemas así como nuevas estructuras mentales. El equilibrio es un proceso interno. Como tal, el desarrollo cognoscitivo únicamente se puede dar cuando, a través del equilibrio, se busca resolver el conflicto cognoscitivo que surge en el momento en que las creencias del niño no coinciden con la realidad observada, es decir, cuando ocurre un suceso que modifica sus estructuras cognoscitivas (Woolfolk, 2010).

El conflicto cognitivo

Como el aprendizaje ocurre por la reorganización de las estructuras cognitivas de acuerdo a la asimilación de experiencias y acomodación de las mismas según los aprendizajes previos. Por lo tanto la experiencia escolar debe promover el conflicto cognitivo en el aprendiz, para que las experiencias que tenga el estudiante generen diferencias con los conocimientos previos, de esa manera las estructuras cognitivas están constantemente reacomodándose al incorporar nuevas experiencias. Así el proceso de aprendizaje se hace dinámico y presenta diferentes niveles de complejidad. El aprendizaje ocurre cuando los estudiantes experimentan un conflicto cognoscitivo y lo asimilan o acomodan para construir o modificar sus estructuras internas. Sin embargo, es importante señalar que el conflicto no debe ser demasiado grande, ya que si lo fuera no se desencadenaría el equilibrio y podría desencadenar en desmotivación pues el conflicto queda fuera de su comprensión. El aprendizaje es óptimo cuando el conflicto está al nivel de aprendizaje del estudiante, sobre todo cuando el estudiante encuentra la transición entre las dos etapas. Para que la información promueva un cambio estructural (acomodación), es necesario haberla comprendido parcialmente (asimilación). Los contenidos no deben ser demasiado fáciles de asimilar, tampoco tan difíciles que impidan la acomodación. También se puede fomentar el conflicto cognitivo o la incongruencia, permitiendo a los alumnos resolver problemas que los lleven a respuestas incorrectas. No se establece que el estudiante siempre deba tener éxito; la retroalimentación del profesor que indica una respuesta correcta puede fomentar el desequilibrio. El equilibrio trata de resolver el conflicto mediante la asimilación y la acomodación. Es importante que la resolución de los problemas donde hay un conflicto cognoscitivo no dependa tanto de la etapa en la que se encuentra el educando sino del nivel de conocimiento previo y de razonamiento de este. Dicha realidad en el aprendiz va en contradicción de la teoría de Piaget, que afirma que esto no podría ocurrir a menos que el niño se encuentre en transición hacia otra etapa.

Las cuatro etapas del desarrollo de Piaget

Piaget concluyó que el desarrollo cognoscitivo de los niños seguía una secuencia fija (Woolfolk, 2010). El patrón de operaciones que el niño puede realizar podría considerarse como un nivel o etapa. Algunas características de las etapas:

- Las etapas son discretas, separadas y cualitativamente diferentes. El paso de una etapa a otra no es una cuestión de mezcla gradual o de fusión continua.
- El desarrollo de las estructuras cognoscitivas depende del desarrollo previo.
- Aunque el orden del desarrollo de las estructuras no varía, la edad en la que se pasa por una etapa en particular varía de una persona a otra. Las etapas no deben equipararse a las edades.

Las etapas de Piaget han sido criticadas porque los niños con frecuencia captan las ideas y son capaces de realizar operaciones más pronto de lo que Piaget plantea. En la mayoría de los casos los estudiantes comprenden el mismo tema de forma muy diferente. Sin embargo, como un marco de referencia, las etapas describen los patrones de pensamiento que tienden a ocurrir en los educandos. La secuencia de la adquisición de esquemas es universal, pero los ritmos a los cuales se desarrollan los esquemas y las formas que adoptan dependen de las diferencias individuales, en la maduración, en las experiencias ambientales, en la adquisición de conocimientos y en los factores de equilibrio únicos. A continuación, se muestran las 4 etapas del desarrollo de Piaget y sus características:

Tabla 6: Etapas del desarrollo cognoscitivo de Piaget y sus características. Tomado de UNID Material en línea Maestría en Educación.

Etapas	Rango de Edad Aproximado	Características
Sensoriomotriz	Nacimiento-2 años	-Empieza a hacer uso de la imitación, la memoria y el pensamiento. -Empieza a reconocer que los objetos no - dejan de existir cuando son ocultados. -Pasa de las acciones reflejas a la actividad dirigida a metas

Preoperacional	2-7 años	-Desarrolla gradualmente el uso del lenguaje y la capacidad para pensar en forma simbólica. -Es capaz de pensar lógicamente en operaciones unidireccionales. -Le resulta difícil considerar el punto de vista de otra persona
Operacional concreta	7-11 años	-Es capaz de resolver problemas concretos de manera lógica (activa). -Entiende las leyes de la conservación y es capaz de clasificar y establecer series. -Entiende la reversibilidad.
Operacional formal	11 años en adelante	-Es capaz de resolver problemas abstractos de manera lógica. -Su pensamiento se hace más científico. -Desarrolla interés por los temas sociales, identidad

Los cambios de pensamiento característicos de los niños en las etapas parecen estar vinculados más con cambios graduales en la atención y el procesamiento cognoscitivo (Schunk, 2012). Cuando se enseña a los niños a utilizar los procesos cognoscitivos de manera más eficaz, a menudo pueden realizar las tareas en niveles cognoscitivos más elevados.

Aportes de la teoría del desarrollo cognitivo a la educación

Con el desarrollo cognoscitivo, los profesores se benefician cuando comprenden en qué niveles están funcionando sus estudiantes.

- Los profesores pueden tratar de determinar los niveles y ajustar su enseñanza a ellos.
- Conocer las etapas de desarrollo de Piaget sirve para el diseño y construcción de los materiales educativos, ya que pueden acercar más fácilmente al estudiante al objeto de estudio.
- Creación de ambientes estimulantes que les permitan a los estudiantes explorar de forma activa y que incluyan actividades prácticas. Este tipo de enseñanza facilita la construcción activa del conocimiento. El desarrollo ocurre solamente cuando los estímulos ambientales no se ajustan a las estructuras cognoscitivas de los estudiantes, por eso es importante crearles desequilibrio cognitivo.

- Es importante fomentar las interacciones sociales, pues la interacción le facilita al estudiante el desarrollo cognitivo.
- Los diseñadores instruccionales toman en cuenta los postulados piagetianos para el abordaje de los contenidos y la interacción didáctica, pues sus propuestas didácticas se basan en los esquemas cognitivos de los estudiantes, qué puede hacer, comprender y aplicar, para aplicar el conocimiento.

2.1.6.4. Teoría de las Representaciones Sociales de Moscovici

Serge Moscovici fue el creador del concepto de Representaciones Sociales (en adelante RS), cuyas raíces descansan en la noción de Emile Durkheim de representaciones colectivas. Para Durkheim, la sociedad requiere de un pensamiento organizado. Las representaciones colectivas condensan la forma de pensamiento que impera en una sociedad y que irradia a todos sus integrantes. El individuo se constituye en persona mediante la incorporación de este pensamiento colectivo, constituido por normas, valores, creencias, mitos. Las representaciones colectivas son el pensamiento social incorporado en cada una de las personas. Sin embargo, Moscovici considera que en la sociedad contemporánea las variantes del pensamiento social son cualitativamente distintas a las de otro tipo de sociedades. La vida social necesita de un pensamiento organizado pero, para Moscovici, Durkheim no analizó las distintas formas de pensamiento organizado. Por ello:

“en la medida que no aborda de frente ni explica la pluralidad de formas de organización del pensamiento, aunque todas sean sociales, la noción de representación pierde nitidez. Quizás haya que buscar ahí otra de las razones de su abandono: Los antropólogos se vuelven hacia el estudio de los mitos; los sociólogos hacia el estudio de las ciencias; los lingüistas hacia el estudio de la lengua y su dimensión semántica, etcétera. Con el fin de darle un significado determinado, es indispensable hacerlo abandonar su papel de categoría general, que concierne al conjunto de

producciones, a la vez intelectuales y sociales. Estimamos que por ese camino se la puede singularizar, separándola de la cadena de términos similares” (Moscovici, 1979, pág. 28).

En consecuencia, no toda forma de pensamiento organizado es una representación social. De igual forma, no toda producción humana es equivalente, porque hay diferencia entre el mito y la ciencia, y entre ésta y la religión. El concepto de representación colectiva integra todas estas producciones intelectuales y humanas, pero no son similares. Por ello, Moscovici le dio un giro al concepto de representación colectiva considerando la particularidad de la sociedad moderna.

Las RS son un conjunto de ideas, saberes y conocimientos para que cada persona comprenda, interprete y actúe en su realidad inmediata. Estos conocimientos forman parte del conocimiento de sentido común. Las RS se tejen con el pensamiento que la gente organiza, estructura y legitima en su vida cotidiana. El conocimiento es, ante todo, un conocimiento práctico que permite explicar una situación, un acontecimiento, un objeto o una idea y, además, permite a las personas actuar ante un problema. Para Moscovici (1979, p. 18):

"la representación social es un corpus organizado de conocimientos y una de las actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran en un grupo o en una relación cotidiana de intercambios".

Las RS no son acerca de todo el mundo social sino sobre algo o alguien (Jodelet, 1986) y además son expresadas por un sector social particular. No hay RS sobre una sociedad ni RS universales sino, contrariamente, sobre objetos, sujetos, ideas o acontecimientos de esa sociedad. Por ejemplo, si alguien tiene una vaga idea sobre una sociedad, en el fondo la tiene sobre sus dirigentes, su sistema político, su sistema económico, sus ciudades, sus hospitales, o sobre sistemas o prácticas. Las RS sirven para relacionar el mundo de la vida cotidiana con los

objetos con que los actores se representan éste. La RS sustituye lo material (externo al sujeto) y lo representa en las ideas de cada persona. Son un medio para interpretar la realidad y determinar el comportamiento de los miembros de un grupo hacia su entorno social y físico con el objeto representado. Las RS guían y orientan las acciones y relaciones sociales. No son una calca fiel de lo externo en la mente de los agentes, sino una sustitución de aquello y, en consecuencia, una reconstrucción individual y social de lo externo.

Las RS no solo determinan la acción, sino también pueden cambiar las acciones y producir nuevos comportamientos, construir y constituir nuevas relaciones con el objeto de representación. Determinan o modifican la toma de postura ante un objeto, persona o hecho, dado que éste se encuentra íntimamente ligado a las relaciones sociales y a la organización de procesos sociales. Así, las RS son un pensamiento constituido y constituyente. Es constituido porque genera productos que intervienen en la vida social que se utilizan para la explicación y comprensión en la vida cotidiana. Son constituyentes porque intervienen en la elaboración de la realidad de la vida cotidiana. Además, ellas encierran imágenes que condensan significados (Jodelet, 1986), los cuales hacen que éstas sean una referencia importante para interpretar lo que sucede en la realidad cotidiana como una forma de conocimiento social. Por eso, hacen que el mundo sea lo que pensamos que es, esto es, aquello que representamos de acuerdo con nuestra particularidad y con el lugar que ocupamos en el mundo en donde interviene la experiencia, la historia, el contexto social; circulan y reúnen experiencia, para hacer familiar lo insólito (Piña & Cuevas, 2004).

La construcción de las representaciones sociales se basa en tres elementos constitutivos:

- **Contenido o información:** Una representación siempre tiene un contenido, que está constituido por el conjunto de informaciones, nociones y conocimientos referentes a un objeto social. El contenido de una RS posee una dimensión figurativa asociado a imágenes, una dimensión simbólica donde adquiere significado y donde el lenguaje tiene un papel importante por las propias características del proceso de socialización del

conocimiento, y una dimensión afectiva que estará asociada a la valoración positiva o negativa con relación al objeto social. Los contenidos provienen de diferentes fuentes o sistemas simbólicos. Las bases del contenido de las RS construidas por los grupos apuntan a sistemas ideológicos y culturales, a la experiencia y las RS previas de los sujetos, a los afectos y a las condiciones sociales, económicas e históricas además de los hechos actuales.

- **Objeto:** El contenido tiene que ver con un objeto social, que se constituye en el elemento central en las representaciones. Las RS siempre van dirigidas hacia algo, son una vertebración de significados y teorías del sentido común con relación a una situación, un hecho, un personaje, un lugar, un concepto.
- **Sujeto:** La RS es siempre de un sujeto, (individuo, familia, grupo, clase...) con relación a otro sujeto. Un sujeto, individuo o grupo es el que percibe el objeto social y elabora sobre el mismo los contenidos. Las RS serán siempre compartidas por un grupo social de referencia.

Las RS tienen siempre un objeto social, que se configura en la relación entre sujetos, sean individuos o grupos sociales, sobre los que se desarrollan contenidos o informaciones que son transmitidas en los procesos conversacionales.

2.1.6.5. Teoría Sociocultural de Vygotsky

Al igual que la teoría de Piaget, la de Vygotsky es una teoría constructivista; sin embargo, este le da mayor relevancia al entorno social como facilitador del desarrollo y del aprendizaje. En contraste con Piaget, Vygotsky no habla de asimilación, sino de apropiación (en términos de contextos culturales). En su teoría destaca tres factores fundamentales y la importancia de la interacción entre ellos. Estos factores son los interpersonales, los histórico-culturales y los individuales, como las claves del desarrollo (Schunk, 2012, pág. 242).

De los tres factores mencionados, el que ha recibido mayor atención, es el interpersonal.

1) Factores Interpersonales: Vygotsky consideraba que el entorno social era fundamental para el aprendizaje y que las interacciones sociales transformaban las experiencias relacionadas con tal aprendizaje (Lucci, 2006). El sólo hecho de interactuar con los demás estimula el proceso del desarrollo de los individuos inmersos en el ambiente y se fomenta el crecimiento cognoscitivo. La utilidad de la interacción no radica sólo en el intercambio de información, también les permite a los individuos transformar sus experiencias, así como reorganizar sus estructuras mentales (Vygotsky, 1988; Gredler, 2009). El entorno influye en la cognición a través de sus objetos culturales, su lenguaje y sus instituciones. Las interacciones sociales ayudan a coordinar los tres factores que influyen en el desarrollo. El cambio cognoscitivo es el resultado de utilizar las herramientas culturales en las interacciones sociales y de internalizar y realizar la transformación mental de esas interacciones. La mediación es el mecanismo clave en el desarrollo y el aprendizaje, pues todos los procesos psicológicos de los seres humanos son mediados por herramientas psicológicas como el lenguaje, los signos y los símbolos. Una vez que se domina el lenguaje, los signos y símbolos, el siguiente paso consiste en utilizar tales símbolos para influir y autorregular los pensamientos y las acciones. La autorregulación utiliza la importante función del discurso privado (Karpov & Haywood, 1998, pág. 27).

2) Factores socio-culturales: Los aspectos histórico-culturales de la teoría de Vygotsky afirman que no es posible separar el aprendizaje y el desarrollo del contexto en el que ocurren. La manera en que los aprendices interactúan con sus entornos marca su manera de pensar. En consecuencia, “escuela” no es simplemente una palabra o una estructura física, sino también una institución que busca fomentar el aprendizaje y el

civismo. La escuela es importante, no por el lugar físico como tal, sino porque les permite desarrollar a los estudiantes una mayor conciencia de sí mismos, de su lenguaje y del papel que les toca desempeñar en el mundo. Participar en el mundo cultural transforma el funcionamiento de la mente más que simplemente acelerar los procesos que, de cualquier manera, se desarrollarán (Vygotsky, 1962).

- 3) Factores individuales:** Existen también factores individuales o heredados que influyen en el desarrollo. Vygotsky estaba interesado en los niños con discapacidades mentales y físicas porque creía que sus características heredadas producían trayectorias de aprendizaje diferentes a las de los niños que no tenían esos problemas. El aprendizaje es la resultante de la confluencia de factores sociales, compartida en un momento histórico y con determinantes culturales particulares, además de la percepción personal que cada quien tiene de acuerdo a la experiencia. La construcción resultante de una experiencia de aprendizaje no se transmite de una persona a otra de manera mecánica como si fuera un objeto sino mediante operaciones mentales que se suceden durante la interacción del sujeto con el mundo material y social. En esta interacción el conocimiento se construye primero por fuera, es decir, en la relación ínter psicológica, cuando se recibe la influencia de la cultura reflejada en toda la producción material (las herramientas, los desarrollos científicos y tecnológicos) o simbólica (el lenguaje, con los signos y símbolos) y en segundo lugar de manera intrapsicológica, cuando se transforman las funciones psicológicas superiores, es decir, se produce la denominada internalización (Schunk, 2012, pág. 228).

Esta teoría, a diferencia de la posición piagetiana, y desde el punto de vista didáctico, asegura que el maestro no necesita esperar que las estructuras cognitivas estén preparadas en su desarrollo para ofrecer las nuevas experiencias de aprendizaje. Lo nuevo debe ser cualitativa y cuantitativamente superior a lo previo para que "obligue" al aprendiz a la superación cognitiva. El

reto no debe ser muy grande porque puede desmotivar y darse por vencido antes de iniciar la tarea; tampoco muy fácil porque distrae y hace perder el entusiasmo por aprender. Es importante saber que la cultura de los aprendices es fundamental, y que es necesario tomarla en cuenta al explicar el aprendizaje y el desarrollo. Y también saber que los niños descubren mentalmente muchos conocimientos acerca de cómo opera el mundo, antes de que tengan la oportunidad de interactuar con la cultura en la que viven, es decir, el ser humano está predispuesto biológicamente para adquirir ciertos conceptos. Aunque el aprendizaje social influye en la construcción del conocimiento, también las operaciones interiores y la predisposición para el aprendizaje del individuo son importantes.

Principales ideas de la Teoría de Vygotsky

Las interacciones sociales son fundamentales; el conocimiento se construye entre dos o más personas.

- La autorregulación se desarrolla mediante la internalización (desarrollando una representación interna) de las acciones y de las operaciones mentales que ocurren en las interacciones sociales.
- El desarrollo humano ocurre a través de la transmisión cultural de herramientas (lenguaje y símbolos).
- El lenguaje es la herramienta más importante; su desarrollo va desde el discurso social y el discurso privado, hasta el discurso cubierto (internos).
- La zona de desarrollo próximo (ZDP) es la diferencia entre lo que los niños pueden hacer por sí mismos y lo que pueden hacer con ayuda de otros. Las interacciones con los adultos y los pares en la ZDP fomentan el desarrollo cognoscitivo.

Zona de desarrollo próximo (ZDP)

Un concepto importante para la educación propuesta por Vygotsky es la zona de desarrollo próximo (ZDP). Vygotsky argumenta que es posible que dos niños con

el mismo nivel evolutivo, ante situaciones problemáticas que impliquen tareas que lo superen, puedan realizar las mismas con la guía de un maestro, pero que los resultados varían en cada caso. De allí nace la ZDP, que se define como:

“la distancia entre el nivel actual del desarrollo, determinada mediante la solución independiente de problemas, y el nivel de desarrollo potencial, determinado por medio de la solución de problemas bajo la guía adulta o en colaboración con pares más capaces” (Schunk, 2012, pág. 243).

- La ZDP representa la cantidad de aprendizaje que un estudiante puede lograr en las condiciones de instrucción apropiadas. Se trata principalmente de la medición de un estudiante que indica su preparación o nivel intelectual en un área específica, muestra la relación entre el aprendizaje y el desarrollo.
- En la ZDP un profesor y un aprendiz trabajan en conjunto en una tarea que el aprendiz no puede realizar de forma independiente debido a su nivel de dificultad.
- La ZDP es reflejo de la actividad colectiva, en la cual un estudiante con mayores conocimientos o mayores habilidades para determinada tarea, comparten ese conocimiento o habilidad con aquellos que saben menos.
- Cuando el profesor y el aprendiz comparten herramientas culturales ocurre un cambio cognoscitivo en la ZDP; mientras que cuando el aprendiz internaliza esta interacción mediada culturalmente, se produce en él un cambio cognoscitivo.
- Para trabajar en la ZDP se requiere mucha participación guiada. Los aprendices aplican su propia comprensión a las interacciones sociales y construyen significados al integrar esa comprensión a sus experiencias en el contexto.

Los principales mecanismos para ayudar a los aprendices a través de la ZDP son el modelamiento, manejo de contingencias y retroalimentación. Los medios de ayuda en la ejecución específicamente lingüísticos son: instruir, preguntar, y estructurar cognoscitivamente. La instrucción pide acciones específicas. Las preguntas piden respuestas lingüísticas. Mientras que la estructuración cognoscitiva no pide una respuesta, provee una estructura para organizar los elementos unos con relación a otros; se refiere a una estructura para el pensamiento y la acción. Puede ser una estructura de creencias, de operaciones mentales o de comprensión. Es una estructura organizativa que evalúa, agrupa,

y secuencia la percepción, la memoria y la acción (Alvarez, 2004). Es importante que la ZDP no se quede únicamente en un espacio de ayuda entre el docente y el estudiante, o en estudiantes avezados que ayudan a estudiantes a adelantarse. Pues la ZDP se refiere a nuevas formas de conciencia que ocurren a medida que la gente interactúa con sus instituciones sociales, significa que es un espacio de intercambio, de experiencias, de construcción mancomunada no sólo desde el punto de vista educativo sino social, pues si hay un compromiso social e histórico el proceso de aprendizaje propenderá a un cambio del individuo no de una simple transmisión. La mayoría de los análisis de la ZDP se concibe como un profesor experto proporcionando oportunidades de aprendizaje a un estudiante.

Aplicaciones en la Educación

- Una aplicación común es el concepto de andamiaje instruccional, que se refiere al proceso de control de los elementos de las tareas que rebasan las capacidades de los estudiantes. El andamiaje instruccional tiene cinco funciones principales: proporcionar apoyo al aprendiz, funcionar como herramienta, ampliar el alcance del aprendiz, permitirle lograr tareas que de otra forma no podría lograr y usarla selectivamente sólo en caso necesario. A medida que los alumnos se vuelven más competentes, el docente va retirando gradualmente el andamiaje para permitirles desempeñarse de manera independiente. La clave consiste en asegurarse de que el andamiaje mantenga a los estudiantes en la ZDP, la cual aumenta cuando éstos desarrollan habilidades. El andamiaje es apropiado cuando un profesor desea proporcionar a los estudiantes cierta información o realizar por ellos partes de una tarea con el fin de que se puedan concentrar en la parte de la tarea que tratan de dominar. En resumen, el docente crea una ZDP y proporciona el andamiaje para que los estudiantes obtengan éxito.

- Otra aplicación es la enseñanza recíproca, la cual implica un diálogo interactivo entre un profesor y un grupo pequeño de estudiantes. Al principio el docente modela las actividades, y después él y los alumnos se turnan para desempeñar el papel de profesor. Desde la perspectiva de Vygotsky la enseñanza recíproca comprende la interacción social y el andamiaje cuando los estudiantes desarrollan habilidades de manera gradual.
- Otra área importante de aplicación es la colaboración entre pares, que reflejan el concepto de actividad colectiva. Cuando los pares trabajan en una tarea de forma colaborativa, las interacciones sociales compartidas pueden tener una función instruccional. Los grupos cooperativos son más eficaces cuando se asignan responsabilidades a cada estudiante y todos deben lograr cierto grado de competencia antes para que el grupo pueda continuar con la tarea.
- Una aplicación importante de la teoría de Vygotsky y de la cognición situada, donde los aprendices trabajan de forma estrecha con expertos en actividades conjuntas relacionadas con el trabajo. Operan dentro de una ZDP porque realizan tareas que rebasan sus capacidades en interacción con expertos que deja como resultado que los novatos desarrollen una comprensión compartida de procesos importantes, la cual integran a los conocimientos que ya poseen.
- Una aplicación que se emplea mucho en la educación actual son las comunidades de aprendizaje. Diversas personas de diferentes campos del saber trabajan en cooperación con sus congéneres, en ocasiones lo único común entre ellos es el objeto de estudio, las interacciones hacen que los novatos trabajen con personas experimentadas, además que se aborden los conocimientos desde diferentes perspectivas o áreas del conocimiento, y cada una de ellas aporta a un aprendizaje en común para todos los miembros. Los programas de estudios prácticos de capacitación utilizan el

modelo de comunidades de aprendizaje cuando los estudiantes adquieren habilidades en el entorno laboral real e interactúan con otras personas. Se ha puesto mucho énfasis en ampliar los grupos y comunidades de aprendizaje para los jóvenes, en especial para aquellos que no asisten a la universidad.

- Otra aplicación útil es la verbalización, ya que el constructivismo implica transformar e internalizar el entorno social. Permitir a los estudiantes crear sus propias verbalizaciones, es más benéfico que limitarla a afirmaciones específicas. Para facilitar la transferencia y el mantenimiento, las verbalizaciones abiertas deben desvanecerse y al final ser completamente internas. Se deben buscar diferentes formas de integrar la verbalización al aprendizaje.
- El aprendizaje es un proceso mediado socialmente, en Vygotsky tal mediación es fundamental porque los niños adquieren herramientas durante sus interacciones sociales con otros individuos; luego las internalizan y las utilizan como mediadoras para un aprendizaje más avanzado. La relevancia de la mediación social es evidente en la autorregulación y los entornos de aprendizaje constructivista porque influye en la adquisición de conceptos. Desde luego, las personas pueden aprender conceptos por sí mismas, sin embargo, este tipo de aprendizaje independiente es, en un sentido constructivista, mediado socialmente, ya que involucra herramientas como el lenguaje, los signos y los símbolos, que han sido adquiridos mediante interacciones sociales previas.
- En la teoría de Vygotsky la autorregulación implica coordinar procesos mentales (cognoscitivos) como la planeación, la síntesis y la formación de conceptos. El proceso de autorregulación consiste en la internalización gradual del lenguaje de los conceptos. Los niños internalizan las instrucciones para autorregular su conducta en diferentes situaciones. Los procesos de pensamiento se vuelven autodirigidos (Woolfolk, 2010).

2.1.6.6. Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird

La teoría de modelos mentales emerge como una teoría dentro de la psicología cognitiva que sostiene la hipótesis de que los sujetos construyen modelos de estados de cosas descritos en las premisas de los enunciados, y que mediante procesos psicológicos los habilitan para presentar una conclusión. Esta forma de representación de los estados de cosas en el mundo, permite sostener que en su mayoría las inferencias, el razonamiento espacial, relacional y dinámico, proceden con el formato de los modelos mentales. No obstante, las metodologías esencialmente computacionales que sirven de base para la argumentación, extensión y evaluación de los modelos mentales, suscitan críticas en torno al alcance de la relación entre los lenguajes artificiales y los lenguajes naturales. A continuación, se explicarán la relación entre la lógica formal y el razonamiento y la problemática que dio lugar al desarrollo de esta teoría.

La lógica formal y el razonamiento

El estudio del razonamiento que va desde fines del siglo XIX hasta mediados el siglo XX, se caracteriza por ser considerado un ámbito propio de la lógica formal, y no como un asunto de psicología. En su mayoría, la investigación del razonamiento de ese período se ha orientado y explicado a través de la incorporación de recursos de la lógica formal, sin hacer referencia a los procesos mentales involucrados. La lógica formal incorpora estrategias de los sistemas formales. El resultado es el uso de métodos cuyo propósito es poner de manifiesto el razonamiento deductivo en virtud de un cálculo proposicional. En términos formales, una deducción es una secuencia finita de fórmulas, de las cuales la última es designada como la conclusión, y todas las fórmulas en la secuencia son, o bien axiomas, o bien premisas, o bien inferencias directas a partir de fórmulas previas en la secuencia por medio de reglas de inferencia. En

el cálculo las demostraciones se presentan como estructuras de datos que se construyen de acuerdo con los axiomas y reglas de inferencia⁷

Sin embargo, para Johnson-Laird (1983), la explicación del razonamiento válido que apela a una lógica mental y que propone esquemas de inferencia, presenta problemas empíricos tales como la falta de evidencia para sostener que la mente posee esquemas de deducción natural. La fuente de los problemas se relaciona al carácter esencialmente formal que sirve de base para la explicación del razonamiento, ya que en la deducción natural, las inferencias están basadas en esquemas de inferencia que se encuentran motivadas por reglas de inferencia. La doctrina lógico mental es refutada mediante un constructo explicativo y metodológico derivado de la teoría de la computabilidad: el procedimiento efectivo. A diferencia de las reglas y esquemas de inferencia, los procedimientos efectivos no buscan demostrar la validez del razonamiento, sino explicar qué procesos psicológicos intervienen en el razonamiento. Así, los procedimientos efectivos funcionan como un criterio de explicación psicológica. Según Johnson-Laird, las teorías psicológicas deben ser expuestas y evaluables en términos de procedimientos efectivos (Johnson-Laird, 1983).

Un procedimiento efectivo es un modelo de trabajo, en el cual se manipulan componentes simulados, y que puede tomar la forma de un algoritmo, es decir, de una secuencia de pasos repetible y determinista; en otras palabras, una en que siempre se irán obteniendo los mismos conjuntos de valores de salida, para los mismos conjuntos de valores de entrada⁸. Un procedimiento efectivo, puede, sin embargo, tomar la forma de una tarea de resolución de problemas, juegos de pregunta-respuestas, etcétera (Johnson-Laird, 1983, págs. 7-11). Es así, que, la teoría de modelos mentales, como se explicará a continuación, incorpora el principio de procedimiento efectivo, no sólo para explicar el razonamiento, sino también para dar una explicación integrada de la cognición y la comprensión del discurso. Así, la cuestión inicial de explicar los procesos de razonamiento

⁷ La teoría de la demostración es una rama de la lógica matemática que trata a las demostraciones como objetos matemáticos, facilitando su análisis mediante técnicas matemáticas.

⁸ Hay que distinguir que todos los algoritmos son procedimientos efectivos, sin embargo, no todos los procedimientos efectivos son algoritmos

encuentra su explicación dentro de la teoría de modelos mentales, que al mismo tiempo permite afirmar que existen procesos cognitivos de orden superior que se llevan a cabo en la forma de modelos contruidos en las cabezas de las personas.

Teoría de los modelos mentales

La teoría de los modelos mentales integra en su explicación a los procesos de inferencia, razonamiento y comprensión del discurso. En términos teóricos, los modelos mentales, originalmente, “buscan hacer sentido de las inferencias mostrándose como una forma de hacer explícito cómo el contenido de las palabras puede ser mentalmente representado” (Johnson-Laird, 1983, pág. 397). En el caso de Johnson-Laird, los modelos emergen con el fin de explicar las inferencias no mediante la demostración de su validez en virtud de reglas formales, sino a partir de los procesos psicológicos y métodos para captarlos. Así, los modelos mentales utilizan como una metodología a los procedimientos efectivos. La centralidad de los procedimientos efectivos se debe a que le permiten a las teorías psicológicas hacer uso de representaciones lingüísticas o cualquier sistema de símbolos, manipulando sus constituyentes y relaciones con fines heurísticos. Comúnmente, esto se lleva a cabo en programas computacionales. Los procedimientos son una forma de exposición y evaluación de teorías psicológicas. Su objetivo teórico es hacer posible la psicología experimental a partir de procedimientos sencillos y claros. De esta manera el problema de la doctrina de lógica mental o la tesis de que hay una lógica que caracteriza lo que la mente computa, se orienta de una forma metodológica a través de los procedimientos efectivos, lo que obtiene su respuesta en forma sustantiva, en la hipótesis de los modelos mentales.

Los modelos mentales asumen a los procedimientos efectivos como un método confiable para la investigación experimental en psicología cognitiva, por la vía de la implementación computacional. No obstante, el criterio metodológico y experimental de los procedimientos efectivos, adquiere relevancia para sostener la hipótesis de los modelos mentales. Esta orientación computacional de los

modelos, ha llevado a pensar si se trata de una teoría que adscribe implícita o explícitamente a la tesis fuerte de la AI⁹ formulada por Searle (1980). La hipótesis de los modelos mentales define a un modelo mental como un tipo de representación que pueden estar compuestos de tokens que corresponden a objetos, estados de cosas, secuencias de eventos en el mundo, cuyas propiedades y relaciones corresponden a nuestra concepción de los estados de cosas que un modelo representa. A diferencia de las representaciones proposicionales, que tiene una estructura arbitraria, los modelos mentales poseen una estructura análoga al estado de cosas que representan. Su relación, entonces, es más directa, lo que habilita la afirmación de que los sujetos pueden hacer inferencias y predicciones, comprender fenómenos e influir en los procesos de decisión. Para Johnson-Laird, los procesos psicológicos utilizan variados tipos de representaciones: representaciones proposicionales, imágenes y modelos mentales. La primera posee una estructura arbitraria mientras que las dos últimas son altamente específicas y en el caso de los modelos mentales, su estructura es análoga a la situación que representa, lo que le permite ser una muestra representativa de un estado de cosas. ¿Cómo se sostiene la hipótesis de los modelos? Básicamente, los modelos mentales incorporan un conjunto de principios teóricos derivados del funcionalismo de Máquina de Turing, con el propósito de exponer y evaluar hipótesis de los modelos mentales. Esto significa que los principios computacionales caracterizan a los modelos mentales en términos esencialmente funcionales. En principio, su rol es solamente metodológico, e incluso hay aspectos que la hipótesis reconoce como una dificultad, tal como el dar respuesta a la constitución exacta o real del modelo en la mente:

“En el presente, ninguna aproximación completa puede darse -uno bien podría preguntar por un inventario de todos los productos de la imaginación humana y más bien semejante aproximación será prematura, desde que los modelos mentales son supuestos como estando en la cabeza de las personas, su exacta constitución es una cuestión empírica” (Johnson-Laird, 1983, pág. 398).

⁹ AI: Acrónimo de Inteligencia Artificial.

A partir de esto, se pone de manifiesto que la utilización de recursos computacionales no busca explicar aspectos empíricos de los modelos tales como su correlato neural. Esto se debe a que la utilización de los procedimientos efectivos, cuando se hace en la forma de algoritmos, vuelve a la teoría de modelos mentales una variedad de teoría computacional de la mente. La metodología de los procedimientos conecta a los modelos con la teoría computacional de la mente, conexión que se da en un nivel solamente explicativo y es el resultado de la incorporación algunos principios computacionales. Estos principios, para Johnson-Laird, se derivan del funcionalismo y son tres:

1) Principio de computabilidad: se trata de un constreñimiento débil que exige que los modelos mentales y la maquinaria para construirlos e interpretarlos, sea computable.

2) Principio de finitismo: un modelo mental debe ser finito en su tamaño y no puede directamente representar un dominio infinito.

3) Principio de constructivismo: un modelo mental es construido a partir de tokens dispuestos en una estructura particular para representar estados de cosas.

Estos principios, orientan la investigación y explicación de los modelos y permiten su caracterización funcional. El propósito más sustantivo de dichos principios es dar respuesta a las siguientes preguntas:

- i) Cómo el modelo mental representa el mundo
- ii) Qué procesos construyen e interpretan un modelo mental
- iii) Qué conceptos incorporan
- iv) Cuál es su estructura básica y como difiere de otras representaciones mentales.

2.1.6.7. Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud

La Teoría de los Campos Conceptuales corresponde a una teoría cognitivista neopiagetiana, cuyo objetivo es el estudio de las funciones cognitivas complejas, especialmente aquellas relacionadas con el aprendizaje científico.

En su teoría, Vergnaud amplía y reconduce las operaciones lógicas planteadas por Piaget, desde las estructuras generales de pensamiento, hacia el estudio de los procesos cognitivos del “sujeto en situación”.

Esta teoría plantea que el desarrollo cognitivo depende de las situaciones y de las conceptualizaciones específicas para enfrentarlas, haciendo énfasis en los propios contenidos del conocimiento y el análisis conceptual de sus dominios, lo que no es considerado en la teoría de Piaget.

Desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, la teoría de los campos conceptuales les atribuye una gran importancia a las ideas claves de Piaget, tales como el concepto de adaptación, desequilibración y reequilibración, reconociendo como elemento central el concepto de esquema (Caballero, 2005). Cabe señalar que, además de la Teoría del desarrollo cognitivo, enunciada por Piaget, también se observa la gran influencia de la Teoría Sociocultural de Vygotsky, lo que se evidencia en la importancia que le atribuye a la interacción social, el lenguaje y la simbolización en el progresivo dominio de determinado un campo conceptual por los sujetos.

En el ámbito docente, esta teoría destaca su papel fundamental y resalta que su principal tarea es hacer propuestas de situaciones en la que sus estudiantes puedan desarrollar sus esquemas en la zona de desarrollo próximo.

El constructo “Campo Conceptual” considera que los conceptos se encuentran interconectados y que carecen de sentido al analizarlos de forma aislada. Se construyen y operan en el conocimiento humano en función de las situaciones a las que el sujeto se enfrenta y en ese proceso entran en juego procedimientos, concepciones y representaciones simbólicas, con el objeto de dominar estas situaciones (Vergnaud, citado por Rodríguez-Palmero, 2004) dominio que se logra alcanzar con el tiempo, mediante la experiencia, madurez y aprendizaje. Según Vergnaud, campo conceptual se define como:

“un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento,

conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición” (Vergnaud, citado en Moreira, 2002).

Cabe señalar que la conceptualización es el centro del desarrollo cognitivo, centrándose principalmente en los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones, para las que los estudiantes necesitan desarrollar sus esquemas, tanto en el ámbito escolar como en el contexto donde se desenvuelve su vida cotidiana. En palabras de Moreira:

“una teoría psicológica del proceso de conceptualización de lo real, que permite localizar y estudiar continuidades y rupturas entre conocimientos desde el punto de vista de su contenido conceptual... Es una teoría compleja, ya que envuelve la complejidad inherente a la necesidad de abarcar desde una misma perspectiva teórica todo el desarrollo de situaciones progresivamente dominadas, los conceptos y teoremas necesarios para operar eficientemente en las situaciones, y las palabras y símbolos utilizados para representar eficazmente esos conceptos y operaciones, dependiendo de sus niveles cognitivos” (Moreira & Greca, 2002).

Para Vergnaud, la idea de concepto es fundamental y está constituida por 3 conjuntos: Las situaciones (referentes), conceptos y teoremas en acción (significados) y representaciones simbólicas (lenguaje, gráficos, sentencias formales, diagramas) utilizadas para representar los conceptos y sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento y que constituyen el significante de los conceptos. Cabe señalar que se entiende por situación a tareas complejas (combinación de subtareas) cuya dificultad depende de la conceptualización para abordarla y no del número de subtareas. Por otra parte, puntualizar que cada situación pone en acción algunas propiedades de los conceptos y de los teoremas asociados, dándole sentido a éstos.

Otro elemento a considerar es el esquema, definido como la organización invariante de la conducta para una clase de situaciones; en cada esquema encontramos elementos cognitivos (conocimientos-en-acción) que permiten actuar frente a dicha situación y que permiten identificar y seleccionar la información y teoremas-en-acción que (verdaderos o falsos) que relacionan los conceptos-en-acción, permitiéndole al individuo la producción de inferencias y la selección de reglas de acción para dominar la situación.

2.1.6.8. Pensamiento lineal, sistémico, complejo

El concepto de pensamiento hace referencia a procesos mentales relativamente abstractos, voluntarios o involuntarios. Son ideas, recuerdos y creencias en movimiento, relacionándose entre sí. Los pensamientos no existen como actividades intelectuales “puras”, ya que siempre van de la mano de otros procesos mentales que tienen que ver con las emociones y que están generados y regulados por el sistema límbico.

Desde la perspectiva de algunos autores, entre ellos Piaget, Vygotsky, Ausubel, el pensamiento es fundamental para el desarrollo cognoscitivo de los seres humanos, por ello se concibe como la capacidad que tienen la personas para captar y producir ideas en momentos determinados. El pensamiento funciona cuando forma conceptos en el cerebro, resuelve problemas y toma decisiones, todo esto se consigue cuando está un medio para expresar ideas, así como para concebir las categorías y los conceptos de pensamiento. Esto significa

“...que la mente humana trabaja al aplicar procesos básicos a las estructuras simbólicas que representan el contenido de nuestros pensamientos” (Klinger & Vadillo, 2000).

Tipos de pensamiento

Los tipos de pensamiento hacen referencia a cómo la mente procesa las acciones e ideas, actividades creativas e intelectuales para trasladarlas a alguna forma de

conocimiento. El pensamiento no es unívoco, al contrario, se han identificado diferentes formas particulares de operar el pensamiento; formas que tienen que ver directamente con las características del problema que el individuo enfrenta. Según John Bustos (2009) los tipos de pensamiento se relacionan directamente con la manera particular y la exigencia de cada problema o tarea (Bustos, 2009). Varios autores clasifican dos grandes grupos de pensamiento: el convergente y el divergente. El pensamiento convergente se relaciona principalmente con la solución directa de un problema, también definido como racional, lógico, vertical o convencional. Por su parte, el pensamiento divergente hace referencia principalmente a la forma en la que las personas utilizan juicios marginales (intuiciones), para abordar un problema de manera creativa e imaginativa (Pascual, 2006, pág. 35). En ese contexto, para definir los tipos de pensamiento se ha utilizado la forma genérica en la que la mente abstrae conocimientos, esto es de manera racional (o lógica), o de manera abstracta (imaginativa). Es decir, todo aquello que sea de naturaleza mental es considerado pensamiento, bien sean estos abstractos, racionales, creativos, artísticos, etc. Con la finalidad de fundamentar adecuadamente la investigación del tema propuesto se describe el pensamiento lógico y el pensamiento abstracto.

Pensamiento Lineal o lógico

El pensamiento lineal o lógico, es la manera en la cual las personas con especial énfasis los estudiantes, aprenden a pensar desde edades tempranas o a inicios de la vida escolar, que al ser adecuadamente aplicados desde las aulas permiten llegar a una reflexión significativa. Este tipo de pensamiento se desprende de las distintas relaciones que surgen en el cerebro ante la necesidad de encontrar razonamientos lógicos en el accionar diario, cuyo fin es llegar a la construcción de conocimientos y reflexiones que sirvan a lo largo de la vida. El éxito será cuando las estructuras cognitivas se optimicen a través de la lógica del pensamiento. Desde esta perspectiva Oliveros señala que:

“El razonamiento lógico es eminentemente deductivo, incluso algunos autores lo definen como tal, mediante este razonamiento se van infiriendo o asegurando nuevas proposiciones a partir de proposiciones conocidas, para lo cual se usan determinadas reglas establecidas o demostradas. [...] el uso del razonamiento lógico permite de forma general analizar y encausar muchas de las situaciones que nos presentan en la vida diaria” (Oliveros, 2002, pág. 126).

Estas aseveraciones afianzan la importancia de los procesos deductivos en el razonamiento, con lo cual se fortalece el análisis de situaciones cotidianas o problemas de contexto en el aula, no necesariamente tienen que apelar a experiencias pasadas, sino más bien aplicar procesos de razonamiento lógico adecuadamente fomentados. Este tipo de razonamiento además de tener buenos procesos de comprensión lógica sirve para resolver problemas cotidianos de la vida diaria. El propósito es lograr que los saberes y las destrezas se manejen correctamente para llegar a la innovación en la labor educativa con flexibilidad, eficacia y eficiencia en diferentes contextos y llegar a la auto-reflexión sobre el accionar pedagógico. En consecuencia, se puede concluir que el razonamiento lógico se convierte en una herramienta fundamental para la resolución de problemas de la vida diaria, ya que a través del mismo los individuos analizan, argumentan, clasifican, justifican y prueban hipótesis (Jaramillo & Puga, 2016, pág. 40).

Pensamiento Sistémico

El pensamiento sistémico emerge como una síntesis que concilia y construye a partir de los enfoques apriorísticos y empíricos. Ludwig von Bertalanffy, inaugura esta nueva escuela de pensamiento en el siglo XX, su obra La teoría General de los Sistemas, dará pie a toda una nueva área de desarrollo científico, sobre todo en las ciencias sociales que tendrán un enorme desarrollo a partir de tomar la realidad como una realidad compleja que requiere un nuevo tipo de tratamiento para su comprensión y explicación. Paralelo al desarrollo del pensamiento

sistémico, se da el surgimiento de la cibernética, esta disciplina marcará, entre otras cosas, el desarrollo vertiginoso de la tecnología desde mediados de la década de los cincuenta del siglo XX.

Los sistémicos consideran lo que ha de ser explicado como parte de un sistema mayor, le interesa integrar no separar, es expansionista. La corriente doctrinaria sistémica, sostiene que los objetos, sus atributos y los eventos, son partes de todos mayores, se concentra en el todo del cual son parte, no niega las partes. El pensamiento sistémico es conocido también como pensamiento sintético (síntesis). En este método las propiedades de las partes sólo pueden ser entendidas a partir de la dinámica que presenta el sistema en su totalidad.

Ideas básicas del pensamiento Sistémico

Siguiendo un orden cronológico, las ideas básicas del pensamiento sistémico se pueden resumir, como se presenta a continuación:

- En 1928 Koehler hace los primeros intentos de explicar por qué las propiedades de los sistemas regulan las conductas de sus componentes.
- En 1940 fueron publicadas en Alemania las ideas elementales de Ludwig Von Bertalanffy, las que posteriormente fueron traducidas al idioma inglés. Estas ideas elementales definen un sistema como un conjunto de unidades u objetos entre los cuales existen unas relaciones, es así como en un sistema se identifican dos elementos básicos o elementales: las unidades, objetos o elementos y las relaciones que se establecen entre estos elementos.
- En 1942 Redfield presenta el tratado de unificación que muestra la gran variedad y complejidad de los eventos de transición que unen a los niveles biológico y sociocultural.

- En 1948, C. E. Shannon en su trabajo “Teoría de la Información” desarrolla el concepto de cantidad de información alrededor de la teoría de la comunicación. Norbert Wiener en su trabajo “cibernética” relaciona entre sí los conceptos de entropía, desorden, cantidad de información e incertidumbre.
- En 1948 John Von Newman desarrolló la teoría general del autómata y estableció los fundamentos para la inteligencia artificial.
- En 1949, Brillouin describió el contraste entre la materia viviente y la inanimada.
- En 1950, Se le atribuye a Sommerhoff el descubrimiento de “cómo representar exactamente lo que se quiere decir mediante coordinación y buena organización” (ya sea un perro, un piloto automático de un avión o una refinería de petróleo).
- En la década de 1950 se hicieron ejemplos de sistemas: sistemas abiertos (Whittaker), sistemas neurológicos (Krech) y la filosofía (Bentley).
- En el año de 1954 se organizó la Society for the Advancement General Systems Theory (Sociedad para el Avance de la Teoría General de Sistemas), en 1957 se le cambió el nombre por Society for General Systems Research (sociedad para la investigación general de sistemas).
- En 1956 la sociedad publicó el libro Sistemas Generales, en cuyo volumen 1, Ludwig Von Bertalanffy presentó los propósitos de esta disciplina.
- La cibernética, ciencia de la información y el control aparece en los años 50 con nombres como Norbert Wiener (1948), John Von Neuman (1951), Stafford Beer (1956- 1957), W. Ross Ashby (1956), quienes realizaron grandes avances.

- En 1956, W. Ross Ashby desarrolló los conceptos de cibernética, autorregulación, auto dirección y examinó las medidas de información alrededor de las ideas de Norbert Wiener y Shannon.
- En 1956 Boulding subrayó la necesidad de un “cuerpo de constructores sistemáticos que pudiera estudiar las relaciones generales del mundo empírico” y dijo: “es cuestión de la teoría general de sistemas”.
- En 1966 Rapoport trata los usos del isomorfismo matemático, percibe la teoría general de sistemas como una metodología, más que una teoría, en el sentido científico de la palabra. La teoría de sistemas es una posibilidad para organizar los múltiples componentes de un fenómeno o de un proceso cualquiera.
- George Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) se le atribuyen las siguientes ideas: el todo es más que la suma de sus partes (ya lo había dicho Aristóteles 384-322 a. de C.) esta idea se conoce como el concepto de sinergia, el todo determina la naturaleza de las partes, las partes no pueden comprenderse si se consideran en forma aislada del todo, las partes están dinámicamente interrelacionadas o son independientes.

Pensamiento Complejo

El Pensamiento Complejo, como tal, está en la línea de las teorías de la complejidad. Complejo viene de *complexus*, y significa tejido entre tejidos (Domínguez, 2006). Por consiguiente, el pensamiento complejo como epistemología, es un método para la construcción del conocimiento de cualquier fenómeno teniendo como base la forma y dinámica de cómo está tejido dicho fenómeno en sí y con respecto a otros fenómenos, con el fin de comprenderlo y explicarlo en sus procesos de orden-desorden-reorganización, mediante el

análisis disciplinario, multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario. De aquí que en el pensamiento complejo el conocimiento y el saber siempre son multidimensionales, transversales, cambiantes y evolutivos.

El conocimiento y el saber tienen una naturaleza compleja, es decir, son procesos multidimensionales, contextualizados y evolutivos. Y es por ello que para gestionar el conocimiento desde esta comprensión, se requiere que las personas desarrollen un modo de pensar complejo porque el conocimiento y el saber son, lo que sea nuestro modo de pensar.

Una de las maneras como podemos introducirnos al pensamiento complejo es a través de sus principios generativos del conocimiento, pues constituyen las bases para la generación del conocimiento y de sus operaciones cognitivas. Estos principios se oponen a los principios de inteligibilidad por simplificación. Respecto a estos principios, Edgar Morin afirma que

“la complejidad es un cierto número de principios que ayudan al espíritu autónomo a conocer” (Morin, 2005, pág. 48).

A continuación, se presenta una síntesis de estos principios:

- **Principio sistémico u organizativo:** Una de las premisas básicas del pensamiento complejo es su crítica a los procesos genéricos del pensamiento que separan las cosas que, en realidad, no se hallan separadas. Disyunción que nos conduce a una percepción fragmentada del mundo. En nuestra cultura occidental, el proceso de pensamiento selecciona ciertas cosas, omite otras y finaliza atrapado en esa separación sin retornar al conjunto. Así, las divisiones que hacemos se originan en el pensamiento, no en el mundo, pues la realidad es de una sola pieza. La naturaleza del mundo es que todo participa en todo, todo lo “engloba” a todo. El concepto de sistema es inseparable del tema de organización. Si el sistema es la unidad global organizada, la organización puede entenderse como

“la disposición de las relaciones entre componentes o individuos que produce una unidad compleja o sistema, dotada de cualidades desconocidas en el nivel de sus componentes o individuos” (Morin, 1986, pág. 126).

La organización es la disposición de sus partes que otorga cierta solidez a las uniones y cierta posibilidad de duración frente a las perturbaciones a esta. La organización reúne y mantiene, pero también produce y transforma. Los conceptos de sistema y organización están unidos, pues el concepto de sistema no es solo la interrelación entre el todo y las partes sino que también es dinamismo organizacional de unos elementos en interrelación. Por ello, el concepto de interrelación es clave para unir los conceptos de sistema y organización.

- **Principio hologramático:** En el holograma, cada una de las partes de una imagen contiene casi la totalidad de la información del objeto representado. El principio hologramático es un tipo asombroso de organización

“en la que el todo está (engramado) en la parte que está en el todo (holos), y en la que la parte podría ser más o menos apta para regenerar el todo” (Morin, 1999, pág. 112).

Así, el principio hologramático es el principio clave de las organizaciones pluricelulares, vegetales, animales y de lo humano.

- **Principio dialógico:** Este principio permite mantener la dualidad en el seno de la unidad asociando dos términos en su relación complementaria y antagónica. La dialógica puede ser definida como la asociación compleja de lógicas, entidades o instancias complementarias y antagónicas que se nutren entre sí, se complementan, pero también se oponen y compiten. Esta unión compleja es necesaria para la existencia, el funcionamiento y

el desarrollo de los fenómenos organizados. Por ejemplo, cultura–naturaleza, orden–desorden, local–global, individuo–sociedad, vida–muerte, unidad–diversidad, sujeto–objeto, etcétera. Paradójicamente, en el pensamiento simplificador, que se caracteriza por ser no dialógico, se elige una alternativa, expulsándose al contrario, excluyendo la contradicción. Por ejemplo, no se piensa en la organización como orden y desorden sino solo como orden; el sociologismo no piensa en el individuo o la especie sino solo en el determinismo social; el psicologismo enfatiza la explicación del comportamiento humano solo por la conducta individual. Buscar la alternativa sin sostener la dialógica es, según Morin, *“la forma vulgar de encontrar una salida a la dualidad contradictoria”* (Morin, 1973, pág. 87, citado en Luengo, 2018).

- **Principio de recursividad organizacional.** La organización compleja se basa en la idea de bucle, de circulación, de circuito, de rotación. La idea de bucle es básica para entender la recursividad y la retroacción. Infinidad de fenómenos sociales están en circulación o rotación: las relaciones interpersonales padre–hijo, esposo–esposa, entre amigos, etcétera; la dinámica pobreza–riqueza; el circuito institucionalidad–movimiento; la interacción estado–sociedad civil, sociedad global–sociedad local, etc.; la retroacción entre acción y conocimiento, entre práctica y teoría; o bien, la imparable rueda de la violencia, de la confianza o desconfianza, del amor o el desamor entre dos o más actores.
- **Principio de auto–eco–organización.** La complejidad es concebida en términos de organizaciones, es decir, de una totalidad organizada compuesta de elementos heterogéneos en interretroacción. La organización es algo común en el mundo físico, biológico y antropológico, y está siempre abierta y en constante movimiento de organización–desorganización; y participa como tal dentro de un proceso histórico y en un entorno con el que interactúa. Por ello, se afirma que la organización es autoorganización, es decir, está autogenerándose (auto) a través de los intercambios de energía, materia e información con su entorno (eco).

- **Principio del movimiento de lo real.** Consiste en entender a los sistemas vivos en constante transformación y movimiento en un esfuerzo por mantenerse en equilibrio para buscar su reorganización o para metamorfosearse en nuevos sistemas impredecibles. Supone que la flecha del tiempo acompaña el devenir evolutivo de la vida, donde los seres humanos somos copartícipes —producto y coproductores— del proceso de evolución.
- **Principio de causalidad compleja.** Este principio remplace la causalidad unilineal o unidireccional por una causalidad en bucle y multirreferencial. Incluye también las relaciones dialógicas capaces de concebir a la vez lo complementario y antagónico. Desde esta vertiente, la complejidad no enfatiza el estudio de la causalidad, si bien puede generar explicaciones desde esa perspectiva, sino que privilegia las comprensiones de la complejidad a partir de organizaciones o sistemas (Luengo, 2018).
- **Principio de reincorporación del conocedor en todo conocimiento.** Se refiere a la reintegración del sujeto cognoscente en el proceso de conocimiento. Es decir, entiende que todo conocimiento de un objeto es una reconstrucción o traducción por parte de los dispositivos biocerebrales de un observador situado en una cultura y tiempo dado. Esta manera de entender la relación entre sujeto–objeto, recoge la herencia de las diversas posturas constructivistas del conocimiento. Es importante señalar que el pensamiento complejo no pretende un constructivismo que conduzca al relativismo o al nihilismo sino a un pensamiento–conocimiento permanentemente guiado por criterios epistemológicos y metodológicos que, sin asegurar un saber absoluto, permitan contrastar nuestras teorías o ideas (Solana, 2005, pág. 24).
- **Principio de incertidumbre.** El pensamiento complejo concibe la verdad como una verdad relativa y temporal. En este sentido, Morin (2004, págs. 208-209) afirma que el conocimiento es biodegradable, a diferencia de las “verdades” reveladas, las creencias absolutas o las doctrinas cerradas. Es también una visión opuesta a la ciencia tradicional, que pretende certezas

y seguridades permanentes. El método es, como señala Karl Popper (2006, pp. 126–139), un combate incesante contra el error, y es el error mismo el que permite formularse otras preguntas, buscar otros derroteros del conocimiento e intentar nuevas respuestas. Por ello se afirma que la “verdad” no es más que la rectificación de una cadena de errores, lo que significa que el error es generador de otros conocimientos.

- **Principio de incompletud.** Este principio nos habla de la no existencia de un conocimiento completo y de la riqueza creativa y diversa de lo real. La incompletud se relaciona con la incertidumbre y la impredecibilidad, así como con el error como fuente de conocimiento. Este principio, íntimamente ligado al anterior, expresa la riqueza de todo lo vivo e invita a un conocimiento abierto, siempre a punto de hacerse y deshacerse, donde el saber total se da por descontado. Es lo que Karl Popper llamó: *“la búsqueda inconclusa o búsqueda sin término”* (Popper, 2006, págs. 126-139, citado en Luengo, 2018, pág. 87).
- **Principio de racionalidad.** Este principio distingue entre razón, racionalidad y racionalización. Además, se interroga sobre los límites de la racionalidad y la relación dialógica que existe entre la racionalidad, la afectividad y la pulsión. El pensamiento complejo, advierte Morin, debe distinguir entre la racionalidad y la racionalización. Aún más, debe estar acompañado de un método–estrategia racional, es decir, que se mantenga en movimiento y rectifique. El principio de racionalidad no pretende explicarlo todo, pues sabe que en el conocimiento hay fisuras y misterios, sabe también la imposibilidad de vivir solo a partir de preocupaciones o representaciones científicas. Se opone a la racionalización entendida como el imperio de la razón desbocada y autosuficiente aplicada a todos los campos de la existencia, la cual no se da cuenta en absoluto de su lado poco razonable y hasta delirante. En este sentido, escribe Morin:

“Es cierto que la razón debe criticar el mito, pero no disolverlo. Si cree haberlo disuelto, entonces es ella la que se ha convertido en mito” (Morin, 1988, citado en Gutiérrez, 2003, pág. 43).

- **Principio de comprensión.** La complejidad, si bien asume la existencia de regularidades o uniformidades sociales, las asume como históricas, como productos de una construcción social específica. Por esta razón, puesto que la realidad social no es universal, no basta la explicación a partir de generalidades empíricas, se requiere la comprensión de las situaciones históricas singulares y específicas. Se debe ligar la explicación con la comprensión en el estudio de los fenómenos humanos, entendiendo por explicación la consideración de un objeto de conocimiento a partir de lo que lo determina —causas o circunstancias— como un objeto, y por comprensión, el conocimiento comprehensivo fundado sobre la comunicación, la empatía y la intersubjetividad.
- **Principio de diálogo entre los conocimientos especializados.** Este principio se refiere a la urgente y necesaria articulación entre los conocimientos multi, inter y transdisciplinarios para dar cuenta de la complejidad de la relación entre los ámbitos de la physis, lo biológico, lo antropológico y lo social. La multicitada referencia de Blaise Pascal sintetiza este principio: “Siendo todas las cosas causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, y estando todas unidas por un lazo natural e insensible que vincula las más alejadas y las más diversas, sostengo que es imposible conocer las partes sin conocer el todo, así como conocer el todo sin conocer las partes” (1992, p.26). Lo que pretende este principio de diálogo entre los conocimientos especializados es unir o integrar, de manera antagónica y complementaria, el principio de Descartes —el análisis— al principio pascaliano dialógico análisis–síntesis.
- **Principio de diálogo con otros conocimientos.** La complejidad pretende abrir el campo del conocimiento a posibilidades nuevas. En otras

palabras, significa la apertura de los conocimientos disciplinares o científicos a la filosofía, la literatura, el arte, la poesía y los conocimientos del saber hacer y del sentido común. Este principio es el rechazo a las teorías anquilosadas, a los enfoques monodisciplinares que privilegian y pontifican a partir de su sola mirada (Luengo, 2018).

2.1.6.9. Jerarquización de procesos cognitivos y Taxonomía de Bloom

En la década del 50 surgió una taxonomía de objetivos y habilidades para la enseñanza, un sistema de clasificación para estructurar objetivos educativos, clave para el profesorado. La Taxonomía de Bloom contempla tres dominios de actividades de aprendizaje: a) afectivo, b) psicomotor, y c) cognitivo; este último se refiere al procesamiento de información, conocimiento y habilidades (Bloom, 1977). Esta taxonomía inicialmente contempló habilidades de pensamiento de nivel inferior hasta llegar a las habilidades de pensamiento de orden superior, descritas por un sustantivo, categorizándolas de la siguiente manera: Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación (González, Álvarez, Muñoz, & Cardona, 2006). Luego, esa misma categorización en sustantivo fue reemplazada por verbos, quedando organizadas así: Recordar, Comprender, Aplicar, Analizar, Evaluar y Crear (Anderson & Krathwohl, 2001). Bloom representa el proceso de aprendizaje en sus diferentes niveles, lo que no implica que los estudiantes deban empezar en el nivel taxonómico más bajo para luego subir a otros niveles. *“Más bien, significa que el proceso de aprendizaje se puede iniciar en cualquier punto y que los niveles taxonómicos más bajos estarán cubiertos por la estructura de la tarea de aprendizaje”* (Churches, 2009, pág. 2), como se observa en la siguiente figura:

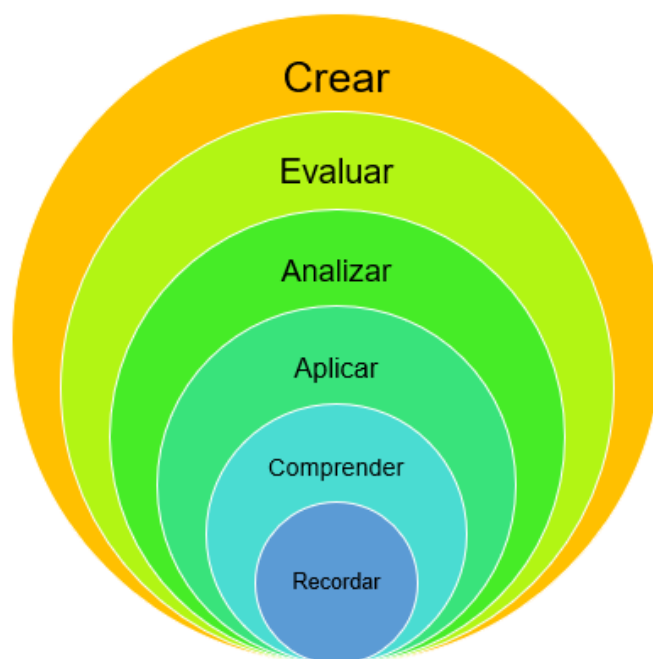


Ilustración 7: Representación gráfica de los niveles de procesos cognitivos en la taxonomía de Bloom. Elaboración propia.

Una última actualización en correspondencia con la era actual fue realizada por Churches, quien elaboró la Taxonomía Digital de Bloom, complementando con verbos y herramientas de la era digital a cada categoría. Esta taxonomía examina diferentes miradas del dominio cognitivo y no se enfoca únicamente en las herramientas tecnológicas, sino que atiende nuevas estrategias de aprendizaje que pueden ser incorporadas en el aula como el aprendizaje basado en juegos, el trabajo colaborativo, la resolución de problemas, entre otros (Martín & Vestfrid, 2015).

En 1990, la taxonomía pasó por un proceso de revisión y, en el año 2001 fue publicada por Lorin Anderson y sus colaboradores. En la taxonomía revisada de Bloom combinaron el tipo de conocimiento a ser adquirido y el proceso usado para adquirir ese conocimiento (Anderson & Krathwohl, 2001). El tipo de conocimiento se designó por sustantivos y los procesos para alcanzarlos, se transformaron en verbos. Los niveles de: conocimiento, comprensión y síntesis, fueron renombrados como recordar, comprender y crear, respectivamente.

5.2. MARCO REFERENCIAL

5.2.1. Paradigma de la Complejidad

Debido a que los problemas que se presentan en el mundo social son cada vez más complejos e interdependientes, que no se limitan a sectores o disciplinas particulares y, que en algunos casos no son predecibles, nos encontramos frente a fenómenos emergentes con dinámicas no lineales, por lo tanto están presentes la incertidumbre y los efectos inesperados. De allí que la realidad es un nexo de fenómenos interrelacionados que no se pueden reducir a una sola dimensión (Morin, 1994). Para evitar esta visión unilateral y limitada, Morin (1994) plantea tomar conciencia de la existencia de paradigmas que recortan el conocimiento y desfiguran lo real. Para ello formula la idea de un pensamiento complejo, que evita la reducción/disyunción/separación del conocimiento. La idea de un pensamiento complejo pone de relieve una organización para el pensamiento, donde orden y desorden se mezclan y se generan nuevas formas organizadas/desorganizadas de pensar. A primera vista la complejidad es una trama de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple; es decir es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo de fenómenos (Morin, 2002). Así la complejidad se presenta con los rasgos de lo enredado, de lo confuso, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre. De allí la necesidad, para el conocimiento, de poner orden en los fenómenos rechazando el desorden, de descartar lo incierto, es decir de seleccionar los elementos de orden y de certidumbre, de quitar ambigüedad, clarificar, distinguir, jerarquizar. Pero tales operaciones, necesarias para la inteligibilidad, corren el riesgo de producir ceguera si eliminan los otros caracteres de lo complejo. La complejidad como un fenómeno cuantitativo, implica una cantidad enorme de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades que desafían nuestras posibilidades de cálculo, comprende también incertidumbre, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. En un sentido, la complejidad siempre está relacionada con el azar. De esta manera, no se puede

ir de lo simple hacia lo complejo, sino de la complejidad hacia aún más complejidad. Lo simple no es más que un momento, un aspecto entre muchas complejidades, así se pueden determinar modelos de baja complejidad, mediana complejidad, alta complejidad en función de diferentes desarrollos de autonomía, individualidad, riqueza de relación con el ambiente (Morin, 1994). Moreno (2002), plantea que la comprensión apropiada de la complejidad no debe referirse a la reducción de lo complejo a lo simple, sino que la comprensión adecuada es la comprensión que articula lo desarticulado, sin desconocer a la vez las distinciones. No hay jerarquía de cosas complejas y cosas simples, hay una jerarquía de sistemas más o menos complejos. Así, mientras el pensamiento simplificador desintegra la complejidad de lo real, el pensamiento complejo integra lo más posible los modos simplificadores de pensar (Moreno J. , 2002). Por ello el pensamiento complejo aspira a un saber no dividido, no reduccionista, y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento. El pensamiento complejo no rechaza a la claridad, el orden, el determinismo, pero los reconoce como insuficientes. En ese sentido, cualquier problemática que se aborde, ya sea educativa, social, política, económica, requiere el abordaje de todos los conocimientos disponibles. Esta convergencia de saberes representa una articulación compleja. Abordar la educación desde el punto de vista de la complejidad implica, entre otras cosas, introducirse en los intrincados caminos del conocimiento y aceptar a la incertidumbre como una posible conclusión (Morin, 1994). Además, debido a que tenemos saberes disociados, compartimentados entre disciplinas, esta partición hace imposible aprender “lo que está tejido junto”, es decir lo complejo. Los desarrollos disciplinarios de la ciencia llevaron a la super especialización, el enclaustramiento y la fragmentación del saber. Sumado a esto, la gran expansión del saber nos lleva a pensar que el conocimiento es solo conocimiento en tanto es organización, relación y contextualización de la información ya que ésta última constituye parcelas de saberes dispersos. Morin (2002) se pregunta ¿Cómo lograr el acceso a la información sobre el mundo y cómo lograr la posibilidad de articularla y organizarla? ¿Cómo percibir y concebir el Contexto, lo Global (la relación

todo/partes), lo Multidimensional, lo Complejo? Para articular y organizar los conocimientos y así reconocer y conocer los problemas del mundo, es necesaria una reforma de pensamiento (Morin, 2002). La educación del futuro debe enfrentarse a este problema universal, porque hay una inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave por un lado entre nuestros saberes desunidos, divididos, compartimentados y por el otro, realidades o problemas cada vez más multidisciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales, globales. Así, para que un conocimiento sea pertinente, la educación deberá entonces poner en evidencia y promover una “inteligencia general” apta para referirse, de manera multidimensional, a lo complejo, al contexto en una concepción global. Pero esta reforma del pensamiento debe ser coherente con la enseñanza que promueva este tipo de aprendizaje del objeto de conocimiento, en nuestro caso, la Biología. Según Morin (1997), ciertos principios de pensamiento que se arraigan en los alumnos desde la escuela primaria, es a realizar cortes y disyunciones en el complejo tejido de lo real, a aislar disciplinas sin poder asociarlas posteriormente. Luego, se convence a los estudiantes de que la mejor manera de enfocar el estudio es a través del compartimento de las disciplinas, que su aislamiento es indispensable, cuando hoy las ciencias de la Tierra muestran que es posible una re-asociación disciplinaria (Morin, 1997). De algún modo estamos habituados a pensar al individuo separado de su entorno y de su hábitat, estamos habituados a encerrar las cosas en sí mismas como si no tuviesen un entorno. Estos son algunos de los argumentos que apuntan hacia la necesidad de desarrollar en los alumnos un pensamiento complejo que les permita analizar las relaciones entre todo fenómeno y sus causas, las cualidades que surjan de las relaciones reciprocas entre el todo y sus partes, y al mismo tiempo que reconozcan la unidad dentro de lo diverso, y lo diverso dentro de la unidad. Entre "lo particular" y "lo general" no existe oposición, sino diferencia de escala. Se plantea la necesidad de la superación de las fronteras entre disciplinas dentro de las ciencias naturales por lo tanto serían reemplazadas por “ámbitos híbridos cambiantes” en los que está implícita la consiliencia, es decir, una forma de articular las grandes ramas del conocimiento, especialmente entre la Biología,

las Humanidades y Ciencias Sociales. Así, se vuelven consilientes, es decir coherentes e interconectadas a través de explicaciones causa-efecto (Wilson, 1998). Para Prigogine, reconocer la complejidad, es hallar los instrumentos para describirla y efectuar una relectura dentro de este nuevo contexto de las relaciones cambiantes del hombre con la naturaleza son los problemas cruciales de nuestra época (Prigogine, 1997). Desde el punto de vista biológico, Mayr (2006), alude a la complejidad intrínseca de los organismos biológicos. Un sistema biológico es complejo porque es un sistema abierto en el que el principio de entropía no es aplicable y responde a una organización jerárquica. Un ejemplo es la definición típica de la célula, fácil de encontrar en un texto clásico de biología (Alberts, 2006)

“La célula es cada uno de los elementos microscópicos que constituyen las unidades morfológicas, fisiológicas y reproductivas de las plantas y de los animales. Está formada por un citoplasma y una cubierta protectora. A su vez el citoplasma es una solución acuosa coloidal que contiene principalmente proteínas, glúcidos, lípidos y ácidos nucleicos”.

Con esta definición se explican muchos aspectos de la célula para entender qué se establece entre sus partes. Pero se escapan otros aspectos fundamentales de la célula que no se reducen simplemente a la relación entre sus partes, como por ejemplo que la célula funciona de una manera autorregulada, que tiene su propio metabolismo, que es capaz de dividirse o autorreproducirse, que reacciona a los estímulos externos, intercambia con el exterior toda suerte de sustancias de una manera selectiva y establece intercambios de información con las demás células, que funciona en coordinación con las demás células del organismo y que puede lograr adaptaciones y mutaciones como respuesta a los estímulos e informaciones que le llegan. Es decir, es muy difícil entender una serie de funciones tan complejas y diversas sumadas a las variables físicas como el espacio, el tiempo, la velocidad (Moreno, 2002). Con esta mirada y considerando como ejemplo al hombre, podemos decir que es un ser biológico y al mismo

tiempo un ser cultural pero, a estas dos realidades, la realidad biológica y la realidad cultural, el paradigma de simplificación nos obliga a desunirlas, o a reducir la más compleja a la menos compleja. Es decir estudiamos al hombre biológico como un ser anatómico, fisiológico, etc. y estudiamos al hombre cultural en ciencias humanas y sociales. Por lo tanto, vamos a estudiar al cerebro como psicológica. Así, nos olvidamos que uno no existe sin el otro, más aún, que uno es al mismo tiempo el otro, si bien son tratados con términos y conceptos diferentes (Morin, 2002). En el planeta Tierra, todo fluye, todo se intercambia, se regenera, se transforma, se constituye, se auto organiza. Se produce el orden y el desorden, los estados de equilibrio a no-equilibrio suceden constantemente, los puntos de bifurcación aparecen y desaparecen y para muchos científicos lo ideal sería estar en el reduccionismo ya que este enfoque es una estrategia importante para hacer investigación, y cuando es exitosa ofrece explicaciones que son satisfactorias. Desde que la vida apareció hace millones de años, ahí ha estado y la fuimos descubriendo poco a poco según se van desarrollando nuevas tecnologías. Los organismos vivos siguen evolucionando, la ciencia sigue descubriendo mecanismos e interrelaciones nuevas, pero no se atreve a revisar sus dogmas y definiciones. La mayoría de los científicos insisten en mantenerse firmes en el paradigma de la naturaleza determinista, lineal y cuantitativa y se resisten a explorar el paradigma de la complejidad (Uribe, 2008). Por ello, lo que se necesita cambiar es el principio fundamental de nuestro pensamiento ya que, por un lado, la presión de la complejidad misma de los acontecimientos, la urgencia y la amplitud de los grandes problemas ecológicos y por otro lado la necesidad de cada uno de nosotros de modificar los principios individuales del pensamiento (Morin, 1997). Finalmente, se puede inferir que los estudios de la complejidad constituyen un movimiento científico de integración del saber, desarrollados en sus comienzos entre 34 disciplinas vinculadas como física, química, biología y matemáticas, pero posteriormente se fueron incorporando estudios inter y transdisciplinarios desde saberes de origen social y humanístico. Es decir, constituye un conjunto de enfoques de naturaleza holística, cuya epistemología y metodologías están todavía en construcción, ya que deben

evolucionar desde lo multidisciplinar a lo inter y transdisciplinar. No obstante, algunos de los presupuestos teóricos fundamentales tales como las ideas, principios, conceptos y propiedades de los sistemas complejos, ya se aplican de manera efectiva en las más disímiles áreas de la actividad social. Este enfoque holístico y de complejidad que se le da al objeto de conocimiento biológico, fundamenta los criterios lógicos para la selección y organización de los distintos componentes del currículum, principalmente a los contenidos a enseñar. Una vía para ir transitando dicha complejidad pueden ser la enseñanza de los “conceptos estructurantes” o las grandes ideas de las Ciencias, que actúan como núcleos en torno a los cuales se pueden organizar diversas tramas conceptuales. Además, puede resultar útil para el diseño de secuencias didácticas que busquen favorecer la construcción de un conocimiento rico en relaciones, que parta de conocimientos previos de los estudiantes y avance hacia niveles de significatividad creciente de menor a mayor complejidad. De esta manera, se puede incorporar la complejidad curricular como una manera de diseñarlo que nos posibilite tener un currículum de Ciencias flexible, abierto y con posibilidades de reformulación.

5.2.2. La problemática del aprendizaje de conceptos científicos

En relación con el aprendizaje de conceptos científicos Carrascosa (2005), Pozo y Gómez-Crespo (2009) afirman que diversos estudios han demostrado que, pese a la implementación de procesos renovadores en la enseñanza de las ciencias, los estudiantes continúan presentando dificultades en la comprensión de los conceptos, esto se evidencia en que no pueden aplicar los conocimientos que adquieren en la escuela para la resolución de problemas o tareas sencillas. En lo concerniente a las causas que dificultan la comprensión de los conceptos científicos tanto Carrascosa (2005) como Pozo y Gómez (2006), señalan la predominancia del aprendizaje repetitivo por encima del comprensivo o significativo, el cual requiere la puesta en marcha de procesos cognitivos más exigentes que la simple repetición de datos y la existencia de fuertes concepciones alternativas contrarias a las ideas científicas inclusive en los

docentes de ciencias, que resultan extremadamente difíciles de modificar y sobreviven a largos años de instrucción científica.

Pozo y Gómez (2006) afirman que una persona comprende cuando es capaz de dotar de significado a un material o información que se le presenta; en este sentido, a pesar que el estudiante tiene sus propios modelos o representaciones de la realidad, es necesario que conecte los conceptos abordados en clase con sus representaciones previas. Dicho de otra manera *“que lo traduzca a sus propias palabras y a su propia realidad”* (Pozo & Gómez-Crespo, 2009, pág. 7). Sin embargo, esta comprensión no solo depende de las estrategias implementadas por el profesor o de los materiales didácticos que utiliza en la clase, sino de los conocimientos previos que tienen los estudiantes y que constituyen el esquema cognitivo con el cual entran en contacto con el conocimiento científico. Cuando un sujeto intenta comprender algo, debe activar alguna idea o conocimiento previo que le pueda permitir organizar la situación y darle sentido, por tal razón se espera que los estudiantes puedan modificar estos conocimientos a partir de la interacción con los materiales de enseñanza, sin embargo, lo que ocurre es que no modifican sus ideas, sino que interpretan los nuevos conocimientos en términos de sus saberes. En conclusión, se podría afirmar que el principal problema del aprendizaje radica en que los estudiantes mantienen fuertes concepciones contrarias a los conceptos científicos las cuales resultan difíciles de modificar (Carrascosa, 2005; Pozo y Gómez, 2009).

Respecto a los factores que determinan la dificultad para modificar estas concepciones, estos pueden estar relacionados en primer lugar con los mecanismos que utilizan los estudiantes para interpretar y explicar de forma intuitiva el mundo que los rodea y que les permite desenvolverse con cierta facilidad y, en segundo lugar, con la influencia de las experiencias físicas, del lenguaje cotidiano y el de los medios de comunicación, los errores en los libros de texto y las concepciones de algunos docentes que también son erróneas (Carrascosa, 2005).

5.2.3. El concepto de obstáculo y sus implicancias en la enseñanza y aprendizaje

Desde la enseñanza se hace indispensable estudiar las concepciones de los estudiantes con el fin de determinar qué dificultades se pueden presentar en la comprensión de los procesos científicos. En este sentido Giordan y Vecchi (1995) enuncian que las concepciones tienen un estatus significativo que permite tomar decisiones pedagógicas, esto quiere decir que además de evidenciar errores también pueden constituir puntos de partida para la construcción del conocimiento científico, pues no parten de cero, sino que se encuentran con un saber usual, evidente y preexistente, lo que determina una serie de obstáculos para acceder al conocimiento científico.

5.2.3.1. El concepto de obstáculo

Con respecto al origen del concepto de obstáculo en primer lugar se retoman los planteamientos de Bachelard, quien lo asocia con la epistemología de la ciencia y con aquellas limitaciones en el pensamiento humano que no permiten la construcción del conocimiento científico. De acuerdo con este filósofo

“el obstáculo epistemológico es lo que se sabe y que, como ya se sabe, genera una inercia que dificulta el proceso de construcción de un saber nuevo” (González L. , 2011, pág. 174)

Finalmente, la idea de Bachelard sobre obstáculo plasmada en su obra *“La formación del espíritu científico”*, se puede resumir describiéndolo como una forma de pensar o un conjunto de ideas que se corresponden con factores internos al sujeto, asimismo, algo negativo desde el punto de vista pedagógico e histórico en el avance de las ciencias (González, 2011). Por otra parte, el autor afirma que

“los obstáculos son, en primer lugar, modos de pensar. No todo modo de pensamiento constituye un obstáculo, pero esta primera declaración permite definir el estatus ontológico del obstáculo” (p.180).

De tal forma que, los obstáculos no son necesariamente negativos (limitantes) y pueden ser un punto de partida para lograr un acercamiento del saber de los estudiantes al conocimiento científico. Un ejemplo de obstáculo son los teleológicos, es una forma de pensar relacionada con explicaciones de un fenómeno desde una perspectiva finalista. González (2011) afirma:

“los fines son considerados como agentes que determinan la naturaleza del fenómeno” (p.29).

El autor en cuestión menciona que es un problema complejo por la validez de las explicaciones debido a que solamente apelan a elementos como fines, metas u objetivos y estas son opuestas a las científicas. Sin embargo, resalta que el uso de explicaciones teleológicas debe considerarse legítimas en biología, porque estas tienen un valor pedagógico y heurístico positivo (entendiéndose por valor pedagógico como una forma de aumentar el conocimiento), pero podrían interferir con las explicaciones científicas adecuadas.

Según González, los obstáculos poseen las siguientes características:

- **Interioridad:** El obstáculo es interno, inherente y constitutivo del acto de conocer.
- **Facilidad:** Se refiere a una comodidad intelectual, La tendencia hacia lo fácil hace que el aprendizaje requiera una ruptura epistemológica, una conversión mental.
- **Positividad:** Los obstáculos son una forma de conocimiento, incluso el exceso de conocimientos obstaculiza la construcción de conocimientos nuevos.

- **Ambigüedad:** Es una herramienta de aprendizaje y a la vez, una potencial fuente de errores.
- **Polimorfismo:** Los obstáculos pueden estar relacionados a diversos contenidos, Un mismo obstáculo puede así subyacer a varias representaciones locales y presentar distintas dimensiones No se limitan a lo racional sino que también tienen una carga simbólica que se expresa en dimensiones afectivas, emocionales, míticas.
- **Recurrencia:** Los obstáculos sólo pueden identificarse una vez superados. Esto implica procesos metacognitivos.

En términos generales, existen 3 tipos de obstáculos: Los obstáculos ontogenéticos, que provienen aquellos cuya causa reside en el alumno (por ejemplo: inmadurez para aprender un determinado concepto, deficiencia, condiciones personales); se llaman “obstáculos didácticos” a aquellos cuya causa reside en la elección del maestro (por ejemplo: metodología y didáctica, explicaciones precedentes, materiales usados) y finalmente, los “obstáculos epistemológicos” son aquellos cuya causa está en la misma disciplina a enseñar, esto es en el concepto que en ese momento es objeto de aprendizaje (Autino, Digión, Llanos, Marcoleri, & Montalvetti, 2011, pág. 4).

Para los llamados “obstáculos didácticos” Edelsztein y Galagovsky (2017) mencionan que, existen “Obstáculos Epistemológicos de Aprendizaje”, en referencia con las diferentes dificultades en la divulgación de los saberes científicos en ciencias naturales, entre estos problemas se encuentran los relacionados con la simbología del lenguaje visual en los libros de texto, un ejemplo de ello es la codificación de colores (azul y rojo) que se presenta en las ilustraciones para diferenciar los tipos de circulación sanguínea. El problema radica en que se pueden dar diferentes interpretaciones como referir el color rojo con las arterias y el azul con las venas. Otro obstáculo didáctico está relacionado con el lenguaje científico (el cual encierra estructuras conceptuales muy desarrolladas), de tal forma que, una simple palabra puede ser el producto de redes de saberes científicos, por ejemplo, desde la física el concepto de presión

se define a partir de la fuerza y el área, al mismo tiempo que la fuerza relaciona la masa con la aceleración. “considerar un caso en el que una sola imagen, hasta una sola palabra, constituye toda la explicación”.

La categoría de obstáculos históricos se define a partir de dificultades que se hayan dado a través de la historia de las ciencias, que a su vez presentan los estudiantes en sus saberes, es decir, están relacionados con los obstáculos ontogénicos.

En conclusión, según Bachelard, González, Edelsztein y Galagovsky, el significado de obstáculo, se define como un conjunto de ideas propias del sujeto que pueden ser influenciadas por su percepción del mundo y por factores propios de la cultura y el contexto, que dificultan la construcción del conocimiento científico por ser contrarias con las teorías científicas, pero, a su vez son vehículos para la construcción de nuevos conocimientos cercanos al saber científico (Bachelard, 2000; González, 2011; Edelsztein y Galagovsky, 2017).

5.2.3.2. Implicancias para el aprendizaje

Como se explicó en el apartado anterior, el concepto de obstáculo hace referencia a un conocimiento adquirido, no a la falta de conocimiento. Este conocimiento resulta útil o exitoso en un determinado contexto pero que, posteriormente, se hace inadecuado o insuficiente para dar respuestas a nuevos problemas u obstaculiza la adecuada apropiación de un nuevo saber. Se manifiesta a través del error, no se debe al azar sino que es persistente. Por lo tanto, se tratan de factores que, con o sin intervención didáctica, inhiben, limitan o impiden a un individuo hacerse efectivamente de un saber (Lárez-Villarroel, 2018).

Lárez-Villarroel (2018) plantea que una de las dificultades para el aprendizaje son los obstáculos didácticos, referidos a la forma de enseñar del docente. Esto se traduce en que los estudiantes señalan que el docente domina el contenido pero no sabe enseñarlo:

“Carece de conocimiento pedagógico, referido a la información que el docente ha de poseer acerca de los modos de representación de los temas y aspectos específicos de la asignatura que son apropiados y adaptables a la diversidad de intereses y habilidades de los aprendices”. (León, Beyer, Serres, & Iglesias, 2013, pág. 102)

Obstáculos de aprendizaje que señala este autor, lo constituyen los obstáculos epistemológicos:

“Es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos” (Bachelard, 2000, pág. 15).

Otros obstáculos del aprendizaje son los obstáculos emocionales (ansiedad, apatía, actitud defensiva, frustración), didácticos (forma de enseñar del docente), ecológicos (elementos articulados u organizados por agentes institucionales o gubernamentales, por las características socio-culturales de los intervinientes y/o las condiciones ambientales donde se efectúa el acto educativo) y cognitivos. Para los últimos, señala que algunos aspectos que inciden negativamente en el aprendizaje de los estudiantes son, por ejemplo, el no reconocimiento de la diversidad cognitiva de los estudiantes presentes en los encuentros sociales de aula, ya que les origina dificultades en el procesamiento de información, tanto de la que proviene del medio externo en donde se haya inserto, como de aquella hospedada en su estructura cognitiva. Otro aspecto que Lárez-Villarreal menciona, es la discrepancia entre las estrategias de enseñanza y los estilos de aprendizaje:

“los estilos de aprendizaje son definidos como operaciones cognitivas básicas, que se integran a patrones de personalidad y que permiten la interacción del sujeto con el entorno” (Isaza Valencia, 2014, pág. 27).

Toda persona recibe información, la procesa por su vía preferente, y la expresará según sus características comunicativas, su estilo y sus dominancias sensoriales y cerebrales. Cuando el proceso de enseñanza no toma en consideración estos aspectos, se está limitando la posibilidad de un aprendizaje efectivo. Cuando los conocimientos previos no son suficientes para abordar una determinada tarea, el estudiante debe poner en funcionamiento ciertas microestructuras cognitivas (habilidad, destreza, conocimiento, experiencia) relacionados con el contexto de la situación problemática para poder superarla. Por otra parte, la complejidad de la tarea debe ser acorde al desarrollo cognitivo del aprendiz, de lo contrario el conocimiento y habilidades para su resolución, serán insuficientes.

En el aspecto emocional, existen factores que imposibilitan a los estudiantes el aprendizaje efectivo, que no tienen que ver con la dimensión cognitiva sino con el componente emocional; esto es, perturbaciones de origen afectivo que repercuten negativamente en la capacidad de aprender.

En resumen, cuando un alumno se enfrenta a una tarea problemática no solo se hacen presentes obstáculos de índole cognitivo sino que además moviliza emociones, actitudes y creencias. También los obstáculos ecológicos, como los factores socio-políticos puntualizados, generan expectativas emocionales negativas en cuanto al compromiso del estudiante con su aprendizaje. Como se puede inferir, en el aprendizaje intervienen varias categorías de obstáculos que se entretajan complejamente, que deben ser considerados para el diseño, implementación y evaluación de encuentros educativos (Lárez-Villaruel, 2018).

5.2.4. Conceptualización de ser vivo, célula y niveles de organización

Antes de comenzar con la conceptualización de ser vivo, célula y niveles de organización biológica, se explicarán algunos aspectos relacionados con el proceso de conceptualización y su importancia en el aprendizaje.

Moreira, destaca la importancia de los conceptos. Señala que sin conceptos, no hay desarrollo cognitivo. Los conceptos han sido ignorados y subestimados por la educación científica (Moreira, 2008).

La conceptualización es, como dice Vergnaud, el núcleo del desarrollo cognitivo y para ello, los conceptos deben ser construidos o reconstruidos internamente. Este proceso guarda relación con el aprendizaje significativo. Moreira formula las siguientes preguntas:

“¿Por qué, entonces, aprendizaje significativo? Porque sin él no conceptualizamos y sin conceptualizar, prácticamente no existimos. ¿Y por qué actividades colaborativas? Porque catalizan la negociación de significados que lleva a la captación de los significados indispensables para el aprendizaje significativo”. (Moreira, 2010, pág. 22)

Por otra parte, Vergnaud, en su Teoría de los Campos Conceptuales, plantea que un concepto es definido por tres conjuntos: un conjunto de situaciones que le dan sentido y que constituyen su *referente*; un conjunto de invariantes (categorías de pensamiento consideradas pertinentes; proposiciones consideradas verdaderas sobre la realidad; relaciones) sobre las cuales reposa la operacionalidad del concepto y que componen su *significado*; y un conjunto de representaciones simbólicas, que forman su *significante*. Hay una relación dialéctica entre conceptos y situaciones. Las situaciones dan sentido a los conceptos, pero, para entender las situaciones, son necesarios los conceptos. Cuantas más situaciones domina el aprendiz, más conceptualiza; pero conceptualizando, él se va haciendo capaz de dominar situaciones cada vez más complejas (Vergnaud, 1990).

En la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, los conceptos también constituyen un aspecto fundamental ya que la comprensión de nuevos

conocimientos y la resolución, no mecánica, de problemas dependen, en gran medida, de la disponibilidad de conceptos superordenados (para la adquisición subordinada de nuevos conceptos) de conceptos subordinados (para la adquisición superordenada de nuevos conceptos) en la estructura cognitiva de quien aprende.

“Como abstracciones, los conceptos representan sólo una de las maneras posibles de definir una clase de objetos o eventos y no disfrutan de existencia real en el mundo físico. Sin embargo, en términos psicológicos, son reales en el sentido de que pueden ser adquiridos, percibidos, entendidos y manipulados como si tuviesen existencia propia” (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983 citado por Moreira, 2010, pág 10).

Ser vivo

La comprensión de ser vivo y la correspondiente capacidad de diferenciarlos del mundo inerte y de los objetos no animados, es un asunto de gran transcendencia en el ámbito educativo y que está, asimismo, considerado en los niveles de educación infantil. Investigadores como Garrido (2007), sostienen durante la etapa de Educación Infantil todavía no se comprenden los atributos biológicos que determinan a un ser vivo (Garrido, 2007). Esto es así debido a que los niños y niñas de edad temprana centran su atención en el criterio del movimiento a la hora de decidir si un elemento es un ser vivo o no. Por otro lado, la construcción durante la infancia de un conocimiento en torno a los fenómenos biológicos que de alguna manera se ajuste al propio conocimiento científico, promoverá la elaboración de una visión amplia del mundo natural que puede influir en la construcción de una conciencia vinculada a la conservación y cuidado del medio ambiente (Villarroel, 2013; Villarroel e Infante, 2014). Este concepto se irá consolidando a medida que los estudiantes avancen en la educación escolar razón por la cual es posible afirmar que la conceptualización de ser vivo y sus características se consolidan en la medida que los estudiantes avanzan en nivel

educativo. Según el estudio realizado por Muñoz y colaboradores con estudiantes de enseñanza secundaria españoles, el nivel de abstracción en el cual los estudiantes logran este proceso se alcanza en tercer año de educación secundaria obligatoria (Muñoz, Muñoz, & Peña, 2017). Esta mejoría se encuentra relacionada, por una parte, con la etapa de desarrollo cognitivo que presentan los estudiantes, quienes se encuentran en un nivel de adquisición de conocimientos operativos formales, donde se desarrolla el pensamiento abstracto, lo que les permite utilizar la lógica proposicional, el razonamiento científico y proporcional (Piaget, 1982). Por otra parte, desde una perspectiva neurobiológica, el cerebro adolescente transita por una poda sináptica, que reestructura conexiones neuronales, y, en consecuencia, reorganiza las estructuras cognitivas (Allegri, 2001). Sin embargo, no todos los estudiantes egresan de la secundaria comprendiendo el concepto de vida y ser vivo (Caballer & Jimenez, 1992), lo que conlleva a que, en cursos superiores, presenten dificultades en la conceptualización de la célula, ya que los estudiantes presentan una visión errada de lo que es un ser vivo y sus características (González-Weil & Harms, 2012).

Niveles de organización biológica

La conceptualización de los niveles de organización biológica se relaciona con la forma de abordar los fenómenos naturales desde la perspectiva sistémica, la que considera que los fenómenos complejos pueden ser comprendidos desde las propiedades de sus partes, por un lado y, por otro, rescata de la perspectiva organicista la idea de considerar a las relaciones organizadoras entre las partes como característica particular del fenómeno biológico (Capra, 2009). La perspectiva sistémica destaca la tendencia a construir estructuras multinivel, con diferentes niveles de complejidad y diferentes “leyes” operando sobre ellos, de modo que cada uno forma un todo respecto a sus partes, siendo al mismo tiempo parte de un todo superior, dando lugar a la complejidad organizada, concepto principal del comportamiento sistémico.

Conceptualización de célula

La célula es un concepto estructurante que permite el aprendizaje de la Biología y la comprensión de los seres vivos y la vida, por lo tanto se relaciona con la conceptualización que los estudiantes desarrollan sobre los seres vivos. Se trata de un concepto construido en diferentes períodos de tiempo entendiendo que no fue un proceso lineal, sino que fue matizado por la historia externa de cada contexto y la historia interna de los científicos que contribuyeron, rescatando los aportes de otros y adhiriéndose a estos conocimientos para construir su propio conocimiento (Carrillo, Morales, Pezoa, & Camacho, 2011).

Distintas investigaciones han mostrado que los estudiantes secundarios, al aprender la célula, no tienen una representación mental clara, muestran problemas de apreciación de las dimensiones celulares, dificultades referidas a la interpretación de gráficos, tienen ideas bastante alejadas de la composición celular de los organismos, una percepción muy pobre del contenido celular y no correlacionan sus funciones con las de los organismos pluricelulares (Caballer & Jimenez, 1992). Dada esta problemática, se han desarrollado investigaciones acerca de las percepciones que presentan los estudiantes sobre el concepto de célula. Cabe destacar la investigación realizada por (Mengascini, 2006), quien plantea que el aprendizaje de las células se dirige de manera exclusiva en relación con el cuerpo humano, procediendo a partir de análisis anatómicos, generando un enfoque antropocentrista que dificulta la imaginación de la célula como unidad básica viva de todos los seres pluricelulares. Asimismo, y como se evidencia en otro trabajo donde se incluye a Mengascini, al hablar de los tipos de células la mayor parte de los estudiantes y profesores se refieren a estos como ejemplos funcionales y no estructurales, aludiendo a células epiteliales, musculares, óseas y nerviosas, representando la fisiología de los organismos complejos, y no mencionando tipos de células como eucariotas y procariotas (Cordero, A., Mengascini, & Mordegli, 2001). Además, estos autores dicen con respecto a los niveles de organización celular, que los estudiantes confunden organelas con órganos y organismos con estructuras subcelulares, mencionando en cuestión afirmaciones de los estudiantes donde

“dicen que las mitocondrias son los órganos por donde respiran las células. De manera similar se asocia la comparación en diferentes tipos celulares con estructuras no equivalentes, confundiendo membrana celular y pared celular cumpliendo igual función en células vegetales” (pág. 141).

Un ejemplo reiterado por Mengascini (2006) con respecto a las concepciones de las estructuras de la célula en los estudiantes, es la existencia de ideas alternativas, en las cuales los estudiantes afirman que todas las células tienen núcleo y omiten al citoplasma, lo cual no les permite estimar la existencia de células sin núcleo definido. Además, consideran la existencia de células huecas o de células procariotas vacías quedando de manifiesto que para muchos estudiantes la estructura que define principalmente a una célula es la presencia de un núcleo central. Del mismo modo, los autores en su análisis y conclusiones afirman que un pequeño grupo de estudiantes distingue dos tipos de estructuras celulares: procariotas y eucariotas, mientras un grupo más significativo de estudiantes mantiene su concepción antropocentrista, remitiéndose a la idea de tipos celulares distinguidos a partir de la estructura del ser humano: nerviosas, somáticas y sexuales. Otro grupo alude a dos grandes clasificaciones estructurales de la célula eucariota: vegetal y animal, a su vez estas se asocian en diversidad de combinaciones, donde células vegetales se relacionan a eucariotas y células animales a procariotas, o mezclando célula animal y vegetal indistintamente como procariotas y eucariotas. Otras dificultades apreciables son, en términos generales la imagen de una célula procariota vacía, núcleos siempre esféricos, centrales y el no reconocimiento de estructuras celulares y características morfológicas. En su análisis, Mengascini (2006) revela otro aspecto que dificulta la comprensión de las células, el cual se encuentra directamente relacionado con la visualización de las estructuras tridimensionales por medio de imágenes bidimensionales como las fotos o modelos de los libros de texto, pues al indagar acerca del reconocimiento de las estructuras celulares y cambiar la orientación o la forma de extraer información en imágenes

complejas, los estudiantes manifiestan combinaciones de diferentes escalas. Para concluir su estudio, la autora plantea que existen algunas reflexiones que podemos desarrollar a partir de la similitud que expresan los estudiantes entre una célula procariota y una organela eucariota —por su simplicidad y tamaño—, tanto desde un punto de vista conceptual como desde diferentes actividades que sean propuestas a los estudiantes para introducir a contenidos sobre la teoría endosimbiótica (Mengascini, 2006, págs. 493-494). De este modo son presentados algunos de los planteamientos de Mengascini y otros autores asociados a su trabajo, en los cuales se expresan varias de las ideas más generalizadas con respecto a la concepción de los estudiantes frente a la idea de la célula. González y Harms (2012) indagan las concepciones de estudiantes chilenos de educación secundaria sobre célula y ser vivo, concretamente los planteamientos alternativos de estudiantes de 9° y 10° grado, donde los resultados muestran que muchos estudiantes no son capaces de vincular las características y las funciones de los seres vivos, con las de las células, dificultando finalmente la comprensión del concepto de célula como unidad estructural y funcional básica de la vida. Dichos autores se preguntan ¿por qué resulta necesario entender las concepciones que tienen los estudiantes frente a la relación célula-ser vivo? Al respecto plantean que para la contemporaneidad, el conocimiento de la biología celular y molecular es fundamental para comprender tanto el entorno como los avances científicos más notables de los siglos XX y XXI —El proyecto del genoma humano, la amenaza de la guerra biológica, el papel de la genética en criminalística, algunos procesos industriales, etc.— como el funcionamiento del propio organismo y el de otros seres, sus problemas y los procedimientos médicos que los resuelven. En el marco de su trabajo, González y Harms (2012) exponen los hallazgos de Benlloch (1994), quien presenta ideas que poseen algunos niños entre los 11 y 12 años, donde sostienen que las células son unidades independientes, dando como ejemplo que para el crecimiento de la mano las células de esta parte del cuerpo van hasta el estómago, toman el alimento necesario para crecer y vuelven a la mano. Del mismo modo, referencian un trabajo con estudiantes israelíes Dreyfus y

Jungwirth (1988) en el que los alumnos señalan que algunas partes del cuerpo están hechas de células y otras no. Igualmente, toman como antecedente el trabajo de Banet y Ayuso (2000), donde estudiantes con un rango de edad mayor —15 y 17 años— aseguran en un 10%, que las plantas no son seres vivos, alrededor de un 20% de los sujetos sostienen que las plantas no se componen de células y un 30% opina lo mismo sobre los hongos. Del mismo modo, apoyados en Teixeira (2000), González y Harms (2012) afirman que las concepciones de las funciones vitales, como el crecimiento y la reproducción no varían en algunos niños con edades comprendidas entre los 4 y 11 años, pues entienden el crecimiento como un estiramiento de las partes del cuerpo que se genera por la llegada de alimento o que la piel se estira, pensando que en su brazo tienen la misma piel que tenían al nacer, adicionalmente interpretan que las células de los adultos son más grandes que las de un niño. Por otra parte, pocos estudiantes atribuyen una reproducción sexual a las plantas y en la instancia de la reproducción humana, González y Harms (2012), sustentado en Flores, Tovar y Gallego (2003), exponen que los estudiantes la representan como una unión entre dos células que actúan de manera conjunta; es decir que no se transforman en una sola, idea estrechamente ligada a que el crecimiento en organismos pluricelulares se da por el crecimiento celular y no por la reproducción celular. Continuando en este sentido, sobre las preconcepciones frente a la función de las estructuras celulares, los autores señalan que

“la mayoría de los estudios con alumnos de diferentes niveles reporta desconocimiento o concepciones inadecuadas, asignándoles, en el mejor de los casos, sólo funciones de almacenaje” (Gonzalez & Harms, 2012, p. 33).

También los educandos según estos autores, presentan confusión entre los conceptos de ‘célula’ y ‘átomo’, pues ambas estructuras aluden para ellos a la presencia central de un núcleo y presentan una asociación exclusiva entre la idea de ‘ser vivo’ y el movimiento. Podemos señalar con base en estos estudios que

a raíz de la enseñanza del concepto de célula como algo abstracto, aislado y pocas veces mostrado en función de sus proporciones, sus colores, sus funciones y procesos internos reales se generan repercusiones negativas en la manera como los estudiantes conciben la idea de ‘ser vivo’, junto con su composición y su funcionamiento.

5.2.5. Estrategias de enseñanza de la Biología Celular

Tratándose de la célula como un concepto abstracto, los estudiantes requieren construir una representación mental de ella para poder comprender este fragmento de realidad y así poder conceptualizarla a través de la elaboración de esquemas (Giordan, 1987). Las dificultades de comprensión y de interpretación de ese mundo vivo en función de los problemas de conceptualización relacionados con la célula, se han puesto de manifiesto en abundantes trabajos destinados a investigar las representaciones del alumnado en distintos aspectos de la Biología y su aprendizaje (Caballer & Jimenez, 1992). Otro de los problemas en el aprendizaje de la célula es, para el profesorado, la enorme cantidad de conocimiento generado en las últimas décadas en el ámbito de la biología celular y molecular, a la vez que el ritmo de expansión de su conocimiento crece de forma exponencial (Irles, Segovia, & Sempere, 2013), lo que resulta abrumador. Es así que, frente a las dificultades de aprendizaje de la célula, se han desarrollado numerosas investigaciones didácticas para abordar su enseñanza, dando lugar a una amplia gama de estrategias, para las que actualmente se dispone de muy variados materiales didácticos que incluyen algunos tradicionales, como los libros de texto, y otros basados en las Tecnologías de la Información y la Comunicación, tales como Cd-roms, animaciones, juegos interactivos, sitios web, entre otros. Sin embargo, estos recursos didácticos mencionados poseen, en común, el uso de materiales gráficos para representar a la célula y cuya visualización, en virtud de su tamaño diminuto, resulta inaccesible sin la mediación de los microscopios óptico y electrónico. Esto implica que la visualización de estructuras tridimensionales a través de imágenes

bidimensionales como esquemas, fotos o preparaciones para el microscopio óptico es una de las dificultades encontradas en el aprendizaje de este tema (Mengascini, 2006). En relación a las observaciones con el microscopio electrónico y las imágenes producidas a partir de ellas, las percepciones de los estudiantes, respecto a los tamaños relativos de los componentes celulares como el núcleo y las mitocondrias, distan de ser adecuadas para construir modelos conceptuales de la célula científicamente correctos (Vlaardingerbroek, Taylor, & Bale, 2014).

En investigaciones referentes al uso de imágenes, Rodríguez-Palmero (2003), frente a los resultados obtenidos en su investigación acerca de los modelos mentales desarrollados por estudiantes en la conceptualización de la célula, señala que los diseños editoriales no favorecen la conceptualización de la célula como entidad dinámica y funcional sino que más bien actuarían como potenciales obstáculos. Clément, identificó representaciones prototípicas de células en los libros de texto que se utilizan en el Nivel Secundario de distintos países. Estas presentaciones conducirían a estudiantes a pensar que la totalidad de las células animales y vegetales tienen la misma morfología y estructura que sus respectivos prototipos por lo que, ante tales representaciones el alumnado considera a la forma (redondeada en las células animales, hexagonal en las células vegetales) y las conexiones con las células vecinas (ausentes en las células animales y presentes en las células vegetales) como sus principales diferencias (Clément, 2007).

Por otra parte, otra línea investigativa que se desprende la anterior, está relacionada con el análisis de contenido de los textos escolares. chilenos, lo que ha permitido identificar las grandes dificultades que presenta el contenido de célula en los textos escolares que aportan, básicamente, un conocimiento enciclopédico (Sepúlveda, 2017). La estructura de los textos escolares posee una intencionalidad didáctica que intenta normar la práctica escolar, mediante la ejecución de una secuencia de contenidos ideados con el fin de que sean comprendidos y entendidos por los agentes escolares (Marzábal & Izquierdo, 2017). De esta forma, los libros de texto presentan estructuras comunes donde se establece una secuencia ordenada de núcleos temáticos con un marco de tareas similar en cada uno de los temas. Los

resultados de esta investigación indicaron que, en los libros de texto, se priorizan las relaciones entre los conceptos científicos que solo permiten jerarquizar y describir contenidos, no presentan contexto ni problematización para guiar el aprendizaje de los estudiantes y un excesivo uso de tecnicismos, condiciones que generan dificultades en la lectura y comprensión de los textos científicos (Sepúlveda, 2017). En conjunto con los textos, las imágenes son otro tipo de recurso didáctico ampliamente utilizado en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos relacionados con la célula, debido a la naturaleza abstracta de este contenido biológico y a la necesidad de los estudiantes de representarla mentalmente para comprender los conceptos asociados a este contenido. Tapia y Arteaga (2012) desarrollaron una investigación en donde se analizó el manejo de las ilustraciones como estrategia para la enseñanza de la célula en educación básica, evidenciando que estas son utilizadas, pero poco aprovechadas y/o usadas inapropiadamente (Tapia & Arteaga, 2012).

Otros aportes sobre este recurso didáctico son el abordaje de las imágenes de células en los textos escolares a partir de la Teoría Cognitivista de Aprendizaje Multimedia (TCAM) y un análisis al tratamiento didáctico que poseen las representaciones visuales de los libros de texto escolares con respecto al concepto de fotosíntesis. Para el caso del abordaje de imágenes de células a partir de TCAM, los resultados muestran que las imágenes relacionadas con el concepto de célula, en los libros analizados, presentaron elementos de valor didáctico con desviaciones en los principios de Coherencia, Señalización y Contigüidad Espacial, siendo esta última la más representativa. De esta manera, la investigación logró demostrar la necesidad de establecer criterios para la aceptabilidad e inclusión de imágenes en los libros, ya que las imágenes representan un recurso potencial para reducir la abstracción y facilitar el aprendizaje conceptual (Ferreira & dos Anjos, 2016).

Con respecto al tratamiento didáctico de las representaciones visuales del concepto de fotosíntesis en textos escolares, se determinó, mediante un análisis de contenido descriptivo, estableciéndose categorías. Los resultados revelaron que las representaciones visuales de la fotosíntesis corresponden a organelos y órganos involucrados, pero no considera aspectos ecosistémicos, como su relación con el biotopo y la biocenosis (Rincón, 2019).

Otras estrategias de enseñanza de la biología celular es el uso de TIC. Los beneficios que proporciona el uso de TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje son variados, así, por ejemplo, el uso de simuladores permite una mejor comprensión del contenido además del acceso de forma remota. Plataformas virtuales, videos o recursos multimedia para que el estudiante pueda interactuar y así lograr acercarse de mejor forma a los objetivos de aprendizaje. Tiene la ventaja de poder utilizarse como una herramienta de aplicación o formar parte de la metodología de enseñanza del docente (Maripangui, 2017). Así, por ejemplo se tienen propuestas tales como El uso de la realidad virtual (RV), considerada como *“una simulación tridimensional dinámica en la que el usuario se siente introducido en un ambiente artificial que percibe como real con base a estímulos a los órganos sensoriales”* (Vera, Ortega, & Burgos, 2003, pág. 4). Por otra parte, entre las tecnologías a las que se puede acceder a través de un Smartphone, se encuentra la realidad aumentada (RA) que promueve la visualización tridimensional y su uso en la educación ha sido objeto de numerosos estudios. En disciplinas morfológicas como la anatomía, que requiere una representación mental tridimensional de órganos y sistemas, la RA se ha mostrado eficiente. Para el caso del aprendizaje de las estructuras celulares, se requieren representaciones mentales tridimensionales y habilidades espaciales (Pontes & Guses, 2021), siendo la RA una herramienta facilitadora.

Otra herramienta tecnológica para el aprendizaje de la biología celular es la animación con slowmation (nombre que proviene de slow animation). Mediante la creación de vídeos con recursos disponibles en el aula de secundaria (Occelli, García-Romano, Valeiras, & Willgings, 2017). Es así, por ejemplo que, Occelli y colaboradores, desarrollaron un diseño didáctico generado para el abordaje de la división celular a través de su representación con animaciones, con estudiantes argentinos de segundo año de secundaria. La consigna propuesta fue: «Representar con la técnica de slowmation el proceso de división celular o mitosis, para una célula de una mosca ($2n=4$), es decir que posee cuatro cromosomas». Para desarrollar la actividad, los estudiantes construyeron, en primera instancia, un guión cinematográfico del video y seleccionaron qué estructuras de la célula representar, por ejemplo membrana plasmática, membrana nuclear, cromosomas, fibras de huso, centrosoma. Los resultados indicaron que representar la mitosis mediante un video realizado por el propio estudiante podría contribuir a la construcción de significados

y la modificación de aquellas ideas que asocian al proceso de división celular con la pérdida del número de cromosomas en las células hijas. A su vez, genera situaciones para la enseñanza y el aprendizaje como la explicación de conceptos por parte del docente, la reflexión conceptual entre los estudiantes y, la identificación de posibles confusiones que requieren de la intervención docente, constituyendo un aporte didáctico significativo a la enseñanza de la biología celular.

Otro aporte al aprendizaje significativo fue la investigación realizada por França Santos y colaboradores con estudiantes brasileños de tercer año de enseñanza media, quienes realizaron investigación y trabajo en equipo para la creación, con intervenciones artesanales, de estructuras representativas de reacciones bioquímicas sobre la respiración aeróbica. Además de la socialización del conocimiento construido y la identificación de errores en las representaciones con las animaciones. Estas intervenciones movilizaron la reestructuración de concepciones previas sobre la Bioquímica, la reorganización cognitiva con anclaje de nueva información y subsunsores modificados, lo que implicó cambios significativos al analizar los resultados de las pruebas de pre y post construcción y la posterior socialización de la animación. Con base en estos resultados, el uso de Stop Motion brindó a los estudiantes la oportunidad de reestructurar constantemente sus concepciones y conceptos sobre el tema, en el que surgieron dudas y alcanzaron nuevos entendimientos, culminando en la socialización de las animaciones para nuevos aprendizajes y reorganización de sus representaciones mentales sobre el tema de la respiración celular aeróbica (França Santos, Falcão, & Cavalcante, 2021).

Otro recurso TIC par la enseñanza del concepto de célula y el aprendizaje de la fisiología celular, lo constituyen los videojuegos. Un ejemplo de ello es el videojuego “Kokori”. La propuesta fue desarrollada en el Laboratorio de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (FCEF y N – UNC) y participaron 24 estudiantes de una escuela secundaria de la ciudad de Córdoba cuya edad promedio fue de 15 años. todos los estudiantes, luego de realizar todas las misiones del juego, la función de los lisosomas como estructuras capaces de degradar macromoléculas y sustancias captadas desde el exterior. Asimismo, el 96 % indicó que los lípidos, las proteínas y los hidratos de carbono constituyen macromoléculas esenciales para las estructuras celulares. De este modo, a pesar de las dificultades de

comprensión comúnmente registradas para los procesos metabólicos celulares (Treagust & Tsui, 2013), dio lugar a que los estudiantes identificaran y comprendieran los conceptos de biología celular que sustentan el videojuego (Occelli, Biber, Willgings, & Valeiras, 2014).

La investigación didáctica sobre la biología celular también se ha enfocado a investigar sobre las ideas previas de los estudiantes, así como sus representaciones y modelos mentales. En este ámbito, son recurrentes las investigaciones acerca del aprendizaje de la reproducción y la respiración celular. Un ejemplo es Maldonado y Rassetto, quienes en el año 2009 publicaron una investigación-acción acerca de la evolución de las representaciones mentales de estudiantes de 7° grado, acerca del contenido de célula (Maldonado & Rosetto, 2009).

En la misma línea, un diagnóstico sobre los conceptos previos en reproducción celular, presentes en estudiantes colombianos de 7°, 8° y 9° grado. Los resultados señalaron que las dificultades que se presentan en la educación secundaria, en cuanto al aprendizaje de la reproducción celular, se refieren a la no comprensión de los conceptos básicos, y a la falta de competencias en ciencias que les permitan a los estudiantes conocer y actuar con relación al contexto o el entorno (Pineda & Afanador, 2015).

Otro aporte sobre ideas previas es la categorización de las ideas previas que presentan estudiantes de 7° con respecto a la respiración animal. Mediante mapas conceptuales y cuestionarios de verdadero y falso, de respuestas cerradas, el autor sistematiza y categoriza la información recolectada, resultando que los estudiantes tienden a asociar la respiración con el proceso de intercambio gaseoso. Se detectaron dificultades para explicar procesos a nivel celular y de tipo estructura-función; aunque los estudiantes evidencian la importancia de la respiración para los animales y su relación con el sistema circulatorio. Las categorías en que se clasificaron las ideas previas en los modelos explicativos fueron: Intercambio gaseoso, vitalismo, pseudomolecular, y órganos-estructuras (Gil Bohórquez, 2015).

Respecto a la modelización, en el año 2002, Rodríguez-Palmero y Moreira analizaron las representaciones del alumnado desde la perspectiva de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird una vez trabajado el contenido escolar y cinco años después. Los resultados indicaron que la identidad y estabilidad de dichas representaciones mentales son a largo plazo, al ser comparadas y estudiadas desde la óptica de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. Los resultados también proporcionaron información acerca de las conexiones y relaciones entre ambas teorías psicológicas que facilitan la comprensión de los procesos cognitivos puestos en juego en el aprendizaje de conceptos científicos (Rodríguez-Palmero & Moreira, 2002).

Una investigación del año 2021, cuyo objetivo fue comprender la incidencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos de transmisión de caracteres hereditarios en el marco de las excepciones a las leyes de la herencia mendeliana, dando como resultado que hay movilización hacia modelos explicativos post mendelianos y también en los niveles argumentativos (Casas & Álvarez-Tamayo, 2021).

Finalmente, investigaciones basadas en la enseñanza de la historia y filosofía de la ciencia tales como Carrillo y colaboradores, con un desarrollo histórico acerca de la Teoría Celular y posteriormente un análisis exploratorio de textos con el objeto de determinar si el concepto de célula presente corresponde al desarrollado en la Teoría Celular (Carrillo, Morales, Pezoa, & Camacho, 2011).

Por otro lado, Castro y Orlay plantean algunas relaciones entre la emergencia de la Biología como ciencia autónoma y las primeras propuestas de considerar la Didáctica de la Biología como un campo específico de conocimientos, de esta forma cimentar la base de una didáctica propia y fortalecer las líneas de investigación que de ella han surgido (Castro Moreno & Orlay Valbuena, 2018).

Destaca el abordaje histórico-filosófico del contenido de biología celular que propende a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el análisis de contenidos en distintos textos escolares, ya sean contenidos teóricos, ilustraciones, ejercicios, actividades, proyectos, y recursos adicionales. Como resultado, los autores detectaron la presencia de inserciones que pueden

presentar una perspectiva superficial, lineal, acumulativa, infalible, individualista y anacrónica de la ciencia, así como también tendencias, carencias y, principalmente, posibilidades esbozadas en cuanto al uso de estos elementos en la enseñanza de la Biología Celular (Teófilo & Gallà, 2019).

En el apartado de Resultados, análisis y discusión, se profundizará en las estrategias pedagógicas empleadas para la enseñanza de la Biología Celular.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

La presente investigación consiste en una revisión sistemática de publicaciones relacionadas con la enseñanza de la Biología Celular, entre los años 2000 a 2021, mediante la técnica del análisis de contenido.

El estudio tiene un enfoque mixto. Por una parte, el enfoque cualitativo proveniente del análisis de contenido, el que proporcionará unidades de análisis discursivo. Complementariamente, el enfoque cuantitativo, que está relacionado con la clasificación de los datos obtenidos, los que, posteriormente son sometidos a un análisis estadístico descriptivo, lo que conlleva un análisis interpretativo.

La investigación no contempla manipulación de variables, por lo tanto, es una investigación no experimental.

Las fases que presenta el diseño de la investigación, indican que hay una integración de los datos cuantitativos y cualitativos. Es descriptivo, debido a que mide la presencia de un fenómeno y caracteriza su comportamiento, donde no hay intervención del investigador. En cuanto a la selección de revistas y publicaciones, es un estudio del tipo exploratorio, dado que *"los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes"* (Hernández Sampieri, 2014). Tiene un carácter interpretativo, debido al análisis de los discursos presentes en las publicaciones revisadas. Finalmente, este estudio propende hacia un metaanálisis acerca de la enseñanza de la Biología Celular.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño investigativo, se encuentra representado por el siguiente esquema:



Ilustración 8: Diseño de la investigación, elaboración propia.

El presente estudio se inició con una búsqueda preliminar de información presente en distintas revistas del ámbito de la Educación, Enseñanza de las Ciencias y Enseñanza de la Biología. Además, la búsqueda de revisiones bibliográficas y tesis relacionadas con la enseñanza de la Biología Celular. Para realizar la búsqueda de publicaciones acerca del concepto de Célula, así como su enseñanza y aprendizaje, se emplearon las siguientes palabras claves: célula, enseñanza de la biología celular, aprendizaje de la célula, célula vegetal,

fotosíntesis, síntesis de proteínas, genética, siguiendo el orden en que aparecen descritas. De forma complementaria, se revisaron las tablas de contenidos de cada revista, considerando aquellos volúmenes comprendidos entre enero del año 2000 hasta diciembre del 2021, incluyendo versiones preliminares, los que, en algunos casos, fueron publicadas durante el primer trimestre del año 2022. Fueron seleccionadas aquellas publicaciones relacionadas con enseñanza, didáctica y aprendizajes sobre: Conceptualización de ser vivo, Niveles de organización biológica, Célula y Biología Celular. El objetivo de la revisión de las tablas de contenido fue realizar una búsqueda exhaustiva de publicaciones pertinentes a la temática de la investigación, considerando los contenidos presentes en las Bases Curriculares de Ciencias Naturales y Biología, para enseñanza básica y media, respectivamente.

Posterior a la búsqueda de información, se realizó una selección de las revistas digitales previamente revisadas. Se emplearon 6 criterios de inclusión:

- a) Revistas indexadas en bibliotecas digitales Dialnet y Scielo.
- b) Acceso abierto
- c) Revistas Iberoamericanas
- d) El período de tiempo, desde enero del año 2000 hasta diciembre del año 2021.
- e) Temáticas referidas a la enseñanza-aprendizaje de la Biología Celular en el ámbito escolar, considerando los contenidos de Enseñanza General Básica y Enseñanza Media.
- f) Lineamientos de las Bases Curriculares que rigen el plan de Ciencias Naturales y Biología de nuestro país, debido a la estructuración de los contenidos relacionados con la Biología Celular.

Una vez finalizada esta etapa de búsqueda y selección de la información, se procedió a establecer una metodología de análisis de 4 niveles: el primer nivel de análisis corresponde a una caracterización de las revistas y publicaciones seleccionadas, basada en el análisis realizado por Julieta Farina en su revisión

bibliográfica acerca de la enseñanza de las Ciencias Naturales en el nivel inicial durante la década 2010-2020 (Farina, 2021). Para ello, se determinaron los niveles educativos al que referían todos los artículos seleccionados para comparar la cantidad de publicaciones en cada nivel. De igual forma, se analizó la cantidad de publicaciones por cada revista. Posteriormente, se identificaron los países de procedencia de las investigaciones publicadas y sus autores, para comparar la cantidad de publicaciones realizadas por cada uno. Además, se analizó la cantidad de publicaciones por año, para estudiar la frecuencia de publicaciones a lo largo del tiempo.

El segundo nivel de análisis consistió en la lectura de los resúmenes de las publicaciones escogidas. Para ello, Se utilizó la metodología descrita por Rodríguez-Palmero en su investigación bibliográfica acerca de la enseñanza de la biología y el estudio de la célula (Rodríguez-Palmero, 2000) con modificaciones. A partir de la información proporcionada, se identificaron los objetivos, metodología, resultados/conclusiones más relevantes, paradigma epistemológico y jerarquía cognitivas, de cada uno de los trabajos. A su vez, a partir de la información procedente de los fundamentos metodológicos, se identificaron enfoques investigativos (cuantitativo, cualitativo, mixto, investigación-acción), tipo de investigación (secuencia didáctica, reviews, estudio de caso, propuesta pedagógica, marcos conceptuales, ideas previas y de desarrollo histórico), información que permitió caracterizar en mayor profundidad los trabajos seleccionados. Por otro lado, la diversidad de temas en las publicaciones dio lugar a la clasificación en dimensiones, categorías y subcategorías emergentes, las que serán explicadas y caracterizadas en el apartado de los resultados.

El tercer nivel de análisis corresponde al análisis de contenido de las publicaciones seleccionadas. Las unidades de análisis, provenientes de los resultados/conclusiones extraídas de las publicaciones, fueron categorizadas.

Finalmente, en el cuarto nivel de análisis, las unidades discursivas obtenidas desde el nivel de análisis anterior, en conjunto con las jerarquías cognitivas de cada una, obtenidas mediante la versión actualizada de la Taxonomía de Bloom

(Anderson & Krathwohl, 2001), permitió identificar los aportes de las publicaciones revisadas al aprendizaje significativo de la Biología Celular. Cabe señalar que se elaboró una matriz para sistematizar la información analizada, según lo indica la técnica de análisis empleada en esta investigación.

A partir de las etapas descritas, el propósito de esta tesis es desarrollar un estudio acerca de la enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular a nivel escolar desde la Complejidad, e identificar aspectos que propendan al aprendizaje significativo.

3.3 Variables

La variable involucrada en la presente investigación es una variable no experimental: la Enseñanza de la Biología Celular, la que está conformada por dimensiones, categorías y subcategorías en las que se organizaron las publicaciones seleccionadas en función del contenido presente en la enseñanza de la Biología Celular a nivel escolar, y acorde a las Bases Curriculares de Ciencias Naturales y Biología. La clasificación surge después de la revisión de los resúmenes y selección de las publicaciones recopiladas.

3.4 Instrumento

El instrumento de esta investigación, lo constituye la selección de revistas del ámbito de la Didáctica de las Ciencias y la Enseñanza de la Biología. Debido a la amplitud, el instrumento queda acotado a las publicaciones relacionadas con la enseñanza y aprendizaje del concepto de Célula y Biología Celular, a nivel escolar, desde los años 2000 hasta 2021.

3.5 Muestra

La muestra proviene del universo de revistas electrónicas iberoamericanas presentes en los catálogos de las bibliotecas digitales Dialnet y Scielo,

relacionadas con la Enseñanza de las Ciencias, Educación, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Enseñanza de la Biología. La población está constituida por la selección de 10 revistas. El sujeto de investigación son los 183 artículos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular, seleccionados para la realización de esta investigación.

3.6 Tratamiento de datos

Para el análisis de los datos cuantitativos, se utilizaron técnicas de análisis de estadística descriptiva, tales como determinación de frecuencias absolutas, frecuencias relativas y porcentajes. Además, se incluyen gráficos para la interpretación de la información.

Para el tratamiento de los datos cualitativos, se realizó un análisis de contenido, mediante la obtención de unidades de análisis, las que fueron sometidas al método de las comparaciones constantes, el cual es un conjunto de guías y procedimientos para desarrollar conceptualizaciones de los datos de manera inductiva: de las partes al todo (desarrollando las ideas), del todo a las partes (separando y agrupando), de lo particular a lo general (reagrupando), descomponer al todo en sus partes (integrando y relacionando) y relacionar las partes que dan sentido al todo, identificando la categoría central (Glaser & Strauss 1968, citado en Pineda, Leyva-Moral, & Medina, 2011). Esta forma de tratamiento de los datos tiene por finalidad explicar de una nueva forma la realidad que se pretende comprender (Pineda, Leyva-Moral, & Medina, 2011, pág. 97).

Finalmente, se realizó una interpretación de la información cuantitativa, complementada con la información cualitativa, a fin de obtener una comprensión más completa y exhaustiva de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

A continuación, se comenzará con el análisis del material bibliográfico recopilado, el que se realizará en 4 etapas: Caracterización del material bibliográfico, dimensiones, categorías y subcategorías emergentes, análisis de contenido y jerarquización de procesos cognitivos y aportes para el aprendizaje significativo

4.1 Primer nivel de análisis: Caracterización del material bibliográfico

En este apartado se caracterizarán las publicaciones escogidas para esta investigación, partiendo por la selección de las revistas, número de publicaciones, país de procedencia, niveles educativos que abarca el material seleccionado.

4.1.1 Revistas seleccionadas para el estudio:

Considerando los criterios de inclusión para la selección de las revistas: indexación en Dialnet o Scielo, acceso abierto, iberoamericanas, período de tiempo 2000-2021, enseñanza-aprendizaje de la Biología Celular a nivel escolar y lineamientos de las Bases Curriculares de Ciencias Naturales y Biología, se escogieron las siguientes revistas:

- 1) Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza (BEBE).
- 2) Ciencia y Educación Bauru (CEB).
- 3) Enseñanza de las Ciencias (REC).
- 4) Revista EUREKA sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.
- 5) Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias (IENCI).
- 6) Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC).
- 7) Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (REIEC).
- 8) Revista de Educación en Biología (REB).
- 9) Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales (RDCES).
- 10) Tecné, Episteme y Didaxis (TED).

A partir de las revistas mencionadas, fueron seleccionados 183 artículos de investigación. A continuación, se presentan los aportes realizados por cada una de las revistas seleccionadas, las que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7: Porcentaje de aporte de publicaciones por revista

N°	Nombre de la revista	Número de publicaciones	Porcentaje de aporte (%)
1	REB	31	17
5	REC	31	17
2	BEBE	30	16,4
3	EUREKA	23	12,6
4	IENCI	23	12,6
6	REEC	14	7,6
7	CEB	12	6,5
8	TED	9	4,9
9	RDCES	5	2,7
10	REIEC	5	2,7
Total		183	100

La tabla muestra las revistas seleccionadas para el estudio, con la respectiva cantidad de publicaciones relacionadas con la enseñanza de la Biología Celular y su porcentaje de aporte con respecto al total. La información proporcionada por la tabla puede ser visualizada en el siguiente gráfico:

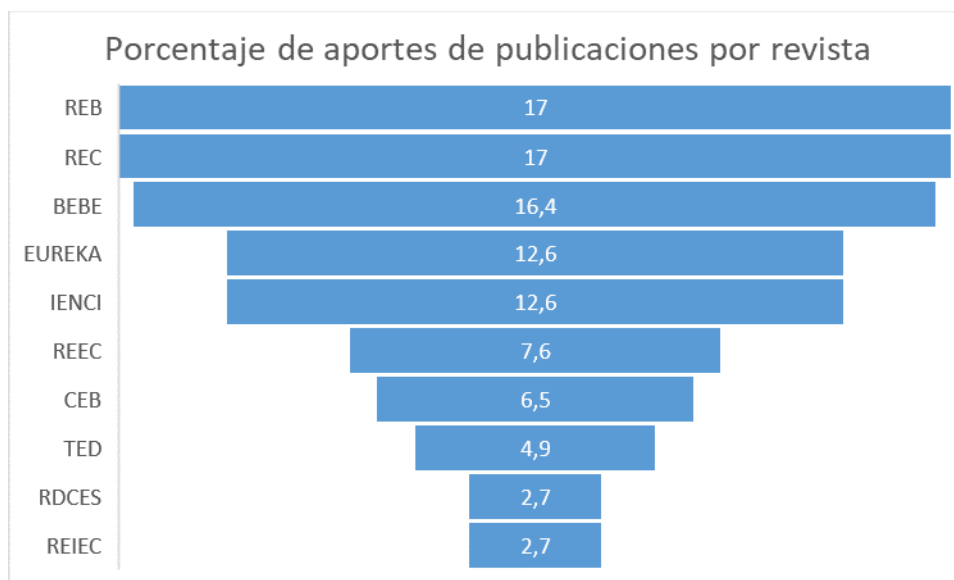


Gráfico 1: Porcentaje de aporte de publicaciones seleccionadas por revista.

Respecto al número de publicaciones aportadas por cada una de las revistas representados en el gráfico, Revista de Educación en Biología (REB), Enseñanza de las Ciencias (REC), Bio-grafía (BEBE), EUREKA e Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias (IENCI), concentran el 75,6% del total de material bibliográfico analizado: REB y REC con 31 publicaciones, cada una, BEBE, 30 publicaciones, EUREKA y IENCI, con 23 publicaciones cada una. El 24,4% restante lo aportan las siguientes revistas: REEC (14 publicaciones), CEB (12 publicaciones), TED (9 publicaciones), RDCES (5 publicaciones) y, finalmente REIEC (5 publicaciones).

Cabe señalar que, en el caso de REB, hubo un incremento importante de publicaciones entre los 2020 y 2021. La primera publicación sobre Célula fue el año 2005, luego, hubo ausencia de publicaciones hasta el año 2008. Posteriormente, entre los años 2012 hasta 2019 se observan altos y bajos en la cantidad de publicaciones sobre aspectos relacionados a la Célula. Desde el 2019 ha habido un continuo aumento de publicaciones: 5 publicaciones en el año 2020 y 12 para el año 2021. La posible causa de este incremento significativo de publicaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular pudo deberse a efectos de la pandemia, en el que se incorporaron más estrategias pedagógicas gracias a la utilización de recursos TIC, en respuesta a las transformaciones en las condiciones, planteando nuevos desafíos a los sistemas escolares (Fussero, 2020).

Más adelante se analizará la periodicidad de las publicaciones por cada revista a lo largo de los años.

4.1.2 Procedencia de las publicaciones

Uno de los factores a considerar al momento de la búsqueda bibliográfica, fue la procedencia del material a analizar, siendo seleccionadas aquellas revistas de procedencia iberoamericana, debido a las similitudes en el currículum de Ciencias y específicamente, en el diseño curricular de Biología, a nivel escolar (Furman, La educación científica en las aulas de América Latina., 2018).

Las publicaciones seleccionadas pertenecen a los siguientes países: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, España, México, País Vasco, Portugal, Uruguay y Venezuela. Cabe señalar que, en la búsqueda bibliográfica, también se encontraron investigaciones colaborativas entre países. En la siguiente tabla, se describe detalladamente la distribución de las investigaciones, en términos de porcentaje de aportes por país:

Tabla 8: Porcentaje de publicaciones por país de procedencia

País	Porcentaje de publicaciones (%)
Brasil	29
Colombia	20,7
España	19
Argentina	18,6
Chile	3,3
Venezuela	1,6
Colombia/México	1,1
España/Brasil	1,1
Uruguay	1,1
Argentina/España	0,6
Chile/Alemania	0,6
Chile/España	0,6
México	0,6
País Vasco/España	0,6
Chile/Argentina	0,6
Argentina/Brasil	0,6
Brasil/Portugal	0,6
Total	100

Con el propósito de visualizar la diversidad de países representados en el material seleccionado, se presenta la siguiente gráfica del porcentaje de publicaciones por cada país:



Gráfico 2: Publicaciones seleccionadas por país de origen

Como se puede apreciar en la tabla y gráfico 2, hay diferencias significativas en la cantidad de publicaciones sobre didáctica de la Biología Celular. Los países con mayor cantidad de publicaciones en revistas de investigación educativa durante el período 2000-2021 son: Brasil con un aporte de 53 publicaciones, Colombia con 38 publicaciones, España con 35 publicaciones y Argentina con 34 publicaciones, concentrando el 87,3% del total de publicaciones analizadas, el equivalente a, aproximadamente, 160 artículos de los 183 que fueron sometidos a análisis de contenido en la realización de esta tesis. El 12,7% restante, está conformado por los siguientes países: Chile (6 publicaciones), Venezuela (3 publicaciones), Uruguay (2 publicaciones) y México (1 publicación).

Además, como se mencionó anteriormente, existen algunas publicaciones realizadas en conjunto con otros países, como algunas investigaciones entre Colombia y México (2 publicaciones), España/Brasil (2 publicaciones), Argentina/España (1 publicación), Argentina/Brasil (1 publicación), Brasil/Portugal (1 publicación), Chile/Alemania (1 publicación), Chile/España (1 publicación), País Vasco/España (1 publicación).

Con respecto a algunas investigaciones en colaboración con países europeos, se encontró una publicación realizada entre el Centro de Investigación Avanzada en Educación de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y el Instituto

Leibniz de Educación Científica y Matemática de la Universidad de Kiel, Alemania. La investigación hace referencia a la conceptualización de “Célula”, su relación con el concepto de “Ser vivo” y las dificultades que presentan los estudiantes chilenos en la vinculación de ambos conceptos para la comprensión de la célula como unidad estructural y funcional básica de la vida (González-Weil & Harms, 2012).

Otro hallazgo a destacar, fue la publicación procedente de País Vasco y España, que, basándose en las controversias acerca de las vacunas, analizó la capacidad de modelización y transferencia de conocimientos para la conceptualización de “Ser vivo” en la formación de futuros docentes de Ciencias (Maguregi, Uzkola, & Burgoa, 2017).

La situación en Chile con respecto a la investigación didáctica de la Biología Celular ha ido en un crecimiento sostenido. Entre la década 2010-2020, la mayor parte de la investigación didáctica de la Biología estuvo en el ámbito de la Ecología, sin embargo, en contenidos asociados a la comprensión de la célula como unidad de vida, se encuentran en orden decreciente, las investigaciones sobre Genética, Biología Celular, Molecular, Microbiología, Fotosíntesis y Biotecnología, contenidos presentes en el currículum de Biología y que representan mayor dificultad en la enseñanza y aprendizaje. La presente gráfica, da cuenta detalladamente de los temas de Biología que han presentado mayor investigación didáctica, en cuanto a porcentaje de artículos publicados en las revistas EUREKA y Enseñanza de las Ciencias. Se observa un incremento marcado en publicaciones acerca de la didáctica del concepto de Evolución.

¿Cuáles son los temas más investigados en Didáctica de la Biología? (2010-2020)

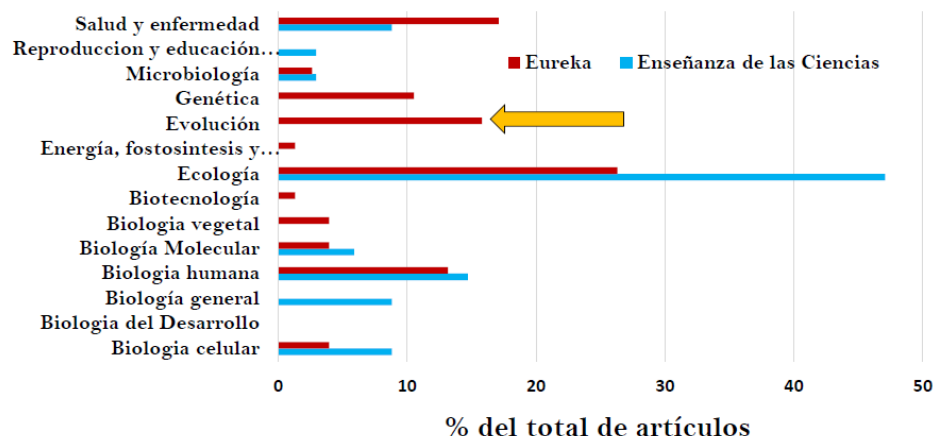


Gráfico 3: Temas de la Biología con mayor porcentaje de publicaciones en revistas de didáctica de las ciencias Tomado de la tercera sesión de Investigación en Didáctica de la Biología (Cofré H. y., 2020).

Tomando en cuenta las publicaciones sobre Biología Celular presentes en las revistas EUREKA y Enseñanza de las Ciencias recopiladas para esta investigación, se evidencia que ambas suman un 29,6% de la cantidad de publicaciones seleccionadas (considerando la genética y la síntesis de proteínas como un aspecto de la biología molecular y microbiología), que en la gráfica alcanzan proporciones similares, lo que indica que a partir del año 2010, aumentaron las investigaciones publicadas en la didáctica de temas relacionados con la Biología Celular.

4.1.3. Niveles Educativos de las investigaciones

Para esta investigación, las publicaciones analizadas abarcaron los niveles educativos de Primaria o Enseñanza General Básica (desde 1° a 8° Básico), Secundaria o Enseñanza Media (1° a 4° Medio) y Educación Superior. También se consideraron aquellas investigaciones relacionadas con docentes en ejercicio, así como el nivel universitario, específicamente la formación inicial del profesorado de Ciencias, debido a que los docentes constituyen uno de los

factores que influyen en la dificultad que presentan los estudiantes para aprender contenidos científicos (Marzábal, 2014) y son un elemento clave (Guskey, 2002) que puede favorecer el cambio conceptual, o fortalecer ideas erróneas, lo que a su vez, pueden originar otras ideas erróneas a partir del modelo didáctico que posee cada docente para la enseñanza de las Ciencias (Nuñez, Pereira, Maturano, & Mazzitelli, 2007).

Los niveles educativos presentes fueron codificados como se explica a continuación:

P: Educación Primaria o Fundamental.

S: Educación Secundaria o Media

D: Docentes en ejercicio.

U: Docentes en formación

NE: Nivel educativo no especificado

En la información recolectada, se encontraron investigaciones entre distintos niveles educativos, tales como: estudiantes secundarios y docentes en formación (S/D), estudiantes de primaria y secundaria (P/S), estudiantes de secundaria y docente de Ciencias (S/D) y profesores en formación junto con docentes en ejercicio (U/D) (Ver Anexo 1).

A continuación, se presenta un cuadro detallado con los porcentajes de investigaciones por nivel:

Tabla 9: Frecuencia de publicaciones por cada nivel educativo

Niveles Educativos	N° de publicaciones
S	68
P	47
U	26
NE	23
D	8
P/S	7
S/U	2
S/D	1
U/D	1
Total	183

Los resultados pueden ser visualizados en el gráfico que se presenta a continuación:

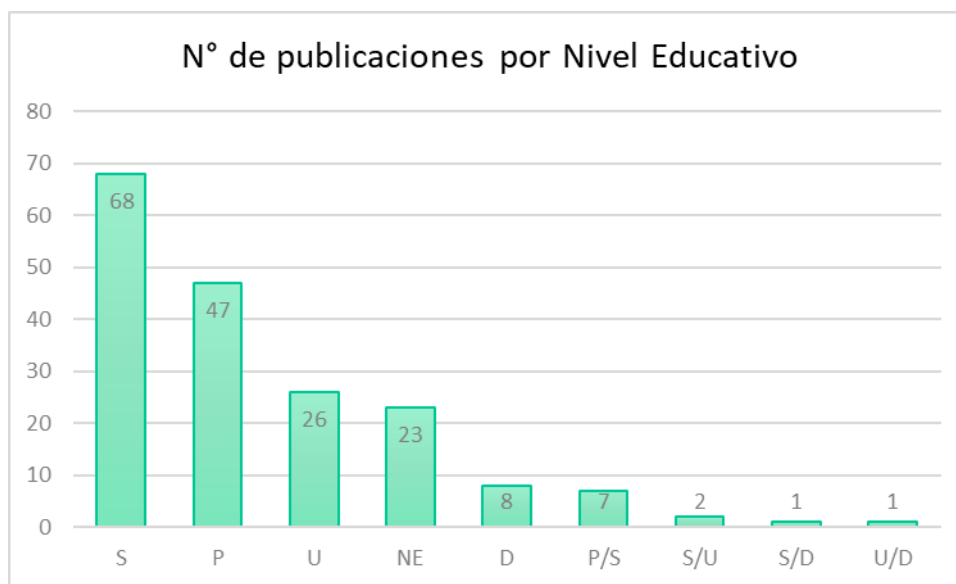


Gráfico 4: Aporte de publicaciones por niveles educativos

El gráfico detalla la cantidad de publicaciones de cada nivel educativo identificado en el transcurso de la revisión y análisis del material recopilado. Se observa una tendencia al desarrollo de investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular en la enseñanza media o secundaria mayor que en enseñanza básica. Según lo establecen las Bases Curriculares de Ciencias Naturales para 7° básico a 2° medio, los contenidos relacionados con la BC comienzan con Diversidad celular, estructuras celulares y función. En 2° medio Genética. En 3° y 4° medio los módulos diferenciados de Biología Celular y Molecular, donde se profundiza en los mecanismos de expresión y regulación génica, proteómica, diferenciación y fisiología celular (MINEDUC, 2016). Son 47 publicaciones orientadas exclusivamente a este nivel y además 2 publicaciones entre nivel secundario y universitario. Una de ellas, realizada el 2016 trata acerca del uso de imágenes en textos de enseñanza secundaria y universitaria para el proceso de conceptualización de la célula, desde la perspectiva de la Teoría Cognitivista del

Aprendizaje Multimedia (TCAM), instituida por Richard Mayer el año 2001 que permite evaluar el nivel potencial de imágenes contenidas en manuales, libros, textos científicos o diseño computacional, aportando elementos a partir de los cuales el profesor pueda reflexionar en la ilustración mostrada (Ferreira & dos Anjos, 2016). De esta forma *“Las personas aprenden en más profundidad de palabras e imágenes, que solo de palabras”* (Mayer, 2005). Por otra parte, la segunda publicación se desarrolló en el año 2020 y consistió en analizar el contenido de textos escolares de enseñanza secundaria (ESO) y bachilleratos españoles, en relación a la evolución del modelo de proteína. Se observó que, dependiendo del texto utilizado, los estudiantes podían llegar a un modelo más completo en los niveles más bajos, debido a que los textos introducen algunos aspectos que verán en cursos posteriores y que permiten al alumno contextualizar mejor el modelo que van creando, y, por lo tanto, favoreciendo el pensamiento sistémico (Mazas & Cascarosa, 2020).

En un segundo lugar, predominan las investigaciones desarrolladas en educación básica o primaria, con 47 publicaciones y 7 orientadas a ambos niveles (primaria y secundaria). La investigación didáctica en primaria con respecto a la célula y aspectos de su fisiología y morfología se deben, por una parte, al nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes, puesto que, al momento de desarrollar algunos contenidos sobre la BC, hay dificultades en la conceptualización, porque los estudiantes se encuentran en la transición entre las operaciones concretas y el inicio de las operaciones formales (Piaget, 1982). Por otra parte, el currículo de Ciencias es recursivo, por lo que los contenidos se enseñan de forma recurrente en la enseñanza básica, variando el nivel de profundización (MINEDUC, 2015).

En términos generales, las publicaciones en educación secundaria como primaria, siguen una misma tendencia, a lo largo de 21 años han presentado altos y bajos, como se observa en la siguiente gráfica:

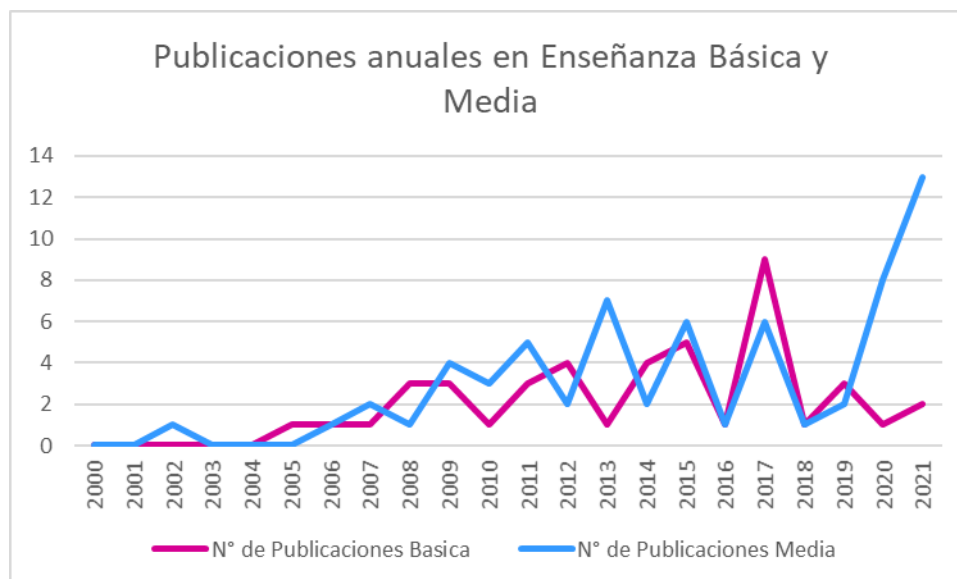


Gráfico 5: Tendencia de publicaciones sobre didáctica de la Biología Celular en Educación Básica y Media.

Se puede observar en el gráfico que existe una tendencia similar en ambos niveles en cuanto al incremento de investigaciones sobre la enseñanza de la Biología Celular. Sin embargo, se aprecia que, para el caso de las investigaciones correspondientes a enseñanza media, el incremento fue significativo y sostenido a partir del año 2020, debido a la pandemia, que causó el cierre total o parcial de las instituciones educativas y, en consecuencia, las instituciones educativas tuvieron que crear entornos virtuales improvisados (UNESCO, 2020) lo que propició que tanto docentes como investigadores de la educación, generaran espacios académicos de análisis y vinculación de diferentes formas de enseñanza y de innovaciones curriculares (Aperador, 2021). En cambio, en el caso de enseñanza básica, se detectó un incremento significativo en el año 2017 y, posteriormente, la cantidad de investigaciones fue disminuyendo. Las causas están, por un lado, relacionada con el uso de TIC y de internet de los estudiantes de primaria. Investigaciones realizadas con estudiantes de primaria mexicanos, señalan que, para el caso de estudiantes de 5°, las TIC y el internet son utilizados principalmente para fines académicos, específicamente en la búsqueda de información académica (Fajardo, Villalta, & Salmerón, 2016, Villegas, Mortis, & García, 2017). Por otra parte, el contenido curricular sobre Biología Celular en los

niveles de primaria es menor, en comparación con la cantidad de conceptos y nivel de profundización de los contenidos de Biología Celular en la enseñanza media (MINEDUC, 2015).

Con respecto a los estudios desarrollados conjuntamente con los niveles de primaria y secundaria, se encuentran agrupados en torno a 3 temas: Conceptualización, Análisis de textos escolares y la Biología como disciplina escolar. A continuación, se explican cada uno de ellos:

- a) **Conceptualización:** Consideró investigaciones sobre el aprendizaje de conceptos tales como ser vivo, fotosíntesis, célula y reproducción celular en estudiantes de enseñanza primaria y secundaria (3 artículos).
- b) **Análisis de textos escolares:** hace referencia al análisis de textos escolares utilizados en niveles de enseñanza primaria y secundaria: un análisis ontológico de los textos escolares y un estudio acerca del ciclo celular y su representación en los textos de Biología (2 artículos).
- c) **Biología como disciplina escolar:** 2 artículos. Uno de ellos acerca de la Biología y la transposición didáctica para su enseñanza a nivel escolar. El segundo, sobre la enseñanza del concepto de célula mediante la Historia de la Ciencia como recurso didáctico.

Cabe señalar que, para esta investigación, se consideró la Educación General Básica desde 1° a 8° Básico y la Enseñanza Media desde 1° a 4° Medio. Si bien lo establecido por el artículo 25 de la Ley 20.370 sobre la nueva estructura curricular (que establece 6 años de educación básica y 6 años de educación media), la ley 21.049 postergó la entrada en vigencia de este cambio hasta el año 2026 (MINEDUC, 2017), por lo que las Bases Curriculares consultadas para esta tesis corresponden a las establecidas desde el año 2015. También considera el contenido de 3° y 4° medio hasta el año 2019, puesto que para el año 2020 entró en vigencia la asignatura “Ciencias para la Ciudadanía” en lugar de Biología,

Física y Química. Estas 3 disciplinas son profundizadas en los módulos electivos que se imparten como especialización en 3° y 4° medio.

Finalmente, en términos generales, todas las revistas seleccionadas presentaron altos y bajos. La tendencia analizada a lo largo del tiempo indica que la cantidad de investigaciones sobre didáctica de la Biología Celular publicadas ha ido en aumento, como lo indica el siguiente gráfico:

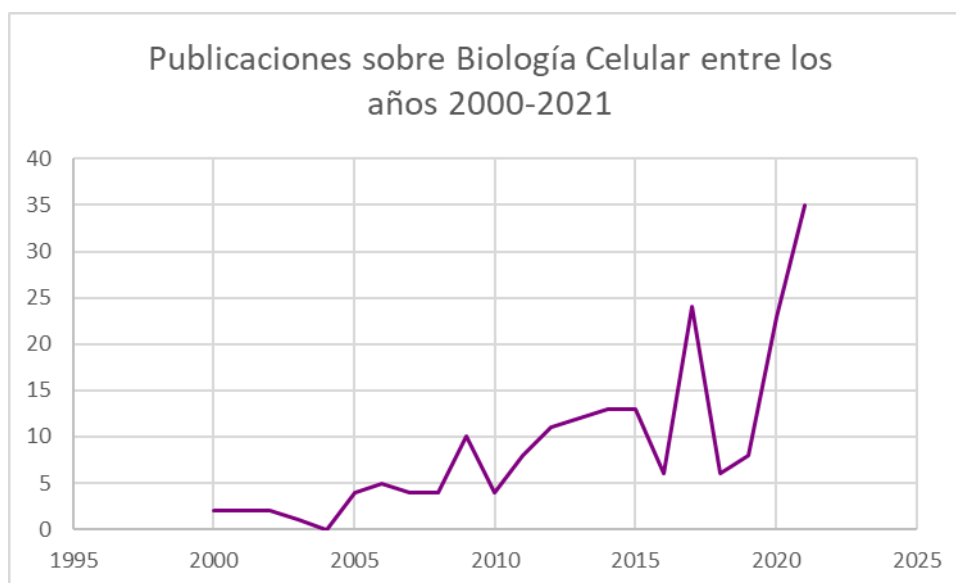


Gráfico 6: Incremento de publicaciones acerca de la Biología Celular (2000-2021).

Como se puede observar, a partir del año 2020 hay un alza significativa y sostenida en la cantidad de artículos publicados, como consecuencia de la pandemia de COVID-19 y el desarrollo de estrategias de enseñanza-aprendizaje en un contexto virtual. Este incremento se proyecta para los años siguientes.

En el apartado de los Anexos (ver Anexo 1), se encuentran en orden cronológico, las investigaciones recopiladas para el desarrollo de este estudio y la información sobre país de procedencia, revista y nivel educativo.

4.2. Segundo nivel de análisis: Dimensiones, categorías y sub categorías emergentes

Dado que el objeto de estudio de esta investigación corresponde a la enseñanza de la Biología Celular, aspectos como las representaciones del docente acerca de los conceptos a enseñar, el desarrollo cognitivo de los estudiantes, estrategias pedagógicas empleadas en el desarrollo de la enseñanza de los conceptos de “ser vivo” y de “célula”, el contexto sociocultural, la formación inicial y el conocimiento didáctico del docente, los obstáculos del proceso de aprendizaje, entre otros, constituyen variables a considerar en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo tanto, la información que nos proporciona el material bibliográfico recopilado, sólo puede ser comprendida desde una epistemología de la Complejidad y desde un pensamiento sistémico, donde el conjunto de las variables anteriormente mencionadas es estudiado desde su propia organización. Por esta razón, las bases curriculares (BB.CC) fueron consideradas como el eje organizador de la búsqueda bibliográfica y la clasificación de la información proveniente de las publicaciones seleccionadas.

4.2.1. Clasificación de las publicaciones

Aunque las revistas seleccionadas para la realización de esta tesis están relacionadas al ámbito de la enseñanza de las ciencias, las publicaciones recopiladas se caracterizaron por su diversidad respecto a temáticas, metodologías, enfoques y niveles educativos, por lo que fue necesario establecer un sistema de clasificación para poder abordar el análisis de la información.

Para la selección de las publicaciones, se consideraron contenidos del currículum de Ciencias Naturales y Biología que son el fundamento de la comprensión de la Biología Celular: ser vivo, célula, funcionamiento, niveles de organización, diversidad, aspectos evolutivos.

Considerando la ruta de aprendizaje del concepto de Célula presente en las Bases Curriculares de MINEDUC del año 2015, el orden en que se abordan los

contenidos desde la Enseñanza General Básica hasta la Enseñanza Media es el siguiente:

- Conceptualización de ser vivo
- Niveles de organización biológica
- Diversidad celular: Células procariontes y eucariontes, principales estructuras.
- Aprendizaje de la Microbiología y biotecnología
- Aprendizaje del sistema inmunológico
- Células Eucariontes: Tipos de Células: Vegetal, Animal. Estructura y función.
- Biología Molecular y Celular (Ciclo celular, división celular, metabolismo)
- Genética, Síntesis de Proteínas, mutaciones, herencia, terapia génica, biotecnología.

En la siguiente tabla, se detallan los cursos en que se abordan los contenidos, los objetivos de aprendizaje para cada uno, en el orden asignado por las Bases Curriculares y la etapa de adquisición de conocimientos según Jean Piaget:

Tabla 10: Contenidos curriculares por curso relacionados con la conceptualización de célula, según etapa de adquisición de conocimientos (Elaboración propia)

Contenido	Nivel Educativo	Curso	Objetivos de Aprendizaje	Etapas de adquisición de conocimientos
Conceptualización de ser vivo	Básica	1°	OA 2: Observar y comparar animales de acuerdo a características como tamaño, cubierta corporal, estructuras de desplazamiento y hábitat, entre otras.	Preoperacional
			OA 3: Observar e identificar, por medio de la exploración, las estructuras principales de las plantas: hojas, flores, tallos y raíces.	
			OA 4: Observar y clasificar semillas, frutos, flores y tallos a partir de	

			criterios como tamaño, forma, textura y color, entre otros.	
		6°	OA 1: Explicar, a partir de una investigación experimental, los requerimientos de agua, dióxido de carbono y energía lumínica para la producción de azúcar y liberación de oxígeno en la fotosíntesis, comunicando sus resultados y los aportes de científicos en este campo a través del tiempo.	Operacional concreta
			OA 2: Representar, por medio de modelos, la transferencia de energía y materia desde los organismos fotosintéticos a otros seres vivos por medio de cadenas y redes alimentarias en diferentes ecosistemas.	
		7°	OA 5: Comparar, usando modelos, microorganismos como virus, bacterias y hongos, en relación con: Características estructurales (tamaño, forma y estructuras). Características comunes de los seres vivos (alimentación, reproducción, respiración, etc.). Efectos sobre la salud humana (positivos y negativos).	Operacional formal
Niveles de organización Biológica		5°	OA 1: Reconocer y explicar que los seres vivos están formados por una o más células y que estas se organizan en tejidos, órganos y sistemas.	Operacional concreta
			OA 2: Identificar y describir por medio de modelos las estructuras básicas del sistema digestivo (boca, esófago, estómago, hígado, intestino delgado, intestino grueso, recto y ano) y sus funciones en la digestión, la absorción de alimentos y la eliminación de desechos.	
			OA 5: Analizar el consumo de alimento diario (variedad, tamaño y frecuencia de porciones) reconociendo los alimentos para el crecimiento,	

			la reparación, el desarrollo y el movimiento del cuerpo.	
			OA 4: Explicar la función de transporte del sistema circulatorio (sustancias alimenticias, oxígeno y dióxido de carbono), identificando sus estructuras básicas (corazón, vasos sanguíneos y sangre).	
		Media	1° Explicación del funcionamiento de los tejidos y órganos basada en la actividad de células especializadas que poseen una organización particular, por ejemplo, la célula secretora, la célula muscular.	
			3° Descripción del control hormonal y nervioso en la coordinación e integración de respuestas adaptativas del organismo frente a cambios que modifican su estado de equilibrio, por ejemplo, el estrés, los cambios transitorios o estacionales de la temperatura ambiente Descripción de la capacidad de los órganos de los sentidos de informar al organismo sobre las variaciones del entorno, permitiéndole a éste adaptarse a los cambios, reconociendo, por ejemplo, esta capacidad en la estructura y función de un receptor sensorial como el ojo.	
Diversidad celular: Células Procariontes y Eucariontes. Principales estructuras	Básica	5°	OA 7: Investigar e identificar algunos microorganismos beneficiosos y dañinos para la salud (bacterias, virus y hongos), y proponer medidas de cuidado e higiene del cuerpo.	Operacional concreta
Aprendizaje de la Microbiología y biotecnología		7°	OA 6: Investigar y explicar el rol de microorganismos (bacterias y hongos) en la biotecnología, como en la Descontaminación ambiental, Producción de alimentos y fármacos, Obtención del cobre, Generación de metano.	Operacional formal
		7°	OA 4: Desarrollar modelos que expliquen las barreras	

Aprendizaje del sistema inmunológico			defensivas (primaria, secundaria y terciaria) del cuerpo humano, considerando: Agentes patógenos como <i>Escherichia coli</i> y el virus de la gripe. Uso de vacunas contra infecciones comunes (influenza y meningitis, entre otras). Alteraciones en sus respuestas como en las alergias, las enfermedades autoinmunes y los rechazos a trasplantes de órganos.	
	Media	4°	Análisis comparativo del sistema inmune innato (inespecífico) y del adaptativo (específico): origen, propiedades y componentes, incluyendo los anticuerpos, la selección clonal, la tolerancia inmunológica, la memoria y la especificidad.	
			Explicación del funcionamiento de los mecanismos defensivos en el SIDA, las alergias, la autoinmunidad, los trasplantes de órganos y la inmunización artificial (vacunas), valorando el desarrollo de estas aplicaciones terapéuticas.	
Células Eucariontes, tipos celulares (Vegetal y Animal), estructura y función	Básica	8°	OA 1: Explicar que los modelos de la célula han evolucionado sobre la base de evidencias, como las aportadas por científicos como Hooke, Leeuwenhoek, Virchow, Schleiden y Schwann.	
			OA 2: Desarrollar modelos que expliquen la relación entre la función de una célula y sus partes, considerando: Sus estructuras (núcleo, citoplasma, membrana celular, pared celular, vacuolas, mitocondria, cloroplastos, entre otros). Células eucariontes (animal y vegetal) y procariontes. Tipos celulares (como intestinal, muscular, nervioso, pancreático).	
			OA 3: Describir, por medio de la experimentación, los mecanismos de intercambio de partículas entre la célula (en animales y plantas) y su	

			ambiente por difusión y osmosis.	
			OA 4: Crear modelos que expliquen que las plantas tienen estructuras especializadas para responder a estímulos del medioambiente, similares a las del cuerpo humano, considerando los procesos de transporte de sustancia e intercambio de gases.	
	Media	3°	Identificación de la neurona como la unidad estructural y funcional del sistema nervioso, su conectividad y su participación en la regulación e integración de funciones sistémicas como, por ejemplo, la circulación y la respiración	
Biología Molecular y Biología Celular (ciclo celular, división celular, metabolismo, transporte)	Media	1°	Identificación de las principales moléculas orgánicas que componen la célula y de sus propiedades estructurales y energéticas en el metabolismo celular.	
			Explicación de fenómenos fisiológicos sobre la base de la descripción de mecanismos de intercambio entre la célula y su ambiente (transporte activo, pasivo y osmosis) y extrapolación de esta información a situaciones como, por ejemplo, la acumulación o pérdida de agua en tejidos animales y vegetales.	
		2°	Explicación del mecanismo que permite la conservación de la información genética en el transcurso de la división celular (mitosis) y de la generación de células haploides (meiosis), en la gametogénesis.	
			Distinción de la importancia de la mitosis y su regulación, en procesos de crecimiento, desarrollo y cáncer; y de la meiosis, en la variabilidad del material genético.	
Genética, síntesis de proteínas, mutaciones,		2°	Aplicación de principios básicos de genética mendeliana en ejercicios de transmisión de caracteres por	

terapia génica, herencia y biotecnología			cruzamientos dirigidos y de herencia ligada al sexo.	
		4°	Descripción del modelo de la doble hebra del ADN de Watson y Crick, la universalidad del código genético y su relevancia en la replicación y transcripción del material genético desde el gen a la síntesis de proteínas.	
			Establecimiento de relaciones entre mutación, proteínas y enfermedad, analizando aplicaciones de la ingeniería genética en la salud, tales como la clonación, la terapia génica, la producción de hormonas.	

La tabla resume los objetivos de aprendizaje obligatorios desde 1° Básico hasta 4° Medio, que se encuentran relacionados a la conceptualización de ser vivo, célula, morfología y fisiología celular. Se incorporaron los niveles de adquisición de conocimientos, para enfatizar en las características curriculares, en cuanto a que, a medida que los estudiantes avanzan por los niveles educativos, los contenidos alcanzan una mayor especificidad y requieren un mayor nivel de abstracción por parte del estudiante. En este sentido, y según plantea la teoría del condicionamiento de Skinner, sólo existen dos procesos conductuales, el operante y el respondiente (Skinner, 1937, 1938 citado en Villamil & Quiroga-Baquero, 2019). El primer proceso implicaría que el comportamiento abstracto surge como un proceso de correlaciones entre respuesta-reforzador condicionadas a alguna propiedad constante del estímulo, idea planteada por Villamil y Quiroga-Baquero en su análisis del concepto de abstracción y su uso en referencia a las relaciones conductuales (Villamil & Quiroga-Baquero, 2019). Ambos procesos, la correlación entre respuesta-reforzador y su posterior correlación con el estímulo, sólo difieren en temporalidad, encontrándose ambos, en el mismo nivel de complejidad (Schoenfeld, 1972). Si se aplica para el proceso de abstracción desde la perspectiva conductual, entonces la abstracción de un determinado contenido por parte del estudiante corresponde a una correlación

entre respuesta-reforzador (abstracción-contenido curricular) condicionada a una propiedad constante del estímulo (la recursividad del currículum).

Cabe señalar que, para la realización de una caracterización del proceso de enseñanza de la Biología Celular desde una perspectiva de Complejidad, es necesario considerar aspectos didácticos y de la formación docente inicial, que influyen en la enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular, es así que se cumple que, un conjunto de causas y su acción sinérgica, desencadenan un determinado efecto, en este caso, la conceptualización de célula y el aprendizaje significativo e la Biología Celular:

- Formación Docente
- Didáctica:
 - Estrategias Pedagógicas
 - Material Didáctico
 - Aportes varios
 - Conceptualización de Célula
 - Modelización

Considerando lo anteriormente mencionado, se construyó un Árbol de Categorías, el que fue representado en el siguiente esquema:



Ilustración 9: Aspectos involucrados en la enseñanza de la Biología Celular (Elaboración propia).

Para visualizar de una forma más clara la clasificación de las publicaciones analizadas, se presenta la siguiente Tabla:

Tabla 11: Dimensiones, categorías y subcategorías de clasificación de las publicaciones seleccionadas.

Árbol de Categorías: Enseñanza de la Biología Celular		
Dimensiones	Categorías	Subcategorías
Conceptualización de ser vivo	-----	-----
Niveles de organización biológica	-----	-----
Célula Procarionte. Aprendizaje de la Microbiología	-----	-----
Formación el profesorado	-----	-----
Didáctica	Material didáctico	-----
	Modelización	-----
	Aportes varios	-----
	Conceptualización de célula	-----
	Estrategias pedagógicas	-----
Célula Eucarionte	Célula Animal	División celular
		Síntesis de proteínas
		Genética
	Célula Vegetal	Fotosíntesis
		Modelación de procesos fisiológicos

4.2.2. Clasificación del material bibliográfico

De la lectura de los resúmenes de los trabajos seleccionados, así como del análisis de sus fundamentos metodológicos, considerando aspectos tales como enfoque (cualitativo, cuantitativo, mixto, investigación-acción) y tipo de investigación (secuencia didáctica, reviews, estudio de caso, propuesta pedagógica, marcos conceptuales, ideas previas y de desarrollo histórico), surgieron categorías emergentes. A continuación, se explicarán los tipos de enfoques e investigaciones, así como las dimensiones, categorías y subcategorías en las que se clasificaron las publicaciones seleccionadas:

4.2.2.1. Dimensiones, categorías y subcategorías emergentes

- 1) Conceptualización de ser vivo:** Corresponde a la categoría que abarca la construcción del concepto de “ser vivo” y a la forma en que los estudiantes elaboran representaciones y modelos explicativos.
- 2) Niveles de organización biológica:** Hace referencia a la jerarquía de estructuras y sistemas biológicos complejos. Cada nivel representa un incremento en la complejidad de organización, cada “objeto” está conformado por unidades básicas del nivel anterior (Pavé, 2006). El principio básico subyacente es la emergencia de propiedades y funciones encontradas en un determinado nivel que no se presentan en los niveles inferiores, siendo el todo más que la suma de sus partes (Solomon, Berg, & Martin, 2013, pp 6).
- 3) Célula Procarionte. Aprendizaje de la Microbiología:** Tipo de célula caracterizada por la ausencia de un núcleo definido. Su material genético corresponde a una estructura circular que se encuentra libre en el citoplasma. Esta categoría considera artículos relacionados con el desarrollo de actividades de laboratorio para el aprendizaje de la microbiología a nivel escolar.
- 4) Formación del profesorado:** Corresponde a la categoría relacionada con aspectos de la enseñanza-aprendizaje de la Biología Celular en los docentes en formación y su relación con el aprendizaje de los estudiantes.

5) Didáctica: Disciplina científico-pedagógica que estudia los procesos y elementos de la enseñanza-aprendizaje. es el arte de enseñar donde las diversas técnicas logran adaptarse a las necesidades de los estudiantes, como al entorno que los rodean, aportando estrategias novedosas que facilitan el proceso del aprendizaje (Bronckart & Schneuwly, 1996). Esta dimensión presenta las siguientes categorías:

a) Material didáctico: Hace referencia a todo material de apoyo diseñado para auxiliar y facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Pueden ser informativos como libros, enciclopedias, diccionarios, audiovisuales como vídeos, ilustraciones o discos, o aparatos y materiales variados que se presten para la realización de pruebas o experimentos que deriven en aprendizaje.

b) Modelización: Es el proceso por el cual se aborda, comprende y explica un fenómeno o la realidad. Puede definirse como:

“La representación de un objeto, un fenómeno, o sistema cuyo propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar” (Aragón, Jiménez-Tenorio, & Oliva-Martínez, 2018).

c) Aportes varios: subcategoría que recopila artículos relativos a la didáctica de la Biología Celular, en distintos ámbitos.

d) Conceptualización de célula: Corresponde al proceso dinámico responsable de producir significado al concepto de célula y su relación con la representación mental y modelos explicativos que el estudiante elabora de ella.

e) Estrategias pedagógicas: Se define como toda acción realizada por el docente con el objeto de facilitar la formación y el aprendizaje de los estudiantes. También puede definirse como:

“...los escenarios curriculares de organización de las actividades formativas y de la interacción del proceso enseñanza y aprendizaje donde se logran conocimientos, valores, prácticas, procedimientos y problemas propios del campo de formación” (Bravo, 2008, p 52, citado en Gamboa, García, & Beltrán, 2013).

6) Célula Eucarionte: Se denomina célula eucarionte al tipo celular que posee un núcleo definido, ya que el material genético se encuentra envuelto en una membrana, separado del citoplasma. Presentan membranas internas que forman compartimentos, permitiendo a la célula realizar actividades especializadas dentro de cada una de estas áreas separadas (Solomon, Berg, & Martin, Biología, 2013). Existen 2 tipos de células eucariontes: Vegetal y Animal.

a) Célula Vegetal: Es la unidad estructural y funcional de los organismos vegetales, tipo de celular que posee la capacidad de captar la energía luminosa para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, liberando oxígeno hacia la atmósfera y produciendo azúcares, como nutrientes. Tienen una pared celular de celulosa, unos organelos llamados plastidios tales como los cloroplastos (lugar donde ocurre la fotosíntesis). En su interior tiene vacuolas que ocupan gran parte del interior de la célula, cuya función es almacenar agua y otras sustancias.

b) Célula Animal: Corresponde a la unidad estructural y funcional de los organismos animales. A diferencia de las células vegetales, no posee pared celular ni cloroplastos, por lo que no realizan fotosíntesis, obteniendo su energía a partir de la glucosa. En esta categoría se incluyen 3 aspectos de la célula animal: División celular, Síntesis de proteínas y Genética.

- i) División celular:** Mecanismo por el cual ocurre la reproducción y multiplicación celular. Existen 2 tipos: mitosis y meiosis. La mitosis es una forma de división celular que da lugar a 2 células somáticas hijas con el mismo contenido de material genético, idénticas a la célula somática predecesora. Por otra parte, la meiosis corresponde a una forma de reproducción celular para la formación de gametos o células sexuales. Se caracteriza por ser una división reduccional del material genético, ya que origina 4 células con la mitad de la información genética de su predecesora. A diferencia de la mitosis, durante la meiosis ocurre una recombinación del material genético.
- ii) Síntesis de proteínas:** Proceso que ocurre en el citoplasma celular, en células animales y vegetales. En este proceso se encuentran involucrados ácidos nucleicos (ARN y ADN). El ARNm (ARN mensajero) “copia” secuencias de ADN que codifica la proteína de interés. Posteriormente otro tipo de ARN, ARNt (ARN de transferencia) se encarga de “leer” el ARNm y transportar los aminoácidos necesarios para formar la proteína. El ARNr (ARN ribosomal), parte de la estructura de los ribosomas se encarga de catalizar el proceso. Cabe señalar que las proteínas exportables de la célula se sintetizan en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso, mientras que aquellas de uso interno, en los ribosomas libres en el citoplasma (De Erice & González, 2012).
- iii) Genética:** Hace referencia a un área de la Biología que busca comprender y explicar los mecanismos de herencia biológica. Se relaciona con la Bioquímica y la Biología Celular. Su objeto de estudio son los genes, unidades de material genético (ADN) que transfieren distintos caracteres a la descendencia y poseen la información necesaria para la síntesis de todas las proteínas de un organismo.

4.2.2.2. Enfoques y tipos de Investigación

Analizar el contenido del material bibliográfico ya clasificado, implicó una lectura en profundidad de cada sección que compone un artículo investigativo. Es así que la lectura de los resúmenes permitió la clasificación del material en dimensiones y categorías. Sin embargo y profundizando en la información proveniente de la metodología, es posible establecer una clasificación en cuanto a enfoques investigativos y tipos de investigación documental, los que se explican a continuación:

a) Enfoque investigativo: Hace referencia al proceso de investigación sistemático, disciplinado y controlado, los que se explican a continuación:

a.1) Cuantitativo: Corresponde al enfoque cuyo proceso de investigación se concentra en las mediciones numéricas. Se da a partir de la recolección, la medición de parámetros, la obtención de frecuencias y estadígrafos de población. Plantea un problema de estudio delimitado y concreto (Hernández Sampieri, 2014).

a.2) Cualitativo: Hace referencia a un proceso de investigación que requiere de la recolección de datos sin medición numérica. Según Creswell:

“...es un proceso interpretativo de indagación basado en distintas tradiciones metodológicas –la biografía, la fenomenología, la teoría fundamentada en los datos, la etnografía y el estudio de casos– que examina un problema humano o social” (Creswell, 1998).

a.3) Mixto: Se define al proceso investigativo que combina los enfoques cualitativos y cuantitativos (Hernández Sampieri, 2014).

a.4) Investigación-acción: Es un método investigativo que combina el conocimiento teórico con el conocimiento contextual, en el que el investigador tiene un doble rol, al ser partícipe de ella

b) Tipos de investigación documental: clasificación de las investigaciones recopiladas en función del objeto y método de estudio. Según el material seleccionado, se definen los siguientes tipos: Secuencias Didácticas (SD: diseño de clases y/o intervenciones), Review (R: artículos de revisión bibliográfica), Estudio de Caso (EC), Ideas previas (IP: preconcepciones, modelos, representaciones), Propuestas Pedagógicas (PP: diseño de módulos y unidades didácticas), Desarrollo Histórico (DH: aspectos históricos sobre algún concepto), Marcos Conceptuales (MC: fundamentación epistemológica, ontológica o metodológica de un concepto) y Protocolos de laboratorio (PL).

Para tener la información organizada, se elaboró una tabla que contempla las dimensiones, categorías, subcategorías junto con la clasificación por enfoque y tipo de investigación. Cada una de las investigaciones analizadas fueron enlistadas y numeradas, usando números arábigos (Ver Anexo 2).

4.2.3. Caracterización de las Dimensiones, categorías y subcategorías emergentes

La clasificación del material bibliográfico, según las bases curriculares para Ciencias Naturales y Biología, dio lugar a dimensiones, categorías y subcategorías, las que fueron analizadas en cuanto a número de publicaciones por nivel de clasificación, enfoque investigativo (cuantitativo, cualitativo, mixto e investigación-acción), tipo de publicación (secuencias didácticas, reviews, desarrollo histórico)

En términos generales, los artículos fueron clasificados en torno a 6 temas o dimensiones, como lo muestra la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla 12: Porcentajes de publicaciones por temas

Temas	Porcentaje de publicaciones (%)
Didáctica	40
Célula Eucarionte	35,5
Formación del profesorado	12
Célula Procarionte	7,6
Conceptualización de ser vivo	3,8
Niveles de organización biológica	1,1
Total	100

Lo que puede ser visualizado en el siguiente gráfico que muestra los porcentajes de publicaciones por cada tema, en la enseñanza de la BC:

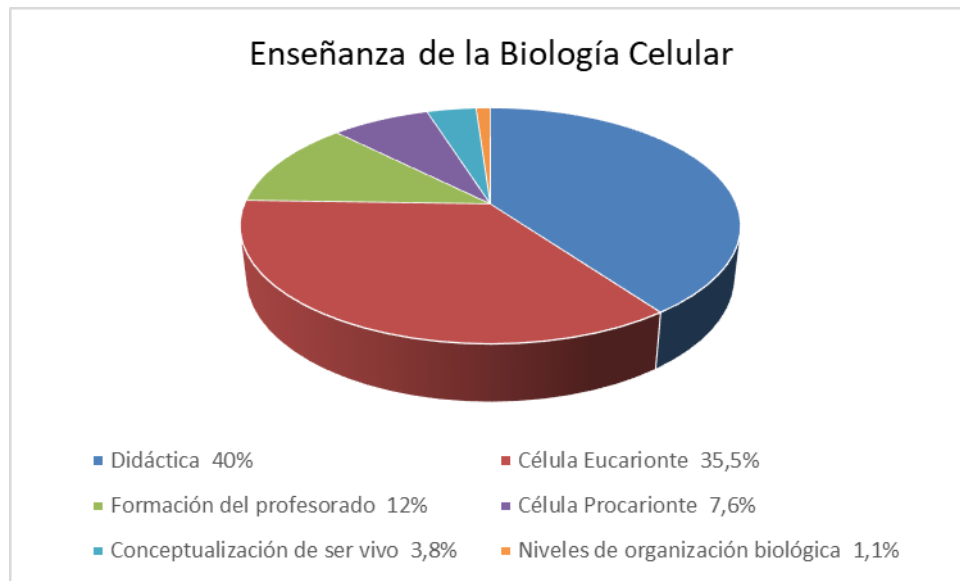


Gráfico 7: Porcentaje de publicaciones por temas relacionados con la enseñanza de la Biología Celular.

Se puede observar que las publicaciones relacionadas con la Didáctica (73 trabajos) y con células eucariontes (65 trabajos) constituyen el 75,4% del total de publicaciones, razón por la que estas temáticas constituyeron dimensiones, debido a la diversidad de aspectos involucrados, como se verá más adelante. Los

temas: formación de profesorado, célula procarionte, conceptualización de ser vivo y niveles de organización biológica constituyen el 24,6%. Formación del profesorado con 22 publicaciones, célula procarionte con 14 publicaciones, niveles de organización biológica y conceptualización de ser vivo con 2 y 7 publicaciones, respectivamente.

4.2.3.1. Didáctica

La dimensión Didáctica contempla publicaciones referidas a los siguientes aspectos: Material didáctico, Aportes varios, Modelización, Conceptualización de célula y Estrategias pedagógicas (Ver Tabla 11). En el gráfico 8, se sintetizan los porcentajes de las diferentes categorías en que fueron clasificados los trabajos que conforman los aspectos didácticos de la enseñanza de la Biología Celular:

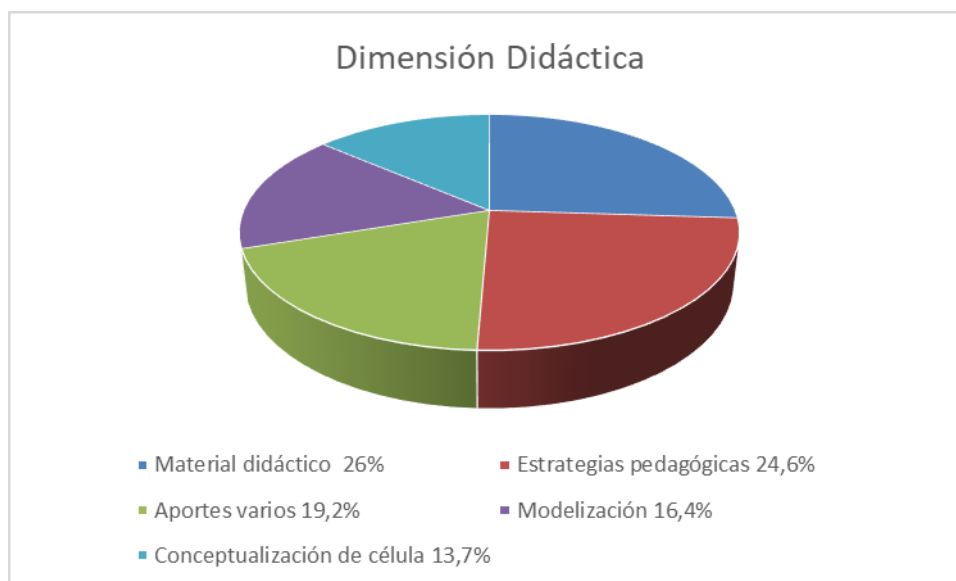


Gráfico 8: Composición porcentual de la Dimensión didáctica

Como se observa en la representación gráfica, las investigaciones acerca de los aspectos didácticos en la enseñanza de la Biología Celular, se concentran en torno a la utilización de material didáctico (equivalente a 19 publicaciones), las estrategias pedagógicas empleadas en las clases de Ciencias y de Biología (26 publicaciones) y en aportes varios (14 publicaciones), lo que representan el

69,9% del total de publicaciones (73 trabajos). El 30,1% restante está conformado por trabajos acerca de la conceptualización de célula (10 publicaciones) y los procesos de modelización (12 publicaciones).

De la información analizada, se desprende que la visión investigativa sobre la Didáctica en los últimos 21 años está centrada principalmente en las estrategias empleadas por los docentes en la enseñanza del contenido y la utilización del material didáctico, ya sean textos, los que constituyen el principal material de apoyo en clases, u otro artefacto que facilite el aprendizaje de los estudiantes. Por otra parte, se observa una importante presencia de publicaciones de distintas disciplinas que tributan de un modo u otro a aspectos didácticos, lo que demuestra el creciente interés de caracterizar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por otra parte, investigaciones en la conceptualización de la célula y de procesos de modelización, pueden interpretarse como un indicio de la consolidación de la Didáctica como ciencia autónoma, en cuanto a que está centrada en la enseñanza-aprendizaje (disciplina de basamento epistemológico) y nutrida de los aportes de las ciencias cognitivas (Adúriz-Bravo & Izquierdo, Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma, 2002).

i. Aportes Varios

Con respecto a la categoría denominada aportes varios, las publicaciones seleccionadas se pueden agrupar en los siguientes temas:

- **Abordaje histórico-filosófico del contenido:** contiene publicaciones acerca de la emergencia de una didáctica propia para la Biología, los modelos de nutrición vegetal a través de la historia y la importancia para su enseñanza, la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de la Biología Celular
- **Apropiación del contenido científico:** considera la apropiación del saber científico biotecnológico en los estudiantes de enseñanza media,

contextualizado en los organismos transgénicos. Por otra parte, la divulgación científica en la enseñanza básica y cómo el lenguaje ejerce influencia en cómo conceptualizan los estudiantes a las células.

- **Enseñanza de la Biología:** trata sobre enseñanza de conceptos estructurantes, una revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la Biología en los últimos 10 años (2010-2020), redes conceptuales sobre Biología Celular en estudiantes de enseñanza media, conocimiento pedagógico del contenido, la relevancia de la metaevaluación como herramienta para el cambio conceptual enmarcada en la enseñanza para la comprensión.
- **Métodos Heurísticos:** Considerado un método de enseñanza que impulsa y facilita a los estudiantes la búsqueda y resolución de problemas de forma autónoma, se hallaron publicaciones sobre el uso de los mapas conceptuales para la enseñanza de las ciencias en la educación escolar y sobre indagación guiada mediante el uso de la V de Gowin en enseñanza primaria.

A continuación, se puede apreciar en el gráfico, la cantidad de publicaciones por tema analizado:

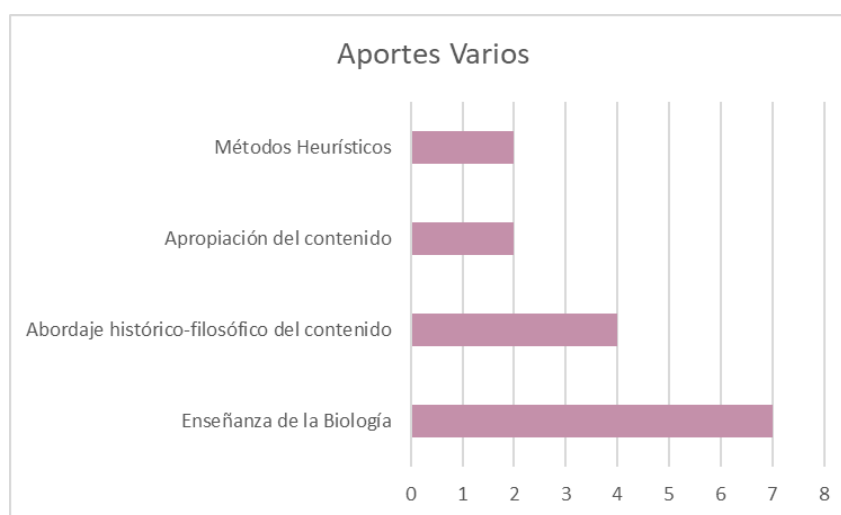


Gráfico 9: Número de publicaciones por tema, en categoría de aportes varios.

Del gráfico se puede concluir que los principales aportes a la didáctica de la Biología Celular, son aquellas publicaciones relacionadas con la enseñanza de la Biología y el abordaje histórico-filosófico del contenido, en concordancia con lo planteado por Adúriz-Bravo (2002) acerca de la relevancia de las ciencias cognitivas en el desarrollo de didáctica y los componentes epistemológicos que la sustentan (Anexo 3).

Respecto a la caracterización de las publicaciones de esta categoría, las investigaciones provienen de Brasil, Argentina, Colombia, España y Chile. A continuación, se presentan los porcentajes por cada país:

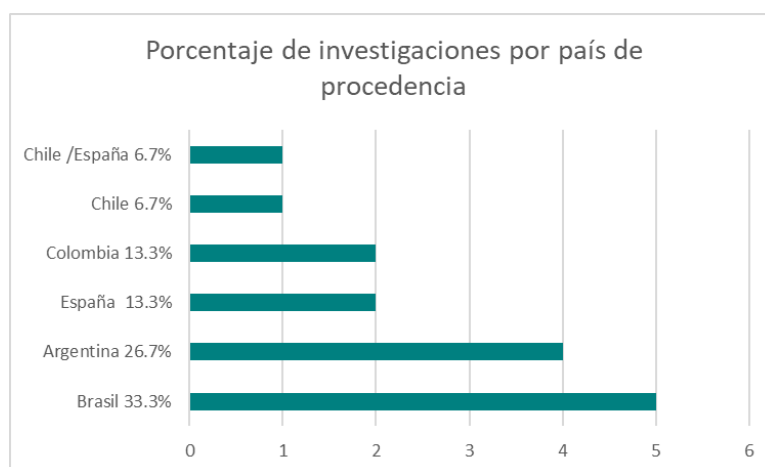


Gráfico 10: Procedencia de las publicaciones.

Como se puede observar en el gráfico, Brasil representa el 33.3% de las publicaciones (5 publicaciones), Argentina el 26.7% (4 publicaciones), España y Colombia con 13.3% cada una (2 publicaciones), Chile con un 6.7% (1 publicación) y 1 investigación realizada en conjunto con España, equivalente al 6.7%.

Respecto a la frecuencia de las publicaciones durante los años 2000 a 2021, se caracteriza por ser fluctuante y no se observa una tendencia definida. Hay años en que no se registran investigaciones publicadas, y al siguiente un máximo de 3, lo que se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 13: N° de investigaciones publicadas por año

Año	N° de investigaciones publicadas
2005	1
2007	1
2009	1
2011	1
2013	1
2014	1
2015	3
2017	1
2018	1
2019	2
2020	1
2021	1
Total	15

La información registrada en la tabla, puede ser visualizada en la siguiente representación gráfica, la que será explicada a continuación:

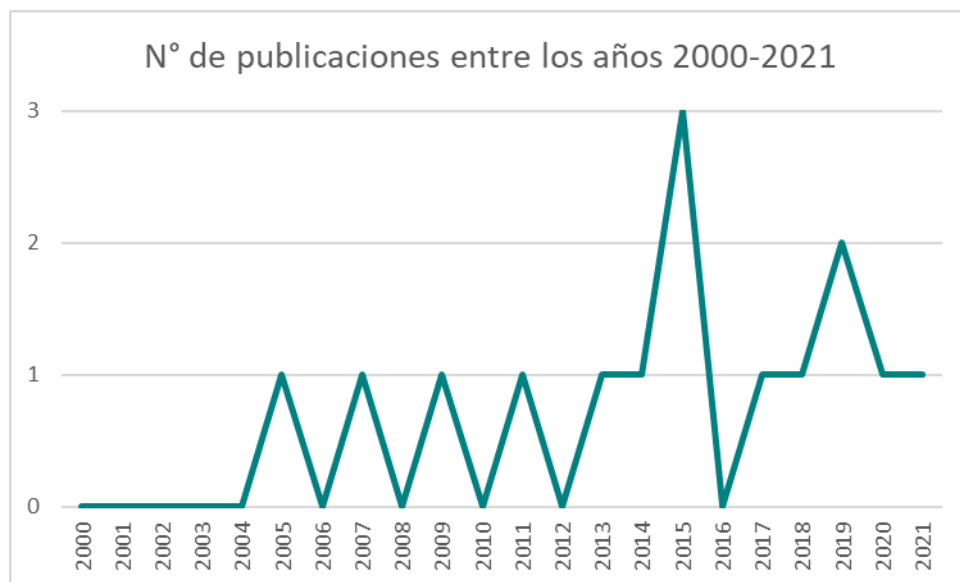


Gráfico 11: Investigaciones publicadas por año

En el año 2015 se registró el máximo de investigaciones con 3 publicaciones. La primera de ellas acerca del uso del diagrama V de Gowin para promover el

aprendizaje de habilidades científicas en alumnos de primaria, en una unidad didáctica, basada en una de las grandes ideas de la ciencia, con enfoque de indagación guiada, demostrando que es posible enseñar, aprender y evaluar ciencias en edades tempranas con esta innovación si se hace frecuentemente en el aula (Herrera & Izquierdo, 2015).

La segunda publicación trata sobre el conocimiento didáctico del contenido, para la enseñanza de la mitosis en docentes universitarios, mediante la aplicación del cuestionario Representación del Contenido (ReCo) y los repertorios de experiencia profesional y pedagógica. Los resultados obtenidos El desarrollo del CDC de los docentes universitarios en un contexto de enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos se perfiló como una estrategia posible para reorientar la enseñanza del tema mitosis hacia modalidades basadas en la construcción de andamiajes que faciliten el aprendizaje de los estudiantes (González & Rossi, 2015). La tercera publicación estuvo relacionada con el aprendizaje de conceptos científicos en educación primaria, mediante el uso de mapas conceptuales como un facilitador del aprendizaje significativo (Ribeiro de Assis, 2015). En cuanto a los enfoques de investigación, se presentan en el siguiente gráfico:

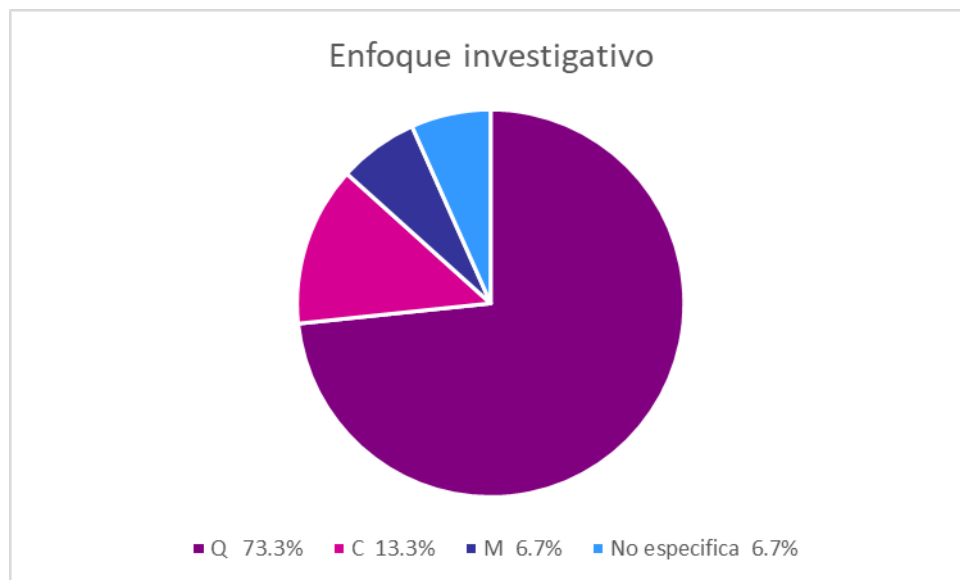


Gráfico 12: Tipos de enfoques investigativos categoría Aportes varios.

Se observa que el tipo de investigación predominante de esta categoría es cualitativa con un 73.3% (equivalente a 11 publicaciones), en menor proporción cuantitativa con un 13,3% (2 publicaciones) y 6.7% mixta (1 publicación). Una publicación no especifica el tipo de enfoque, ya que no fue mencionado en el texto.

Para finalizar, se presentan los tipos de investigación, que se explicarán a continuación:



Gráfico 13: Tipos de investigación categoría Aportes varios

Como se puede apreciar en la imagen, existe una amplia variedad de tipos de investigación. En esta categoría se encuentran 2 publicaciones que corresponden a secuencias didácticas, 1 publicación correspondiente a una revisión bibliográfica, 5 publicaciones que son propuestas pedagógicas, 2 publicaciones acerca de preconcepciones de los estudiantes, 2 publicaciones que son estudios de caso, 2 investigaciones de desarrollo histórico de un concepto y finalmente, 1 publicación referente a desarrollo histórico y revisión bibliográfica.

ii. Conceptualización

En esta categoría, se encuentran publicaciones que abarcan la comprensión de las células como sistemas abiertos, específicamente, en la enseñanza de la membrana celular, de sus funciones como límite entre el medio externo e interno, de vinculación con compartimentos intracelulares y el intercambio de materia y energía, así como los desafíos y oportunidades que brinda para una enseñanza integrada de las ciencias (Piriz, Galagovsky, & López, 2021), estudios sobre las ideas previas en estudiantes de séptimo año de enseñanza básica acerca de la respiración animal, donde elaboraron mapas conceptuales que evidencian la relación que los estudiantes establecen entre respiración animal e intercambio gaseoso, así como las dificultades para explicar procesos a nivel celular y de estructura-función (Gil Bohórquez, 2015). Cabe señalar que se consideró un análisis sobre la conceptualización de los procesos de fotosíntesis y respiración celular en estudiantes de primer año de enseñanza media, a través de observaciones del trabajo realizado en el aula y actividades en el laboratorio de Ciencias, con registro de diario de campo y filmación de clases (Da Silva & Martins, 2016), debido a ideas que presentan los estudiantes sobre estos conceptos como procesos excluyentes, es decir, conciben la respiración como un proceso de células animales y no de vegetales. En este sentido, los estudiantes suelen confundir la respiración celular como intercambio gaseoso y presentan concepciones erróneas de que es un proceso exclusivo de los organismos animales, sin embargo, según Moreno (2015), la enseñanza de la nutrición celular, con estrategias adecuadas pueden favorecer el aprendizaje significativo en los estudiantes.

Con respecto a la enseñanza media, existen investigaciones sobre qué tipo de concepciones poseen los estudiantes respecto a las proteínas y su proceso de síntesis y qué tipo de influencia puede haber contribuido a la formulación de tales concepciones, los que intervienen en la comprensión de procesos biotecnológicos, por ejemplo, la producción de nuevos fármacos (Queiroz, Gonçalves, & Segnini, 2012). Destaca también, un estudio basado en el

diagnóstico de ideas previas acerca de la reproducción celular en estudiantes de 7°, 8° y 9° grado, ya que el manejo de estos conceptos es primordial para que lleguen a comprender temática como la genética, la transmisión de caracteres hereditarios y la evolución (Pineda & Afanador, 2015). Finalmente, una investigación sobre semiótica, referente al valor de las metáforas de carácter analógico y su influencia en la conceptualización de la célula animal (Dantas & Carbone, 2009).

Con respecto a las investigaciones de esta subcategoría, proceden de Colombia, Brasil y Argentina, presentando la siguiente distribución:

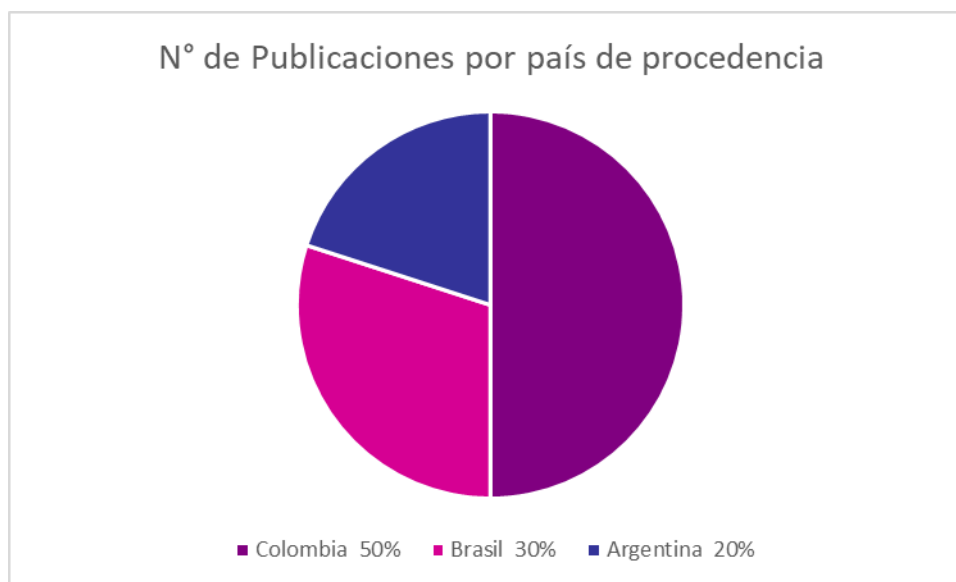


Gráfico 14: Países de procedencia y porcentaje de publicaciones

Se observa que el 50% de las investigaciones analizadas provienen de Colombia (equivalentes a 5 publicaciones), Brasil con un 30% (3 publicaciones) y Argentina con un 20% (2 publicaciones). Por otra parte, la frecuencia de publicaciones durante los últimos años, es variable, como lo muestra el siguiente gráfico:



Gráfico 15: N° de publicaciones entre los años 2000-2021

En un primer momento, no se registran publicaciones sobre conceptualización de célula hasta el año 2009, donde aparecen 2 publicaciones: La primera de ellas una investigación-acción basada en el análisis acerca de la evolución de las representaciones mentales sobre el contenido célula, en alumnos de séptimo grado, provenientes de una escuela primaria. Los resultados mostraron cuatro momentos en la evolución de las representaciones mentales de los alumnos: al inicio se representó a la célula como objeto plano, luego la reconocieron con un cuerpo tridimensional; en el tercer momento, relacionaron estructura-función y por último, integraron células-órganos-sistemas-ser vivo; evidenciando en esta última secuencia, una mayor complejización del conocimiento Infantil (Maldonado & Rosetto, 2009). La segunda investigación, explicada anteriormente, de Dantas y Carbone (2009).

Posteriormente, en el año 2015 se registra el máximo de investigaciones publicadas con 3 publicaciones: La nutrición celular como un medio para el aprendizaje significativo de la célula (Moreno, 2015), Categorización de las ideas previas de los estudiantes de grado séptimo sobre el concepto de respiración animal (Gil Bohórquez, 2015) y Diagnóstico de las concepciones sobre reproducción celular en estudiantes de grado séptimo, octavo y noveno de los colegios Miguel Antonio Caro Ied, Justo Víctor Charry Ied (Pineda & Afanador,

2015). Posteriormente, la frecuencia es de una publicación anual, intercalado con un año sin publicaciones.

Por otra parte, los tipos de enfoques de investigación en esta subcategoría se presentan en el siguiente gráfico:

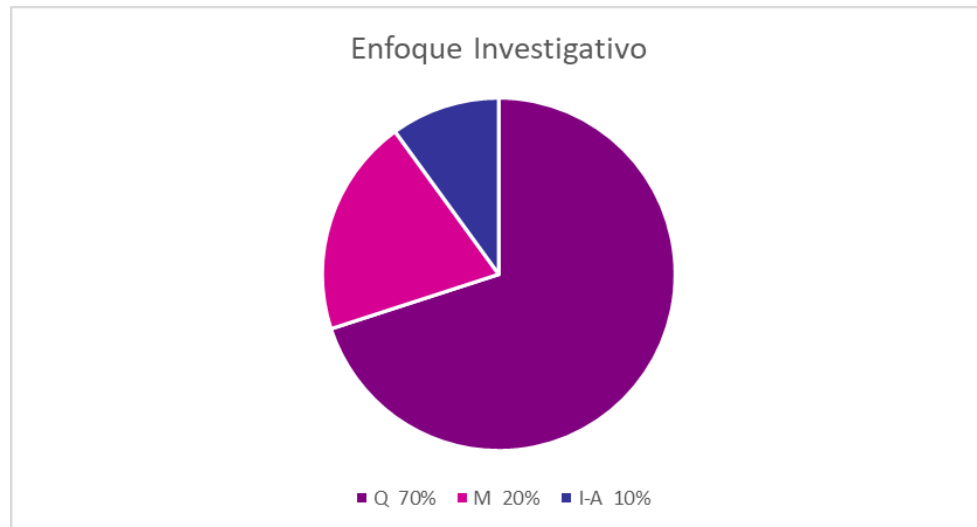


Gráfico 16: Tipos de enfoques investigativos categoría Conceptualización

El 70% de las investigaciones corresponden a investigaciones cualitativas (7 publicaciones), el 30% mixtas (equivalente a 3 publicaciones) y el 20% corresponden a investigación-acción (2 publicaciones).

Para finalizar con la caracterización de esta categoría, se tienen los siguientes tipos de investigación:

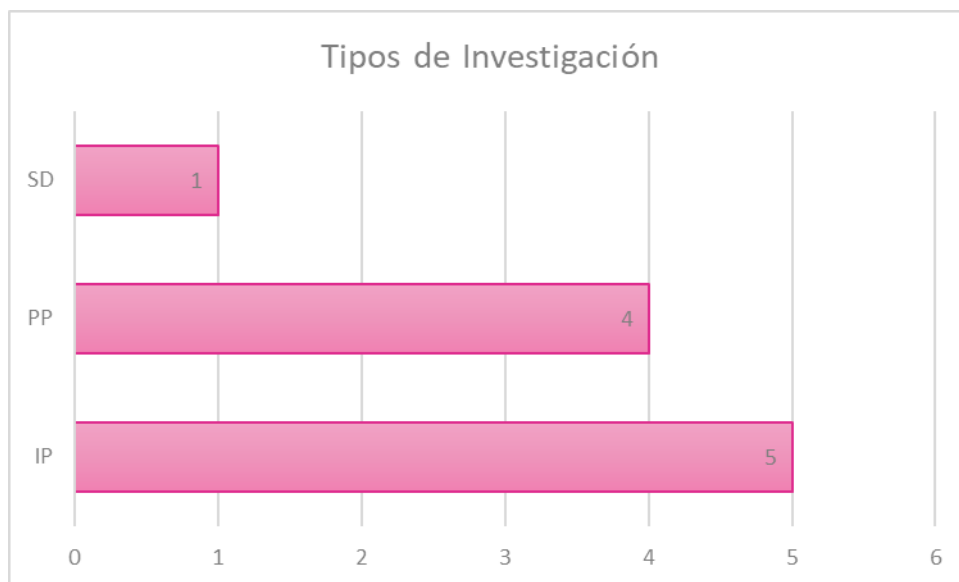


Gráfico 17: Tipos de investigación en Conceptualización

Se encuentran 3 tipos de investigaciones: 5 publicaciones que corresponden a ideas previas, 4 publicaciones que son propuestas pedagógicas y 1 publicación que hace referencia a una secuencia didáctica.

iii. Estrategias Pedagógicas

Respecto a la categoría Estrategias pedagógicas, las publicaciones se centran en tres aspectos: el diseño de propuestas didácticas (sean unidades didácticas o secuencias didácticas de clase), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el uso de recursos TIC (realidad virtual y aumentada, slowmotion, videojuegos, stopmotion y simulaciones). Sin embargo, predomina el diseño de propuestas didácticas y sólo se encontraron 2 publicaciones sobre ABP: situaciones problema acerca de las enzimas y aprendizaje en el campo conceptual de célula, cuyo principal objetivo fue analizar el aprendizaje en el campo conceptual de la célula a partir de la resolución de situaciones problema relacionadas con un concepto subyacente (enzima), mediante la identificación de conocimientos (invariantes operatorios) que pertenecen a dicho campo conceptual y la identificación de situaciones problemáticas potencialmente significativas en la promoción de este conocimiento (Cavalcanti, Del Pino, & Nunes, 2013). La

segunda publicación trata de una propuesta didáctica de Biología Celular basada en el trabajo autónomo y grupal de los estudiantes, quienes debían buscar enfermedades cuya causa fuera consecuencia de un mal funcionamiento de las membranas celulares (García & Segovia, 2013).

Los países de procedencia de las investigaciones son Brasil, Chile, España, Argentina, Colombia, lo que se muestran en el gráfico que se presenta a continuación:

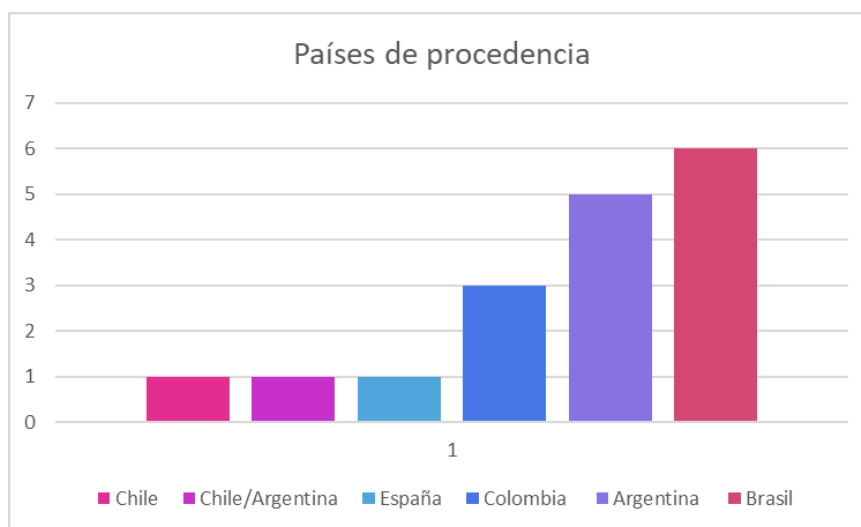


Gráfico 18: Países de procedencia de las investigaciones acerca de Estrategias Pedagógicas

Chile, España y un trabajo colaborativo entre Chile/Argentina, corresponden a 3 publicaciones en esta subcategoría. Colombia está representada por 3 investigaciones, Argentina con 5 investigaciones y Brasil, con 6 investigaciones. Con respecto al trabajo colaborativo entre Chile/ Argentina, la investigación se basó en el diseño de una secuencia didáctica para la enseñanza del modelo de célula cuyo principal objetivo fue que los estudiantes de octavo básico logaran desarrollar modelos y explicaciones narrativas, a partir de la visualización de representaciones artísticas e instrumentales de la célula procarionte y eucarionte, en el marco de la enseñanza STEM (acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics), posibilitando la indagación (recolección y análisis de datos resultantes de observaciones y experimentos), la argumentación (revisión del propio pensamiento y construcción de conocimiento para ser

comunicados) y la modelización (subsunción de fenómenos bajo modelos teóricos reconocibles), aspectos de las prácticas STEM asociadas a la dinámica científica (López, Couso, & Simarro, 2020).

Con respecto a los enfoques investigativos presentes en las publicaciones de esta categoría, se pueden visualizar en el siguiente gráfico:

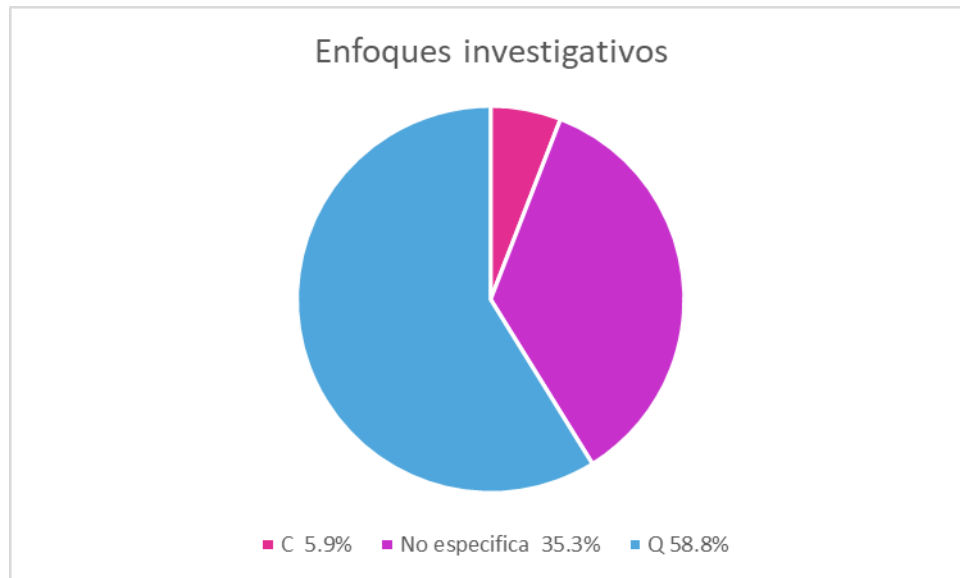


Gráfico 19: Enfoques investigativos en Estrategias Pedagógicas

Un 5.9% de las investigaciones corresponden a investigación cuantitativa (1 publicación), 35.3% no especifica (el equivalente a 6 publicaciones) y, finalmente, 58.8% son cualitativas (10 publicaciones).

Respecto al tipo de investigación documental, se tienen propuestas pedagógicas, ideas previas de los estudiantes, secuencias didácticas y estudios de caso. En el siguiente gráfico se muestran los porcentajes de cada una, con su respectivo número de publicaciones:

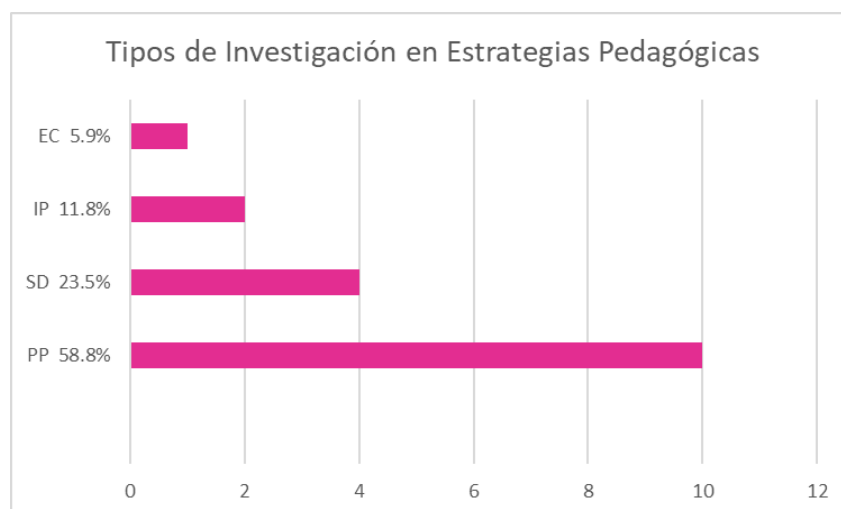


Gráfico 20: Tipos de investigación en categoría Estrategias Pedagógicas.

Cabe señalar que las publicaciones de Estrategias Pedagógicas, son mayoritariamente secuencias didácticas y propuestas pedagógicas, las que suman un 82.3% (14 publicaciones en total). El 17.7% restante lo conforman ideas previas de los estudiantes y estudios de caso (3 publicaciones).

iv. Material Didáctico

Otro componente de la dimensión Didáctica corresponde al material didáctico. Las investigaciones pertenecientes a esta categoría, presentaron los siguientes tipos de investigación documental: Estudio de caso, ideas previas, protocolo de laboratorio, propuesta pedagógica, revisiones bibliográficas, secuencia didáctica y de revisión acerca de las ideas previas que presenta el alumnado (IP/R). La cantidad de cada uno con sus respectivos porcentajes, lo podemos ver a continuación, en el gráfico adjunto:



Gráfico 21: Tipos de investigación documental categoría Material Didáctico

En material didáctico han predominado las investigaciones del tipo revisión bibliográfica sobre los materiales de uso didáctico tales como imágenes, textos escolares, recursos tecnológicos y materiales concretos, los que se explicarán más adelante con mayores detalles. En menor proporción los estudios de caso, secuencias didácticas y revisiones sobre ideas previas de los estudiantes, con un 10.5% (equivalente a 2 publicaciones cada uno). Finalmente, los tipos de investigación con menos publicaciones, lo constituyen las propuestas pedagógicas, protocolos de laboratorio y las ideas previas, lo que representan un 15.9% (3 publicaciones en total, 1 de cada tipo mencionado).

En el análisis de enfoques investigativos presentes en esta categoría dio por resultado enfoques de investigación mixtos y cualitativos, como se muestra a continuación:

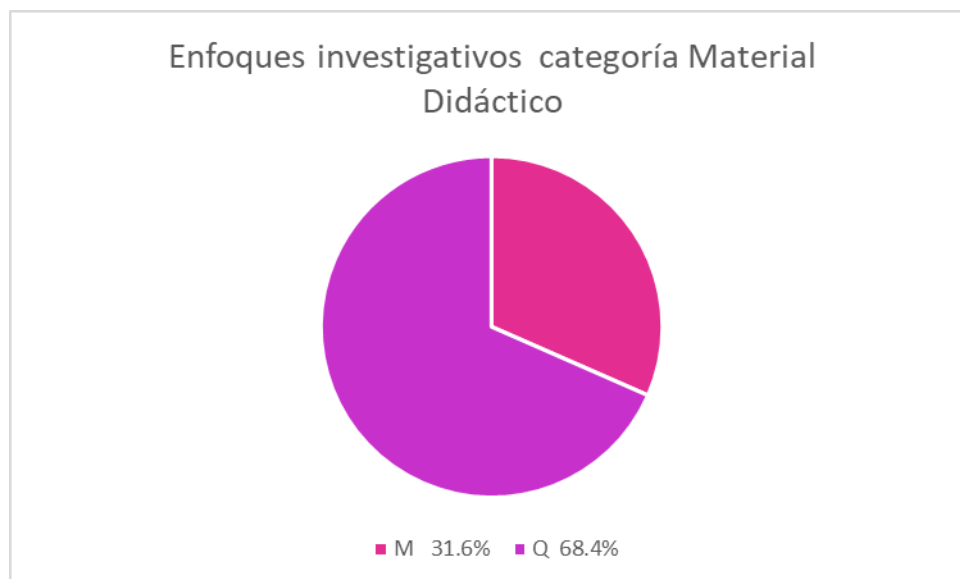


Gráfico 22: Enfoques investigativos categoría Material Didáctico

Predomina el enfoque cualitativo con un 68.4% (13 publicaciones) y Mixto (6 publicaciones).

Respecto a la procedencia de las investigaciones, éstas provienen de: Brasil, España, Colombia, Argentina, Chile y Venezuela. Los porcentajes de cada uno, se observan en el siguiente gráfico:

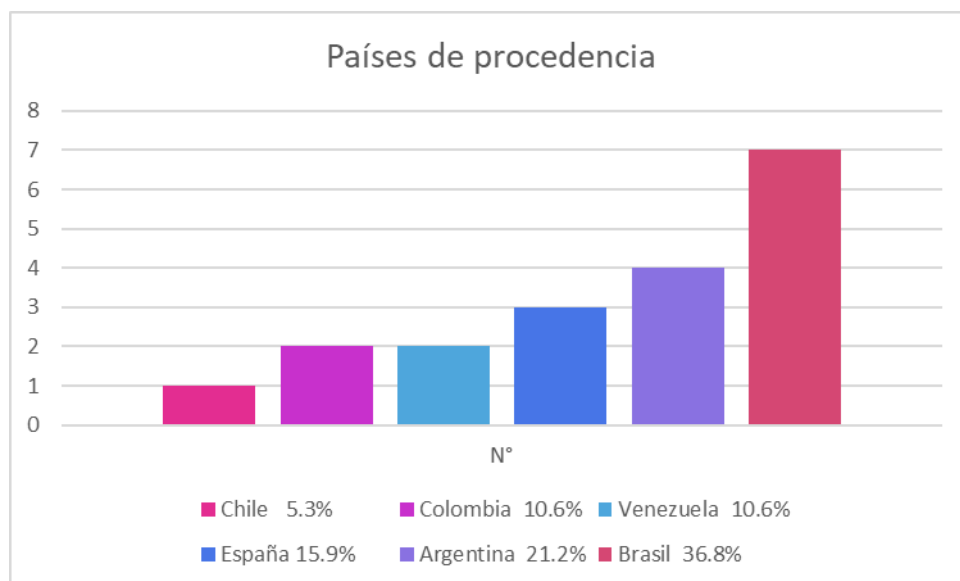


Gráfico 23: Países de procedencia de las investigaciones

En esta categoría, predominan las investigaciones procedentes de Brasil con un 36.8%, le sigue Argentina con un 21.2%, España con 15.9%, Venezuela y Colombia con un 10.6% y, finalmente Chile con un 5.3%. En esta categoría aparece Venezuela con 2 publicaciones: la primera de ellas es un estudio de caso sobre el uso de ilustraciones en la enseñanza de la célula y una propuesta pedagógica acerca del uso de las ilustraciones en la enseñanza de la célula. siendo esta segunda publicación una proyección investigativa derivada de la anterior.

Las publicaciones clasificadas en esta categoría estuvieron relacionadas a los siguientes recursos: Imágenes, Textos didácticos, Tecnologías y material concreto, como lo muestra el siguiente gráfico:

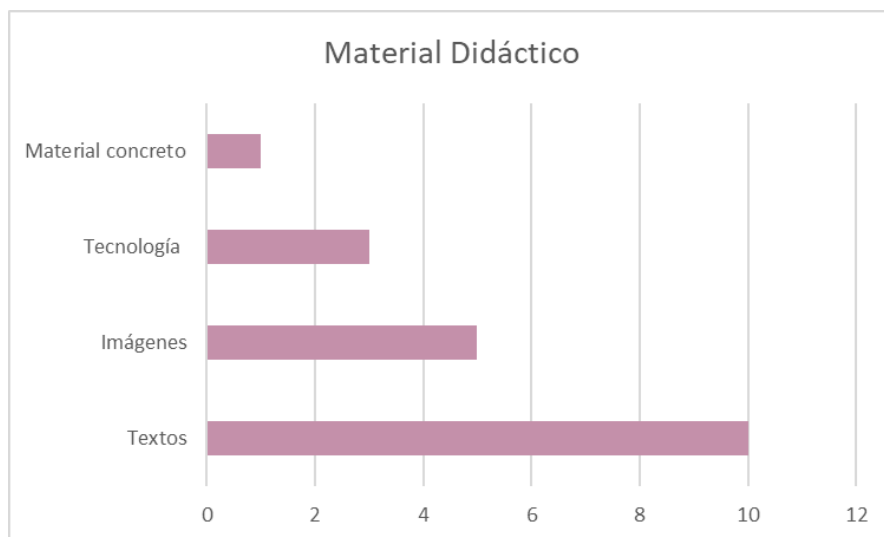


Gráfico 24: Número de publicaciones por tema en categoría Material Didáctico

Los textos, corresponden al material didáctico más utilizado. Sin embargo, las características discursivas de los textos presentan diversas falencias, como ejemplo, referencias erróneas o sin antecedentes, ambigüedades en el lenguaje, nominalizaciones o relación entre las partes del texto que dificultan el aprendizaje de los estudiantes (Chamorro & Barletta, 2009). Muchas veces, en los textos de ciencias se incorporan textos de divulgación científica como una forma de acercar

la ciencia a la cotidianeidad de los estudiantes y para contextualizar el currículo escolar, constituyendo un recurso de base para que docentes desarrollen conceptos biológicos, contextualizados e integrados a la realidad del alumnado (Ribeiro & Borges, 2015).

Junto con los textos, los recursos didácticos más empleados en la enseñanza de la célula son las ilustraciones, que posibilitan a los estudiantes representar mentalmente este concepto, cuando se utilizan apropiadamente. Las investigaciones acerca de este recurso indican que los estudiantes presentan errores conceptuales, dificultades para construir modelos y representaciones virtuales quizás por el uso de imágenes simplificadas presentes en los textos de ciencias y, también en las clases (Tapia & Arteaga, 2012).

La Tecnología como recurso didáctico, en lo que respecta a las revistas y artículos seleccionados desde 2000-2021 para este estudio, fue un tema poco investigado, sólo 3 publicaciones, que representan el 1,6% de la información recopilada. La primera de ellas, del año 2019, trata sobre el desarrollo histórico del microscopio y un posterior práctico de laboratorio consistente en la construcción de un microscopio simple, elaborado con láminas de aluminio y esferas de vidrio y en el que se integran conocimientos de óptica (Del Mazo, 2019), contenido de Física que se estudia en 1° año de enseñanza media, en el currículum chileno. Una segunda publicación, del año 2020, trata sobre el aprendizaje de los niveles de organización biológica, mediante la programación en Scratch, investigación desarrollada en el contexto de la pandemia de COVID-19 como una metodología para fomentar pensamiento computacional, la alfabetización científica y tecnológica de los estudiantes en etapa escolar (Aguirre, Somoza, & Villarreal, 2020).

Con respecto al material concreto, solamente una publicación acerca de la enseñanza de la Biología Celular en contexto de inclusión, en la que se describe el desarrollo de una secuencia didáctica para un estudiante de segundo medio,

con deficiencia visual, donde se determinaron conocimientos previos y posteriormente se ejecutó la secuencia didáctica, obteniéndose por resultado una apropiación del conocimiento por parte del estudiante, quien logró diferenciar los seres formados por células, tipos de células animales y vegetales características de un virus y partes básicas de una célula, así como la mayoría los nombres y funciones de los orgánulos celulares (Da Silva, Vinholi, & Takeko, 2018).

v. Modelización

Como se observa en el Gráfico 8, la modelización en la dimensión didáctica, representa el 16,4 %, lo que en el total de publicaciones investigadas es el equivalente al 6,5%. Destacan los aportes realizados por María Luz Rodríguez-Palmero en los años 2001 y 2002, sobre la Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y su aplicación en el aprendizaje del concepto de célula, durante el desarrollo de un curso de orientación universitaria (o propedéutico). Los resultados indicaron la pertinencia de esta teoría en la comprensión de las representaciones de célula que elaboran los estudiantes (Rodríguez-Palmero, Marrero, & Moreira, 2001). Por otra parte, en el año 2002 publicó la segunda parte de la investigación anteriormente mencionada, cuyo objetivo fue analizar la estabilidad de los modelos mentales desarrollados por los estudiantes de COU, 5 años después, desde la perspectiva de la Teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, comprobando que ambas teorías están relacionadas, facilitando la comprensión de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje de conceptos científicos (Rodríguez-Palmero & Moreira, 2002). Una tercera publicación, en el año 2003, hace referencia a la organización de los contenidos de la Biología Celular desde la Teoría del Aprendizaje Significativo y la Teoría de la Elaboración, dando lugar a una propuesta de enseñanza de la Biología Celular enmarcada en la tradición curricular del “Top Down” (Rodríguez-Palmero & Marrero, 2003).

En la caracterización de esta categoría, los enfoques investigativos son cuantitativo, cualitativo y mixto. A continuación se presenta en el gráfico los porcentajes de cada uno:

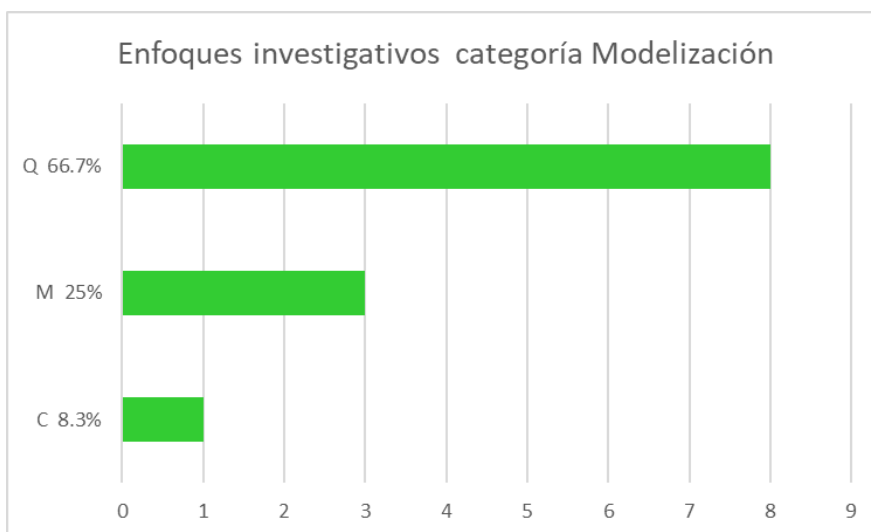


Gráfico 25: Enfoques investigativos categoría Modelización

Como se observa en el gráfico 24, el enfoque predominante es el cualitativo con un 66.7%, le sigue el enfoque mixto con un 25% y cuantitativo con un 8.3%.

En relación con los tipos de investigación documental, en esta categoría se tienen investigaciones sobre preconcepciones de los estudiantes, desarrollo histórico, estudio de caso, marco conceptual, propuesta pedagógica, revisiones bibliográficas y secuencias didácticas. A continuación se presenta la información organizada en el siguiente gráfico:



Gráfico 26: Tipos de investigación categoría Modelización

Esta categoría se caracteriza por ser muy diversa en relación a los tipos de investigación documental, predominan las investigaciones sobre ideas previas con un 33.3% (4 publicaciones), le sigue estudios de caso y propuestas pedagógicas con 16.7% cada uno (entre ambos tipos, 4 publicaciones). Finalmente, secuencias didácticas, revisión bibliográfica, marcos conceptuales y desarrollo histórico, con un 8.3% cada uno (1 publicación cada uno), representan el 33.2% de las publicaciones. Este aspecto del aprendizaje en ciencias es uno de los que ha sido más estudiados, razón que explica la variedad de investigaciones en esta categoría, pese a que del material seleccionado a lo largo de 21 años, sólo se encontraron 12 publicaciones, desde el 2000 al 2003, 1 por año, luego reaparecen publicaciones en esta categoría a partir del 2012 hasta el 2020, siendo en el 2020 el año con más investigaciones publicadas (3 publicaciones).

Finalmente, los países de procedencia y porcentaje de investigaciones en esta categoría, se muestran en el siguiente gráfico:

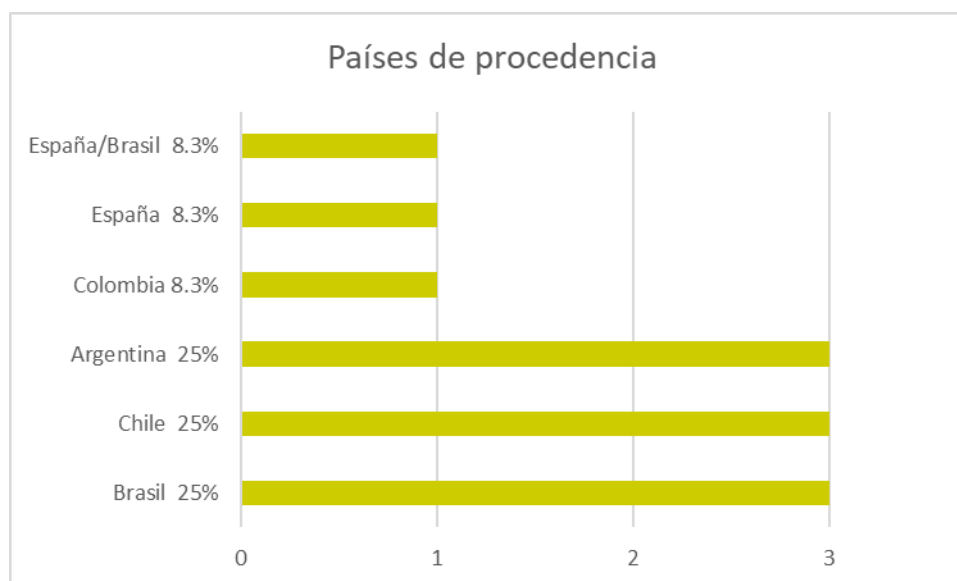


Gráfico 27: Procedencia de las investigaciones en categoría Modelización

Argentina, Brasil y Chile encabezan el 75% de las publicaciones, mientras que el 25% restante está conformado por España, Colombia y una publicación de España/Brasil.

Respecto a las publicaciones chilenas, la primera de ellas tuvo como objetivo analizar los modelos explicativos del estudiantado de 8vo básico, acerca de la estructura de la célula eucarionte animal, antes y después de una intervención didáctica, fundamentada desde el Modelo Cognitivo de Ciencia y estructurada según el Ciclo Constructivista de Aprendizaje. Una segunda publicación derivada de la primera. La tercera publicación consistió en el mapeo del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de célula. Finalmente, la investigación realizada de forma colaborativa entre España y Brasil tuvo como objetivo el análisis de las representaciones del alumnado desde la perspectiva de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird una vez trabajado el contenido escolar y cinco años después.

4.2.3.2. Dimensión Célula Eucarionte

La dimensión denominada Célula Eucarionte se caracteriza por la abundancia de publicaciones, las que se agruparon en 2 categorías que hacen alusión a los dos tipos celulares existentes: Célula animal y Célula vegetal. Con respecto a la cantidad de publicaciones, según lo indica el gráfico, constituye el 35,5% de las publicaciones analizadas en este estudio.

La composición de publicaciones de esta dimensión de análisis, se puede visualizar en el siguiente gráfico:

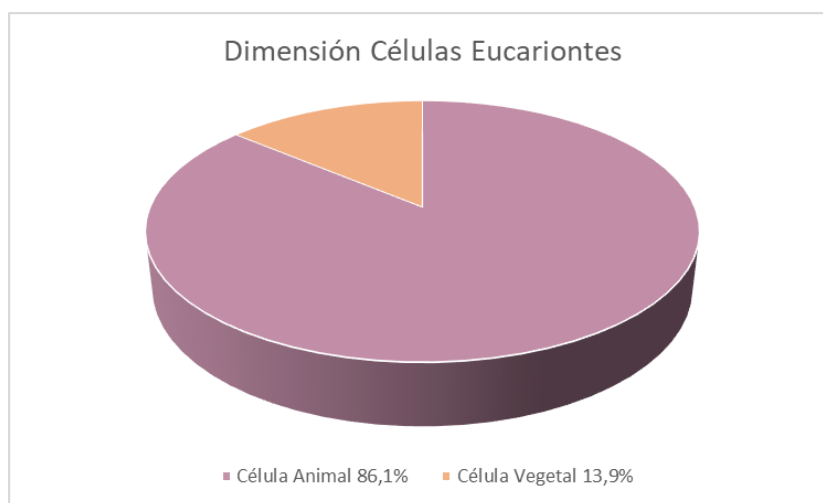


Gráfico 28: Composición porcentual de publicaciones sobre célula animal y vegetal

Se puede observar que esta dimensión se compone mayoritariamente por trabajos sobre la célula eucarionte animal, con un 86,1%, equivalente a 56 publicaciones seleccionadas que representan el 30,6% de investigaciones vinculadas a la enseñanza de la Biología Celular, el 13,9% restante corresponde a las publicaciones relacionadas con la célula vegetal, 9 publicaciones equivalentes al 4,9% del total del material analizado.

i. Célula Vegetal

La categoría de célula vegetal, está conformada por dos 2 subcategorías: Fotosíntesis y Procesos fisiológicos, cuyos números de publicaciones y sus respectivos porcentajes se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 14: Número de publicaciones con sus respectivos porcentajes para categoría Célula Vegetal

Célula Vegetal	N° de Publicaciones	Porcentaje (%)
Fotosíntesis	7	77,8%
Modelización de procesos fisiológicos	2	22,2%
Total	9	100

La información se representa en el siguiente gráfico:

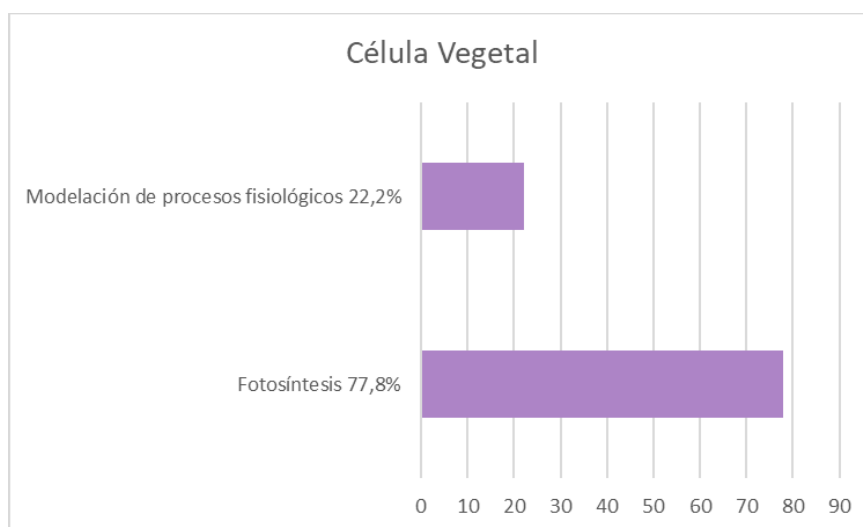


Gráfico 29: Composición porcentual categoría Célula Vegetal

a) Fotosíntesis

Las investigaciones analizadas referentes a la fotosíntesis representan el 3.8% del total de publicaciones. En el proceso de recopilación del material bibliográfico, las investigaciones didácticas en este contenido surgieron a partir del 2006, de forma intermitente, tal como se visualiza en el siguiente gráfico:

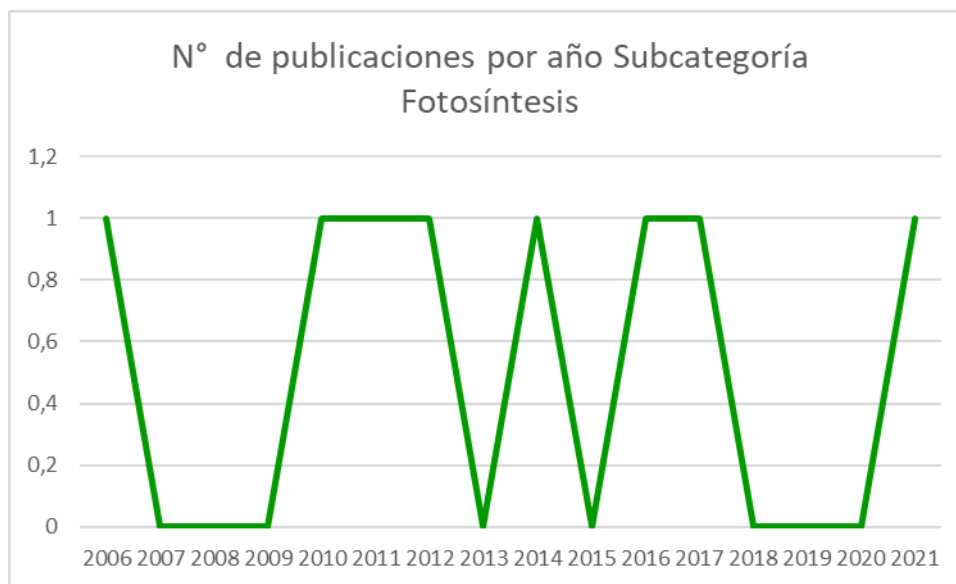


Gráfico 30: N° de publicaciones por año

Se observa que se produce otro vacío hasta el 2010. Desde el año 2012 hasta el 2016, 1 publicación cada 2 años, hasta el año 2016, luego reaparece 1 publicación en el año 2021.

Respecto a los enfoques investigativos, la totalidad es de enfoque cualitativo. Los tipos de investigación documental que se encuentran en esta subcategoría son estudios de caso, ideas previas, protocolo de laboratorio, revisión bibliográfica, como se presenta a continuación:

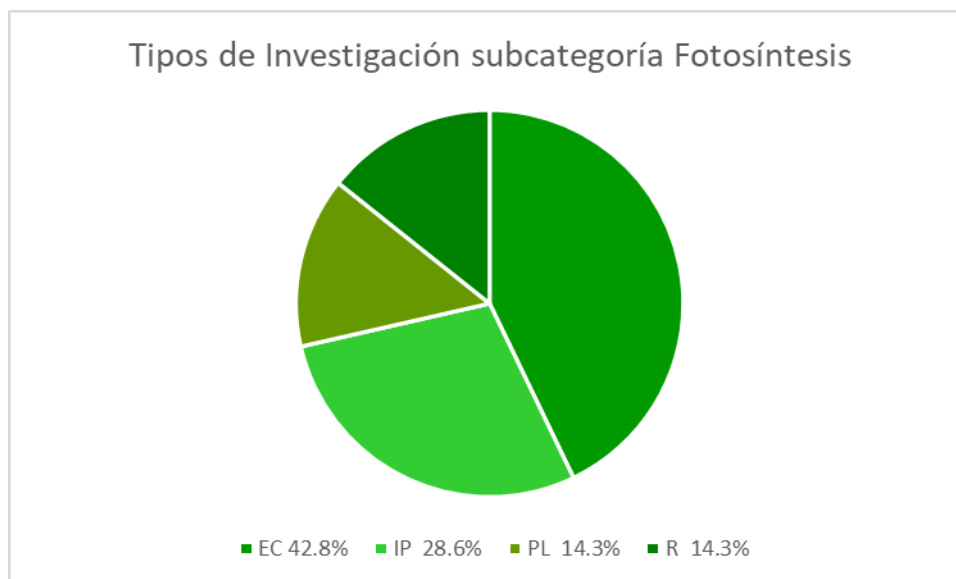


Gráfico 31: Tipos de investigación documental y sus porcentajes, subcategoría Fotosíntesis.

En las publicaciones referentes a la didáctica de la fotosíntesis, predominan los estudios de caso, con 3 publicaciones que corresponden al 42.8%. Otro aspecto del aprendizaje fueron las investigaciones sobre ideas previas con un 28.6%, protocolos de laboratorio y revisiones bibliográficas con un 14.3% cada uno. Finalmente, con respecto a la procedencia de las investigaciones, 3 publicaciones son colombianas, 3 brasileñas y 1 publicación de Argentina.

En esta subcategoría, se agrupan publicaciones que tratan el proceso de fotosíntesis desde diferentes ámbitos. Por un lado, una revisión acerca del origen y el desarrollo histórico de las ideas alternativas sobre Fotosíntesis y Respiración, así como nuevas propuestas metodológicas para la enseñanza de ambos procesos, a fin de evitar la aparición de nuevos errores conceptuales. Esta revisión permitió comprobar que existen dificultades por parte de los estudiantes para comprender ambos procesos, e incluso, la persistencia de errores conceptuales luego de recibir la instrucción y la aparición de otras dificultades, que tienen diversos orígenes: los maestros, los textos de estudio y los diseños curriculares (Charrier, Cañal, & Vega, 2006). Frente a estas dificultades, surgen propuestas pedagógicas en el marco de la enseñanza para la comprensión, como el desarrollo de prácticas de laboratorio, las que demostraron que, a través de

montajes sencillos, es posible la comprensión de procesos complejos, a la vez de fomentar el desarrollo de competencias de explicación e indagación (Garnica & Arteta, 2010). Otro tipo de investigación en esta subcategoría son los estudios de caso, por ejemplo, con un estudiante de 6° grado quien construyó significados a partir de una actividad investigativa, los que fueron analizados en las formas de aprendizaje significativo: supraordenado, subordinado y combinatorio. Un mes después, el estudiante fue sometido a una evaluación para verificar la transferencia de los significados producidos para nuevas situaciones problema, en que se demostró la superación de errores conceptuales y la jerarquización de los significados en su estructura cognitiva (Freitas & Laburu, 2012). Los mismos autores, un año antes, realizaron una actividad de características similares, con 5° básico. El contenido se desarrolló a través de una actividad investigativa con el uso de la multimodalidad representacional en forma de texto, imagen, además de la interacción dialógica vía oral entre los estudiantes y el docente. Posteriormente se analizaron los significados contruidos por los estudiantes donde se verificó la diversificación y enriquecimiento de los significados iniciales (Freitas & Laburu, 2011). Finalmente 2 estudios sobre aprendizaje significativo crítico, ambos con estudiantes de 7° grado, uno enfocado a los procesos de Fotosíntesis y Respiración mediante una unidad didáctica (Afanador & Mosquera, 2016), y el segundo, orientado al concepto de Fotosíntesis, a partir de un trabajo práctico de laboratorio (Obando & López, 2021).

b) Modelización de Procesos Fisiológicos

De las 10 revistas seleccionadas a lo largo de 21 años de publicaciones, sólo se encontraron 2 publicaciones sobre procesos fisiológicos: el primero, referente al desarrollo histórico del modelo de nutrición vegetal y el segundo, acerca de modelos explicativos sobre la respiración vegetal y su relación con la contaminación ambiental.

Respecto a la investigación sobre el desarrollo histórico de los modelos de nutrición y respiración vegetal, se puede concluir que poseen una gran utilidad didáctica, por las siguientes razones:

- Permite a los estudiantes comprender el conocimiento como un proceso discontinuo. Los trabajos de Thomas Kuhn y Gastón Bachelard plantean la naturaleza dinámica de la historia de las ciencias. La evolución del conocimiento científico está fundamentada en los frecuentes obstáculos y rupturas epistemológicas, así como de las revoluciones científicas.
- La evolución del conocimiento científico está relacionada con el desarrollo cognitivo de las personas, por lo que los docentes, mediante la planificación didáctica, establecen un puente entre la historia de la ciencia y el desarrollo cognitivo del estudiante, intencionando el proceso enseñanza-aprendizaje a partir de rupturas epistemológicas (Chávez, 2002).
- Respecto a la relación entre modelo de respiración vegetal y contaminación ambiental, los estudiantes dan una aproximación acerca de que, al afectarse la respiración por una condición ambiental, también se afecta la producción de energía, lo que se corrobora Azcón, quien describe que al haber una alteración en el proceso respiratorio-fotosintético se va a producir una disminución de la energía neta y por ende, el desarrollo vegetal se afectará (Azcón-Bieto & Talon, 2013).
- El modelo de respiración vegetal se encuentra en constante evolución, pero aun describe y emplea esas visiones pasadas que representa la importancia de la historicidad del fenómeno. generando nuevas alternativas curriculares como didácticas, que permitan una intervención a estos modelos explicativos, capacitando al estudiantado no solo a

comprender este proceso, sino también a nutrir su capacidad explicativa y predictiva (Rojas, Velasco, Pachón, & Granobles, 2021).

En cuanto a la caracterización de las investigaciones en esta subcategoría, ambas tienen un enfoque cualitativo, la primera de ellas data del 2002 y la segunda es del año 2021. Respecto a los tipos de investigación documental, la publicación del año 2002 es de desarrollo histórico y la publicación más reciente trata sobre ideas previas.

i. Célula Animal

La categoría célula animal está constituida por 3 aspectos de la fisiología celular: División Celular, Síntesis de Proteínas y Genética. El detalle del número de publicaciones y sus respectivos porcentajes, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 15: N° de publicaciones y sus respectivos porcentajes por subcategoría

Célula Animal	N° de Publicaciones	Porcentaje (%)
Genética	47	84
División Celular	5	8,9
Síntesis de Proteínas	4	7,1
Total	56	100

La información de la tabla está representada en el siguiente gráfico:

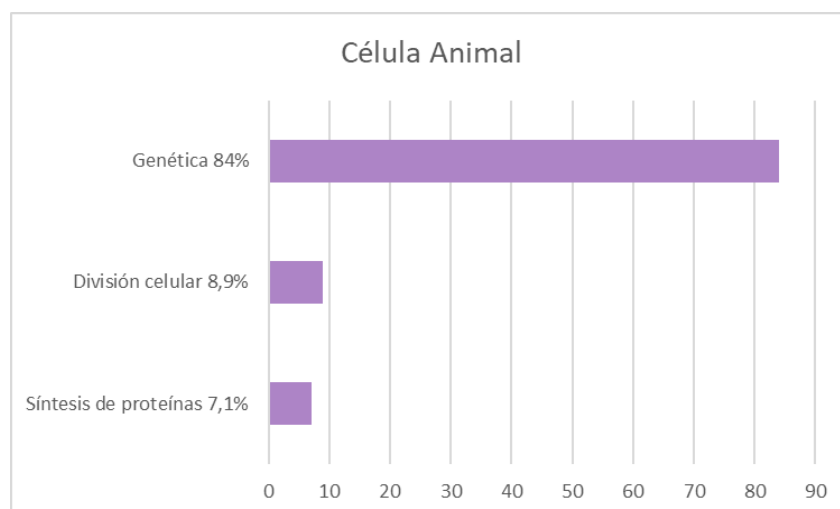


Gráfico 32: Composición porcentual de la categoría Célula animal.

Se evidencia que el 16% de las publicaciones comprenden los procesos de División Celular y Síntesis de Proteínas, representando el 4,9% del total de publicaciones, mientras que Genética representa el 84%, el equivalente al 25,7% del total del material seleccionado. A continuación, se discutirán los resultados de cada subcategoría:

a) División Celular

En esta subcategoría, se analizaron 5 investigaciones publicadas entre el año 2016 hasta el año 2021, lo que representa el 2,73% del total de publicaciones seleccionadas, las que se representan en el siguiente gráfico:

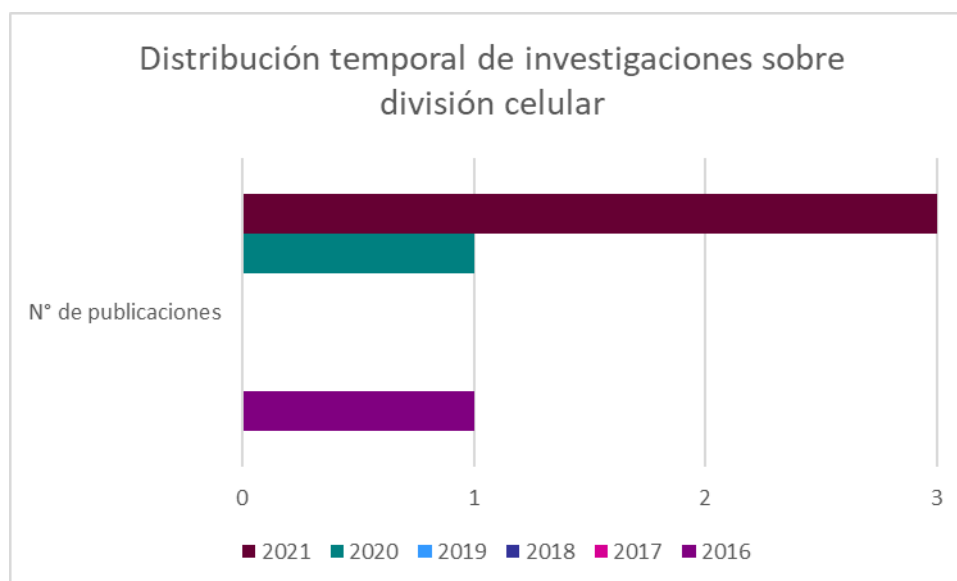


Gráfico 33: Número de publicaciones entre los años 2016-2021

Las investigaciones se caracterizaron por ser de metodología mixta (3 publicaciones) y cualitativas (2 publicaciones). Además, se trataron de investigaciones sobre ideas previas (2 publicaciones), revisión bibliográfica (1 publicación), secuencias didácticas (1 publicación) y propuesta pedagógica (1 publicación), por lo tanto, se centraron en las preconcepciones de los estudiantes y el desarrollo de estrategias de enseñanza. Los países de procedencia de las investigaciones fueron: Brasil, España, Colombia y Argentina.

El bajo porcentaje de investigaciones desarrolladas en este contenido, publicadas en revistas especializadas en enseñanza de las ciencias y, específicamente, de la Biología, indica que es un tema del contenido curricular poco explorado pese a que

“...corresponde a uno de los tópicos estudiados en la Biología Celular que presenta mayores dificultades de aprendizaje en los estudiantes. Sin embargo, este conocimiento es de fundamental importancia, como requisito previo a otros contenidos, como la gametogénesis y la genética” (Borba, Rodríguez, & Soares, 2016).

Cabe señalar que en el contenido de división celular pocas veces logra ser aprendido significativamente, quizás por la metodología utilizada en el aula, que se basa en la exposición verbal de cada fase, o incluso en trabajos de consulta bibliográfica, sin que el alumno sea capaz de identificar su gran importancia o contextualización en las etapas del proceso (Falcão & Leão, 2007).

Los objetivos de aprendizaje del currículo nacional para este contenido son:

- **CN7OA 02:** Explicar la formación de un nuevo individuo, considerando: El ciclo menstrual (días fértiles, menstruación y ovulación). La participación de espermatozoides y ovocitos. Métodos de control de la natalidad. La paternidad y la maternidad responsables.
- **CN2MOA 03:** Explicar que la sexualidad humana y la reproducción son aspectos fundamentales de la vida del ser humano, considerando los aspectos biológicos, sociales, afectivos y psicológicos, y la responsabilidad individual frente a sí mismo y los demás.
- **CN2MOA 06:** Investigar y argumentar, basándose en evidencias, que el material genético se transmite de generación en generación en organismos como plantas y animales, considerando: -La comparación de la mitosis y la meiosis. -Las causas y consecuencias de anomalías y pérdida de control de la división celular (tumor, cáncer, trisomía, entre otros).

En 7° Básico, el énfasis de la división celular está en la gametogénesis, especialmente en el ciclo sexual femenino, como un contenido previo para desarrollar el contenido de fecundación, embarazo, métodos anticonceptivos. En 2° medio se estudia en mayor profundidad la gametogénesis, reproducción celular (mitosis y meiosis) y genética. Por lo tanto, un buen conocimiento de la división celular, nociones de probabilidad y poder relacionar adecuadamente este conocimiento con los contenidos relacionados a la genética, posibilitan su aprendizaje significativo.

b) Síntesis de Proteínas

La síntesis de proteínas es un contenido curricular poco investigado, menos que la división celular. 4 publicaciones que representan el 2.2% del total. Las publicaciones se comprendieron entre los años 2005 hasta 2020. Los enfoques investigativos fueron cualitativos (3 publicaciones) y 1 publicación cuyo enfoque fue indeterminado, por tratarse de una ponencia donde se relata una experiencia a partir de una propuesta pedagógica. Los países de procedencia fueron: Brasil (1 publicación), España (1 publicación), Colombia (1 publicación) y Argentina (1 publicación).

En el siguiente gráfico se representa la distribución temporal de las publicaciones de esta subcategoría:

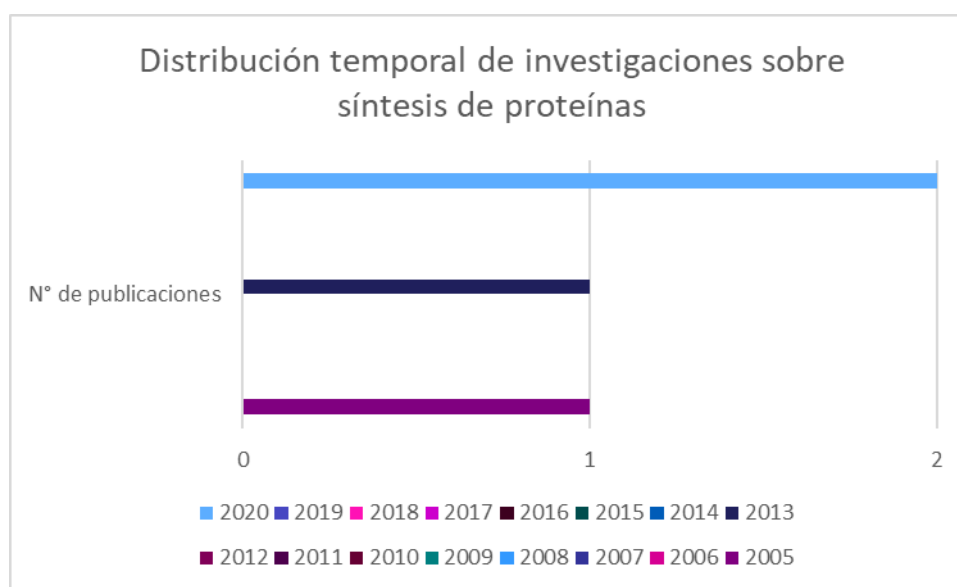


Gráfico 34: N° de publicaciones sobre síntesis de proteínas entre los años 2016-2022

Como se puede observar en el gráfico, en un período de tiempo que abarca 15 años, sólo se encontraron 4 publicaciones sobre la enseñanza de este contenido: 1 publicación el año 2005, 1 publicación el año 2013 y 2 publicaciones para el año 2020. Las publicaciones de esta subcategoría fueron propuestas pedagógicas (3 publicaciones) y revisiones bibliográficas (1 publicación). La procedencia de las investigaciones fue: Argentina, Brasil, España y Colombia.

Como se puede apreciar en la descripción de las publicaciones, en esta subcategoría, la investigación didáctica es escasa, aunque desde el año 2020 hubo un aumento importante, por causa de la pandemia de COVID-19:

“[...] permitiendo que la situación actual se convirtiera en una oportunidad para el trabajo colaborativo y además fuera un eje motivador para continuar mejorando las competencias desde casa, a través de la rigurosidad que lleva un proceso de investigación en ciencias naturales” (Castañeda, 2020, pág. 41).

Cabe señalar, que los niveles educativos que abarcaron estas investigaciones fueron principalmente, el nivel universitario (durante la formación docente) y E.S.O (el equivalente a la enseñanza media de nuestro país). Esto se debe a que el currículum de Biología, en los países mencionados, establece este contenido en secundaria y primeros años de pedagogía o licenciatura en ciencias. El currículum chileno sigue la misma tendencia.

Con respecto a las publicaciones, Treagust, Harrison y Venville (1998) indican que la analogía, para que sea una herramienta eficaz debe ser presentada en una forma sistemática y con límites bien definidos, ya que se han podido identificar fallas en los límites de aquellas y no en la analogía en sí que es usada por el docente.

Se destaca el uso del modelo didáctico analógico (MDA) para el aprendizaje significativo crítico, en el que se desarrolló una propuesta pedagógica y que, al final de las actividades propuestas, considera un momento de metacognición. En general, la propuesta pedagógica propende al desarrollo de habilidades de pensamiento superior. El principal aporte de los MDA, en palabras de Moreira (2010) es posibilitar el aprendizaje de un conocimiento que permite al sujeto ser parte de una cultura, pero a la vez, estar fuera de ella.

Por otra parte, el análisis de contenido de textos escolares y de bachillerato, con el objeto de conocer la evolución del modelo de proteína presente en los libros, da cuenta que los más completos, son aquellos que introducen la mayor parte de

los conceptos relacionados con las proteínas (de acuerdo al nivel educativo). La progresión en la cantidad de contenidos de los textos, a medida que se avanza en niveles educativos, permiten a los estudiantes el desarrollo de modelos mentales más complejos (Mazas & Cascarosa, 2020).

Finalmente, la propuesta didáctica desarrollada por estudiantes colombianos de 9° grado sobre la creación de una vacuna que pudiera contrarrestar la pandemia actual; empleando como herramientas *“la variedad de habilidades y de información que exige el tratamiento científico de los problemas”* (Bunge, 1919) facilitó el desarrollo en los estudiantes de competencias como: el uso adecuado del conocimiento científico, indagación y explicación de fenómenos.

c) Genética

Esta subcategoría fue la que presentó mayor cantidad de publicaciones. En el currículum de Biología para 1° y 2° año medio en nuestro país, el contenido de genética abarca genética molecular (estructura del ADN, cromátidas, cromosomas homólogos, ADN codificante, regulación génica, transcripción, traducción, replicación, variación), mitosis, meiosis, genética mendeliana, determinación del sexo y cromosomas sexuales, mutaciones cromosómicas, herencia extranuclear, genética moderna (epigenética, células madre), genómica (ADN recombinante, aspectos éticos de la ingeniería genética y la biotecnología), lo que explica el predominio de publicaciones. Cabe señalar que, en la búsqueda bibliográfica para la realización de este estudio, predominaron las publicaciones sobre genética en células eucariontes animales, por sobre genética en células vegetales y en células procariontes (cuyo análisis se verá más adelante). También destacar la diversidad temática en el material recopilado de esta subcategoría, el que fue clasificado en torno a los siguientes temas: Biotecnología, Conceptualización, Genética y artes, Herencia, Modelización, Propuestas didácticas, Reviews, Textos didácticos y uso de TIC. Los detalles de

cantidad de publicaciones por tema y sus porcentajes, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 16: Diversidad temática en subcategoría Genética

Genética	N° de Publicaciones	Porcentaje (%)
Propuestas didácticas	11	23,4
Herencia	9	19,1
Modelización	5	10,6
Conceptualización	5	10,6
Uso de TIC	5	10,6
Textos didácticos	4	8,6
Biotecnología	3	6,4
Aspectos artísticos	3	6,4
Reviews	2	4,3
Total	47	100

La información de la tabla, se encuentra resumida y representada en el siguiente gráfico:

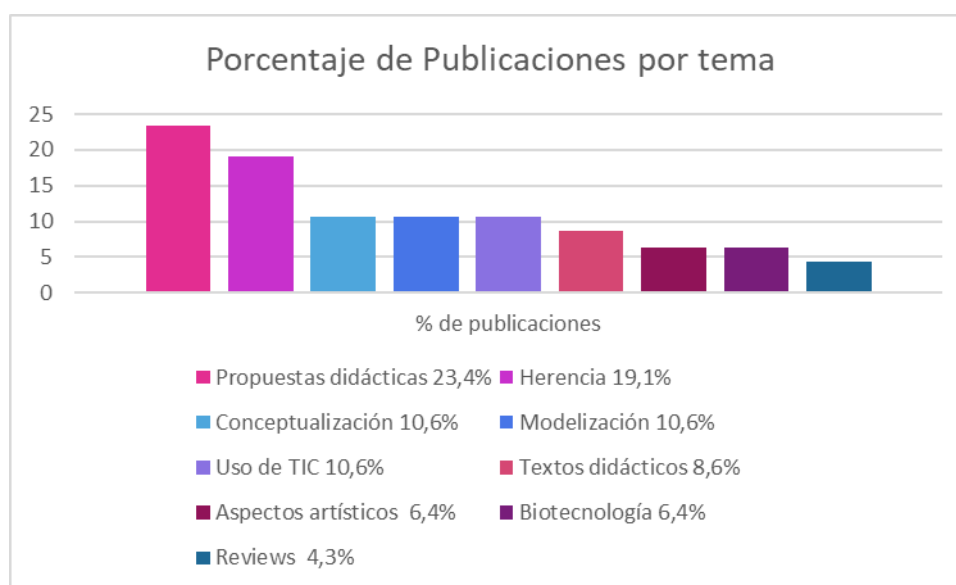


Gráfico 35: Porcentaje de publicaciones por tema en la subcategoría Genética.

De los datos obtenidos y representados en el gráfico, se observó que los temas con mayor número de publicaciones son Propuestas didácticas y Herencia, que en conjunto concentran el 42,5%, el equivalente a 20 publicaciones y el 11% de las publicaciones seleccionadas para este estudio. La Genética representa uno de los contenidos de Biología donde los estudiantes presentan mayor dificultad, debido a la cantidad de términos técnicos, los que no forman parte del lenguaje cotidiano y por un abordaje descontextualizado y desactualizado de los contenidos (Krasilchik, 2000; Cid & Neto, 2005 citados en Souza, Da Cunha, & Moreira, 2020), siendo una de las causas, pero no la única, del desarrollo de propuestas didácticas que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje. Destacan diseños de unidades didácticas con un enfoque histórico (Bustos, García, & Hernández, 2017), debates sobre el impacto social y aspectos éticos en el uso de tecnologías de edición genética (Bermúdez J. , 2021), el uso de la filatelia para la enseñanza desde un enfoque socio-histórico-cultural (Navajas, 2021), secuencias didácticas basadas en la neurociencia y el Brain-Based-learning o Aprendizaje basado en el cerebro (Seidel, Frigo, Klein, & De Francisco, 2020).

Herencia es uno de los tópicos de Genética que presenta mayores dificultades en los estudiantes de secundaria. Con frecuencia, los estudiantes muestran errores en la conceptualización de genes, cromosomas y ADN. Se ha observado que difícilmente logran relacionar la información genética con los cromosomas y dificultades para la comprensión de los procesos de mitosis y meiosis, así como su finalidad (Grande, Charrier, & Vilanova, 2009). Por otra parte, la resolución de problemas en genética implica un mayor nivel de matemáticas y el trabajo práctico requiere de semanas o meses (Rodríguez B. , 1995). Estas dificultades conllevan a deficiencias en la conceptualización y por lo tanto, en la elaboración de representaciones mentales y modelos, lo que se evidencia en los resultados obtenidos donde Conceptualización y Modelización tienen el mismo porcentaje de publicaciones.

Cabe señalar que Uso de TIC y Textos Didacticos, representan los recursos didácticos más utilizados en la enseñanza de la Genética, por parte de los

docentes. Sin embargo, para el caso de los textos escolares existen conflictos entre la Genética Clásica y Moderna, que se traducen en diferencias de relevancia con el que se trata el contenido (Xavier, Sá Freire, & Ozório, 2006), además, los textos no siempre incorporan los cambios sugeridos por la investigación didáctica (Garrido-Navas & González-García, 2017).

Respecto al ámbito de la Biotecnología, sólo 3 publicaciones fueron encontradas en las revistas seleccionadas y todas relacionadas con los Organismos Modificados Genéticamente (OMG). El primero de ellos data del año 2008 donde se destacan las aplicaciones de los OMG en bacterias, animales y plantas. Se describen someramente los métodos así como los beneficios de estos organismos respecto a la alimentación, aspectos sanitarios, ambientales y la conveniencia de su utilización, demostrado en el incremento de su utilización y producción a escala mundial en países desarrollados (Jouve, 2008). La segunda publicación del año 2014 trata sobre el problema de los OMG y la formación científica del ciudadano común (Dourado & Matos, 2014). La tercera publicación del año 2021 trata de una experiencia educativa donde se invita a los estudiantes a convertirse en agentes para descubrir “el código de la vida” a partir de una historia basada en la aparición de un OMG imaginario en la escuela (Burdisso, 2021).

En Reviews, hay 2 publicaciones: la primera de ellas es del año 2009 y consiste en una investigación acerca de la enseñanza de la Genética y la Biología Molecular y su relación con las publicaciones científicas, las que se sometieron a una revisión bibliográfica (Romário & Medeiros, 2009). La segunda publicación, del año 2013 que trata el desarrollo histórico del ADN (Silva, Passos, & Villas Boas, 2013).

Finalmente, se encontraron publicaciones que trataban sobre Genética asociada a una expresión artística como la música, literatura y cine. La primera de ellas, del año 2013, un estudio cuyo objetivo fue comprobar si los significados sobre genética transmitidos por las películas que ven los estudiantes podrían generar concepciones alternativas sobre el tema. Se demostró que los significados

transmitidos por las películas pueden reforzar las ideas previas de los estudiantes, convirtiéndose en obstáculos de aprendizaje (Abril & Muela, 2013). En la segunda publicación se investigaron las representaciones sociales presentes en las canciones que suelen escuchar los adolescentes. Considerando que estas representaciones son productos socialmente elaborados, compartidos, y que las canciones son actos comunicativos masivos, a partir del análisis de los textos de las canciones, se interpretó la información obtenida desde la influencia que ejercen en el pensamiento, comportamiento y comunicación de los jóvenes y cómo los textos de las canciones pueden ser potenciales obstáculos para un adecuado aprendizaje de la Genética (Mateu & Moreira, 2014). Finalmente, la tercera publicación, del año 2021, tiene relación con la integración de la Lengua y la Literatura con la Biología. La propuesta consistió en la lectura personal de textos, para luego compartir las historias como herramientas y facilitar el desarrollo de contenidos de ambas disciplinas. Para Biología: el origen de la noción de gen, fenotipo y genotipo; origen de la vida, mecanicismo y organicismo; contexto de producción de las investigaciones; ideas que pudieron servir de base para la construcción de las teorías; vicisitudes, azares y controversias que rodean la tarea del científico, historia interna y externa de ambas creaciones. Para lengua y literatura: el uso de recursos cohesivos (referencia, sustitución), identificación en el texto del léxico y vocabulario especializado, elaboración de palabras claves, subtitulación de párrafos; distribución y selección de información que permita recuperar el tema, la hipótesis o idea fundamental (Corbacho, 2021).

Por otra parte, se tiene que la cantidad de publicaciones en esta subcategoría, presenta altos y bajos en los últimos 21 años. Sin embargo, pese a las variaciones, se observa una tendencia al alza desde el año 2019 con 3, 4 y 7 publicaciones, respectivamente. Esta alza, casi duplicando la cantidad de publicaciones del año 2020 puede atribuirse al efecto de la pandemia, que en términos de desarrollo de investigación didáctica, ha sido favorable, como lo muestra el siguiente gráfico:

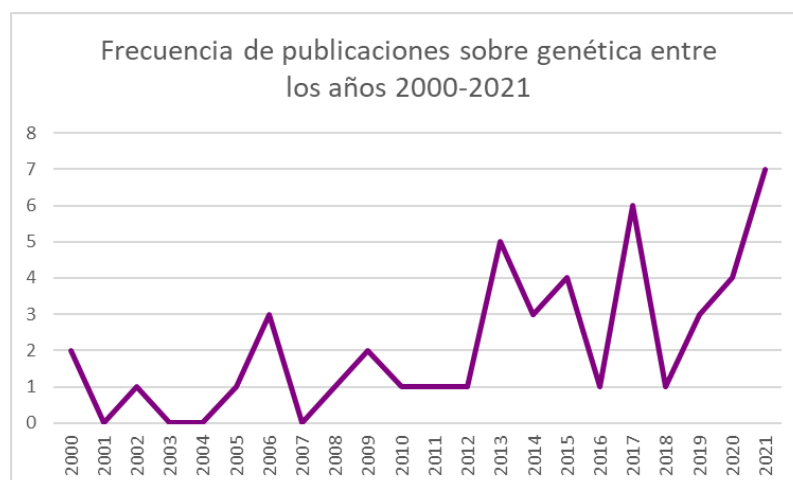


Gráfico 36: N° de publicaciones en Genética entre los años 2000-2021

Con respecto a las características de las publicaciones, los tipos de enfoques investigativos fueron variados, los que se pueden observar en el siguiente gráfico:

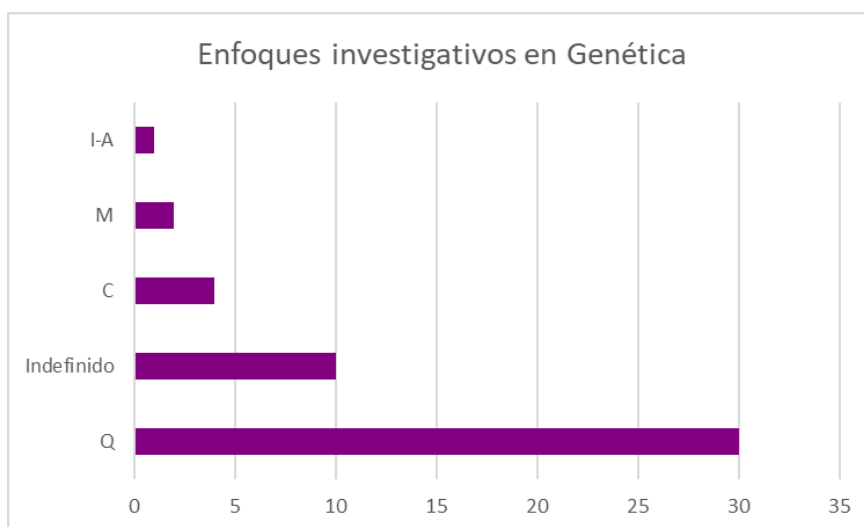


Gráfico 37: Enfoques investigativos en publicaciones sobre Genética.

En cuanto a enfoques investigativos, se tiene 1 publicación que corresponde a investigación-acción, 4 publicaciones con enfoque cuantitativo, 2 publicaciones con enfoque mixto, 10 publicaciones no especificado y 30 publicaciones de enfoque cualitativo. En esta subcategoría, las publicaciones se caracterizan por la variedad de tipos de investigación, tal como se puede observar en el gráfico que se presenta a continuación:

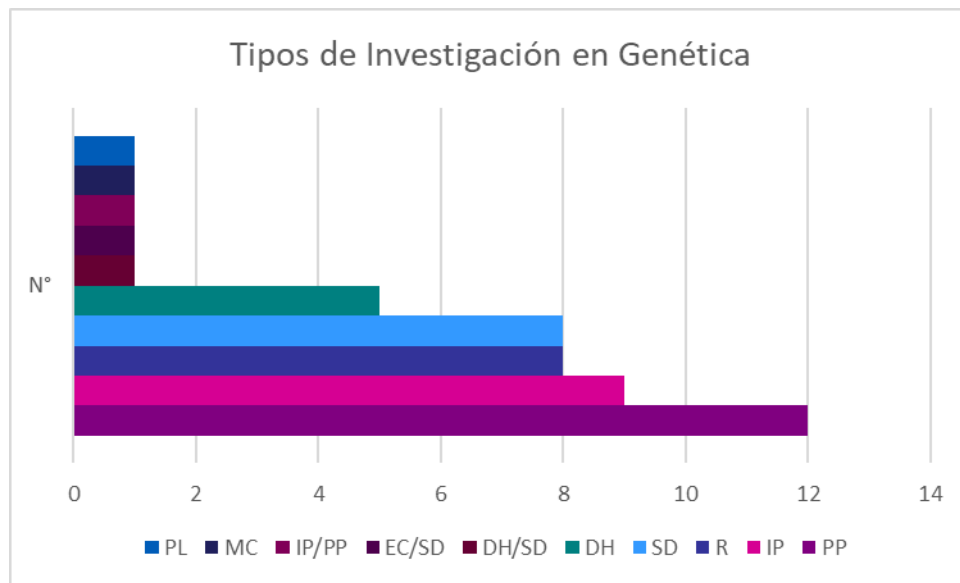


Gráfico 38: Tipos de Investigación

Se tienen los siguientes tipos de investigación:

1. Desarrollo Histórico (DH):	5 publicaciones
2. Desarrollo Histórico/Secuencia Didáctica (DH/SD):	1 publicación
3. Estudio de caso/Secuencia Didáctica (EC/SD):	1 publicación
4. Ideas Previas (IP):	9 publicaciones
5. Ideas Previas/ Propuestas Pedagógicas (IP/PP):	1 publicación
6. Marco Conceptual (MC):	1 publicación
7. Protocolo de Laboratorio (PL):	1 publicación
8. Propuesta Pedagógica (PP):	12 publicaciones
9. Reviews (R):	8 publicaciones
10. Secuencia Didáctica (SD):	8 publicaciones

A partir del gráfico y la cantidad de publicaciones por tipo de investigación, se observa que la investigación en la didáctica de la Genética se ha centrado principalmente, en las preconcepciones de los estudiantes, propuestas pedagógicas, secuencias didácticas y revisiones bibliográficas.

Respecto a la procedencia de las investigaciones, provienen de: Brasil, España, Colombia, Argentina y Portugal, como se observa en el siguiente gráfico:

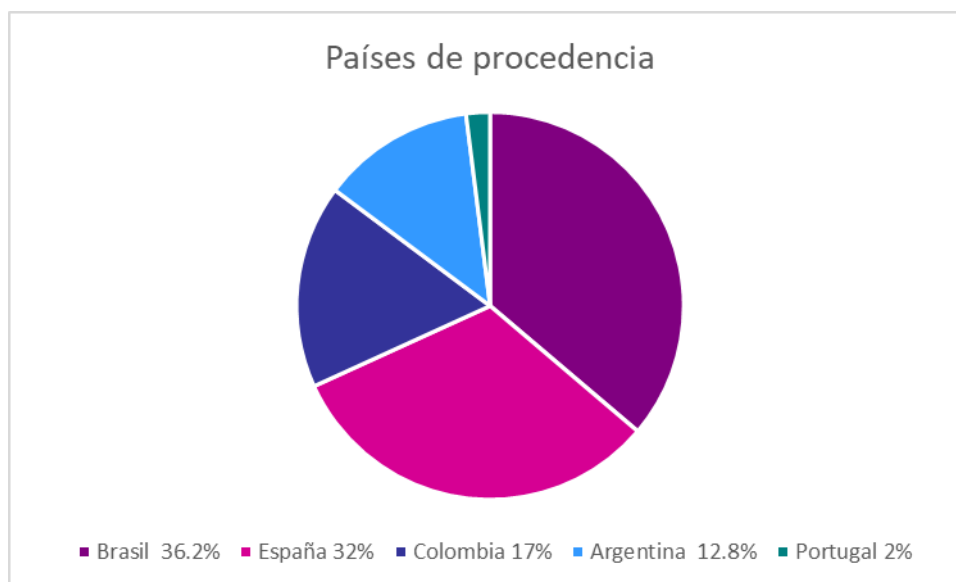


Gráfico 39: Procedencia de investigaciones sobre Genética.

Como se observa en el gráfico, Brasil representa el 36.2% (17 publicaciones), España con un 32%, el equivalente a 15 publicaciones. Colombia aporta el 17% con 8 publicaciones, Argentina con 6 publicaciones que corresponden al 12.8% y finalmente, Portugal con 1 publicación, equivalente al 2%. No se encontraron publicaciones procedentes de Chile.

4.2.3.3. Formación del Profesorado

Esta categoría hace alusión a la formación de los docentes en la Educación Superior. Este aspecto fue considerado como un factor importante en el aprendizaje de la Biología Celular por parte de los estudiantes, puesto que la forma en que el docente conceptualice, construya representaciones y modelos mentales, así como los obstáculos de aprendizaje que presente, influirá en los procesos de aprendizaje de los estudiantes, e incluso, promover el desarrollo de ideas erróneas (Nuñez, Pereira, Maturano, & Mazzitelli, 2007).

Las publicaciones clasificadas en esta categoría, estaban relacionadas en los siguientes aspectos: Conocimiento Didáctico y Pedagógico, Modelos y Modelización, y Obstáculos del Aprendizaje, los que se representan en el siguiente gráfico:

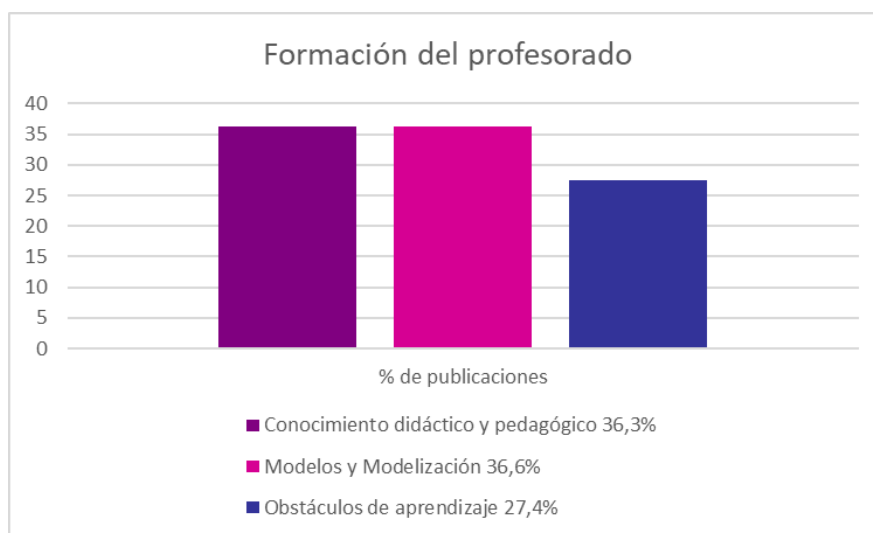


Gráfico 40: Aspectos involucrados en la formación docente y porcentajes de cada uno.

En el gráfico se observa que del total de publicaciones de esta categoría (22 estudios) el 73,2% corresponden a conocimiento didáctico y pedagógico, junto con Modelos y Modelización, lo que representan el 8,7% del total de publicaciones analizadas. Para el caso de las publicaciones del área de Conocimiento Pedagógico, en el contexto de las revistas que fueron seleccionadas, investigaciones en esta área comienzan a partir del año 2012. En el caso de Modelos y Modelización, las publicaciones comienzan en el año 2001, lo que podría ser un indicio de que hay una tendencia, desde el año 2010, hacia el desarrollo de investigaciones no sólo a los estudiantes a nivel escolar, sino que también en el ámbito de la formación en pregrado de Pedagogía, ya que la formación del profesorado constituye un núcleo significativo de investigación didáctica de las Ciencias Experimentales (Porlán & Rivero, 1998; Martín del Pozo & Porlán, 1999; Imbernón, 2001; Mellado, 2003; Gimeno, 2007, citados en Bonil & Pujol, 2008). Para el caso de Modelos y Modelización, las investigaciones analizadas señalan que la diferencia entre representaciones idiosincrásicas que

construyen los estudiantes con respecto a las representaciones científicas, impide el aprendizaje significativo (Galagovsky & Adúriz-Bravo, Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico, 2001). Por otra parte, el estudio de modelos explicativos ha permitido identificar obstáculos para el aprendizaje de la Biología, dando lugar a una tipología: Determinismo Biológico, Tipos de representación, Concepciones inducidas, Usos del lenguaje y Analogías (Tamayo, Orrego, & Dávila, 2014).

4.2.3.4 Células Procariontes. Aprendizaje de la Microbiología

Esta categoría recopiló investigaciones relacionadas con la implementación de secuencias didácticas en prácticos de laboratorio con los estudiantes, por lo que se tratan de protocolos de trabajo orientados hacia los siguientes temas: Microscopía, Microbiología en educación primaria y Microbiología aplicada.

En Microbiología para educación primaria, destaca una investigación sobre microorganismos y hábitos de higiene, donde se analizaron las ideas de los alumnos (6-8 años) sobre microorganismos e higiene básica, contrastando el aprendizaje a través de un método experimental y mediante uno más tradicional, durante la intervención y después de dos meses. La información se obtuvo mediante dibujos y cuestionarios a niños y a padres. Los resultados evidenciaron que los niños tienen, en general, una concepción limitada y negativa sobre los microorganismos, aunque sus hábitos de higiene sean aceptables (Molina, Paños, & Reyes, 2021). Por otra parte, otra investigación plantea la enseñanza sobre microorganismos mediante el uso de historietas, en el caso de este estudio, el objetivo fue ampliar conocimientos y disminuir preconceitos relacionados con la hanseniasis (Saavedra, de la Rocque, Cabral, & Ozório, 2011).

En Microscopía, las investigaciones consistieron en prácticos de laboratorio para fabricar un microscopio como el utilizado por Leewenhoek. Posteriormente se utilizó para observar células de epidermis de cebolla y células sanguíneas (Garrido & Barcia, 2011). Por otra parte, destaca el protocolo para construir y analizar una columna de Winogradsky en la que se observaron distintas

poblaciones bacterianas, a lo largo de la columna (López J. , La columna de Winogradsky, un ejemplo de microbiología básica en un laboratorio de educación secundaria, 2008). Finalmente, la integración de las TIC en la enseñanza de la microbiología mediante un recurso que permite simular las condiciones de trabajo de un laboratorio presencial superando algunas de las limitaciones de estas actividades.

En Microbiología Aplicada, las investigaciones consistieron en prácticos de laboratorio para secundaria, excepto una investigación cuyo objetivo fue la enseñanza de la microbiología a partir del estudio de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Las investigaciones restantes trataron sobre: Aprendizaje por indagación en la enseñanza de la Microbiología de suelos (Montanez, Trasante, Silva, & Imbert, 2021). Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias (López & Boronat, 2016), Observación de actividad antimicrobiana del ajo, Microbiología de la producción de hidrógeno (López, 2011), Estudio de la fermentación de la glucosa por *Saccharomyces cerevisiae* (López & Boronat, El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria., 2011) y finalmente, producción controlada de sulfuro de hidrógeno (López, Jiménez, Fabregat, & J., 2010).

Cabe señalar que, de las 14 publicaciones en esta categoría, 6 de ellas fueron realizadas por José Pedro López Pérez y todas, publicaciones de la revista EUREKA.

Cabe señalar que las investigaciones en esta categoría pertenecen a 3 enfoques: cualitativo, Investigación-acción y mixto:

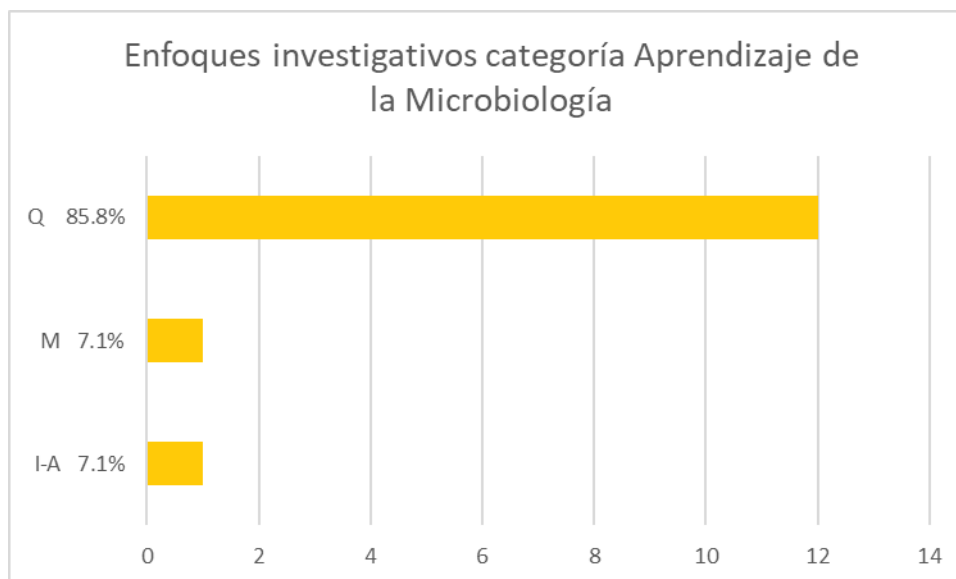


Gráfico 41: Enfoques investigativos Aprendizaje de la Microbiología

En el aprendizaje de la Microbiología predomina con un 85.8% el enfoque cualitativo, equivalente a 12 publicaciones. El enfoque mixto y de investigación-acción representan en conjunto 14.2% con una publicación cada uno. Por otra parte las publicaciones provienen de Brasil, España, Colombia y Uruguay:

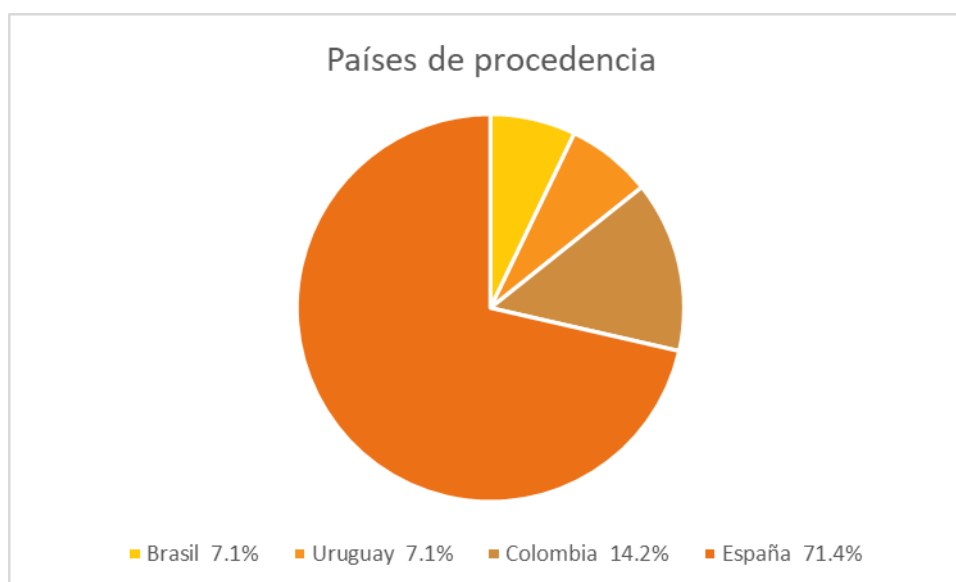


Gráfico 42: Procedencia de las publicaciones sobre Aprendizaje de la Microbiología.

El 71.4% de las investigaciones (10 publicaciones) proviene de España, 14.2% de Colombia (con 2 publicaciones), Brasil y Uruguay con 7.1% cada uno (1 publicación de cada uno).

4.2.3.5. Conceptualización de ser vivo

En esta categoría, sólo se encontraron 7 publicaciones a lo largo de 21 años, lo que constituye el 3,8% del total del material bibliográfico analizado en este estudio. A su vez, las publicaciones estaban enfocadas en 2 tópicos: Conceptualización y Modelos explicativos.

En Conceptualización, se encontraron investigaciones donde se caracterizó el concepto biológico de vida, identificando desde la perspectiva epistemológica y ontológica, 3 tres niveles de comprensión: “internalista”, incluyendo concepciones en las que la vida es entendida como un conjunto de procesos o propiedades inherentes al ser vivo; “externalista”, correspondiente a una comprensión de la vida como algo externo y separado del ser vivo, a menudo visto como algo que viene de afuera o tiende hacia un propósito para más allá del ser vivo; y “relacional”, en el que la vida se concibe como una relación entre entidades y/o sistemas, dándose la propia definición en términos de relaciones (Coutinho, Mortimer, & El-Hani, 2007). Por otra parte, una investigación realizada entre la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con la Universidad de Leibniz cuyo objetivo fue indagar en las concepciones de estudiantes de educación secundaria chilenos sobre «célula», «ser vivo» y la relación entre ambos, antes y después de tratar el tema en el contexto escolar. Los resultados demostraron que, aún después de la enseñanza, muchos estudiantes son incapaces de vincular las características y funciones de los seres vivos con las características y funciones de las células, lo que dificulta la comprensión de la célula como la unidad estructural y funcional básica de la vida (González-Weil & Harms, 2012). Otras investigaciones de carácter más práctico fueron: La enseñanza de lo vivo y la vida mediante el recurso de las colecciones biológicas (Mendoza & Velandia, 2017) y la enseñanza del concepto “ser vivo” desde la

discusión en clases, acerca de los cristales de Sulfato de Cobre, si son o no son “seres vivos” (Hernández, 2015).

En el ámbito de los Modelos Explicativos, las publicaciones trataron sobre: diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo de ser vivo en educación primaria. La unidad didáctica, actividad donde los estudiantes debían interpretar lo que sucede con los seres vivos cuando hay un incendio forestal (Gómez, Sanmartí, & Pujol, 2007). Una segunda investigación trató sobre el proceso de modelización de la lombriz de tierra como ser vivo, en donde los escolares aprendieron a dar sentido a situaciones cotidianas, mediante el uso de un lenguaje científico escolar (Yuseli & Angulo, 2017). Finalmente, un estudio que se realizó bajo la implementación de la unidad didáctica Los seres vivos ¡Un mundo por descubrir! En la que se indagó y categorizó los modelos explicativos de los estudiantes (Miranda & Méndez, 2017). Respecto a la caracterización de las publicaciones en esta categoría. Éstas provienen de Colombia, España, Brasil y Chile/Alemania:

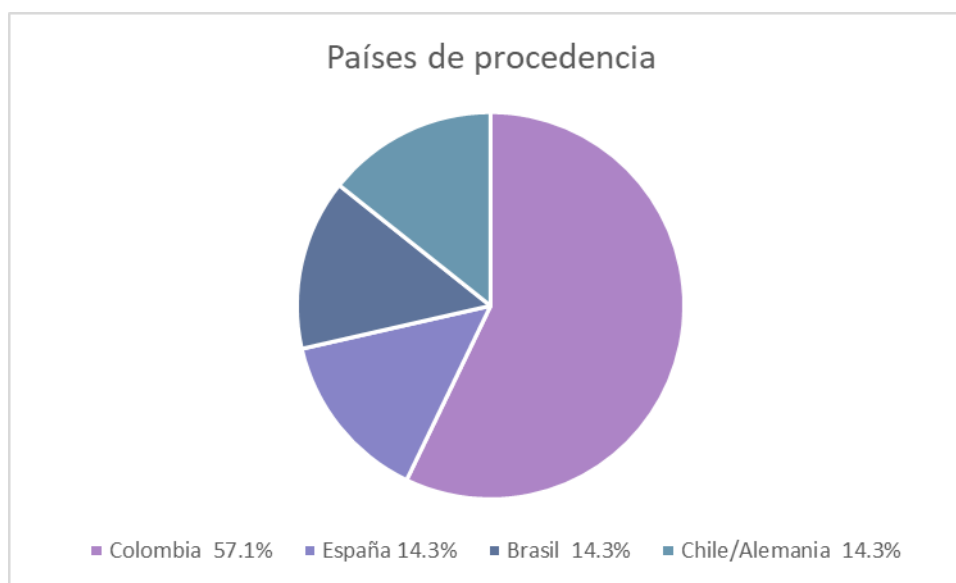


Gráfico 43: Procedencia de las publicaciones sobre conceptualización de ser vivo

Mayoritariamente, las publicaciones son de Colombia (57.1%, 4 publicaciones), las 3 publicaciones restantes provienen de Chile, Alemania, España y Brasil lo que representa el 42.9%.

Respecto a los enfoques de investigación, se tuvo que el 28.6% tiene un enfoque mixto y un 71.4% enfoque cualitativo, como se puede observar en la gráfica:



Gráfico 44: Enfoques Investigativos Conceptualización de ser vivo.

Para finalizar con el análisis de esta categoría, se tiene que los tipos de investigación documental son los siguientes: Estudios de caso, ideas previas, propuestas pedagógicas, secuencia didáctica basada en ideas previas (IP/SD) y secuencias didácticas, sus porcentajes con el respectivo número de publicaciones se observa en el siguiente gráfico:

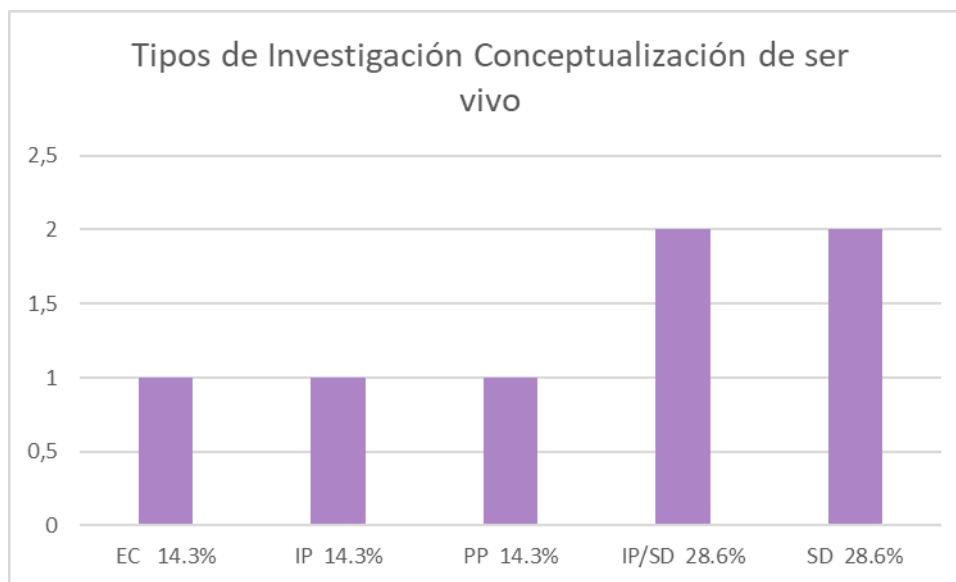


Gráfico 45: Tipos de investigación en la conceptualización de ser vivo.

Los estudios de caso, ideas previas y propuestas pedagógicas, con un 14.3% cada uno (1 publicación por tipo de investigación documental), Predominan las SD ya sean basadas en ideas previas de los estudiantes o en otras áreas con un 57.2%, el equivalente a 4 publicaciones.

4.2.3.6. Niveles de organización Biológica

La presente categoría cuenta con 2 publicaciones, el equivalente al 1% del total del material recopilado. Se caracterizan por ser investigaciones documentales del tipo marco conceptual y secuencia didáctica, ambas investigaciones con un enfoque cualitativo, una data del año 2005 y la otra del 2009. Hasta la fecha no se han registrado más publicaciones en este contenido en las revistas seleccionadas. Ambas provienen de Argentina.

La primera de las publicaciones es un marco teórico conceptual e interpretativo desde una perspectiva sistémica, en el que se establecen tipos de interacciones (morfofisiológicas, filogenéticas, coevolutivas y de intercambio materia-energía). De este trabajo se obtuvo una propuesta de abordaje de los niveles de organización centrada en el organismo y analizada por el tipo de interacción,

pensando cada nivel de organización como un sistema y complejidad creciente, que se define a través de tres aspectos: los elementos que lo componen, las interacciones entre dichos elementos y las características emergentes que de ellos derivan (Menegaz & Mengascini, 2005).

La segunda publicación trata de un diseño de Modelo Didáctico Analógico que consiste en un juego de naipes, se emplea basado en la estructura y función de fábricas de diferentes alimentos, y de tablas para que los estudiantes pudieran realizar actividades de “correlación conceptual” entre seres vivos como el hombre, el árbol, los organismos unicelulares y los ecosistemas, y la analogía de la fábrica. La analogía, trabajada en situación de MDA, se constituyó como conocimiento analógico en la estructura cognitiva de los estudiantes. Este conocimiento analógico contenía los conceptos sostén auxiliares que facilitarían el procesamiento de la información científica respecto de las relaciones estructura-función descritas en los diferentes ejemplos de sistemas biológicos (Galagovsky & Greco, 2009).

4.3. Tercer nivel de análisis: Análisis de contenido de las publicaciones.

Para llevar a cabo el tercer nivel de análisis, se consideraron, por un lado, el objeto de estudio de las investigaciones recopiladas y por otro, las unidades discursivas presentes en los resultados/conclusiones de las investigaciones revisadas. Para ello, se categorizaron, por separado, ambos aspectos.

4.3.1. Análisis de contenido desde los objetos de estudio

Para realizara este análisis, se procedió a extraer la información a partir de la lectura de los títulos y resúmenes de las publicaciones. De la lectura realizada, los objetos de estudio se clasificaron en las siguientes categorías:

- **Análisis:** corresponden a las publicaciones cuyo objeto de estudio son el análisis de recursos didácticos utilizados en la enseñanza de la célula y de las características de las representaciones de conceptos involucrados en el contenido.
- **Modelos:** Hace referencia a publicaciones relacionadas a modelos mentales, analógicos, explicativos, concretos, didácticos, intermedios y de arribo, didácticos, asociados a concepciones, revisiones bibliográficas, de organización de contenidos y metamodelos (modelo del modelo de un proceso)
- **Ideas previas:** Considera las concepciones alternativas, ideas previas, aproximaciones a conceptos.
- **Conceptualización:** Categoría que hace referencia a publicaciones sobre perfiles y campos conceptuales, Cambios conceptuales, construcción de significados y su transferencia.

- **Aspectos pedagógicos:** categoría que considera publicaciones sobre revisiones bibliográficas de secuencias didácticas, secuencias didácticas y su implementación, estrategias de enseñanza y comparación de estrategias, enseñanza para la comprensión, mediación, conocimiento didáctico, propuestas pedagógicas.
- **Obstáculos:** Corresponden a objetos de estudio que abarcan obstáculos en la comprensión de conceptos referentes a la biología celular, que pueden ser de aprendizaje, epistemológicos, actitudes frente a la ciencia.
- **Recursos didácticos:** Comprende la elaboración, usos, revisiones bibliográficas sobre recursos didácticos que pueden ser herramientas heurísticas, relacionadas a la tecnología de la información, visuales, juegos, textos escolares, imágenes.
- **Otros:** Esta categoría comprende investigaciones cuyos objetos de estudio presentaban cualidades que no calzaban en las categorías anteriormente descritas. Comprende publicaciones sobre invariantes operatorios, demanda cognitiva, procesos argumentativos y su incidencia en el aprendizaje, biología escolar, elementos de historia y filosofía de la ciencia.

La clasificación de las publicaciones según su objeto de estudio con sus respectivas frecuencias relativas y porcentajes se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17: Frecuencias relativas y porcentuales por objeto de estudio

Objeto de Estudio	Frecuencia relativa (N°)	Porcentajes (%)
Obstáculos	3	1.9
Otros	7	4
Análisis	16	8.6
Ideas previas	16	8.6
Aspectos pedagógicos	23	12.5
Conceptualización	29	15.7
Recursos didácticos	43	23.7
Modelos	46	25
Total	183	100

La información contenida en la tabla, se encuentra representada en el siguiente gráfico:

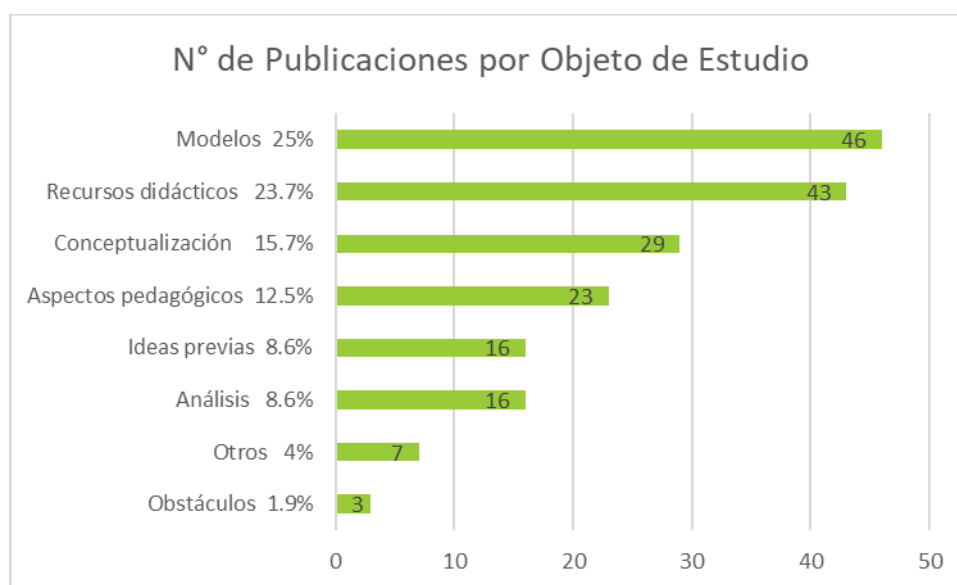


Gráfico 46: N° de Publicaciones según tipos de objetos de estudio.

Como se puede observar en la tabla y el gráfico adjunto, la categoría de obstáculos representa el 1.9% del total de publicaciones revisadas, equivalente a 3 publicaciones, corresponde a uno de los objetos de estudio poco investigados

con respecto al material seleccionado para este estudio, la categoría Otros con un 4% de representación (7 publicaciones), Análisis e ideas previas, con un 8.6% (16 publicaciones cada una). Le siguen Aspectos pedagógicos con un 12.5% (23 publicaciones), Conceptualización con un 15.7% (29 publicaciones), Recursos didácticos, con un 23.7% (43 publicaciones) y Modelos con un 25%, equivalentes a 46 publicaciones.

Los objetos de estudio predominantes son Recursos didácticos y Modelos, representando el 48.7% del total de investigaciones analizadas. Conceptualización y Aspectos pedagógicos son objetos de estudio ampliamente investigados, sin embargo los modelos y los recursos didácticos han presentado un rápido incremento, principalmente porque dentro de los recursos más utilizados, se encuentran los recursos TIC. En el ámbito de los modelos y como se detalló en la descripción, hay una gran variedad de tipos que han sido estudiados, tales como modelos de nutrición vegetal (Chávez, 2002) modelos explicativos de la respiración vegetal (Rojas, Velasco y cols, 2021), modelos concretos (Françoso da Silva, Vinholi, 2019).

4.3.2. Análisis de contenido desde las conclusiones

Para la realización de este análisis, los resultados más relevantes junto con las conclusiones de cada investigación seleccionada para este estudio, fueron agrupadas para ser clasificadas. Se obtuvieron un total de 632 unidades de análisis, las que se agruparon en las siguientes categorías: Orientaciones didácticas (OD), Obstáculos de aprendizaje (OA), Epistemológicas (E), Cognición (C) y Demostrativas (D), las que se explicarán a continuación:

- a) Orientaciones Didácticas:** En este grupo se engloban todas aquellas conclusiones que tienen por objeto mejorar la enseñanza y el aprendizaje independientemente del contenido, proponiendo recursos, enfoques, maneras que afectan al tipo de trabajo concreto con el mismo en el aula.

- b) Epistemológicas:** Corresponden a las conclusiones que hacen referencia a la estructura, organización, secuenciación, selección del contenido. Son aportaciones que tratan básicamente de aspectos curriculares, conocimiento didáctico del profesor, construcción del conocimiento científico escolar, enfoques epistemológicos desde donde se aborda el contenido.
- c) Obstáculos de aprendizaje:** Corresponden a los resultados que tienen que ver con el contenido en sentido estricto -sus problemas de aprendizaje y su dificultad-, el interés despertado en el alumnado con respecto al mismo, el discurso con el que se transmite, la formación que requiere. Considera obstáculos epistemológicos, aspectos actitudinales frente a la ciencia, ontológicos.
- d) Cognitivo:** en esta categoría se incluyen todas aquellas conclusiones que se plantean el problema en términos cognitivos. Hace referencia a la capacidad de los estudiantes para conceptualizar y relacionar conceptos, interacciones entre estudiantes y recurso didáctico, ausencia o presencia de representaciones mentales y sus características, desarrollo de competencias digitales, entre otros ejemplos.
- e) Demostrativas:** Se refieren a las conclusiones que son afirmaciones hechas por el investigador, sustentadas en los resultados obtenidos, así como deducciones o silogismos a partir de los resultados. Buscan demostrar el aprendizaje obtenido del proceso investigativo. También considera aquellas formuladas como resumen de los resultados o recapitulando el proceso investigativo.

A continuación se presentan los resultados del análisis de contenido, los que están sintetizados en el siguiente cuadro:

Tabla 18: Cuadro resumen de categorías con sus respectivas frecuencias.

Categorías	N° de resultados/ conclusiones	Porcentaje (%)
D	65	10.3
OA	104	16.5
E	134	21.2
C	138	21.8
OD	191	30.2
Total	632	100

Para una mejor visualización de los resultados, se presentan en el siguiente gráfico:

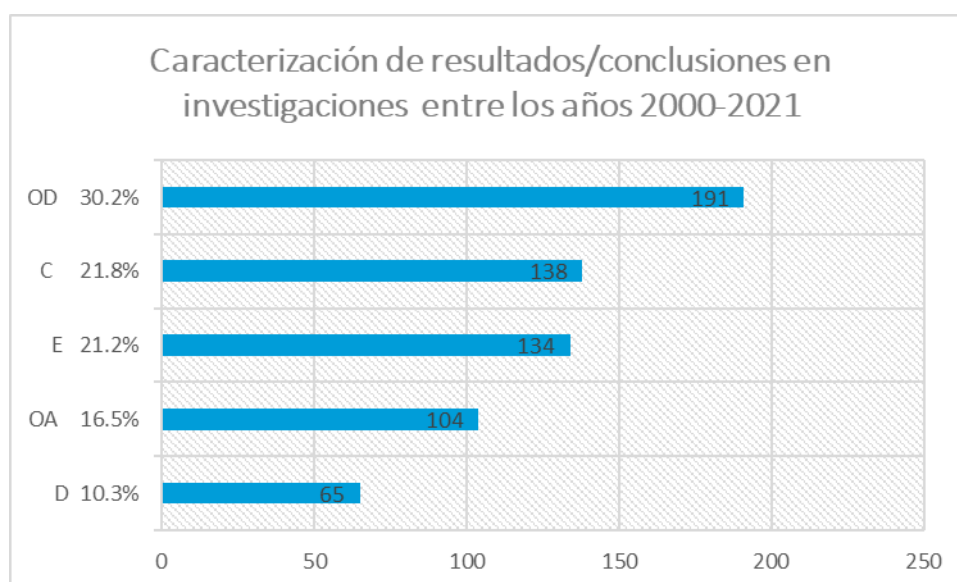


Gráfico 47: Caracterización de resultados/conclusiones publicaciones años 2000-2021

En orden de menor a mayor, se tiene que la categoría de conclusiones Demostrativas, representa el 10.3% del total de conclusiones presentes en las investigaciones recopiladas, el equivalente a 65 unidades de análisis. Le sigue Obstáculos de aprendizaje con 16.5% (igual a 104 unidades de análisis), de corte Epistemológicas, con 134 unidades de análisis igual a 21.2%. Las conclusiones de tipo Cognitivas están representando un 21.8%, equivalente a 138 unidades de análisis y, finalmente, Orientaciones didácticas con 191 unidades de análisis.

4.4. Cuarto nivel de análisis: Identificación de aportes para el aprendizaje significativo.

El análisis de las publicaciones recopiladas sobre la enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular comenzó, en una primera instancia, a partir del recuento de publicaciones por revistas seleccionadas para este estudio, procedencia, niveles educativos y tendencia a lo largo de los últimos 21 años. Posteriormente, un segundo nivel de análisis se basó en la información proporcionada por la lectura de los resúmenes y el fundamento metodológico, lo que permitió una clasificación por categorías emergentes e identificar enfoques investigativos (cualitativos, cuantitativos o mixtos) y tipo de investigación (secuencia didáctica, estudio de caso, reviews, marcos conceptuales, propuestas pedagógicas, ideas previas y desarrollo histórico). Además, la lectura de las investigaciones en su totalidad, clasificando la información obtenida en objetivos, metodologías, resultados/conclusiones importantes, postura epistemológica y niveles de jerarquía cognitiva, con las que se obtuvo las unidades de análisis a partir de los resultados/conclusiones. Finalmente, el cuarto nivel de análisis para la identificación de aportes al aprendizaje significativo, fue realizado a partir de la información obtenida de los niveles de jerarquía cognitiva, establecidos en la Taxonomía de Bloom (Anderson & Krathwohl, 2001). Bloom representa el proceso de aprendizaje en sus diferentes niveles, lo que no implica que los estudiantes deban empezar en el nivel taxonómico más bajo para luego subir a otros niveles.

“Más bien, significa que el proceso de aprendizaje se puede iniciar en cualquier punto y que los niveles taxonómicos más bajos estarán cubiertos por la estructura de la tarea de aprendizaje” (Churches, 2009).

Fundamentada en esta premisa, los verbos explicitados en los objetivos y metodologías de las publicaciones analizadas, se clasificaron taxonómicamente, en tramos.

Se consideró la Taxonomía de Bloom como un criterio para determinar el aprendizaje significativo, ya que existe relación entre el nivel taxonómico de los procesos cognitivos y el aprendizaje significativo, además de la complementación proporcionada por los resultados en el nivel de análisis anterior.

A continuación, se presenta la siguiente tabla con rangos de jerarquía cognitiva y sus respectivas frecuencias:

Tabla 19: Árbol de categorías con sus rangos de jerarquización y frecuencia de cada uno

Árbol de Categorías: Enseñanza de la Biología Celular				
Dimensiones	Rangos de Jerarquía Cognitiva			
	Frecuencias Relativas			
Conceptualización de ser vivo	2-5	2	-----	
	2-6	4		
	3-5	1		
Niveles de organización biológica	2-5	1	-----	
	2-6	1		
Célula Procarionte. Aprendizaje de la Microbiología	1-2	1	-----	
	1-6	1		
	2-6	8		
	3-6	1		
	4-5	1		
	4-6	1		
Formación el profesorado	1-4	2	-----	
	1-5	6		
	1-6	4		
	2-6	2		
	3-6	2		
Didáctica	Material didáctico	1-6	1	
		2-4	1	
		2-6	10	
	Modelización	1-6	3	
		2-5	2	
		2-6	4	
		3-6	2	
	Aportes varios	1-5	1	
		1-6	2	
		2-4	1	
		2-5	1	
		2-6	8	
		3-6	1	
	Conceptualización de célula	1-2	2	
		1-6	4	
		2-3	1	
		2-6	3	
	Estrategias pedagógicas	1-6	7	
		2-4	2	

		2-5	1	
		2-6	4	
		3-5	1	
Célula Eucarionte	Célula Animal	División celular	1-6	1
			2-4	1
			2-5	1
			2-6	2
		Síntesis de proteínas	2-5	1
			2-6	3
		Genética	1-4	2
			1-5	1
			1-6	9
			2-4	2
			2-5	3
			2-6	17
			3-6	1
	Célula Vegetal	Fotosíntesis	1-6	2
			2-5	1
			2-6	2
		Modelización de procesos fisiológicos	2-4	1
			2-6	1

4.4.1. Análisis por categorías y subcategorías

A continuación se presenta el análisis detallado de las jerarquías cognitivas, para identificar los aportes al aprendizaje significativo.

1. Conceptualización de ser vivo

En esta categoría, se analizaron 7 publicaciones, las que abarcaron los siguientes tramos en la taxonomía de Bloom: 2-5, 2-6 y 3-5. SE puede visualizar en el siguiente gráfico:

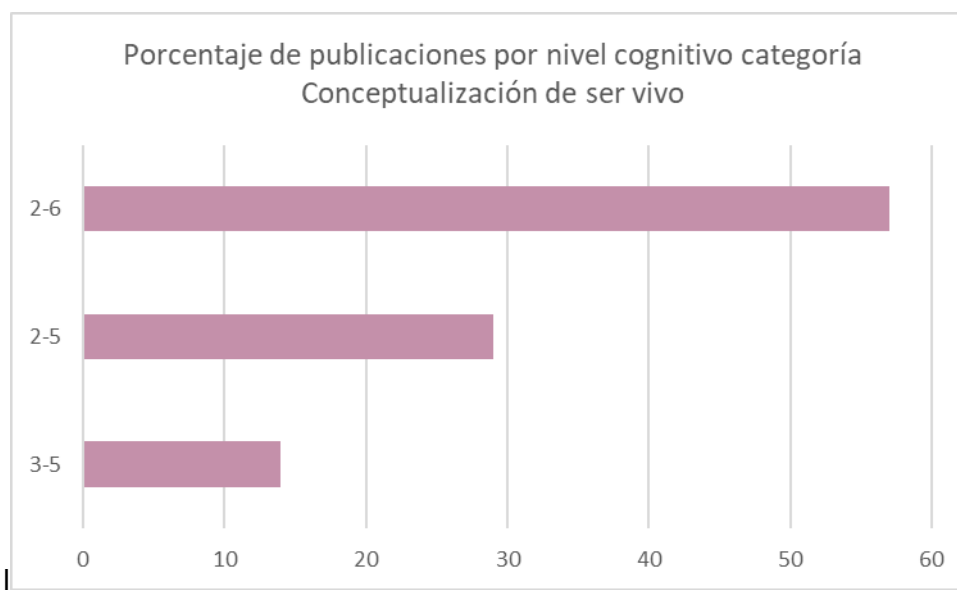


Gráfico 48: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Conceptualización de ser vivo.

Considerando que los niveles más altos, contienen a los inferiores, se puede concluir que en esta categoría, el nivel de jerarquía se encuentra entre el tramo 3-6.

Se tiene que el tramo de 2-6 corresponde al 57% de las publicaciones de esta categoría (4 publicaciones), el tramo 2-5 representa el 29% (con 2 publicaciones) y el tramo 3-5 el 14% (1 publicación). Se puede concluir en esta categoría que la investigación didáctica, en el universo de publicaciones seleccionadas, propende al aprendizaje significativo, principalmente porque las investigaciones apuntan a secuencias didácticas, propuestas pedagógicas y las ideas previas de los estudiantes, orientadas a la elaboración de modelos mentales.

2. Niveles de organización biológica

En esta categoría, que sólo cuenta con 2 publicaciones, abarcan tramos de jerarquía 2-5 y 2-6, siendo el tramo 2-6 el de mayor orden. El siguiente gráfico muestra los porcentajes de cada una:

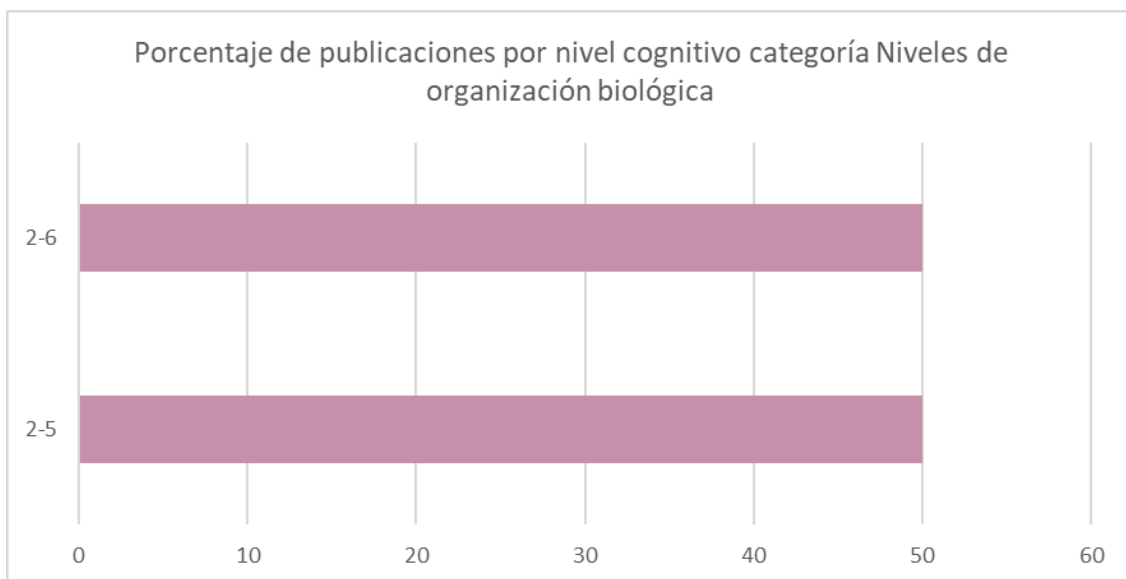


Gráfico 49: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Niveles de organización biológica.

La primera publicación, de tramo 2-5 se relaciona con el uso de analogías para la enseñanza de los niveles de organización biológica y sus propiedades emergentes, mediante el diseño de un modelo didáctico analógico, el que se aplicó en 4° de E.S.O. Los procesos cognitivos involucrados, por parte de los estudiantes fue: correlacionar, analizar, comparar y evaluar. Por otra parte, la segunda publicación es un marco conceptual sobre los niveles de organización y desarrolla una propuesta desde la complejidad, donde se involucran los siguientes procesos cognitivos: adaptar, proponer, relacionar, analizar e interpretar.

3. Células Procariontes: Aprendizaje de la Microbiología

En el aprendizaje de las células procariontes, las publicaciones seleccionadas se caracterizaron por ser, mayoritariamente, protocolos de laboratorio y por presentar una amplia variedad en cuanto a niveles de jerarquía de procesos cognitivos, como se puede observar en el gráfico que se presenta a continuación:

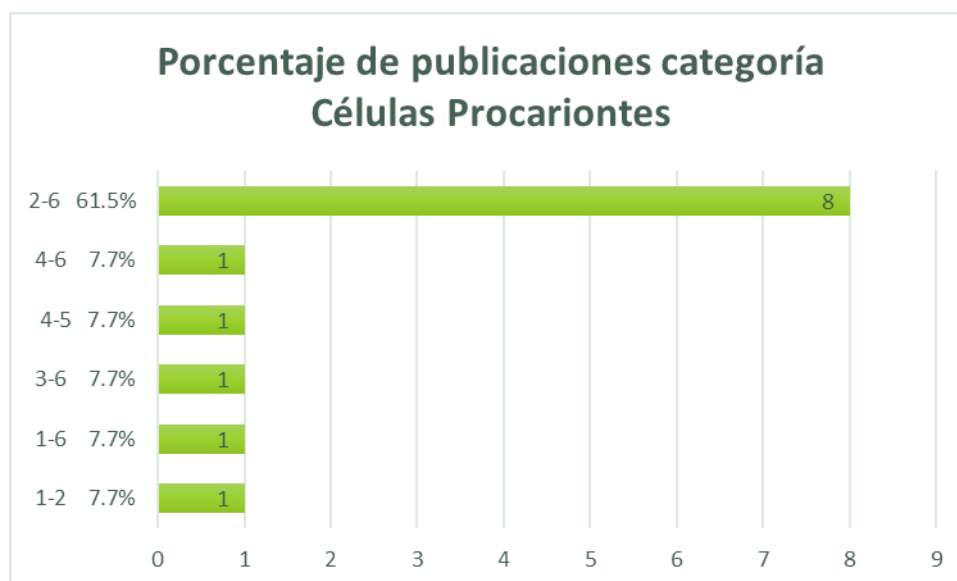


Gráfico 50: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en categoría Células Procariontes.

Esta categoría se compone de 13 publicaciones, que, en términos generales, abarcan un tramo desde el nivel 4 al 6 de la taxonomía de Bloom. Los tramos 1-2, 1-6, 3-6, 4-5 y 4-6 corresponden al 38.5%, con 1 publicación para cada uno de los tramos mencionados. El tramo 2-6 representa el 61.5% de las investigaciones analizadas, equivalentes a 8 publicaciones. El mayor aporte al aprendizaje significativo en esta categoría, lo constituye el aprendizaje de la microbiología desde una perspectiva sistémica, además de desarrollar habilidades manipulativas del material de laboratorio, y aprender ciencias desde el quehacer científico.

4. Formación del profesorado

Las jerarquías cognitivas presentes en esta categoría en forma ascendente son: 1-4, 1-5, 1-6, 2-6 y 3-6. El número de publicaciones por cada nivel, así como sus respectivos porcentajes, se presentan en el siguiente gráfico:

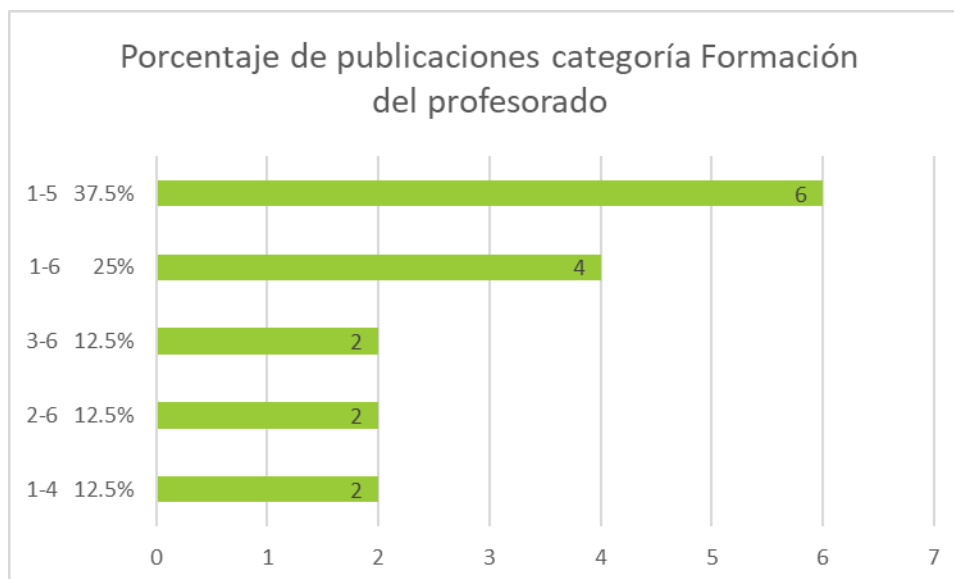


Gráfico 51: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Formación del profesorado

En el gráfico se puede observar que los niveles 1-4, 2-6 y 3-6 corresponden a los niveles cognitivos con menos publicaciones. Cada uno con 12.5%, equivalentes a 2 publicaciones en los últimos 21 años. El 25% de las publicaciones de esta categoría pertenece al nivel 1-6 con 4 publicaciones. El 37.5% equivalente a 6 publicaciones corresponde al nivel 1-5, siendo el predominante. Cabe señalar que en términos globales, las jerarquías cognitivas en este nivel van desde el tramo 3-6 de la taxonomía de Bloom, abarcando el 67% de la escala de jerarquía. Llama la atención que en esta categoría, el tramo de jerarquía cognitiva predominante llegue hasta el nivel 5, que corresponde a las habilidades relacionadas con evaluar, se esperaría que los docentes, al finalizar su formación debieran llegar hasta el nivel 6.

5. Didáctica

a) Material Didáctico

En esta subcategoría, se tienen los siguientes niveles de jerarquía: 1-6, 2-4, 2-6. Los niveles 1-6 y 2-4 representan el 16.6% de las publicaciones de esta subcategoría, mientras que el nivel 2-6, corresponde al 83.4%, equivalente a 10 publicaciones. Respecto a este nivel, predominante en esta subcategoría, los recursos didácticos que propendieron a niveles mas altos de jerarquía cognitiva fueron: el uso del texto escolar, imágenes (fotografías mediante diferentes técnicas de microscopía), vídeos, modelos concretos. Materiales didácticos tales como herramientas TIC también favorecen el aprendizaje significativo, por ejemplo utilizar conocimientos de programación básicos en Scratch para la enseñanza de los niveles de organización biológica (Aguirre, Somoza, & Villarreal, 2020) y la elaboración de un instrumento científico, como un microscopio con microesferas, donde se integran conocimientos de física con la microbiología (Del Mazo, 2019).

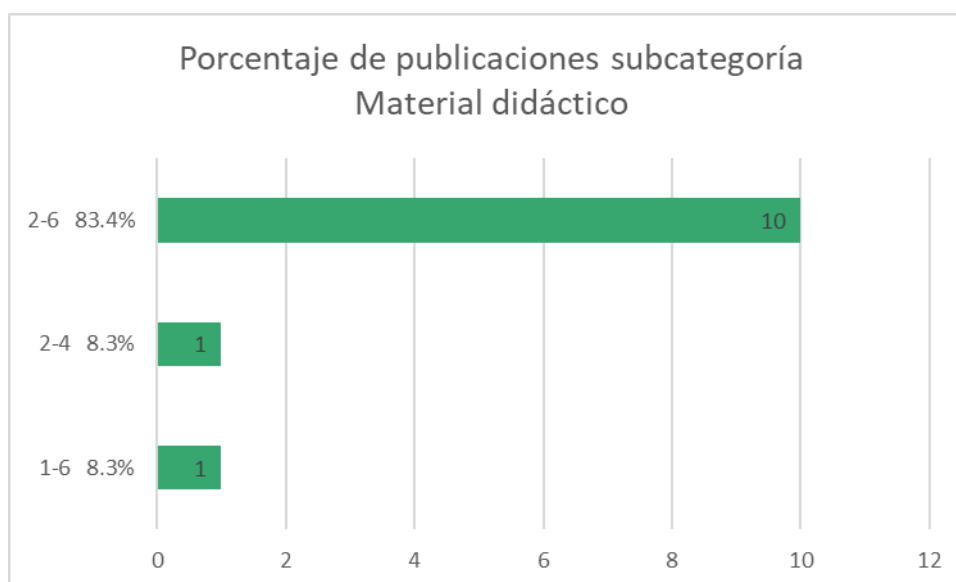


Gráfico 52: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Material Didáctico.

b) Modelización

En esta subcategoría, se clasificaron 11 publicaciones en los rangos de jerarquía, 1-6, 2-5, 2-6 y 3-6, Lo que quiere decir, en términos globales, que las investigaciones se encuentran en un tramo promedio de 3-6, abarcando el 50% de la taxonomía de Bloom (Ver gráfico 49).

Para el tramo 1-6, 3 publicaciones, que representan el 27.3%, en el tramo 2-5 y 3-6, 18.2%, respectivamente, con 2 publicaciones cada uno. Finalmente el tramo 2-6 representa el 36.3% con 4 publicaciones: modelos mentales de Johnson-Laird y la aplicación de sus principios en los modelos mentales de célula en estudiantes universitarios (Rodríguez-Palmero, Marrero, & Moreira, 2001), enseñanza de la biología celular basada en modelos (Da Silva, Vinholi, & Takeko, 2018), comparación de modelos de respiración celular y combustión (Pérgola & Galagovsky, 2020) y relación entre procesos argumentativos y modelos explicativos de caracteres hereditarios no mendelianos (Casas & Álvarez-Tamayo, 2021).

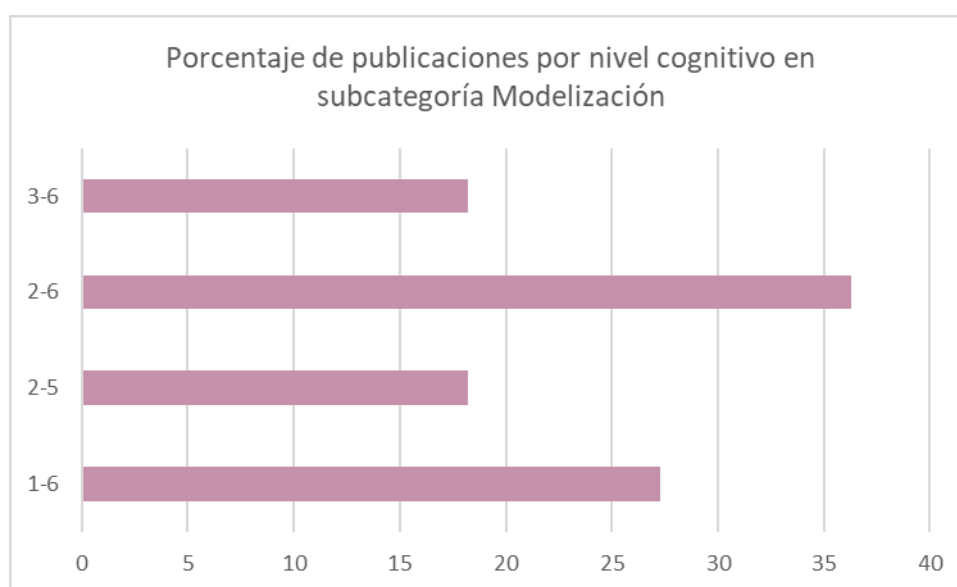


Gráfico 53: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Modelización.

c) Aportes varios

En esta subcategoría, debido a la variedad de aportes a la didáctica de la biología celular, presenta diferentes niveles en los tramos de jerarquía cognitiva, como se puede observar en el gráfico, presentado a continuación:

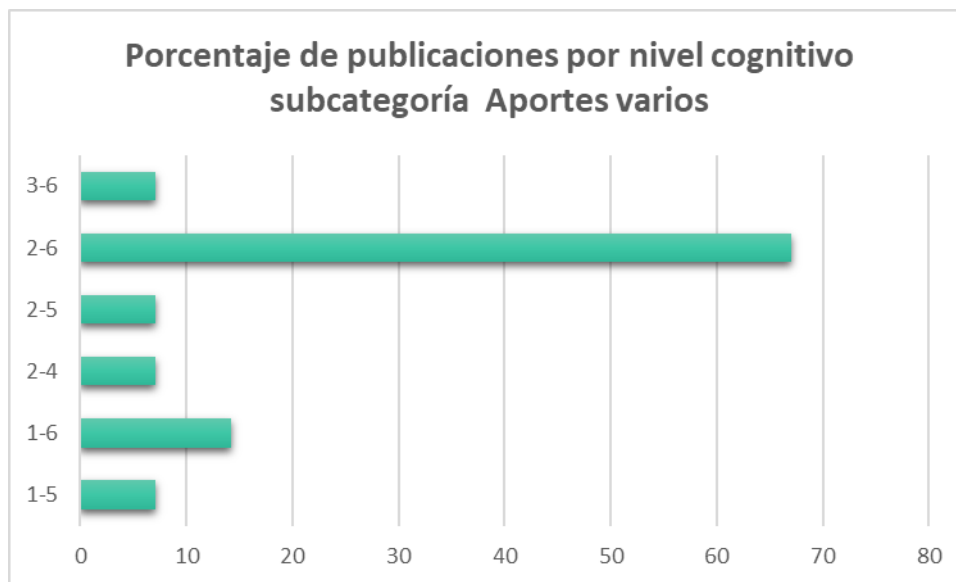


Gráfico 54: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Aportes varios.

En términos generales, se observa un predominio del tramo 2-6 con un 67% equivalente a 8 publicaciones. Los tramos 1-5, 2-4, 2-5 y 3-6 constituyen el 28.4% (4 publicaciones en total) y el tramo 1-6, con un 14.2% (2 publicaciones). Dentro del nivel 2-6, se tienen publicaciones como una experiencia didáctica basada en la metaevaluación (Costamagna, 2005), relación entre la enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes (Morales, 2009), por mencionar algunos ejemplos.

d) Conceptualización de célula

La subcategoría conceptualización de célula, está conformada por un total de 10 publicaciones, las se distribuyeron en los siguientes tramos de jerarquía cognitiva: 1-2, 1-6, 2-3 y 2-6. En términos generales, las publicaciones se concentran, en promedio en el rango de jerarquías de 3-6, representando el 66.7% de la taxonomía de Bloom. A continuación se explicarán los porcentajes y número de publicaciones por cada uno de los tramos

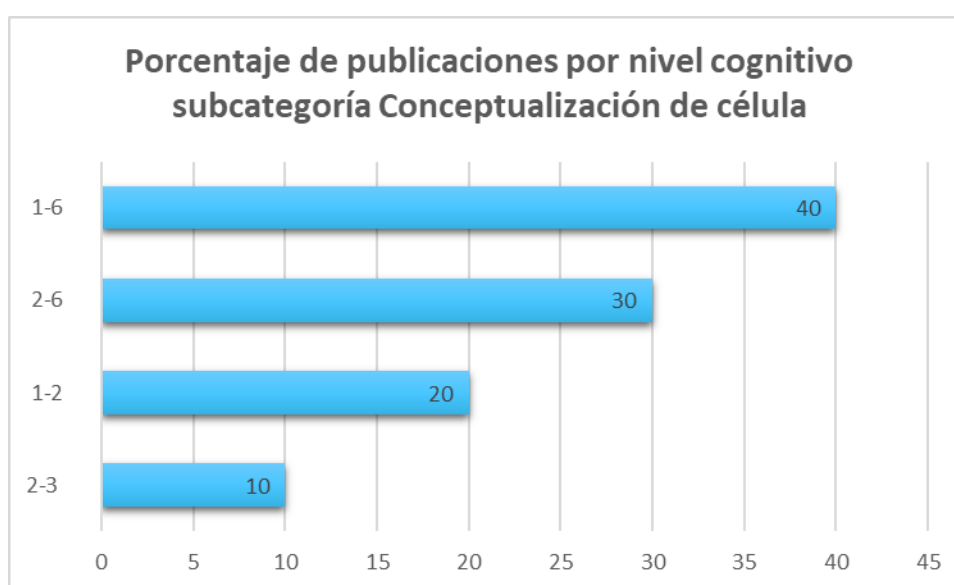


Gráfico 55: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Conceptualización de célula.

Para el primer tramo, 1-2, el porcentaje de publicaciones es del 20%, representado por 2 publicaciones. En el tramo 1-6, el 40% (equivalente a 4 publicaciones), para el tramo 2-3, 10% (1 publicación) y finalmente, para el tramo 2-6, el 30% (equivalente a 3 publicaciones). Por lo tanto, desde el gráfico se puede determinar que el 70% de las publicaciones se concentran entre los niveles 2 al 6 de la taxonomía de Bloom, lo que abarca 5 de los 6 niveles, correspondiendo a las siguientes habilidades cognitivas: comprender, analizar, aplicar, evaluar y crear.

e) Estrategias Pedagógicas

Esta subcategoría presentó 5 tramos de jerarquías cognitivas: 1-6, 2-4, 2-5, 2-6, 3-5. Los porcentajes por tramo y sus respectivos números de publicaciones, se resumen en el siguiente gráfico:

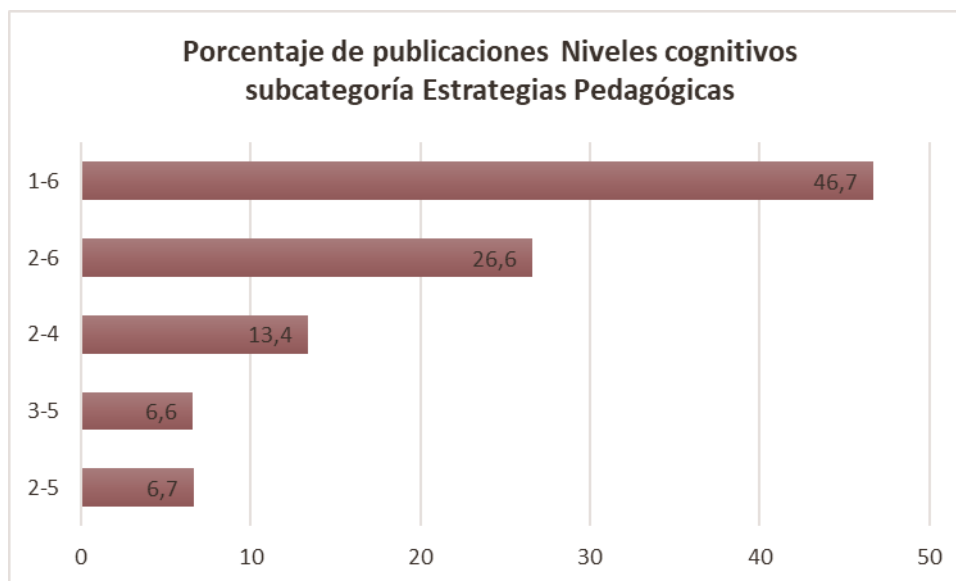


Gráfico 56: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Estrategias pedagógicas.

Las publicaciones recopiladas en esta subcategoría, abarcan todos los niveles de la taxonomía de Bloom, predominando el tramo 1-6 con un 46.7% igual a 7 publicaciones. Luego el tramo 2-6 con 4 publicaciones que equivalen al 26.6%. El tramo 2-4 con un 13.4% igual a 2 publicaciones. Finalmente, los tramos 2-5 a 3-5, con un 6.7% cada uno equivale a 1 publicación, por tramo.

6. Célula Eucarionte

a) Célula Animal

i. División celular

Los tramos con sus respectivos porcentajes y cantidad de publicaciones, se presentan en el siguiente gráfico:

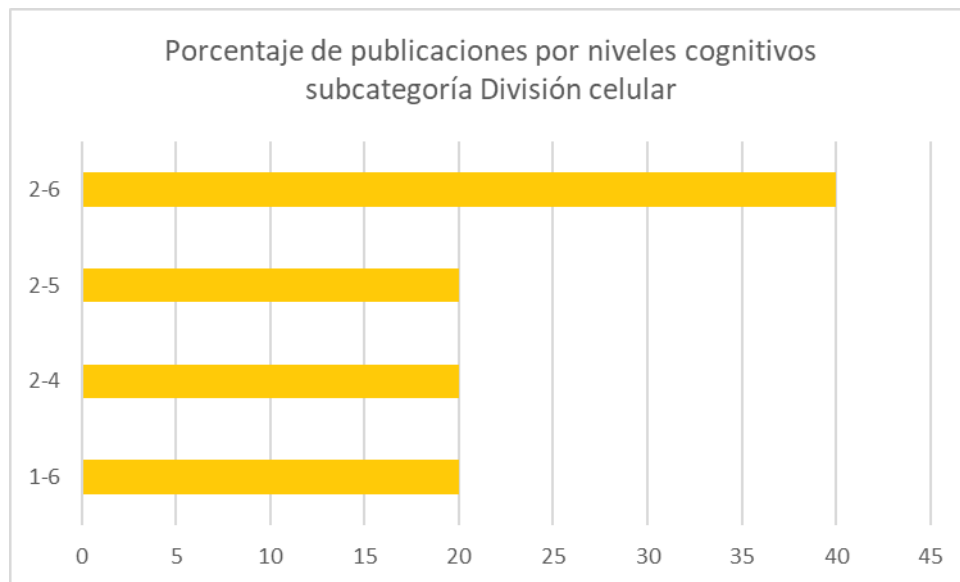


Gráfico 57: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en División celular

Se clasificaron 5 publicaciones en los siguientes rangos de jerarquía cognitiva: Los tramos 1-6, 2-4 y 2-5, con 1 publicación cada uno que representa el 20%, (60% entre los 3 tramos). El tramo 2-6 que es el que predomina en esta subcategoría con 2 publicaciones equivalentes al 40%.

ii. Síntesis de proteínas

A continuación se detalla en el presente gráfico la información referente a síntesis de proteínas, según los niveles cognitivos explicitados en los objetivos y categorizados mediante la taxonomía de Bloom.

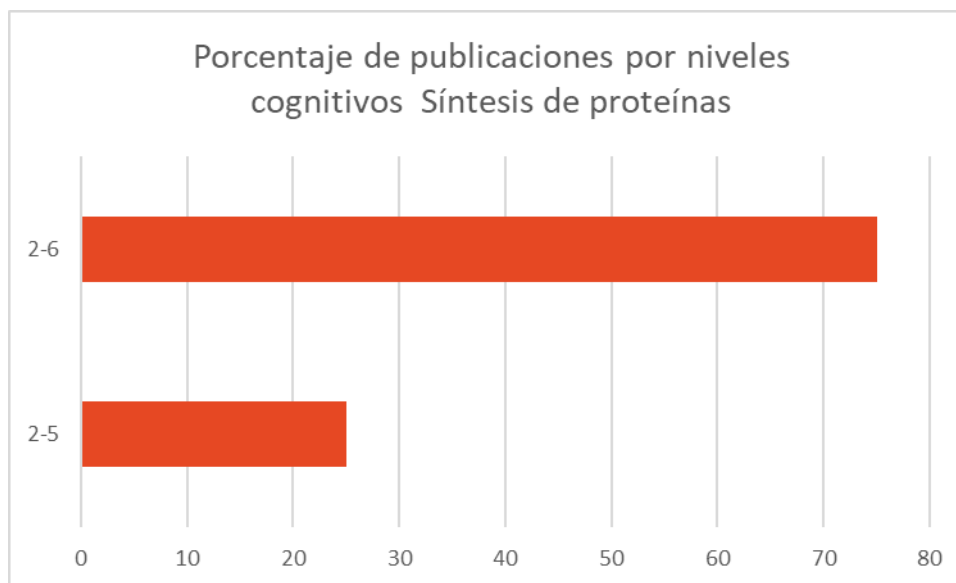


Gráfico 58: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Síntesis de proteínas

Esta subcategoría tiene un total de 4 publicaciones. En el tramo 2-5, con una publicación, que representa el 25%. En el tramo 2-6, 3 publicaciones, que representan el 75%. Cabe señalar que es un contenido difícil de comprender por los estudiantes, sin embargo, hay pocas investigaciones en este contenido.

iii. Genética

Esta subcategoría fue una de las que presentó mayor cantidad de investigaciones (47 publicaciones, que son el equivalente al 25.7% del total de publicaciones seleccionadas).

Presenta 7 niveles: 1-4, 1-5, 1-6, 2-4, 2-5, 2-6 y 3-6. A continuación se detalla en el gráfico:

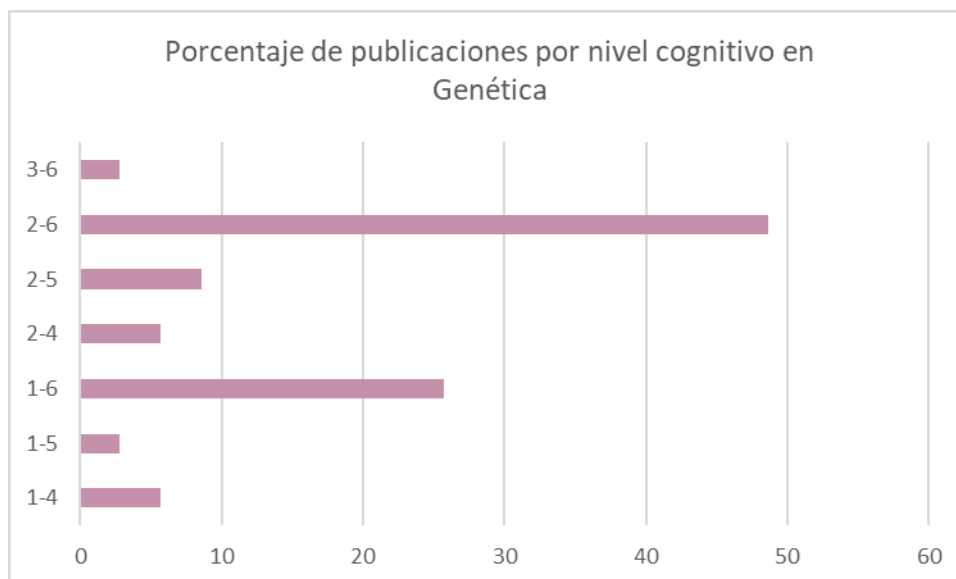


Gráfico 59: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Genética

El tramo 1-4, representa el 5.7% con 2 publicaciones, 1-5, con 2.8% equivalente a 1 publicación. Para 1-6, se tiene 9 publicaciones (equivalente a 25.7%). Predomina el tramo 2-6 con 17 publicaciones igual a 48.7%, 2-4 con 2 publicaciones igual al 5.7%. Finalmente, 2-5 con 8.6% igual a 3 publicaciones y el tramo 3-6 con un 2.8% equivalente a 1 publicación.

b) Célula vegetal

Este apartado cuenta con 2 partes: fotosíntesis y modelización de procesos fisiológicos, los que se presentan a continuación, con sus respectivos gráficos:

i. Fotosíntesis

En esta subcategoría, que se conforma con 3 publicaciones, se tienen los siguientes tramos de jerarquía cognitiva: 1-6 y 2-5.

Los detalles de número de publicaciones por tramo, se presentan a continuación en el siguiente gráfico:

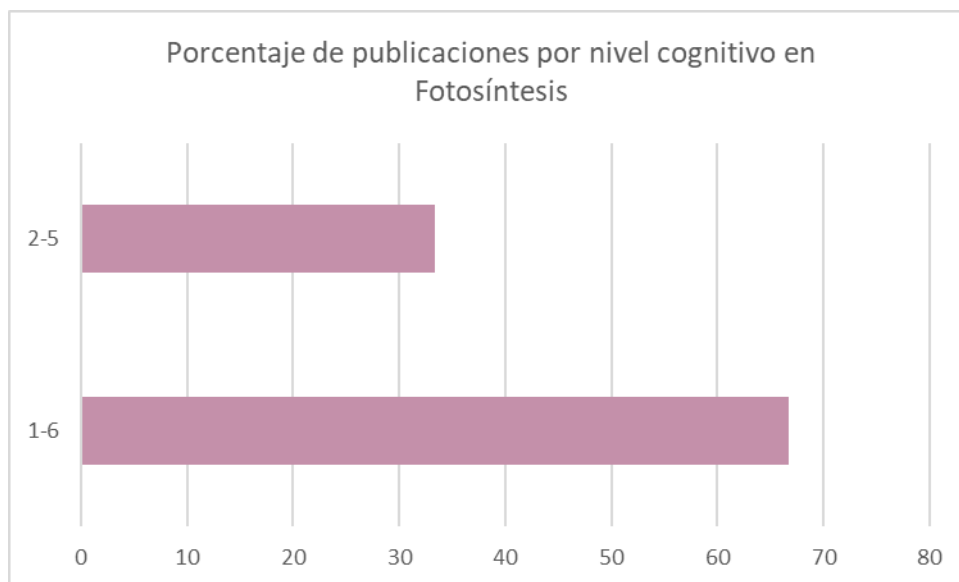


Gráfico 60: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Fotosíntesis

Como se puede observar en el gráfico, 2 publicaciones pertenecen al tramo 1-6, el equivalente al 66.7%. En el tramo 2-5, se tiene una publicación, que representa el 33.3%.

ii. Modelización de procesos fisiológicos

Para finalizar con este nivel de análisis, se tiene que en esta subcategoría se compone por los siguientes tramos: 2-4 y 2-6, representados por 2 publicaciones, el equivalente al 50% de cada uno, como se puede observar en el siguiente gráfico:

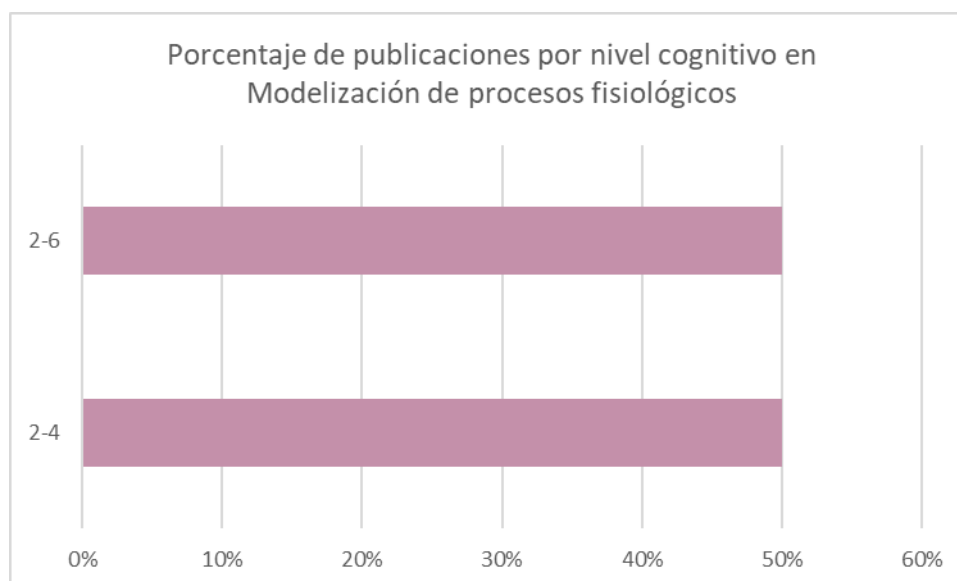


Gráfico 61: Porcentaje de publicaciones por nivel cognitivo en Modelización de procesos fisiológicos

4.4.2. Perspectivas Epistemológicas

Para finalizar este nivel de análisis de las publicaciones, en la lectura del material bibliográfico se consideró el paradigma epistemológico desde el cual se sitúa el conocimiento que dio lugar a cada investigación publicada. Las perspectivas o posturas epistemológicas corresponden a orientaciones que dirigen o encaminan a las comunidades científicas a una forma o modo determinado de realizar investigación; imponen e instruyen, a las tradiciones de investigación o comunidades científicas, sobre ciertos presupuestos filosóficos desde los que deben partir, para conocer la realidad; determinados fundamentos teóricos que necesitan considerar, para problematizar los objetos de estudio; algunos procedimientos metodológicos que tienen seguir, para generar el nuevo conocimiento; las estrategias técnicas que es necesario realizar, para conocer la realidad; y los Instrumentos que se requieren, para recabar los datos que servirán para realizar la construcción de los objetos de estudio. Por esta razón, el paradigma epistemológico que sustentó a cada una de las investigaciones recopiladas para este análisis de contenido fue identificado, con el propósito de una mejor comprensión del fenómeno educativo central de esta tesis, la enseñanza y aprendizaje de la biología celular, así como también identificar sus

aportes al aprendizaje significativo. A continuación, se presentará la caracterización a nivel epistemológico de las categorías y dimensiones emergentes en las que se clasificaron las 183 publicaciones seleccionadas.

1. Conceptualización de ser vivo

En esta categoría, se presenta una variada perspectiva epistemológica desde la cual se conceptualiza un ser vivo en el nivel escolar (educación primaria y secundaria) y universitario, como el caso de la formación docente, como se explica en el gráfico:

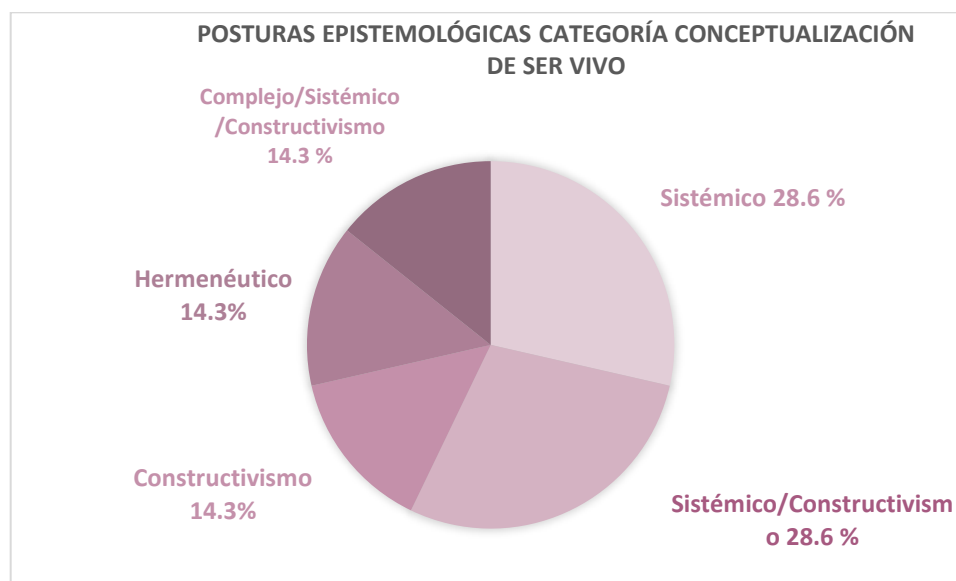


Gráfico 62: Postura Epistemológica categoría Conceptualización de ser vivo

Como se puede observar en el gráfico presentado en este apartado, las publicaciones sometidas a análisis revelan que aquellas perspectivas que permiten una mejor comprensión de qué es un ser vivo y qué lo define como un sistema abierto, a diferencia de un sistema físico, son desde una perspectiva Sistémica, con un 28.6%, Sistémico-Constructivista con un 28.6%. Ambas concentran el 57.2% de las publicaciones. En una menor proporción, en combinación con la perspectiva sistémica y constructivista, se tiene la perspectiva

de la Complejidad con un 14.3%. Las perspectivas Hermenéutica y Constructivistas, por sí solas, tienen un 14.3% de representatividad cada una.

2. Niveles de organización biológica

Respecto a esta categoría, como se había mencionado anteriormente, sólo se encontraron 2 publicaciones, sin embargo en ambas, tiende a repetirse la perspectiva compleja, difieren en que una de ellas se complementa con una perspectiva constructivista, mientras que en el caso de la segunda, se complementa con la perspectiva sistémica, tal como se observa en el gráfico:

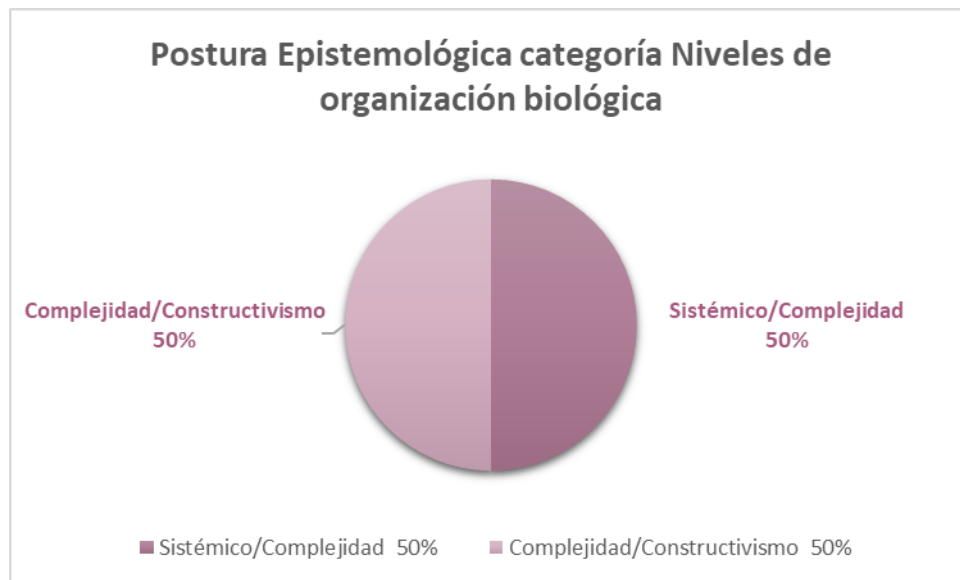


Gráfico 63: Postura Epistemológica en Niveles de organización Biológica

El 50% de las publicaciones presenta perspectiva sistémica y constructivista, sin embargo el 100% presenta la perspectiva de la Complejidad.

3. Aprendizaje de la microbiología

Se observa en esta categoría 3 paradigmas epistemológicos involucrados: Sociocrítico, Constructivismo y Sistémico. Como se puede apreciar en el gráfico, un porcentaje de las publicaciones revisadas no especifica su perspectiva epistemológica, tampoco puede deducirse a partir de la información proporcionada de las investigaciones.

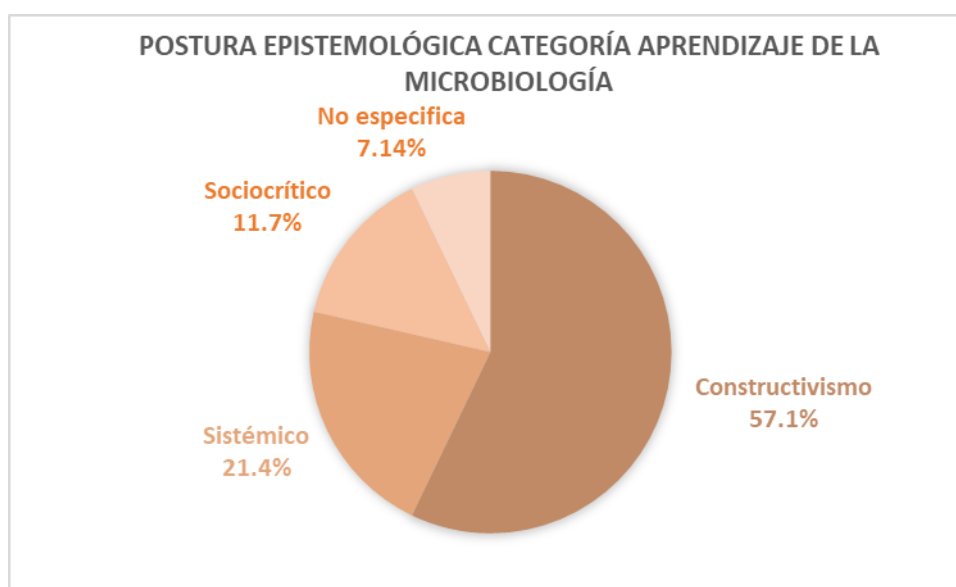


Gráfico 64: Postura Epistemológica en Aprendizaje de la microbiología.

Considerando la información que se desprende del gráfico, el 57.1% de las investigaciones pertenece a un paradigma constructivista, 21, 4% sistémico y 11.7% sociocrítico. Esta categoría presentó publicaciones que consistieron en distintos protocolos de trabajo, es decir guías de laboratorio para la enseñanza y aprendizaje de la Microbiología. Sólo uno de ellos se trató de la construcción de un microscopio a nivel escolar. La perspectiva sistémica estuvo presente en una visión ecosistémica del crecimiento de todo un ecosistema bacteriano, donde se logró apreciar estratos de diferentes microorganismos y metabolitos asociados a través de una columna de Winogradsky. El efecto de los microorganismos y su

impacto en la salud, así como aspectos biotecnológicos, posibilitó trabajar la perspectiva sociocrítica.

4. Formación del profesorado

En el ámbito de la formación inicial docente, se observa una gran variedad de paradigmas epistemológicos que proporcionan distintas formas de conceptualizar un contenido, que permita facilitar su comprensión.

A continuación se describe la información del gráfico asociado a esta categoría:

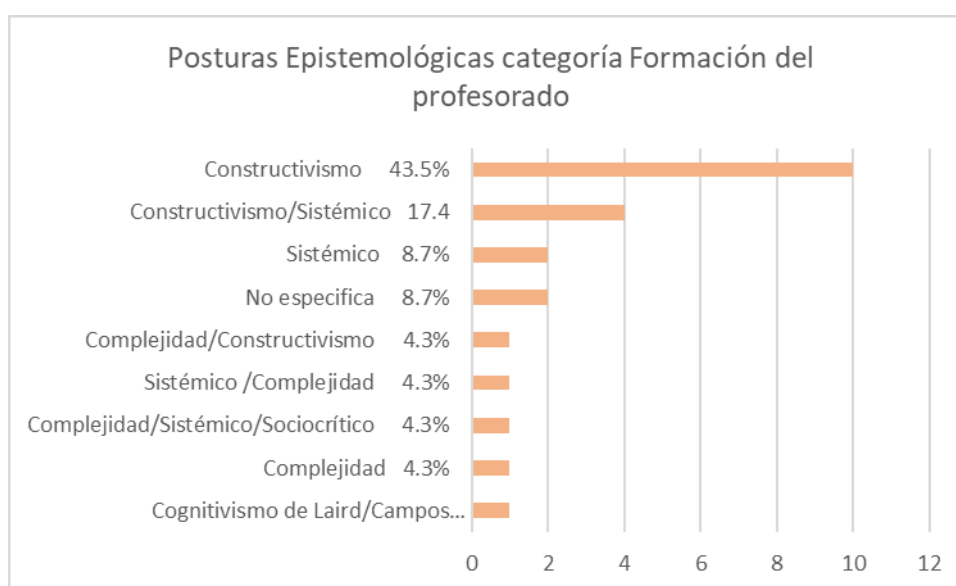


Gráfico 65: Postura Epistemológica en Formación del profesorado.

El paradigma constructivista lidera esta categoría con un 43.5%, equivalentes a 10 publicaciones. En orden decreciente le siguen constructivismo/sistémico con 17.4% (4 publicaciones). Respecto al paradigma sistémico y el conjunto de publicaciones que no especifica, representan el 17.4% en conjunto (2 publicaciones, 8.3% de representatividad cada uno). Complejidad/constructivismo, Sistémico/ Complejidad,

Complejidad/sistémico/sociocrítico, Complejidad y Cognitivismo de Johnson-Laird, 4.3% cada uno (1 publicación por categoría).

5. Dimensión Didáctica

Como se puede observar en el gráfico N°62, debido a la amplitud de publicaciones con temas tan variados, es de esperarse que contenga una amplia variedad de perspectivas epistemológicas que permiten ampliar la comprensión del contenido de biología celular. A continuación se detalla la información representada:

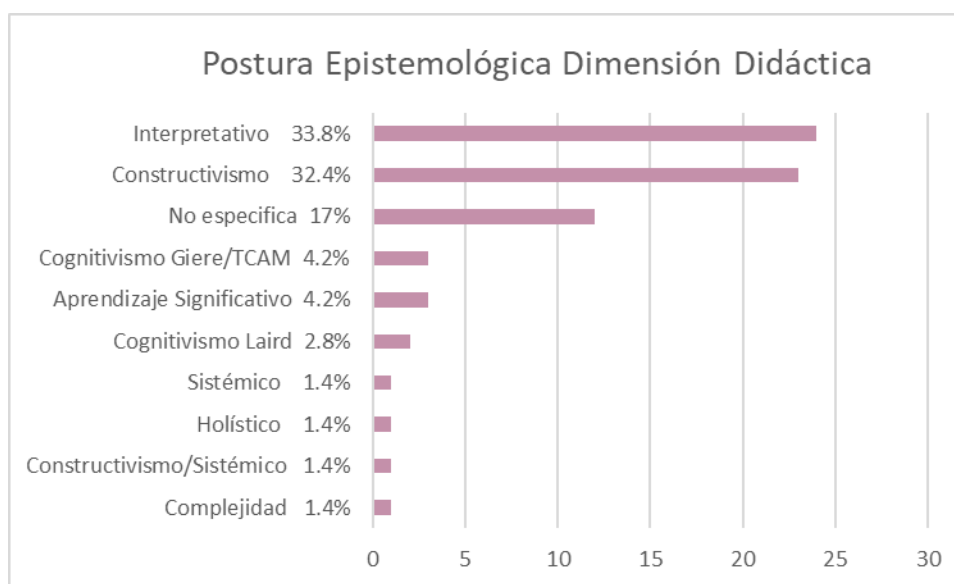


Gráfico 66: Postura Epistemológica en Dimensión Didáctica

Predomina el paradigma interpretativo y el Constructivismo, que en conjunto representan el 66.2% de las investigaciones analizadas, con un total de 47 publicaciones, además 17 publicaciones que no especifican de forma explícita o implícita su perspectiva epistemológica. En menor proporción, las perspectivas cognitivistas tales como Giere, Johnson-Laird o la Teoría del Conocimiento

Analógico Multimedia (TCAM), con un 5% entre ambas 2 y 3 publicaciones, respectivamente). Esta baja presencia del paradigma del cognitismo en esta categoría, es muestra de una incipiente influencia de las neurociencias en el desarrollo de investigación didáctica.

6. Dimensión Célula Eucarionte

Esta dimensión que contiene el aprendizaje de la célula vegetal y animal, considerando aspectos de la fisiología celular tales como la genética, síntesis de proteínas, división celular y fotosíntesis y modelización de procesos fisiológicos en vegetales, presenta 7 posturas epistemológicas: Constructivismo, Interpretativo, Aprendizaje significativo, TCAM, sistémico, hermenéutico y argumentativo de Toulmin. Cabe señalar que 19 publicaciones (10.4% del total de publicaciones seleccionadas para este estudio), no especifica aspectos epistemológicos. La información descrita en este apartado, se observa de forma mas clara y concisa a partir del siguiente gráfico:

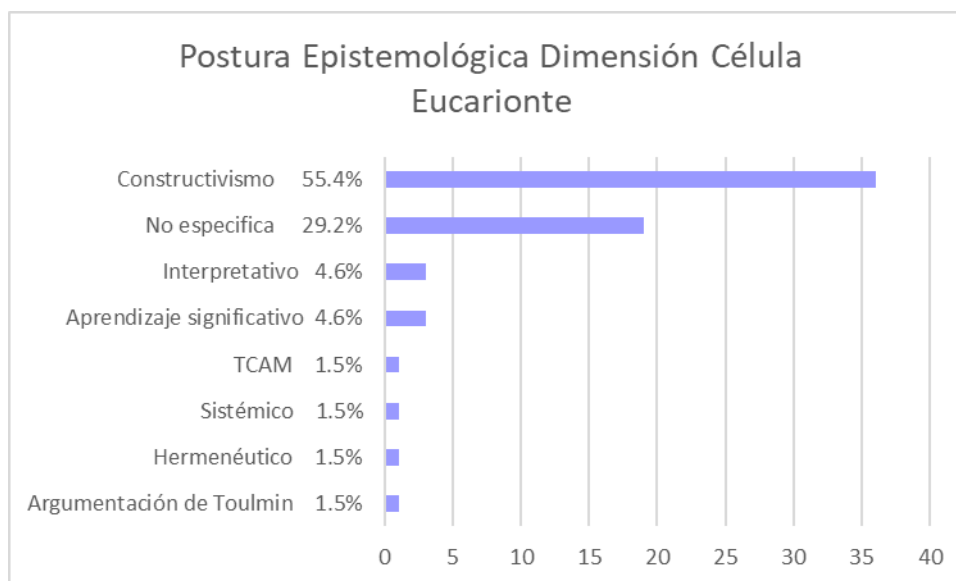


Gráfico 67: Postura Epistemológica en Dimensión Célula Eucarionte

En el gráfico se puede apreciar el paradigma predominante en esta dimensión de análisis: el Constructivismo con un 55.4%. Le siguen el paradigma Interpretativo y Aprendizaje significativo, cada uno con un 4.6% equivalentes a 3 publicaciones, cada uno. Los paradigmas Argumentativo de Toulmin, Hermenéutico, Sistémico y TCAM, en su conjunto corresponden al 6% de la dimensión célula eucarionte, con 4 publicaciones, en total.

4.4.3. Discusión

4.4.3.1. Jerarquía de Procesos Cognitivos

De la información presente en la tabla, considerando el total de dimensiones, categorías y subcategorías, hay 68 publicaciones que están en el tramo 2-6 en la taxonomía de Bloom. Esto quiere decir que el 37.1% del total de publicaciones seleccionadas cubre el 83% de las jerarquías cognitivas, considerando desde el nivel 2, 3, 4, 5 y 6 de la taxonomía de Bloom, enfocándose en procesos de comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear, lo que es una señal de que a medida que ha avanzado el tiempo, desde el año 2000 al 2021, las tendencias en investigación didáctica para la enseñanza de la Biología Celular se dirigen hacia los procesos cognitivos de orden superior, puesto que las publicaciones en este tramo, consideran dichos procesos, lo que propenderá a un aprendizaje significativo. Por otra parte, la enseñanza de la Biología Celular debe desplazar los límites inferiores y superiores en los rangos de jerarquía cognitiva, en dirección a las habilidades de orden superior.

Sin embargo, hay aspectos de la enseñanza de la Biología Celular donde las propuestas didácticas llegan a niveles cognitivos menores al 6 (crear), como el caso de la formación del profesorado de Biología y Ciencias, en el que predomina el rango 1-5, un nivel más bajo del límite superior observado en investigaciones en el nivel escolar, ya sea en primaria o secundaria, lo que puede constituir un obstáculo para el aprendizaje de los estudiantes, puesto que desde el paradigma constructivista, los docentes guían el proceso de aprendizaje de sus estudiantes, mediante un diseño de enseñanza intencionado para que los estudiantes construyan su aprendizaje, a la vez que descubran cómo aprenden,

propendiendo a una autorregulación cognitiva (Schunk, 2012). Este descenso en un nivel con respecto al detectado en las investigaciones desarrolladas en el nivel escolar implica que, en la educación superior, durante la formación docente, los futuros docentes no están logrando un aprendizaje significativo del contenido a enseñar, por lo que el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) del docente en formación será deficiente por su influencia en el qué y cómo enseñar (Grossman, 1990), puesto que:

“conocer algo nos permite enseñarlo; y conocer un contenido con profundidad significa estar mentalmente organizado y bien preparado para enseñarlo de una forma general” (Buchmann, 1984, citado en Vaillant & Marcelo, 2001, pág. 39).

De los resultados obtenidos en el análisis de los objetivos de cada investigación seleccionada, se desprende que la formación inicial docente puede considerarse como un nivel educativo de interés para el desarrollo de nuevas investigaciones.

4.4.3.2. Caracterización Epistemológica y aportes al aprendizaje significativo

La caracterización epistemológica de las dimensiones de análisis en que las publicaciones seleccionadas fueron clasificadas para esta investigación, proporciona los siguientes aportes al aprendizaje significativo de la Biología Celular:

En la conceptualización de ser vivo y la comprensión de los niveles de organización biológica, la perspectiva sistémica permite la comprensión de los seres vivos como sistemas abiertos. La complejidad favorece la conceptualización sobre la organización de estos sistemas abiertos, en donde cada nivel presenta un conjunto de propiedades exclusivas de cada nivel. Los aportes del constructivismo se relacionan con estudiantes activos y autónomos

que construyen activamente su aprendizaje, que en términos biológicos, se traducen en el desarrollo de nuevas conexiones neuronales.

Por otra parte, el aprendizaje de la microbiología desde una perspectiva constructivista, favoreció el aprendizaje de los estudiantes, emulando el quehacer de las comunidades científicas, donde los estudiantes elaboran, hipotetizan, socializan, integran y comunican el conocimiento como si fueran científicos.

En la formación del profesorado, el pensamiento sistémico permite enseñar los sistemas biológicos desde una organización curricular modificada para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Cabe señalar que el cognitivismo en cualquiera de sus variantes (Giere, Johnson-Laird, en conjunto con la teoría de los campos conceptuales determinarán la construcción de significados cuyas relaciones establecidas de forma particular por los estudiantes, propenderá al aprendizaje significativo.

Finalmente, en el ámbito de la didáctica, el constructivismo en todas sus manifestaciones, conjuntamente con las corrientes cognitivistas, permiten un diseño de enseñanza desafiante y adecuado al nivel de desarrollo cognoscitivo de los estudiantes.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

5.1. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones de la investigación desarrollada desde un razonamiento inductivo y, posteriormente deductivo.

En la segunda parte de este apartado, se desarrollarán algunas proyecciones investigativas que se desprenden de este trabajo.

5.1.1. Primer nivel de análisis: Caracterización del material seleccionado

Para este nivel de análisis inicial del material seleccionado, se concluye que:

- Las revistas con mayor cantidad de publicaciones científicas provienen de Brasil, España, Colombia y Argentina, lo que coincide con los países iberoamericanos con mayor desarrollo en investigación didáctica.
- Temáticas recurrentes son la conceptualización de ser vivo, célula, fotosíntesis y respiración celular, así como el análisis de textos escolares utilizados en la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Biología.
- Las investigaciones se centran, principalmente, en los niveles de secundaria con aspectos de conceptualización de célula, reproducción celular y fotosíntesis, mientras que en primaria predomina la conceptualización de ser vivo, célula, fotosíntesis. El nivel educativo universitario, relacionado con estudiantes de pedagogía en Biología, es el que presenta menos investigaciones en didáctica.
- La tendencia en las publicaciones indica un descenso en la investigación didáctica en educación primaria y un aumento en la educación secundaria, atribuible a la complejización del contenido curricular de Biología.
- Respecto a la investigación en nuestro país, se hace necesario un mayor desarrollo, especialmente en el nivel universitario, donde aún es posible revertir errores conceptuales que dificulten el aprendizaje de los estudiantes, una vez los futuros docentes entren en ejercicio y con los docentes que ya se encuentran haciendo clases. Por otra parte, es

relevante investigar acerca de la Biología Celular, puesto que una mejor comprensión de la conceptualización y el material didáctico adecuado para su enseñanza, facilita el aprendizaje de la Genética y la Evolución, debido a la forma en que se presentan estos contenidos en el currículum de Biología y Ciencias Naturales.

5.1.2. Segundo nivel de análisis: Dimensiones, categorías y subcategorías emergentes

- El segundo nivel de análisis se basó en la categorización del contenido recopilado de las publicaciones, siguiendo las directrices del currículum nacional para Ciencias Naturales y para Biología. De este análisis se puede concluir:
- En los últimos 21 años, predominan investigaciones de la dimensión didáctica y de célula eucarionte.
- Poca relevancia a contenidos como conceptualización de ser vivo, vital para la conceptualización de célula. Se observa o mismo para niveles de organización biológica.
- En orden de importancia, investigación en célula eucarionte animal, células procariontes y finalmente, células vegetales.
- Respecto a la enseñanza de células procariontes, la investigación educativa demuestra que un aprendizaje significativo se puede lograr mediante el desarrollo de laboratorios, donde existen una amplia gama de prácticos para realizar en niveles primarios y secundarios.

- En la enseñanza de la célula vegetal, se prioriza el contenido de fotosíntesis, de forma aislada y sin una perspectiva ecosistémica, lo que dificulta su aprendizaje.
- Para la fotosíntesis, la investigación educativa ha centrado su interés en las ideas previas y predominan investigaciones tipo revisiones bibliográficas.
- Con respecto a la modelización de procesos fisiológicos en célula vegetal, predominan investigaciones cualitativas, sobre ideas previas y desarrollo histórico de conceptos asociados.
- Con respecto a la enseñanza de la célula animal. El aspecto ampliamente investigado es la genética, mediante investigaciones cualitativas, principalmente ideas previas.

5.1.3. Tercer nivel de análisis: Análisis de contenido

El tercer nivel de análisis consistió en la caracterización, por una parte, de los resultados y conclusiones de las investigaciones recopiladas, y por otra, determinar y clasificar los objetos de estudio.

De este nivel de análisis se tienen las siguientes conclusiones:

- Los tipos de conclusiones predominantes en las investigaciones analizadas fueron Orientaciones Didácticas, Cognitivas y Epistemológicas.
- Conclusiones del tipo Orientaciones Didácticas guardan relación con las investigaciones tipo estrategias y/o propuestas pedagógicas o secuencias didácticas. Las conclusiones de corte cognitivas están relacionadas a investigaciones que tratan de procesos de modelización y

conceptualización, mientras que aquellas de corte epistemológico, se relacionan a investigaciones tipo revisiones, desarrollo histórico de un concepto, así como de organización de contenido para abordar su enseñanza.

- Si consideramos aspectos del segundo nivel de clasificación, se tiene que la tendencia general es que los países que más publicaciones didácticas realizan son España, Brasil y Argentina. Para el caso de investigaciones relacionadas con procesos de modelización en términos generales predomina Argentina, y respecto a estrategias didácticas y propuestas pedagógicas, estrategias, secuencias didácticas, España y Brasil.

5.1.4. Cuarto nivel de análisis: Jerarquización de procesos cognitivos e identificación de aportes para el aprendizaje significativo

En este nivel de análisis se consideró la clasificación de los verbos presentes en los objetivos de cada investigación con los que se determinó en qué nivel de la taxonomía de Bloom o nivel de jerarquía cognitiva se relacionaba. De esta forma, se hizo una estimación de hasta qué nivel de pensamiento de orden inferior o superior puede llegar a lograr el estudiante, si la investigación trata sobre estrategias pedagógicas o secuencias didácticas, o bien estimar dicho nivel de jerarquía de procesos cognitivos al aplicar alguna orientación didáctica.

De este nivel de análisis se puede concluir lo siguiente:

- Los niveles de procesos cognitivos presentes en la taxonomía de Bloom, posibilitan a los estudiantes iniciar su proceso de aprendizaje desde cualquier punto de la taxonomía, ya que los niveles mas bajos de procesos cognitivos, están cubiertos por los niveles siguientes presentes en la estructura de una determinada actividad de aprendizaje.

- A nivel de formación de profesorado, se debe orientar el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior, de forma que al momento de egresar y entrar en ejercicio, los docentes sean facilitadores del aprendizaje de sus estudiantes.
- En estrecha relación con el punto anterior, enseñar un contenido desde un paradigma epistemológico diferente al constructivismo puede mejorar e incrementar las habilidades de pensamiento de orden superior. Los resultados de esta investigación muestran que concebir el contenido disciplinar en la formación docente, desde la perspectiva Sistémica, Cognitivista, de la Complejidad y de Campos conceptuales de Vergnaud, puede ser una forma de modificar el pensamiento y las estructuras cognitivas, propendiendo al aprendizaje significativo.
- Actividades en aula que se enfoquen en procesos de modelización, permite un mayor aprendizaje en los estudiantes. Desde el ejercicio docente, determinar las representaciones sociales y modelos mentales de nuestros estudiantes, permitirá intencionar la enseñanza hacia un aprendizaje significativo.

5.1.5. Conclusiones Globales

Finalmente, las conclusiones globales de esta investigación son las siguientes:

- El contenido Niveles de organización Biológica, es un contenido poco explorado en la didáctica de la Biología. Se trata de un contenido de enseñanza primaria que requiere una modalidad de pensamiento sistémico, pero que, desde el diseño curricular actual, se enseña en una secuencia lineal, forzada y que no representa la realidad de los seres vivos, llevando a la aparición de ideas erróneas que obstaculizan el aprendizaje. Para un mejor abordaje del contenido, se sugiere que sea a

partir de las relaciones de diferente tipo: morfofisiológicas, filogenéticas, intercambio materia-energía, ecosistémicas, inter e intraespecíficas, evolutivas.

- Las estrategias didácticas que favorecen el aprendizaje significativo, se relacionan con la problematización del contenido a enseñar y procesos de modelización.
- En el aprendizaje de estructuras celulares y su fisiología, la principal dificultad que presentan los estudiantes es no lograr representar la célula, para ello, el uso de simulaciones 3D y videojuegos, son recursos innovadores, que facilitan la elaboración de representaciones y modelos mentales.
- De esta investigación es importante señalar lo fundamental que es, durante el proceso de enseñanza de la Biología en general y la Biología Celular en particular, considerar los aportes de la investigación didáctica en cuanto al desarrollo cognitivo de nuestros estudiantes. Se requiere que, por parte de los docentes, exista una reflexión acerca de sus prácticas pedagógicas, al amparo de las investigaciones didácticas, así como también una actitud crítica acerca del material didáctico que se emplea en clases, ya que, podría obstaculizar el aprendizaje, en lugar de facilitarlo. También es importante señalar que por muy específico que sea un contenido, es posible integrarlo a las otras disciplinas del conocimiento.
- Se requiere de un docente que considere los diferentes niveles de conocimientos y habilidades, con el fin de ser eficientes en una educación que debe ser progresiva y sistemática, de acuerdo a aquellos saberes previos que ya ha construido el estudiante y que deben ser reorientados. Es de considerar, que el papel del docente desde el constructivismo para lograr un aprendizaje significativo, es hacer partícipe al estudiante en el

diseño y formulación de un currículo activo y pertinente, que pueda disminuir (y cerrar) la brecha en el proceso evaluativo sancionatorio y haga de la evaluación una actividad más del aprendizaje significativo.

- Finalmente, enfatizar que de nuestra labor depende el desarrollo del potencial cognitivo de nuestros estudiantes, puesto que trabajamos en sus mentes y en nuestras manos está la capacidad de que nuestra enseñanza sea significativa y perdurable en ellos.

5.2. PROYECCIONES

Finalizada esta investigación, surgen muchas aristas que se proyectan como futuras investigaciones, siendo este trabajo, un punto de partida para ello.

Una de las posibilidades es la elaboración de propuestas didácticas en las que el aprendizaje se construya a partir de una de las grandes ideas de la ciencia y de las ideas acerca de la ciencia. Iniciar determinando los conocimientos previos que poseen los estudiantes. Desde la perspectiva sistémica, comprender la célula en su relación con el medioambiente en cuanto al flujo de energía y materia, cómo reacciona frente a los estímulos ambientales, desde un punto evolutivo, genético, filogenético, ecosistémico. Este enfoque posibilita el desarrollo de la modelización, en el que los estudiantes elaboren modelos mentales explicativos que pueden ser socializados con sus pares.

Posteriormente, problematizar el contenido, de esta forma los estudiantes puedan plantearse preguntas de investigación, transferir el aprendizaje construido a nuevas situaciones e hipotetizar, dando lugar a la transformación del conocimiento.

Finalmente, y considerando el aprendizaje de las ciencias desde el quehacer científico, es fundamental la comunicación de los resultados obtenidos, en este caso, la solución de una problemática, mediante el uso de herramientas TIC y la creación de un producto, como por ejemplo, posters, podcast, informes que tengan un formato de publicación científica, desarrollo de trípticos, elaboración de artículos de divulgación científica, lo que a su vez favorecen el trabajo interdisciplinario y la evaluación formativa. De esta forma, es posible trabajar las habilidades del pensamiento científico a la vez que los estudiantes desarrollan habilidades de pensamiento de orden superior.

Una segunda investigación puede consistir en aplicar un instrumento evaluativo al finalizar la propuesta didáctica anterior y posteriormente, repetirla un tiempo

después, para verificar la permanencia del aprendizaje adquirido en la memoria a largo plazo.

Otra posibilidad de proyección de esta investigación lo constituye el desarrollo de investigaciones comparativas entre la enseñanza de la Biología Celular con una organización curricular del tipo lineal como la actual, versus el mismo contenido con un currículum de organización sistémica. Las comparaciones se pueden realizar al finalizar el estudio, y posteriormente, unos meses o años después. De esta forma, se puede monitorear si el aprendizaje fue significativo, mediante la evocación del aprendizaje que se encuentra almacenado en la memoria de largo plazo.

También puede considerarse una comparación del aprendizaje entre ambas estructuras curriculares mediante la aplicación de un post test al finalizar la propuesta didáctica, sin considerar una nueva aplicación, tiempo después. Cabe señalar que las propuestas enunciadas, pueden ser realizadas con estudiantes de educación primaria, secundaria o universitaria, realizando las adaptaciones pertinentes al nivel educativo, según el estado neuromadurativo en el que se encuentren los estudiantes. La relevancia de todas las propuestas investigativas derivadas de esta tesis, se resumen en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, necesario para el aprendizaje de las ciencias y la alfabetización científica, así como también, propender a mejorar los resultados en pruebas internacionales como PISA, a la vez de incrementar en los estudiantes las habilidades de pensamiento de orden superior.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Abril, A., & Muela, F. (2013). La Genética en el cine y los obstáculos para su aprendizaje formal. *Enseñanza de las Ciencias, IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Número Extraordinario*, 2441-2446. Recuperado el Julio de 2021, de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap2441.pdf
- Ackerman, S. (1992). *Discovering the brain*. Washington, DC: National Academy Press.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), pp 136. Recuperado el Noviembre de 2021, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_3_1.pdf
- Adúriz-Bravo, A., Eguren, L., & Rocha, A. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 331-352. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/28092825_El_olvido_de_la_tecnologia_como_refuerzo_de_las_visiones_deformadas_de_la_ciencia/link/54466b4a0cf2d62c304dbc76/download
- Afanador, H., & Mosquera, C. (2016). Estudio de caso en la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis y respiración en plantas a partir de una unidad didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 45-64.
- Aguirre, A., Somoza, J., & Villarreal, M. (2020). Jugando y Programando los niveles de organización de los seres vivos con Scratch. *Revista de Educación en Biología*, 2 Número Extraordinario, 75-76. Recuperado el Noviembre de 2021, de <http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/198/60>
- Alberts, B. B. (2006). *Introducción a la Biología Celular*. Buenos Aires: Editoria Médica Panamericana.
- Allegri, R. &. (2001). La corteza prefrontal en los mecanismos atencionales y la memoria. *Revista de Neurología*, 32(5), :449. doi:32. 449. 10.33588/rn.3205.2000167.
- Alvarez, E. (2004). La docencia como mediación pedagógica. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*, N° V. Año V, Vol. 5, 18-21. Recuperado el Julio de 2021

- Anderson, L., & Krathwohl, K. (2001). *Taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Aperador, F. E.-C. (2021). Educación en Época de Covid-19. Una Mirada desde las Diferentes Prácticas Educativas. *Educación Y Ciencia*, 25, e12674. Recuperado el Marzo de 2022, de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion_y_ciencia/article/view/12624
- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., & Oliva-Martínez, J. A.-M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*, 32(2), pp 195. Recuperado el Octubre de 2021
- Astolfi, J. (1997). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Editorial Diada.
- Audersirk, T., & Byers, B. (2013). *Biología. La vida en la Tierra, con Fisiología*. (9° ed.). Denver, Colorado, Estados Unidos: Pearson Education. Recuperado el Octubre de 2021
- Ausubel, D. (1976). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa : un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Autino, B., Digión, M., Llanos, L., Marcoleri, M., & Montalvetti, P. y. (2011). Obstáculos didácticos, ontogenéticos y epistemológicos identificados desde la comunicación en el aula de Matemática. *XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife. Recuperado el Abril de 2022, de http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/diplomatura_educacionNuevasTecnologias/wp-content/uploads/2015/08/738-obstaculos.pdf
- Azcón-Bieto, J., & Talon, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2° ed.). (U. d. Barcelona, Ed.) Barcelona, España: Mc Graw-Hill Education. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Bachelard, G. (1975). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires, Siglo XXI Editores S.A. Buenos Aires, Argentina: Siglo XXI S.A.
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico*. (23° ed.). (X. S. editores., Ed.) México.

- Bandura, A., & Cervone, D. (1986). Differential engagement of self-reactive influences in cognitive motivation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 38, 92-113. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0749597886900282>
- Barberá, O. (1992). El papel que desempeñan las teorías en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 32-36. Recuperado el Enero de 2022, de www.raco.cat/article/Download/39885-Texto%20del%20articulo-93446-1-10-20071029.pdf
- Barrero, C., Bohórquez, L., & Mejía, M. (2011). La Hermenéutica en el desarrollo de la Investigación Educativa en el siglo XXI. *Itinerario Educativo*(57), 101-120. Recuperado el 2021
- Becker, W., Kleinsmith, L., & Hardin, J. (2007). *El mundo de la Célula* (6° ed.). Madrid, España: Pearson Education.
- Begley, S. (2007). How the brain rewires itself. *Times*, 169, 72-74, 77, 79. Recuperado el Abril de 2022, de <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,1580438,00.html>
- Ben-Menahem, A. (2009). *Historical Encyclopedia of Natural and Mathematical Sciences*. (Vol. 3). Springer Science & Business Media. Recuperado el Enero de 2022, de <https://books.google.es/books?id=9tUrarQYhKMC&lpg=PA1541&dq=Philosophiae%20naturalis%20sive%20physicae%20dogmaticae%3A%20Geologia%2C%20biologia%2C%20phytologia%20generalis%20et%20dendrologia.%201766.&hl=es&pg=PA1541#v=onepage&q=Philosophiae%20naturalis%20>
- Bermúdez, G. (2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 66-90. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2903/2590>
- Bermúdez, J. (2021). Planteamiento de una propuesta de enseñanza de transcripción y traducción de ADN en estudiantes de 14 a 16 años: V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias 2020. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias. Número Extraordinario*. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14864/9747>
- Berry, A., Friedrischen, P., & Loghran, J. (2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. Routledge.

- Blandino, G. (1964). *Problemas y teorías sobre la naturaleza de la vida. Una exposición crítica de la moderna biología teórica*. Madrid: Razón y Fe S.A.
- Boladeras, M. (1996). *Comunicación, ética y política. Habermas y sus críticos*. Madrid: Tecnos.
- Bonil, J., & Pujol, R. (2008). Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo del ser vivo en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 403-418. Recuperado el Junio de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132196>
- Borba, V., Rodrigues, G., & Soares, G. (2016). Estratégias Didáticas para o ensino de Divisão Celular no Ensino Básico. *Revista Eletrônica em Educação em Ciências*, 1, 23-28. Recuperado el Julio de 2021, de <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v12n1/v12n1a03.pdf>
- Bowers. (2009). On the biological plausibility of grand-mother cells Implications for neural network theories in psychology and neuroscience. *Psychological Review*, 116, 220-251.
- Bravo, P., Astudillo, P., Cisternas, D., & Flores, R. (2019). Una profesora de Kinder, una profesora de 4° y un profesor de 6° entran a una escuela: enseñando con grandes ideas de las ciencias. *Perspectiva Educacional*, 58(1), 49-68. Recuperado el Enero de 2022, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-97292019000100049&script=sci_arttext
- Bronckart, J., & Schneuwly, B. (1996). La didáctica de la lengua materna: el nacimiento de una utopía indispensable. *Textos de didáctica de la lengua y de la literatura*. (9), 61-78. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:35783>
- Brown, J., Douady, C., Italia, M., Marshall, W., & Stanhope, M. (2001). Universal trees based on large combined protein sequence data sets. *Nature Genetics*, 28(3), 281-285. doi:10.1038/90129.
- Brunton, M. (2009). What do babies know? *Times*, 169, 94-95. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,949745,00.html>
- Bunge, M. (1919). *La ciencia. Su método y filosofía*. Recuperado el Marzo de 2022, de https://users.dcc.uchile.cl/~cgutierr/cursos/INV/bunge_ciencia.pdf
- Burdisso, P. (2021). Experiencia de aula de biología para el abordaje de contenidos relacionados con el ADN y el flujo de la información genética

en el contexto de los OGM. *Revista de Educación en Biología*, 3, Número Extraordinario. Recuperado el Abril de 2022, de <http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/770>

Bustos, A., García, A., & Hernández, R. (2017). La Enseñanza del ADN desde un enfoque histórico con estudiantes de grado Séptimo. *Bio-grafía: escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la. Edición Extraordinaria*, 975-983. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/7263>

Bustos, F. (2009). Procesos cognitivos superiores, lección 19, Tipos de pensamientos. Elaborado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia. .

Byrnes, J. (2001). *Minds, brains, and learning: Understanding the psychological and educational relevance of neuroscientific research*. Nueva York: Guilford Press.

Byrnes, J., & Fox, N. (1998). The educational relevance of research in cognitive neuroscience. *Educational Psychology Review*, 10, 297-342. Recuperado el Abril de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/226011778_The_Educational_Relevance_of_Research_in_Cognitive_Neuroscience

Caballer, M., & Jimenez, I. (1992). Las ideas de alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 172-180. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v10n2/02124521v10n2p172.pdf>

Caballero, M. (2005). La investigación en enseñanza desde la perspectiva de los Campos Conceptuales de La investigación en enseñanza desde la perspectiva de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud. Resultados de investigaciones en física. *Revista educación y pedagogía.*, XVII(43), 43-60. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/6053/5459>

Canguilhem, G. (1976). *El Conocimiento de la Vida*. Barcelona, España: Anagrama. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://epistemologiaum.files.wordpress.com/2013/09/canguilhem2.pdf>

Capra, F. (2009). *La trama de la vida. Una perspectiva de los sistemas vivos*. (4° ed.). Barcelona, España: Anagrama S.A.

Carlson, J., & Daehler, K. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. En A. Hume, R. Cooper, & A.

Borowski, *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teacher's knowledge for teaching science*. Springer.

- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 2(2), 2(2).
- Carrascosa, L., Martínez Torregosa, J., Furió, C., & Guisasola, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias del secundario? *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación Científica*, 5(2), 118-133. Recuperado el Enero de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/920/92050201.pdf>
- Carrillo, L., Morales, C., Pezoa, V., & Camacho, J. (2011). La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 29, 112-127. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614265298008>
- Casas, P., & Álvarez-Tamayo, O. (2021). Relación entre los procesos argumentativos y los modelos explicativos de la transmisión de caracteres hereditarios en el marco de las excepciones mendelianas. *Revista de Educación en Biología*, 24(2), 95-110.
- Castañeda, C. (2020). Enseñanza del Proceso de la Síntesis de Proteínas en Ciencias Naturales; una ventaja en medio de la pandemia. *Revista de Educación en Biología, Edición especial*, 41. Recuperado el Diciembre de 2021, de <http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/29>
- Castro Moreno, J., & Orlay Valbuena, E. (2018). Algunas relaciones entre la autonomía de la Biología y la emergencia de su Didáctica: Consideraciones sobre la complejidad de enseñar una ciencia compleja. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(2), 267-282. doi:<https://doi.org/10.1590/1516-731320180020002>
- Castro, J., & Valbuena, E. (12 de Octubre de 2007). ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Tecné, Episteme y Didaxis*(22), 126-145. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/385/387>
- Cavalcanti, K., Del Pino, J., & Nunes, V. (2013). O estudo da célula através de situações-problemas relacionados a enzima: uma proposta para aprendizagem significativa no referencial do campos conceituais com alunos do ensino médio. *Enseñanza de las Ciencias*, 754-758. Recuperado el Junio de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/306197/396091>

- Cebero, M., & Watzlawick, P. (2006). *La Construcción del Universo. Reflexiones sobre Epistemología, Constructivismo y Pensamiento Sistémico*. Barcelona, España: Herder.
- Chalmers, C., Carter, M., Cooper, T., & Nason, R. (2017). Implementing "Big Ideas" to Advance the Teaching and Learning of Science , Technology, Engineering and Mathematics (STEM). *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 25-43. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-017-9799-1>
- Chamorro, D., & Barletta, N. (2009). El lenguaje del texto escolar de Ciencias Naturales: Problemas para el aprendizaje. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 2(1), 16-36. Recuperado el Julio de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/156/126>
- Chan, K., & Hume, A. (2019). Towards and consensues Model: Literature Review of How Science Teacher's Pedagogical Content Knowledge is Investigated in Empirical Studies. En A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski, *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers Knowledge for teaching*. Springer.
- Charrier, M., Cañal, P., & Vega, R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 401–410. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/76035/96652>
- Chávez, M. (2002). Estudio Analítico no lineal de los Modelos Explicativos de la nutrición vegetal y su valor para el ´proceso de enseñanza aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis*(11). Recuperado el Enero de 2022, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/5599/4616>
- Churches, A. (2009). Obtenido de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>
- Churches, A. (21 de Febrero de 2013). *Reduteka: Docentes y recursos educativos*. Recuperado el Diciembre de 2020, de www.eduteka.org/TaxonomiaBloomDigital.php
- Cid, M., & Neto, J. (2005). Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. *Enseñanza de las Ciencias, VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica e las Ciencias, Número Extraordinario*, 1-5. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://core.ac.uk/download/pdf/13303062.pdf>

- Cleland, C. (2001). Historical science, experimental science, and the scientific method. *Geology*, 29(11), 987-990. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/272152398_Historical_Science_Experimental_Science_and_the_Scientific_Method
- Clément, P. (2007). Introducing the cell concept with both animal and plant cells: A historical and didactic approach. *Science & Education*, 16 (3-5):, 16(3-5), 423-440. Recuperado el Septiembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/225436604_Introducing_the_Cell_Concept_with_both_Animal_and_Plant_Cells_A_Historical_and_Didactic_Approach
- Cofré, H. y. (Noviembre de 2020). Café Virtual: Investigación en Didáctica de la Biología. Ciclo de charlas. *Tercera Sesión Investigación Didáctica de la Biología*. (S. C. (SChEC), Ed.) Chile.
- Cofré, H., Vergara, C., & Spotorno, A. (2021). *Enseñar Evolución y Genética para la alfabetización científica* (1° ed.). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias Valparaíso.
- Coleman, W. (1985). *La biología en el siglo XIX: problemas de forma, función y transformación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Coll, C., & Pozo, J. (1992). *El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos*. (S. y. Valls, Ed.) Madrid, España: Santillana.
- Corbacho, B. (2021). Genes y narrativas. Integración entre las prácticas del lenguaje y enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología*, 3, Número Extraordinario, 396-398. Recuperado el Agosto de 2021, de <http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/724>
- Cordero, S., A., M., Mengascini, A., & Mordegli, C. (2001). *Saberes y formación docente: resultados de un cuestionario acerca de la "célula"*. VIII Congreso Prociencia de actividades científicas y tecnológicas juveniles para docentes y alumnos. Chivilcoy, Argentina.
- Costamagna, A. (2005). El valor de la metaevaluación del cambio conceptual: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 23(3), pp. 419-430. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/22037/332781>
- Courage, M., & Setlif, A. (2009). Debating the impact of television and video material on very young children: Attention learning, and the developing brain. *Child Development Perspectives*, 3, 72-78. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://srcd.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-8606.2008.00080.x>

- Coutinho, F., Mortimer, E., & El-Hani, C. (2007). Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(1), 115-137. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/480>
- Creswell, J. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Sage Publications, Inc. Recuperado el Marzo de 2022
- Curtis, H. B. (2008). *Biología* (7° ed.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Da Silva, A., Vinholi, A., & Takeko, S. (2018). Ensino de biologia celular por meio de modelos concretos: um. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 14(1), 50-62. Recuperado el Agosto de 2021, de <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/14424>
- Da Silva, P., & Martins, I. (2016). A ação mediada no processo de formação de dois conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular nas aulas de Biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 121-136. Recuperado el 2021, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/325>
- Dantas, M., & Carbone, M. (2009). Uma descrição semiótica da metáfora no ensino de Biologia: Aserções sobre a célula animal. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(3), 479-496. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/352/219>
- De Erice, E., & González, A. (2012). *Biología la ciencia de la vida* (2° ed.). México: Mc Graw-Hill/Interamericana S.A. Recuperado el Abril de 2022
- De Robertis, E. (2011). *Biología Celular y Molecular* (15° ed.). Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- De Sousa, R., Figueiredo, A., & De Oliveira, J. (2021). O Conceito de Célula em Livros Didáticos de Biologia: *Ciência & Educação, Bauru*, 27, e21010. doi:<https://doi.org/10.1590/1516-731320210010>
- Del Mazo, A. (2019). Microscopio simple: mucho más que una simple lupa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2401, 8. doi:https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2401
- Díaz, A., Hernández, F., & Hernández, G. (2002). Capítulo 2. En *Las Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México: Mc Graw Hill.

- Díaz, A., Hernández, F., & Hernández, G. (2002). Capítulo 5. En *Las Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México: Mc Graw Hill.
- Díaz, A., Hernández, F., & Hernández, G. (2007). *Las estrategias de enseñanza y los tipos de aprendizaje significativo en las modalidades de recepción y por descubrimiento guiado y autónomo*. Especialización en Entornos Virtuales de Aprendizaje, Virtual Educa, Buenos Aires.
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (2002). *Estrategias Docentes para un aprendizaje significativo*. México: Mc Graw Hill.
- Domínguez, E. (2006). Pensamiento complejo y educación. Una síntesis de las tesis de Morin. En S. Tobon, *Diseño curricular por competencias*. Medellín: Uniciencia.
- Dourado, L., & Matos, L. (2014). A problemática dos organismos geneticamente. *Ciência y Educação. Bauru*, 20(4), 833-852. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000400005>
- Driver, R. G. (1989). *Ideas científicas en la infancia y adolescencia*. Madrid, España: Morata.
- Driver., R., & Oldham, V. (1997). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en Ciencias. En R. G. Porlán, *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias* (págs. 113-131). Sevilla, España: Diada.
- Edelsztejn, V., & Galagovsky, L. (2017). Simplificación de los textos escolares y sus posibles efectos en el aprendizaje. El caso de los sistemas del cuerpo humano en un 5to grado. *Revista de Educación en Biología*, 20(2), 41-45. Recuperado el Julio de 2021, de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22514/22133>
- Eilks, I., & Sjöström, J. (2016). Reconsidering Differents visions of Scientific Literacy and Science Education based on the concept of bildung. En Y. Dori, Z. Mevarech, & D. Baker, *Cognition, Metacognition and culture in STEM Education, Learning and Assesment* (págs. 65-88). Malmö, Sweden: Springer.
- El estudio de la fermentación en el laboratorio de Educación Secundaria. (2011). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* , 8(1), 111-114.
- Fajardo, I., Villalta, E., & Salmerón, L. (2016). ¿Son realmente tan buenos los nativos digitales? Relación entre habilidades digitales y la lectura digital. *Anales de Psicología*, 32(1), 89-97. Recuperado el Enero de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5292592>

- Falcão, R., & Leão, B. (2007). A utilização de multimídias educacionais na construção de modelos mentais no ensino das leis de Mendel. *Genética na Escola*, 2(1), 25-27.
- Farina, J. (2021). La investigación en enseñanza de las Ciencias Naturales en el Nivel Inicial durante la década 2010-2020. Una revisión bibliográfica de revistas Iberoamericanas. *Revista de Educación en Biología*, 24(1), 87-101. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/30094>
- Feldman, J., Geimer, S., & Marshall, W. (2007). The mother centriole plays an instructive role in defining cell geometry. *PLoS Biology*, 5(6). Recuperado el Enero de 2022, de <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0050149#:~:text=Moreover%2C%20the%20data%20support%20a,rootlet%20microtubules%20and%20contractile%20vacuoles>.
- Ferreira, R., & dos Anjos, A. y. (2016). A imagem da célula em livros de Biologia: uma abordagem a partir da teoria cognitivista da aprendizagem multimídia. *Investigacoes Em Ensino de Ciencias*, 21(1), 94-105. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/152>
- Flores, F. T. (2000). Representación e Ideas Previas acerca de las Células en los Estudiantes de Bachillerato. (UNAM, Ed.)
- Flores, F., Tovar, M., Gallegos, L., Velásquez, M., Valdés, S., Saitz, S., . . . Villar, M. (2000). Representación e Ideas Previas acerca de la Célula en los Estudiantes del Bachillerato.
- França Santos, J., Falcão, E., & Cavalcante, K. (2021). O uso de Stop Motion no ensino de Bioquímica para o Nível Médio. *Investigação em Ensino de Ciências*, 26(2), 127-144. Recuperado el Febrero de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/354307584_O_USO_DO_STOP_MOTION_NO_ENSINO_DE_BIOQUIMICA_PARA_O_NIVEL_MEDIO
- Freeman, L. (2009). *Biología* (3° ed.). Madrid, España: Pearson Education.
- Freitas, A., & Laburu, C. (2011). Significados apropiados da fotossíntese por alunos do ensino fundamental a partir de uma atividade de pesquisa mediada por multimodos representação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 179-199. Obtenido de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/226/158>
- Freitas, A., & Laburu, C. (2012). Los significados de fotosíntesis elaborados a partir de una actividad investigativa: estudio de caso. *Revista Educación en Biología*, 15(2), 35-46. Recuperado el Julio de 2021, de

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22352/21970>

- Furman, M. (2018). La educación científica en las aulas de América Latina. En M. Furman, *El Estado de la Ciencia 2018. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos*. (págs. 50-51). Argentina: RICYT-OEI. Recuperado el Noviembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/330183645_La_educacion_cientifica_en_las_aulas_de_America_Latina
- Furman, M., & Podestá, M. (2010). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires, Argentina: Aique.
- Fussero, G. (2020). La Didáctica de la Biología en contexto de Pandemia. *Revista de Educación en Biología*, 2 Número Extraordinario, 157. Recuperado el Marzo de 2022, de <http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/29>
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. , [en línea], 1986, Vol. 4, n.º 1, pp. 30-35, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50857>. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas.*, 4(1), 30-35. Recuperado el 12 de Diciembre de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50857>
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias* 4(1), 4(1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1995). *Los conceptos estructurantes en nuestra comprensión del medio. Recursos educativos en línea [Blogspot]. Chile: Conciencia en la escuela*. Recuperado el Agosto de 2021
- Galagovsky, L. (1999).
- Galagovsky, L., & Adúriz-Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 315-321.
- Galagovsky, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2). Recuperado el Agosto de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735>
- Galagovsky, L., & Greco, M. (2009). Uso de analogías para el “aprendizaje sustentable”: El caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), pp 10-33. Recuperado el 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320452003>

- Gamboa, M., García, Y., & Beltrán, M. (2013). Estrategias pedagógicas y didácticas para el desarrollo de las inteligencias múltiples y el aprendizaje autónomo. *Revista de Investigaciones UNAD*, 12(1), pp 103. Recuperado el Noviembre de 2021, de https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/revistainvestigaciones/Volumen12numero1_2013/a06_Estrategias_pedagogicas_y_did%C3%A1cticas_para_el_desarrollo_de_las_inteligencias_1.pdf
- García. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada.
- García, M., & Segovia, Y. y. (2013). Aprendizaje basado en problemas en Biología Celular: una forma de explorar la ciencia. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), pp 67. Recuperado el Agosto de 2021, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/38043/1/2013_Garcia-Irles_et al_REB.pdf
- Garnica, S., & Arteta, J. (2010). Evaluación del desarrollo de las competencias científicas explicar e indagar en la aplicación de un trabajo práctico sobre fotosíntesis. *Bio-grafía_ Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 3(4), 25-54. doi:<https://doi.org/10.17227/20271034.vol.3num.4bio-grafia25.54>
- Garrido, B., & Barcia, M. (2011). Microscopio de Leeuwenhoek. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (Número Extraordinario), 487-490.
- Garrido, M. (2007). *Tesis Doctoral La evolución de las ideas de los niños sobre los seres vivos*. Universidad de la Coruña, Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento de Pedagogía y Didáctica. Obtenido de (<http://hdl.handle.net/2183/7330>
- Garrido-Navas, M., & González-García, F. (2017). La Genética en los textos de estudio de la Educación Secundaria Obligatoria: ¿Se hace caso a la investigación didáctica? *Enseñanza de las Ciencias [en línea]*, 1225-1260. Recuperado el Octubre de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335253>
- Gazzaniga, M., Bogen, J., & Sperry, R. (1962). Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man. *Proceedings of the National Academy of Science*, 48, 1765-1769.
- Gazzaniga, M., Ivry, R., & Mangun, R. (1998). *Cognitive neuroscience*. Nueva York: Norton.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. En A. Berry,

P. Friedrischen, & J. Loughran, *Re-examining pedagogical content knowledge in Science Education* . Routledge.

- Gil Bohórquez, B. (2015). Categorización de las ideas previas de los estudiantes de grado séptimo sobre el concepto de respiración animal. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la educación ambiental. III Congreso Internacional de Investigación en Enseñanza de la Biología*. Número Extraordinario, 1645-1655. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/3583/3173>
- Gil-Pérez. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- Gil-Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica). *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gimeno, J. (2007). *El Currículum: Una reflexión sobre la práctica* (9º ed.). Madrid, España: Morata. Recuperado el Abril de 2022, de https://profejhonny.weebly.com/uploads/2/2/8/1/22818782/el_curr%C3%ADculum_una_reflexi%C3%B3n_sobre_la_pr%C3%A1ctica_libro.pdf
- Giordan, A. (1987). Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 105-110., 5(2), 105-110. Recuperado el Abril de 2022, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50958/92900>
- Giordan, A., & Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber: de las concepciones a los conceptos científicos*. Colec. Investigación Y Enseñanza. Serie Fundamentos. Sevilla, España.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1968). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Londres: Weidenfeld and Nicolson.
- Gómez, A., Sanmartí, N., & Pujol, R. (2007). Fundamentación teórica y diseño de unidad didáctica para la enseñanza del modelo de ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325-340. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87930>
- González, C., Martínez, C., & García, S. (2014). El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza . *Revista EUREKA sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 2-12.

Recuperado el Agosto de 2021, de
<https://www.redalyc.org/pdf/920/92029560002.pdf>

- González, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural*. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Recuperado el Diciembre de 2021, de https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4961_GonzalezGalli.pdf
- González, N., & Rossi, A. (2015). Conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza del tema mitosis: un estudio de casos con docentes universitarios de Argentina. *Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 29, 215-232.
- González-Weil, C., & Bravo, P. (2017). Qué son y como enseñar as "Grandes Ideas de la Ciencia" . Relatos desde la discusión en torno a una práctica de aula. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 55(1), 1-16.
- González-Weil, C., & Bravo, P. (2021). ¿Cómo incorporar las Grandes Ideas de la Ciencia a la práctica docente?: Reflexiones desde el aula. En H. Cofré, C. Vergara, & A. Spotorno, *Enseñar Evolución y Genética para la alfabetización científica*. (pág. 63). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso. Recuperado el Enero de 2022
- González-Weil, C., & Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9° y 10° grado sobre los conceptos "ser vivo" y "célula". *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), pp 31-52.
- Gowin, D. (1981). *Educating*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Gowin, D. (1985). *Hacia una teoría de la educación*. Argentina: Ediciones Aragón.
- Grande, E., Charrier, M., & Vilanova, S. (2009). ¿Qué conocimiento sobre herencia y genética poseen un grupo de estudiantes de secundaria argentinos? *Enseñanza de las Ciencias, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Número Extraordinario*, 525-528. Recuperado el Noviembre de 2021, de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-525-528.pdf>
- Gredler, M. (2009). Hiding in plain sight: The stages of mastery/self-regulation in Vygotsky's cultural-historical theory. *Educational Psychologist*, 44, 1-19. doi: <https://doi.org/10.1080/00461520802616259>
- Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher. Theacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College, Columbia University.

- Guardian, B., & Ballester, A. (2011). UVE de Gowin instrumento meta-cognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencias. *Revista Electrónica de Investigación, Innovación Educativa y Socioeducativa*, 3(1), 51-62.
- Guskey, T. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and teaching: theory and practice.*, 8(3-4), 381-391. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/254934696_Professional_Development_and_Teacher_Change
- Gutiérrez, A. (2003). *La propuesta i: Edgar Morin, conocimiento e interdisciplina*. México: Universidad Iberoamericana.
- Habermas, J. (1986). *Conocimientos e interés en ciencia y técnica como ideología*. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41011837011>
- Hacking, I. (1983). Representar e intervenir. *Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas*,. México D.F: UNAM y Ed. Paidós.
- Haimo, L., & Rosenbaum, J. (1981). Cilia, flagella, and microtubules. *Journal of Cell Biology*, 91(3 parte 2), 125-130. doi:10.1083/jcb.91.3.125s.
- Halliday, A. (1998). Evoked potential. En R. Gregory, *The Oxford companion to the mind* (págs. 231-233). Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
- Harlen, W. (2010). *Principios y Grandes Ideas en la Educación en Ciencias*. Reino Unido: Association for Science Education College Lane, Hatfield, Herts. AL10 9AA. Recuperado el Septiembre de 2021, de <http://innovec.org.mx/home/images/Grandes%20Ideas%20de%20la%20Ciencia%20Español%2020112.pdf>
- Harlen, W. (2015). Towards big ideas of science education. *School Science Review*, 97(359), 97-107.
- Hebb, D. (1949). *The organization of behavior. A neuropsychological theory*. Nueva York, USA: Wiley.
- Heidegger, M. (2006). *Introducción a la fenomenología de la religión*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Hernández Sampieri, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación* (6° ed.). México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores.
- Hernández, C. (2015). El concepto de "ser vivo" en estudiantes de sexto grado. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la*

Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología, Número Extraordinario., 1625-1635. Recuperado el Julio de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/3581>

- Herrera, E., & Izquierdo, M. (2015). Indagación guiada con diagrama de uve para un aprendizaje significativo en primaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3(16), 643-656.
- Herrera, E., & Sánchez, I. (2009). Unidad Didáctica para abordar el concepto de Célula desde la resolución de problemas por investigación. *Paradigma*, XXX(1), 63-85. Recuperado el Julio de 2021, de <http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/article/view/425/422>
- Herrera, E., & Sánchez, I. (2012). La uve de Gowin como instrumento de aprendizaje y evaluación de habilidades de indagación en la unidad de fuerza y movimiento. *Paradigma*, 33(2), 101-125. Recuperado el Junio de 2021, de <http://ve.scielo.org/pdf/pdg/v33n2/art06.pdf>
- Hilgard, E. (1956). *Theories of learning* (2° ed.). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.
- Hodson, D. (1982). Is there a scientific method? *Journal of Chemical Education*, 112-115.
- Imbernón, F. (2001). Claves para una nueva formación del profesorado. *Investigación en la Escuela*(43), 47-66. Recuperado el Febrero de 2022, de http://www.ub.edu/obipd/docs/claves_para_una_nueva_formacion_del_profesorado._imbernon_f.pdf
- Irles, M., Segovia, Y., & Sempere, J. (2013). Aprendizaje basado en problemas en Biología Celular: una forma de explorar la ciencia. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 67-77.
- Isaza Valencia, L. (2014). Estilos de aprendizaje: una apuesta por el desempeño académico de los estudiantes en la Educación Superior. *Encuentros*, 12(2), 25-34.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, P., Pujol, R., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extraordinario*, 79-91. Recuperado el Abril de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/283364116_Caracterizacion_y_fundamentacion_de_la_ciencia_escolar

- Jacob, F. (1999). Capítulo 15: "La Vida". En F. Jacob, *La lógica de lo viviente: una historia de la herencia*. Barcelona, España: Tusquets.
- Jaramillo, L. (2003). ¿Qué es Epistemología? Mi mirar epistemológico y el progreso de la Ciencia. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 18, 174-178.
- Jaramillo, L., & Puga, L. (2016). El pensamiento lógico-abstracto como sustento para potenciar los procesos cognitivos en la educación. *Sophia. Colección de Filosofía de la Educación*, 21, 31-55. Recuperado el Enero de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/4418/441849209001.pdf>
- Jensen. (2005). *Teaching with the brain in mind* (2° ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum.
- Jiménez, L., & Merchant, H. (2003). *Biología Celular y Molecular* (1° ed.). México: Pearson Educación.
- Jodelet, D. (1986). La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici, *Psicología social II, Pensamiento y vida social. Psicología social y problemas sociales*, (págs. 469- 494.). Barcelona: Paidós.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models: Towards a cognitive science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. .
- Joshua, S., & Dupin, J. (1993). *Introducción a la Didáctica de las Ciencias y la Matemática*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Jouve, N. (2008). Los Organismos Modificados Genéticamente (OMG): Necesidad y Perspectivas. *Revista de Educación en Biología*, 11(2), 31-38. Recuperado el Julio de 2021
- Juárez, J., & Comboni, S. (2012). Pensamiento Complejo. *Reencuentro*, 65, pp. 41. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/340/34024824006.pdf>
- Kant, I. (2020). *Crítica de la razón pura*. Madrid, España: Verbum S.L.
- Karpov, Y., & Haywood, H. (1998). Two ways to elaborate Vygotsky's concept of mediation: Implications for instruction. *American Psychologist*, 53, 27-36. Recuperado el Mayo de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/280757656_Two_Ways_to_Elaborate_Vygotsky's_Concept_of_Mediation_Implications_for_Instruction
- Kempermann, G., & Gage, F. (1999). New nerve cells for the adult brain. *Scientific American*, 280(6), 48-53. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://www.jstor.org/stable/26058240>

- Kierszenbaum, A. (2015). *Histología y Biología Celular* (3° ed.). Barcelona, España: Elsevier-Saunders.
- Klinger, C., & Vadillo, G. (2000). *Psicología cognitiva. Estrategias en la práctica docente* (1° ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em perspectiva*, 14(1), 85-93. doi:<https://doi.org/10.1590/S0102-88392000000100010>
- Laborit, H. (1970). *Biología y Estructura*. Caracas, Venezuela: Tiempo Nuevo.
- Lárez-Villarroel, J. (2018). Algunos obstáculos que imposibilitan el aprendizaje efectivo de la matemática. *Investigación y Postgrado*, 33(1), 53-74. Recuperado el Abril de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6736266.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=cl>
- Laudan, L. (1990). *Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science (Science and Its Conceptual Foundations series)*. University of Chicago Press.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar Ciencia*. Paidós.
- Lemonick, M., & A, D. (2006). What make us different? *Times*, 168(53), 44-50.
- León, N., Beyer, W., Serres, Y., & Iglesias, M. (2013). Informe sobre la formación inicial y continua del docente de matemática. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 8(2), 89-129. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.revistas.ucr.ac.cr/article/downloads/12224-Texto%20del%20artículo-19378-1-10-20131029.pdf>
- López Noguero, F. (2007). *Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria*. Madrid, España: Narcea.
- López, J. (2008). La columna de Winogradsky, un ejemplo de microbiología básica en un laboratorio de educación secundaria. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien*, 373-376.
- López, J. (2011). Microbiología de la producción de hidrógeno. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (2), 201-204, 2011, 8(2), 201-204. doi:http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i2.06
- López, J. (2011). Observación de la actividad antimicrobiana del ajo (*Allium sativum*) en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka*

sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8 (Núm. Extraordinario), 491-494. Recuperado el Marzo de 2022

- López, J., & Boronat, R. (2011). El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 111-114. Recuperado el Enero de 2022, de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2962>
- López, J., & Boronat, R. (2016). Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de las bacterias. Estudio en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 203-209, 2016, 13(1), 203-209. Recuperado el Octubre de 2021, de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2962>
- López, J., Jiménez, J., Fabregat, A., & J., G. (2010). Microbiología de la producción controlada de sulfuro de hidrógeno. Una experiencia de trabajo en el laboratorio de Educacionon Secundaria. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7(2), 573-578. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2621>
- López, V., Couso, D., & Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62).
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science*, 30(0), 1301-1320. doi:<https://doi.org/10.1080/09500690802187009>
- Lucci, M. (2006). La Propuesta de Vygotsky: La Psicología Socio-Histórica. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 10(2). Recuperado el 20 de Mayo de 2020
- Luengo, E. (2018). *Las vertientes de la Complejidad: Pensamiento Sistémico, Ciencias de la Complejidad, Pensamiento Complejo, Paradigma Ecológico y Enfoques holistas*. Guadalajara, México: ITESO. Recuperado el Agosto de 2021, de http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/cip-iteso/20200713053001/pdf_1795.pdf
- Macnab, R. (2003). How Bacteria assemble flagella. *Annu. Rev. Microbiol.* doi:10.1146/annurev.micro.57.030502.090832
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome, N. Lederman, & S. a. Library (Ed.), *Examining*

Pedagogical Content Knowledge (págs. 95-132). Netherland: Kluwer Academic Publishers.

- Maguregi, G., Uzkola, A., & Burgoa, B. (2017). Modelización, argumentación y transferencia de conocimiento sobre el sistema inmunológico a partir de una controversia sobre vacunación en futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 29-50. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v35-n2-maguregi-uskola-burgoa>
- Maldonado, G. (2017). Paradigmas del Aprendizaje. En L. Trujillo, *Teorías Pedagógicas Contemporáneas*. Bogotá, Colombia: Fondo editorial Areandino. Recuperado el Noviembre de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/326425474.pdf>
- Maldonado, G., & Rosetto, M. (2009). Investigación-acción en el aula de ciencias. Evolución del conocimiento infantil sobre célula. *Revista Enseñanza de las Ciencias, Número Extraordinario VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 1746-1749. Recuperado el Julio de 2021, de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1746-1749.pdf>
- Manuale, M. (2007). *Estrategias para la comprensión: Construir una didáctica para la educación superior*. Argentina: Ediciones Universidad Nacional del Litoral.
- Maripangui, A. (2017). *Estudio sobre el uso de TIC en la enseñanza de las ciencias*. Tesis para optar al grado de Magíster en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Playa Ancha, Escuela de Postgrado, Valparaíso. Recuperado el Noviembre de 2021
- Martín, M., & Vestfrid, P. (2015). *La aventura de innovar con TIC: aportes conceptuales, experiencias y propuestas*. Argentina: Ediciones EPC. Argentina: EPC. Recuperado el Abril de 2022
- Martínez, A. (1993). Una mirada arqueológica de la Pedagogía. *Pedagogía y Saberes*. Recuperado el Agosto de 2021, de http://www.albertomartinezboom.com/escritos/articulos/1990_Una%20mirada%20arqueologica%20a%20la%20pedagogia.pdf
- Marzábal, A. M. (enero-julio de 2014). El obstáculo epistemológico como objeto de reflexión para la activación del cambio didáctico en docentes de ciencias en ejercicio. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 9(1), 70-84. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/2733/273331433005.pdf>
- Marzábal, A., & Izquierdo, M. (2017). Análisis de las estructuras textuales de los textos escolares de química en relación con su función docente.

- Enseñanza de las ciencias*, 35(1), 111-132. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/v35-n1-marzabal-izquierdo/409798>
- Mateu, M., & Moreira, M. (2014). Cuando las canciones hablan de genética: Las representaciones sociales y su impacto en el aprendizaje de la Ciencia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(3), 565-576. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/73>
- Maturana, H., & Varela, F. (2003). *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano*. Buenos Aires: Lumen.
- Mayer, R. (2005). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayr, E. (1998). *Así es la Biología*. Debate S.A.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Mazas, B., & Cascarosa, E. y. (2020). Análisis de la evolución del modelo de proteína en los libros de texto de ESO y Bachillerato españoles. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 17(3), 3103. doi:10.25267
- Medina, P., & Quiroz, W. (2017). Análisis Ontológico en textos escolares de Ciencias Naturales y Biología. *X Congreso Nacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Sevilla.
- Mellado, V. (2003). Cambio Didáctico del profesorado de Ciencias Experimentales y Filosofía de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21943>
- Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de las ciencias a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339. Recuperado el Junio de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21304>
- Mendoza, E., & Velandia, A. (2017). La enseñanza de lo vivo y la vida desde las colecciones biológicas: una oportunidad para pensar las colecciones desde la complejidad. *Bio – grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología*, 92-99. Recuperado el Octubre de 2021

- Menegaz, A., & Mengascini, A. (2005). El concepto de niveles de organización de los seres vivos en contexto de enseñanza. *VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Número Extra, págs. pp 1-5. Granada. Recuperado el 2021, de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp245conniv.pdf
- Mengascini, A. (2006). Propuesta Didáctica y Dificultades para el Aprendizaje de la Organización Celular. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 485-495.
- Merino, G. (1995). *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes para una renovada metodología*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the future: The report of a seminal series funded by the Nuffield Foundation*. King's College, London. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.nuffieldfoundation.org/wp-content/uploads/2015/11/Beyond-2000.pdf>
- MINEDUC. (2015). *Bases Curriculares 7° Básico a 2° Medio*. Santiago.
- MINEDUC. (2016). *Bases Curriculares 7° Básico a 2° Medio*. Santiago, Chile. Recuperado el Agosto de 2021
- MINEDUC. (2017). *Posterga la entrada en vigencia de la nueva estructura curricular establecida en la ley N° 20.370*. Chile. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.bcn.cl/leychile/N?i=1111497&t=0>
- MINEDUC. (2019). *Fundamentos de las Bases Curriculares 3° y 4° Medio*. MINEDUC, Unidad de Currículum y Evaluación, Santiago. Recuperado el Julio de 2021, de https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-244031_recurso_pdf.pdf
- Miranda, M., & Méndez, M. (2017). Modelos explicativos del concepto de ser vivo en estudiantes de segundo de primaria de la institución educativa distrital Francisco de Miranda, Bogotá, Colombia. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología*, 1069 – 1077.
- Mitchell, I., Keast, S., Panizzon, D., & Mitchell, J. (2016). Using "Big Ideas" to enhance teaching and student learning. *Teachers and Teaching*, 23(5), 1-15. Recuperado el Noviembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/306343884_Using_'big_ideas'_to_enhance_teaching_and_student_learning

- Molfese, D., Key, A., Kelly, S., Cunningham, N., Terrel, S., Ferguson, M., . . . Bonbright, T. (2006). Below-Average, Average, and Above-Average Readers Engage Different and Similar Brain Regions While Reading. *Journal of Learning Disabilities*, 39, 352-363. Recuperado el Agosto de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/6892261_Below-Average_Average_and_Above-Average_Readers_Engage_Different_and_Similar_Brain_Regions_While_Reading
- Molina, J., Paños, E., & Reyes, J. (2021). Microorganismos y hábitos de higiene. Estudio. *Revista EUREKA sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2). Recuperado el Enero de 2022, de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/5877>
- Monod, J. (1985). *El saber y la necesidad*. Barcelona, España: Tusquets.
- Montanez, A., Trasante, T., Silva, C., & Imbert, D. (2021). Aprendizaje por indagación en la enseñanza de la Microbiología de. *Revista de Educación en Biología*, 24(1), 102-118. Recuperado el Enero de 2022, de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/28074>
- Morales, D. (2009). La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 2(1). Recuperado el Octubre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/317045654_La_ensenanza_para_la_comprension_y_los_conceptos_estructurantes_una_estrategia_para_el_desarrollo_de_los_niveles_de_comprension_de_los_estudiantes
- Moreira, M. (1997). El Aprendizaje Significativo, un concepto subyacente. *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, (págs. 19-44). Burgos, España.
- Moreira, M. (2005). *Aprendizaje Significativo Crítico*. Instituto de Física Universidad Federal de Porto Alegre. Editora da UFRGS.
- Moreira, M. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M. (2007). Diagramas V y Aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, 6(2).
- Moreira, M. (2008). Conceptos en la educación científica: ignorados y subestimados. *Qurrriculum*, 21, 21, pp. 9-26. . Recuperado el Febrero de 2022, de https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/13338/Q_23_%282010%29_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Moreira, M. (2008). Negociação de significados e aprendizagem significativa. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 2, 2-13.
- Moreira, M. (2010). ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? y ¿Por qué mapas conceptuales? *Curriculum*, 23, 9-23.
- Moreira, M. (2010). Aprendizaje Significativo Crítico. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, Número 6. 2º Edición, 83-101.
- Moreira, M., & Greca, I. (2002). XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 2, págs. 33-57. La Laguna, Tenerife. Recuperado el 2020
- Moreno, A. (2015). La nutrición celular como medio para el aprendizaje significativo del concepto de célula. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Edición Extraordinaria.*, 1488-1502. Recuperado el Junio de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/3572/3163>
- Moreno, A. (2015). La nutrición celular como medio para el aprendizaje significativo del concepto de célula. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Edición Extraordinaria.*, 1488-1502. Recuperado el Junio de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/3572/3163>
- Moreno, J. (2002). "Tres Teorías que dieron origen al pensamiento complejo: Sistémica, Cibernética e Información. En M. Velillas, *Manual de Iniciación Pedagógica al Pensamiento Complejo* (págs. 25-37). ICFES UNESCO. Recuperado el Enero de 2022, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131357>
- Morin, E. (1973). *Diario de California*. Madrid: Fundamentos.
- Morin, E. (1980). *El Método II: La vida de la vida*. Paris, Francia: Seuil. Recuperado el Marzo de 2022
- Morin, E. (1986). *El método i. La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- Morin, E. (1988). *El Método iii. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.

- Morin, E. (1994). *El método. El conocimiento del conocimiento*. Madrid, España: Ediciones Cátedra.
- Morin, E. (1997). *Método II: La Naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Morin, E. (1999). *La cabeza Bien Puesta. Repensar la Reforma. Reformar el Pensamiento*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Visión.
- Morin, E. (2002). *La cabeza bien puesta. Repensar la reforma*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Visión.
- Morin, E. (2004). *Pour entrer dans le xxi e siècle*. . París: Éditiones du Seuil.
- Morin, E. (2005). Complejité restreinte, complexité générale. *Coloquio Intelligence de la Complejité: épistémologie et pragmatique*. La Salle.
- Moscovici, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Buenos Aires: Huemul.
- Muñoz, J., Muñoz, A., & Peña, J. (2017). Aprendizaje de la célula en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria: La influencia del contexto socio-económico familiar en tiempos de crisis. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), pp. 483-501.
- Nagel, E. (1968). *La Estructura de la Ciencia*. Buenos Aires: Paidós.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Navajas, R. (2021). Potencial didáctico de la filatelia para estudiar Genética Mendeliana. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. doi:10.7203/DCES.40.19291
- Novak, J. (1981). *Uma Teoria de Educação* . Pioneira.
- Novak, J., & Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca Traducción al español del original Learning how to learn.
- Núñez, G., Pereira, R., Maturano, C., & Mazzitelli, C. (2007). Dificultades en la formación disciplinar de docentes de Ciencias Naturales. *Memorias de las I Jornadas Nacionales de Educativa y II Jornada Regionales de Investigación Educativa*. Cuyo. Recuperado el Enero de 2022, de <https://feeye.uncuyo.edu.ar/web/posjornadasinve/area4/Formacion%20docente%20y%20evaluacion%20en%20la%20formacion%20docente/026%20-%20Nunez%20y%20otros%20-%20UN%20San%20Juan.pdf>
- Obando, V., & López, S. (2021). Aprendizaje Significativo Crítico asociado a la fotosíntesis en estudiantes de secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis, Memorias del IX Congreso Internacional sobre Formación de Profesores*

de Ciencias, Número Extraordinario, 2792-2798. Recuperado el Enero de 2022

- Occelli, M., Biber, P., Willgings, P., & Valeiras, N. (2014). Jugar y aprender biología celular: una experiencia con el videojuego Kokori. *XI Jornadas Nacionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Río Negro. Recuperado el Noviembre de 2021, de https://www.academia.edu/28001820/Jugar_y_aprender_biolog%C3%ADa_celular_una_experiencia_con_el_videojuego_Kokori
- Occelli, M., García-Romano, L., Valeiras, N., & Willgings, P. (2017). Animar la división celular (mitosis): una propuesta. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 398-409. Recuperado el Julio de 2021, de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3334>
- Ogborn, J. (2002). Ownership and transformation: Teachers Using Curriculum Innovations. *Physics Education*, 37(2), 142-146. doi:10.1088/0031-9120/37/2/307
- Oliveros, E. (2002). *Metodología de la enseñanza de Matemática*. Santillana.
- Olson, J. (2008). Concept-Focused Teaching: Using Big ideas to Guide Instruction in Science. *Science and Children*, 46(4), 45-49. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.proquest.com/openview/0254416d1622fe918cc14106c3ca311b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41736>
- Ontoria, A. (2001). *Mapas conceptuales. Una técnica para aprender*. Madrid: Narcea.
- Ornstein, R. (1997). *The right mind*. Orlando: Harcourt Brace.
- Packer, M., & Goicoechea, J. (2010). Teorías socioculturales y constructivistas del aprendizaje: ontología, no solamente epistemología. *Psicología Cultural*, 28. Recuperado el Junio de 2021, de <https://www.psicologiacultural.org/Pdfs/Traducciones/Teorias%20socioculturales%20y%20constructivistas.pdf>
- Park, S., & Oliver, J. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research Science Education*, 38(2), 261-284.
- Pascual, J. (2006). *Apuntes de Lógica*. España: La Mancha. Recuperado el Marzo de 2022, de http://titan.inf-cr.uclm.es/www/pjulian/teaching/sl_apLO.pdf

- Pavé, A. (2006). *Biological and Ecological Systems Hierarchical Organisation*. (D. e. Pumain, Ed.) New York: Springer Verlag. Recuperado el Abril de 2022
- Pérgola, M., & Galagovsky, L. (2020). Estudio didáctico-epistemológico sobre la relación entre los modelos de respiración celular y de combustión. *Revista de Educación en Biología*, Vol. 23, Nº 1, Junio 2020, 49-63. Recuperado el Agosto de 2021
- Piaget, J. (1980). *Biología y Conocimiento*. México: Siglo XXI.
- Piaget, J. (1982). Desarrollo y Aprendizaje. *Naturaleza, Educación y Ciencia*(1), 5-14. Recuperado el 22 de Julio de 2020
- Pidone, C. (2005). La Teoría del Prión. *Analecta Veterinaria*, 62-72. Recuperado el Abril de 2022, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/11183/Documento_completo_.pdf?sequence=1
- Pineda, C., & Afanador, H. (2015). Diagnóstico de las concepciones sobre reproducción celular en estudiantes de grado séptimo, octavo y noveno de los colegios Miguel Antonio Caro IED y Justo Víctor Charry IED. *Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza.*, 8(15), 41-57. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/biografia/article/view/4241/3564>
- Pineda, M., Leyva-Moral, J., & Medina, J. (2011). El análisis de los datos cualitativos: Un proceso complejo. *Index de Enfermería (Edición digital)*, 20(1-2), 96-100. Recuperado el 6 de Enero de 2022, de <http://www.indexf.com/index-enfermeria/v20n1-2/7441.php>
- Piña, J., & Cuevas, Y. (2004). La teoría de las representaciones sociales. Su uso en la investigación educativa en México. *Perfiles Educativos*, 26(104-106), 102-124. Recuperado el Mayo de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982004000100005#:~:text=Para%20Moscovici%20\(1979%2C%20p.,una%20relaci%C3%B3n%20cotidiana%20de%20intercambios%22](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982004000100005#:~:text=Para%20Moscovici%20(1979%2C%20p.,una%20relaci%C3%B3n%20cotidiana%20de%20intercambios%22)
- Piriz, N., Galagovsky, L., & López, M. y. (2021). Las células como sistemas abiertos. Oportunidades y desafíos para una enseñanza integrada de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis, Memorias del IX Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias*. Número Extraordinario, 3563-3564. Recuperado el Enero de 2022, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15044>

- Plummer, J., & Krajcik, J. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of research in science teaching*, 47(7), 768-787. Recuperado el Julio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/229889626_Building_a_learning_progression_for_celestial_motion_Elementary_levels_from_an_Earth-based_perspective
- Pontes, J., & Guses, R. (2021). La realidad aumentada y lo lúdico en la enseñanza de la estructura celular. *Revista de Educación en Biología*, 24(2), 123-136.
- Popkewitz, T. (1988). *Paradigma e ideología en investigación educativa. Las funciones sociales del intelectual*. . Madrid: Mondadori.
- Popper, K. (2006). *Búsqueda sin término*. Madrid: Alianza.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175–185.
- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.
- Pozo. (1999). sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: Del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extraordinario*, 15-31. Recuperado el Septiembre de 2021, de www.raco.cat/article/Downloads/21616-Texto%20del%20artículo-21540-1-10-20060309.pdf
- Pozo, J., & Gómez-Crespo, M. (2009). *Aprender y Enseñar Ciencias* (6° ed.). Madrid, España: Morata.
- Pozo, J., Sanz, A., Gómez, M., & Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia, una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las ciencias*, 9(1), 83-94.
- Prigogine, I. (1997). *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Queiroz, J., Gonçalves, S., & Segnini, N. (2012). Algumas concepções de alunos do ensino médio sobre proteínas. *Ciência e Educação*, 18(4), 897-912. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5274084>
- RAE. (2022). *Diccionario de la lengua española 23.5 (en línea)*. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://dle.rae.es>

- Rafael, A. (2018). *Teorías del Desarrollo Cognitivo*. Universidad de Barcelona. Recuperado el Abril de 2022, de http://www.paidopsiquiatria.cat/files/teorias_desarrollo_cognitivo.pdf
- Rassetto, M. (2018). La Didáctica de la Biología en la formación de profesores en la Argentina. *Cuadernos de Educación*(16), 132-153. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Cuadernos/article/view/22974/22684>
- Ribeiro de Assis, F. (2015). Ensinando e investigando o uso de mapas conceituais como recurso didático o facilitador da aprendizagem significativa em ciencias naturais no ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(3), 625-642.
- Ribeiro, P., & Borges, M. (2015). Caracterização de textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos de Biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20(2), 126-137. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/46/32>
- Ricci, R. (1999). Acerca de una Epistemología Integradora. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 5, 1-20. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://www.moebio.uchile.cl/05/ricci.html>
- Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista do Centro de Educação*, 31(1), 11-22. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/1171/117117257002.pdf>
- Rincón, D. (2019). Tratamiento didáctico de las representaciones visuales en libros de textos escolares de grado sexto respecto al concepto de fotosíntesis. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su enseñanza, Edición Extraordinaria*, 133-146. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/10843>
- Rivera Gómez, D. A. (2017). Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis TED*, 900-907. Recuperado el 3 de Enero de 2022, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4831>
- Rodríguez, B. (1995). La Didáctica de la Genética: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379-385. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v13n3/02124521v13n3p379.pdf>
- Rodríguez, M., Caballero, C., & Moreira, M. (2010). La teoría del aprendizaje significativo: un referente aún actual para la formación del profesorado. *Actas del I Congreso Internacional Reinventar la formación docente. Universidad de Málaga.*, (págs. 589-603).

- Rodríguez-Palmero, M. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(3), 237-263. Recuperado el Junio de 2021
- Rodríguez-Palmero, M. (2003). La célula vista por el alumnado. *Ciência & Educação*, 9(2), 229-246. Recuperado el Julio de 2021
- Rodríguez-Palmero, M. (2004). La Teoría del Aprendizaje Significativo. *Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona, España. Recuperado el Enero de 2022, de <http://cmc.ihmc.us/Papers/cmc2004-290.pdf>
- Rodríguez-Palmero, M. L., & Moreira, M. A. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em ensino de ciências.*, 4(2), 121-160.
- Rodríguez-Palmero, M., & Marrero, J. (2003). Un análisis y una organización del contenido de biología celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 67-79. Recuperado el Diciembre de 2021, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_1_5.pdf
- Rodríguez-Palmero, M., & Moreira, M. (2002). Modelos mentales vs esquemas de célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 77-103. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141229/000403782.pdf?sequence=1>
- Rodríguez-Palmero, M., Marrero, J., & Moreira, M. (2001). La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y sus principios: Una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(3), 243-268. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141225/000348949.pdf?sequence=1>
- Rojas, J., Velasco, D., Pachón, J., & Granobles, M. (2021). Modelos Explicativos sobre la Respiración Vegetal y su relación con la Contaminación Ambiental. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza.*, 14(26). Recuperado el Febrero de 2022, de evistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/13680/9236
- Romário, J., & Medeiros, E. (2009). Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. *Ciência & Educação Bauru*, 15(3), 599-611. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5JWTLcfnphv37Sb5FNpR5XR/?lang=pt>

- Saavedra, K., de la Rocque, L., Cabral, I., & Ozório, M. (2011). Historietas usadas en el proceso enseñanza-aprendizaje: el pensamiento de los niños de primaria con relación a la hanseniasis (lepra). *Revista de Educación en Biología*, 14(1), 35–48. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22321>
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Sanmartí, N. (sin fecha). *Enseñar y aprender Ciencias: algunas reflexiones*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ensenanza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmarti.pdf>
- Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*(32), 51-62. Recuperado el Agosto de 2021, de <http://hdl.handle.net/11441/59779>
- Santamaría, L. L. (2012). Obstáculos epistemológicos en la enseñanza del concepto de célula. *INVESTIGIUM IRE Ciencias Sociales y Humanas*, 3(3), 38-52. Recuperado el Julio de 2021, de <https://investigiumire.unicesmag.edu.co/index.php/ire/article/view/31/30>
- Schmelzing, S., Van Driel, J., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of Biology teacher's Pedagogical Content Knowledge concerning the "cardiovascular System". *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 1369-1390. doi:<https://doi.org/10.1007/s10763-012-9384-6>
- Schoenfeld, W. (1972). Problems of modern behavior theory. *Conditional Reflex*, 7(1), pp. 33-65. doi: 10.1007/BF03000463
- Schrödinger, E. (2001). *¿Qué es la vida?* (5° ed.). Barcelona, España: Tusquets.
- Schunk, D. (2012). *Teorías del Aprendizaje* (6° ed.). México: Pearson Educación. Recuperado el Mayo de 2022, de <https://ciec.edu.co/wp-content/uploads/2017/06/Teorias-del-Aprendizaje-Dale-Schunk.pdf>
- Seidel, F., Frigo, D., Klein, A., & De Francisco, A. y. (2020). Sequência didática fundamentada na neurociência para o ensino de genética. *Revista Eletrônica de Ensino de las Ciencias*, 19(2), 359-383. Recuperado el Julio de 2021, de <http://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/199>
- Sepúlveda, S. (2017). Caracterización del contenido de célula en textos escolares de biología de enseñanza secundaria de Chile. *Revista de*

Innovación en Enseñanza de las Ciencias, 1 (2), 29-52. Recuperado el julio de 2021

Sepúlveda, S. (2017). Caracterización del contenido de célula en textos escolares de biología de enseñanza secundaria de Chile. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 29-52. Recuperado el 2021, de <http://www.reinnec.cl/index.php/reinnec/article/view/21>

Serrano, J. (1985). *La reducción en las ciencias*. México: Trillas.

Shore, N. (1997). *Rethinking the brain: New insights into early development*. Nueva York: Families and Work Institute.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14. Recuperado el Octubre de 2021, de <https://www.wcu.edu/webfiles/pdfs/shulman.pdf>

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching : foundations of the new reforms. *Harvard Educational Review*, 51, 1-22. Recuperado el Agosto de 2021, de Knowledge and Teaching : foundations of the new reforms

Shute, N. (2009). The amazing teen brain: Science suggests ways to promote growth while preventing disaster. *U. S. News & World Report*, 146, 37-39. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.nationalcac.org/wp-content/uploads/2017/05/the_amazing_teen_brain.pdf

Silva, M. R., Passos, M. M., & Villas Boas, A. (2013). A História da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. *Ciências y Educ.*, Bauru, 19(3), 599-616. Recuperado el Abril de 2022

Skinner, B. (1937). Two types of conditioned reflex: A reply to Konorski and Miller. *Journal of General Psychology*, 16(1), 272-279. doi:10.1080/00221309.1937.9917951

Skinner, B. (1938). *The behavior of the organisms*. Acton Massachusetts. Copley Publish Group.

Snell. (2019). *Neuroanatomía Clínica* (8° ed.). Lippincot Williams & Wikins.

Solana, J. (2005). con Edgar Morin. *Por un pensamiento complejo. Implicaciones interdisciplinarias*. Madrid: Universidad Internacional de Andalucía/Akal.

Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2013). *Biología* (9° ed.). México: Cengage Learning. Recuperado el Abril de 2022

Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2013). *Biología* (9° ed.). Cengage Learning. Recuperado el Abril de 2022

- Souza, S., Da Cunha, J., & Moreira, E. (2020). Estratégias Didático-Pedagógicas para ensino-aprendizagem de Genética. *Investigacoes em Ensino de Ciências*, 25(1), 41-59. Recuperado el Julio de 2021, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1462/pdf>
- Tamayo, O., Orrego, M., & Dávila, A. (2014). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 1(13), 129-145. Recuperado el 2022
- Tapia, F., & Arteaga, Y. (2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: Propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 30(3), 281-294. Recuperado el Junio de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285694>
- Teófilo, F., & Gallão, I. (2019). História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia Celular. *Ciência e Educação Bauru*, 5(3), 783-801. doi:<https://doi.org/10.1590/1516-731320190030012>
- Tolson, J. (2006). Is there room for the soul? New challenges to our most cherished beliefs about self and the human spirit. *U. S. News & World Report*, 141, 56-63.
- Trawick-Smith. (2003). *Early childhood development: A multicultural perspective* (3° ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Treagust, D., & Tsui, C. (2013). *Multiple Representations in Biological Education*. New York: Springer.
- Treagust, D., Harrison, A., & Venville, G. (1998). Teaching Science Effectively With Analogies: An Approach for Preservice and Inservice Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 85-101. doi: DOI: 10.1023/A:1009423030880
- UNESCO. (24 de Marzo de 2020). 1.370 millones de estudiantes ya están en casa con el cierre de las escuelas de COVID-19, los ministros amplían los enfoques multimedia para asegurar la continuidad del aprendizaje. Recuperado el Octubre de 2021, de <https://es.unesco.org/news/1370-millones-estudiantes-ya-estan-casa-cierre-escuelas-covid-19-ministros-amplian-enfoques>
- Uribe, L. (2008). Del mecanicismo a la complejidad en Biología. *Revista de Biología Tropical*, 56(1), 56 (1): 399-407. Recuperado el Noviembre de 2021, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n1/art30v56n1.pdf>
- Vaillant, D., & Marcelo, C. (2001). *La Tarea del Formador*. Málaga, España: Ediciones Aljibe. Recuperado el Marzo de 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/234007841_Las_tareas_del_forrador

- Van Fraassen, B. (1996). La imagen científica. *Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas*,. México D.F: UNAM y Ed Paidós.
- van Gog, T., Paas, F., Marcus, N., Ayres, P., & Sweller, J. (2009). The mirror neuron system and observational learning: Implications for the effectiveness of dynamic visualizations. *Educational Psychology Review*, 21, 21-30. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/226042599_The_Mirror_Neuron_System_and_Observational_Learning_Implications_for_the_Effectiveness_of_Dynamic_Visualizations
- Varela, F. (2002). *El fenómeno de la vida*. (2° ed.). Caracas, Montevideo, Santiago de Chile: Dolmen.
- Vellutino, F., & Denckla, M. (1996). Cognitive and neuropsychological foundations of word identification in poor and normally developing readers. En R. Barr, M. Kamil, P. Mosenthal, & P. Pearson, *Handbook of reading and research* (Vol. 2, págs. 571-608). Mahwah, NJ.: Erlbaum.
- Vera, G., Ortega, J., & Burgos, M. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Revista Eticanet*. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero2/Articulos/Realidadvirtual.pdf>
- Verdejo, A. (2019). El giro filosófico en el pensamiento de Thomas Kuhn sobre la inconmensurabilidad de las teorías científicas. *Interciencia*, 44(11), 653-659. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/339/33962174008/html/>
- Vergara, C., & Cofré, H. (2014). Conocimiento Pedagógico del Contenido: El paradigma perdido en la formación inicial y continua de profesores en Chile. *Estudios Pedagógicos*(40), 323-338. Recuperado el Diciembre de 2021, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052014000200019
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170. Recuperado el Marzo de 2022, de https://gerardvergnaud.files.wordpress.com/2021/09/gvergnaud_1990_theorie-champs-conceptuels_recherche-didactique-mathematiques-10-2-3.pdf

- Verma, S., Qian, Z., & Adhya, S. (2019). Architecture of the Escherichia coli nucleoid. *PLoS Genetic*, 15(12). Recuperado el Mayo de 2022, de <https://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1008456>
- Villamil, C., & Quiroga-Baquero, L. (2019). Análisis del concepto de abstracción y su uso en referencia a las relaciones conductuales. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 15(2), 335-351. doi: <https://doi.org/10.15332/22563067.5404>
- Villarroel, J. (2013). Environmental judgment in early childhood and its relationship with the understanding of the concept of living beings. *SpringerPlus*, 2(1), 1-13.
- Villarroel, J., & Infante, G. (2014). Early understanding of the concept of living things: An examination of young children's drawings of plant life. *Journal of Biological Education*, 48(3), 119-126.
- Villegas, M., Mortis, S., & García, R. y. (2017). Uso de las TIC en estudiantes de quinto y sexto grado de educación primaria. *Apertura*, 9(1), 50-63. Recuperado el Enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-61802017000200050#B11
- Vlaardingerbroek, B., Taylor, N., & Bale, C. (2014). The problem of scale in the interpretation of pictorial representations of cell structure. *Journal of Biological Education*, 48(3), 154-162. Recuperado el Mayo de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/271994757_The_problem_of_scale_in_the_interpretation_of_pictorial_representations_of_cell_structure/link/56cf690208ae85c82344a6d2/download
- Vogt, L. (2019). Levels and building blocks—towards a domain granularity framework for the life sciences. *Journal of Biomedical Semantics*, 10(4). Recuperado el Marzo de 2022, de <https://jbiomedsem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13326-019-0196-2>
- Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L. (1988). *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*. México: Grijalbo.
- Wallis, C. (2004). What makes teens tick. *Times*, 163(65), 56-62. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://time.com/620/what-makes-teens-tick/>
- Whiteley, M. (2012). Big Ideas: A close look at the Australian history curriculum. *Agora*, 47, 41-45. Recuperado el Febrero de 2022, de <https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/aeipt.195829>

- Wilson. (1998). *Consilience. La unidad de Conocimiento*. Barcelona: Editorial Galaxia Gutenberg.
- Wolfe. (2001). Brain matters: Translating research into classroom practice. *Association for Supervision and Curriculum Development*.
- Woodger, J. (2000). *Los principio biológicos: un estudio crítico*. Psychology Press.
- Woolfolk, A. (2010). *Psicología Educativa* (Decimotercera Edición ed.). México: Pearson Educación.
- Xavier, M., Sá Freire, A., & Ozório, M. (2006). A nova (Moderna) Biologia e a Genética nos livros didáticos de Biologia no Ensino Médio. *Ciência & Educação Bauru*, 12(3), 275-289. Recuperado el Agosto de 2021, de <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/FF3c9nw48sdF9f3hFBHGWWD/abstract/?lang=pt>
- Yanes, J. (2016). Pensamiento Complejo en el aula. *Sophia*, 21, 121-141. doi:10.17163/soph.n21.2016.05
- Yuseli, A., & Angulo, F. (2017). La modelización de las funciones vitales en quinto grado de primaria. *Bio – grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza ., Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Número Extraordinario*, 185-193.
- Zambrano, A. (2000). La relación entre el conocimiento del maestro y el conocimiento del estudiante. Universidad del Valle. Instituto de Educación y pedagogía. Cali.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 1: Datos de Autores, Año, Revista, Procedencia y Nivel Educativo, de cada una de las publicaciones analizadas, en orden cronológico.

Número de orden	Autores	Año	Revista	Lugar de trabajo	Nivel Educativo
1	José Manuel Vacas Peña	2000	RDCES	España	NE
2	Sigüenza Molina, Agustín Francisco	2000	REC	España	U
3	Lydia Galagovsky, Agustín Adúriz-Bravo	2001	REC	Argentina	NE
4	M ^a Luz Rodríguez, Javier Marrero Acosta y Marco Antonio Moreira	2001	IENCI	España/Brasil	U
5	Milagros Chávez Tortolero	2002	TED	Colombia	NE
6	Ayuso, G., Banet, E.	2002	REC	España	S
7	M ^a Luz Rodríguez Palmero, Marco Antonio Moreira	2002	IENCI	España/Brasil	NE
8	M ^a Luz Rodríguez Palmero y Javier Marrero Acosta	2003	REEC	España	D
9	Cecilia Estrabou, Claudia Sosa, Liliana Crocco y Walter Almiron	2005	REB	Argentina	NE
10	Adriana Menegaz y Adriana Mengascini.	2005	REC	Argentina	NE

11	Alicia María Teresa Costamagna.	2005	REC	Argentina	U
12	Tatiana Galieta Nascimento y Isabel Martins	2005	IENCI	Brasil	P
13	Adriana Mengascini	2006	EUREKA	Argentina	U
14	Charrier Melillán, María, Cañal, Pedro y Rodrigo Vega, Maximiliano.	2006	REC	Argentina/España	NE
15	Márcia Cristina Fernandes Xavier, Alexandre de Sá Freire, Milton Ozório Moraes.	2006	CEB	Brasil	NE
16	Martínez Aznar, M. Mercedes ye Ibáñez-Orcajo, M. Teresa.	2006	REC	España	S
17	Ángel Luis Cortés Gracia.	2006	REEC	España	P
18	Francisco Ângelo Coutinho, Eduardo Fleury, Charbel Niño El-Hani.	2007	IENCI	Brasil	U
19	Vanessa Daiana Pedrancini, Maria Júlia Corazza-Nunes, Maria Terezinha Bellanda Galuch, Ana Lúcia	2007	REEC	Brasil	S

	Olivo Rosas Moreira y Alessandra Claudia Ribeiro.				
20	Alma Adriana Gómez Galindo, Neus Sanmartí y Rosa Pujol.	2007	REC	España	P
21	Marta López García y Juan Gabriel Morcillo Ortega.	2007	REEC	España	S
22	Gabriela Ferreiro y Maricel Occelli	2008	REEC	Argentina	P
23	José Pedro López Pérez	2008	EUREKA	España	S
24	M. Ángeles de las Heras Pérez	2008	REB	España	P
25	Josep Bonil y Rosa María Pujol	2008	REC	España	P
26	Maldonado Galdeano, G. y Rossetto, M.	2009	REC	Argentina	P
27	Grande, E., Charrier Melillán, M., Vilanova, S.	2009	REC	Argentina	S
28	Garófalo, S.; Alonso, M.	2009	REC	Argentina	U
29	José Romário de Melo, Edinaldo Medeiros Carmo.	2009	CEB	Brasil	S

30	Marlon Dantas Trevisan y Marcelo Carbone Carneiro.	2009	IENCI	Brasil	S
31	Mónica Correa	2009	BEBE	Colombia	NE
32	Diana Chamorro Norma Barletta	2009	BEBE	Colombia	P
33	Diana P. Morales.	2009	BEBE	Colombia	U
34	Yuly Constanza Bustos Contreras y Jimena Sandoval Sarrias.	2009	TED	Colombia	S
35	Fernando Tapia Luzardo, Yannett Arteaga Quevedo.	2009	REC	Venezuela	P
36	Marcelo Brito Carneiro Leão, Marcos Alexandre de Melo Barros, Lília Willadino y Rejane Martins Novais Barbosa	2010	REB	Brasil	P
37	Francele de Abreu Carlan, Lenira Maria Nunes Sepel y Élgion Lucio Silva Loreto.	2010	REEC	Brasil	S
38	Sonia Esmeralda Garnica Mujica, Judith Arteta de Molina.	2010	BEBE	Colombia	S

39	López Pérez, J.P., J.J. Jiménez, A. Fabregat y J.A. Gutiérrez.	2010	EUREKA	España	S
40	Viviane Abreu de Andrade, Karla Maria Castello Branco da Cunha, Júlio Vianna Barbosa	2011	EUREKA	Brasil	S
41	Andréia de Freitas Zompero y Carlos Eduardo Laburú.	2011	IENCI	Brasil	P
42	Karina Saavedra Acero Cabello, Lucia de la Rocque, Isabela Cabral Felix de Sousa, Milton Osorio Moraes	2011	REB	Brasil	P
43	Laura Carrillo, Cristina Morales, Vania Pezoa, Johanna Camacho.	2011	TED	Chile	P/S
44	Gustavo Adolfo Bonilla Pérez, Bladimir Vera Marín.	2011	BEBE	Colombia	P
45	Belén Garrido Garrido y Matilde Barcia González.	2011	EUREKA	España	S
46	José Pedro López.	2011	EUREKA	España	S

47	Raquel Boronat Gil, José Pedro López Pérez.	2011	EUREKA	España	S
48	José Pedro López Pérez.	2011	EUREKA	España	S
49	Julio Cesar Queiroz de Carvalho, Sheila Gonçalves do Couto, Nelma Regina Segnini Bossolan.	2012	CEB	Brasil	S
50	Andréia de Freitas Zômpero y Carlos Eduardo Laburú	2012	REB	Brasil	P
51	Daiana Sonogo Temp y Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos.	2012	REIEC	Brasil	S
52	María Elena Infante- Malachias, Diana Borges dos Santos	2012	REIEC	Brasil	U
53	Johanna Patricia Camacho González, Natalia Jara Colicoy, Cristina Morales Orellana, Nicole Rubio García, Tatiana Muñoz Guerrero, Gonzalo Rodríguez Tirado.	2012	EUREKA	Chile	P

54	Natalia Jara, Nicole Rubio y Johanna Camacho González.	2012	REB	Chile	P
55	Corina González-Weil y Ute Harms	2012	REC	Chile/Alemania	P/S
56	Sonia Esmeralda Garnica, Robinson Roa Acosta	2012	BEBE	Colombia	D
57	Concepción González Rodríguez, Susana García Barros y Cristina Martínez Losada	2012	EUREKA	España	D
58	Jordi Domènech Casal, Isabel Besson Masplà, Manuel Merlo Fernández, Manel Puigcerver Olivan y Maria Teresa Solé Pujol.	2012	REEC	España	NE
59	Fernando Tapia Luzardo, Yannett Arteaga Quevedo.	2012	REC	Venezuela	P
60	Carolina Roni, Lionel Alfie y Elizabet Borches.	2013	REB	Argentina	S
61	Carolina Roni, Lionel Alfie y Elizabet Borches	2013	REC	Argentina	S

62	Marcos Rodrigues da Silva, Marinez Meneghello Passos, Anderson Vilas Boas	2013	CEB	Brasil	S
63	Rosane Teresinha Nascimento da Rosa, Élgion Lúcio Silva Loreto	2013	IENCI	Brasil	S
64	Rosangela Fujii, Maria Júlia Corazza.	2013	REC	Brasil	P
65	Karen Cavalcanti Tauceda, José Cláudio Del Pino, Vkadimir Magdaleno Nunes	2013	REC	Brasil	S
66	Maria de Nazaré Klautau-Guimarães, Mariana Marzullo Pedreira, Silviene Fabiana Oliveira	2013	REC	Brasil	U
67	Johanna Camacho González y Natalia Jara.	2013	REC	Chile	P
68	Francisco Javier Íñiguez Porras y Manel Puigcerver Oliván.	2013	EUREKA	España	S
69	Magdalena García Irles, Yolanda Segovia Huertas y	2013	REB	España	U

	José Miguel Sempere Ortells				
70	Ana M. Abril, Francisco J. Muela.	2013	REC	España	S
71	Leticia Ríos Quiroz, María Esther Urrutia Aguilar, Ofelia Contreras Gutiérrez.	2013	REC	México	U
72	Ligia Quse	2014	REB	Argentina	D
73	Sonia J. Garófalo, Manuel Alonso y Lydia R. Galagovsky	2014	REC	Argentina	U
74	María Mateu y Marco Antonio Moreira	2014	IENCI	Argentina/Brasil	S
75	Luis Dourado y Luis Matos	2014	CEB	Brasil	S
76	Felipa Pacífico Ribeiro de Assis Silveira.	2014	IENCI	Brasil	P
77	Luiz Fabio Dimov, Magda Medhat Pechliye, Rosangela Castro de Jesús.	2014	IENCI	Brasil	U
78	Andréia de Freitas Zompero, Carlos Eduardo de Souza Gonçalves, Helenara R. Sampaio	2014	REB	Brasil	P

79	Regiani Magalhães Yamazaki, João Vicente Alfaya dos Santos, Geovana Mulinari Stuari y Sérgio Choiti Yamazaki	2014	REB	Brasil	S
80	Andréia de Freitas Zompero e Carlos Eduardo Laburú	2014	REEC	Brasil	P
81	Edith Herrera San Martín, Mercè Izquierdo Aymerich.	2014	IENCI	Chile/España	P
82	John Wilmar Arce Zúñiga, Elías Francisco Amórtegui Cedeño	2014	BEBE	Colombia	U
83	Oscar Eugenio Tamayo Alzate Mary Orrego Cardozo Alba Regina Dávila Posada	2014	BEBE	Colombia	U
84	Concepción González Rodríguez, Cristina Martínez Losada, Susana García Barros.	2014	EUREKA	España	NE
85	Norma V. González	2015	RDCES	Argentina	D

	Alejandra María Rossi				
86	Lydia Galagovsky y Marcelo Greco.	2015	REIEC	Argentina	P
87	Pedro Henríquez Ribeiro de Souza, Marcelo Borges Rocha.	2015	IENCI	Brasil	S
88	Lucas Cardoso Marinho, Francisco Antonio Rodríguez Setúbal, Cecília Oliveira de Azevedo	2015	IENCI	Brasil	S
89	Renata de Paula Orofino, Silvia Luzia Frateschi Trivelato.	2015	IENCI	Brasil	S
90	Arianne Francielle Silva Brão y Ana Maria Teresa Benevides Pereira.	2015	REEC	Brasil	S
91	Vitor Hugo Borba Manzke, Gabriela Rodrigues Manzke, Gabriela Soares Traversi	2015	REIEC	Brasil	P
92	Carolina Hernández.	2015	BEBE	Colombia	P
93	Bayron Gil Bohórquez	2015	BEBE	Colombia	P
94	Angélica Lucía Moreno Ortiz	2015	BEBE	Colombia	P

95	Claudia Marcela Pineda Amórtegui, Héctor Alexander Afanador Castañeda	2015	BEBE	Colombia	P/S
96	Blanca Puig, María Pilar Jiménez Aleixandre.	2015	EUREKA	España	S
97	José Antonio García Lillo Patricia Quinto Medrano Joaquín Martínez Torregrosa	2015	RDCES	España	S
98	Patricia Silveira da Silva Trazzi, Ivone Martins de Oliveira	2016	IENCI	Brasil	S
99	Ricardo Ferreira das Neves, Ana Maria dos Anjos Carneiro- Leão, Helaine Sivini Ferreira.	2016	IENCI	Brasil	S/U
100	Airton José Vinholi Júnior y Shirley Takeco Gobara.	2016	REEC	Brasil	NE
101	Eduardo Ravanal Moreno, Francisco López-Cortés.	2016	EUREKA	Chile	D
102	Héctor Alexander Afanador Castañeda Carlos Javier Mosquera Suárez.	2016	TED	Colombia	P

103	José Pedro López Pérez y Raquel Boronat Gil.	2016	EUREKA	España	S
104	Maricel Occelli, Leticia Garcia- Romano, Nora Valeiras, Pedro A. Willging	2017	EUREKA	Argentina	S
105	Andrea Soledad Uliana	2017	REB	Argentina	U
106	Verónica A. Mancini, Stella M. Ramírez, María de los A. Bacigalupe	2017	REC	Argentina	U
107	Lydia Galagovsky, Natalia Ospina Quintero	2017	REC	Argentina	U
108	Carla Medeiros Y Araujo, Zara Faria Sobrinha Guimarães.	2017	REC	Brasil	S
109	Terimar Ruoso Moresco, Michele Soares Carvalho, Vanessa Klein, Ana de Souza Lima, Nilda Vargas Barbosa e João Batista da Rocha	2017	REEC	Brasil	D
110	Pamela Medina Herrera.	2017	REC	Chile	P/S

	Waldo Quiroz				
111	Jesús David Perilla Nieves	2017	BEBE	Colombia	P
112	Aura Yuseli Mena Gómez I.E. Santo Cristo de Zaragoza y Fanny Angulo Delgado.	2017	BEBE	Colombia	P
113	M. Miranda y M. Méndez.	2017	BEBE	Colombia	P
114	Daniela Paola Zambrano Álvarez y Jeimi Stefany Álvarez Gómez.	2017	BEBE	Colombia	P
115	Liceth Natalia Alzate Martínez Silvia Farley Jaramillo Carrillo Dra. Fanny Angulo Delgado.	2017	BEBE	Colombia	P
116	Herrera López Adriana Carolina, Villa Hurtado Leny Yohana, Cardona Castaño Gloria María.	2017	BEBE	Colombia	P
117	Lina Nayarid Triviño, Eliaana Camila Tovar.	2017	BEBE	Colombia	P

118	Angie Milena Bustos Rangel, Álvaro García Martínez y Rubinstein Hernández Barbosa	2017	BEBE	Colombia	P
119	Juan Conde Johanna Bernal	2017	BEBE	Colombia	P
120	Elkin Mendoza y Andrea Velandia	2017	BEBE	Colombia	U
121	Andrea del P. Uyaban, Jenny J. Rodríguez A, Paula A. Pérez H L, Paola Muñoz L, Gustavo. Giraldo.	2017	BEBE	Colombia	U
122	Acosta M., Navarro D., Arteta J., Nieto S., Ramírez C. López, A.	2017	REC	Colombia/Méxi co	P/S
123	Cristina Ruiz González, Enrique Banet, Luisa López Banet.	2017	EUREKA	España	S
124	Noa Ageitos, Blanca Puig, Xusto Calvo- Peña.	2017	EUREKA	España	S
125	M ^a . Carmen Garrido-Navas, Francisco González- García.	2017	REC	España	S

126	José Ángel Muñoz Pérez, Alberto Muñoz Muñoz y Juan Peña Martínez	2017	REEC	España	S
127	M. Begoñe Burgoa Etxaburu, Aritz Uskola Ibarluze, Gurutze Maguregui González.	2017	REC	País Vasco/España	U
128	Norma Viviana González	2018	REB	Argentina	NE
129	Valeria Edelsztein y Lydia Galagovsky.	2018	REB	Argentina	P
130	Luana de Souza Prochazka, Fernanda Franzolin.	2018	CEB	Brasil	S
131	Gabriel Mathias Carneiro Leão, André Andrian Padial y Marco Antonio Ferreira Randi.	2018	IENCI	Brasil	S
132	Julio Alejandro Castro Moreno, Édgar Orlay Valbuena Ussa	2018	CEB	Colombia	NE
133	María-Isabel Ballesteros, Esther Paños, José-Reyes Ruiz-Gallardo	2018	REC	España	P

134	Ana Flavia Vigario, Graça Aparecida Cicillini.	2019	CEB	Brasil	D/S
135	Francisco Breno Silva Teófilo, Maria Izabel Gallão.	2019	CEB	Brasil	S
136	Alessandra Françoso da Silva Costa, Airton José Vinholi Júnior, Shirley Takeco Gobara	2019	REIEC	Brasil	S
137	Viviana Caicedo, Bibiana Ariza.	2019	BEBE	Colombia	D
138	Diana Fernanda Rincón Rodríguez.	2019	BEBE	Colombia	P
139	Yennifer Vera Medina	2019	BEBE	Colombia	P
140	Angie Yuranieth Ribón Barragán, Daniel Ignacio Ramos Torres.	2019	BEBE	Colombia	P
141	Alejandro del Mazo Vivar.	2019	EUREKA	España	NE
142	Eduardo Enrique Lozano, Agustín Adúriz-Bravo, Nora Bahamonde.	2020	CEB	Argentina	U
143	Auteri, Micol, Lannutti, Lucas	2020	REB	Argentina	U

	Pantuso, Francisco, Stella, Flavia				
144	Ailin Aguirre Varela, Jimena Somoza, Maria José Villarreal	2020	REB	Argentina	P
145	Gonzalo Miguel Ángel Bermúdez y Maricel Occelli.	2020	RDCES	Argentina	NE
146	Martín Pérgola y Lydia Galagovsky	2020	REB	Argentina	D/U
147	Sonia Aparecida Santiago, Hernandes Faustino de Carvalho.	2020	CEB	Brasil	S
148	Sara de Souza Pereira, Joyciane Santiago da Cunha, Eldianne Moreira de Lima	2020	IENCI	Brasil	S
149	Sara de Souza Pereira, Joyciane Santiago da Cunha, Eldianne Moreira de Lima	2020	IENCI	Brasil	S
150	Dayane Ferreira Santos, Christiana Andrea Vianna Prudêncio	2020	IENCI	Brasil	S
151	Ana Paula Cavalari Faller, Bernardo de Lima, Ângelo	2020	REB	Brasil	NE

	Antônio Gonçalves de Cuadros, Nycolle Louise Klein Ottoni Guedes, Célia Cristina Leme Beu, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro, Rose Meire Costa.				
152	Fabio Seidel dos Santos, Daniela Frigo Ferraz, Ângela Inês Klein, Antonio Carlos de Francisco, Awdry Feisser Miquelin	2020	REEC	Brasil	S
153	Fernanda Franzolin, Luana de Souza Prochazka, Ana Paula Zampieri Silva de Pietri, Graça Simões de Carvalho	2020	IENCI	Brasil/Portugal	S
154	Beatriz Mazas Gil, Esther Cascarosa Salillas y Ángel Luis Cortés Gracia.	2020	EUREKA	España	S/U
155	Adriana Montanez, Tania Trasante, Carla Silva, Daisy Imbert.	2020	REB	Uruguay	S

156	María Fernández Aguirre y Fernando Tapia Luzardo	2020	REEC	Venezuela	S
157	Herrera Sebastián Gabriel, Occelli Maricel.	2021	REB	Argentina	NE
158	Paula Burdisso	2021	REB	Argentina	S
159	Verónica B. Corbacho, Clara De Carli.	2021	REB	Argentina	NE
160	Joaquín Álvarez Soria, Eduardo Enrique Lozano, María Cecilia Cremer	2021	REB	Argentina	U
161	Analía Francia, Carolina Rosenberg	2021	REB	Argentina	S
162	Mariano Rodríguez-Malebrán, Maricel Occelli	2021	REB	Chile/ Argentina	P
163	Gabriel Herrera, Fernanda Achimón	2021	REB	Argentina	S
164	Julieta Farina	2021	REB	Argentina	NE
165	Franco Paroli	2021	REB	Argentina	S
166	Regiane Machado de Sousa Pinheiro, Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, José Rildo de Oliveira Queiroz.	2021	CEB	Brasil	NE

167	Virgínia Teodoro da Silva, João Paulo Cunha de Menezes	2021	IENCI	Brasil	S
168	Ana Jackeline de França Santos, Emerson Peter Falcão, Kênio Erithon Cavalcante Lima	2021	IENCI	Brasil	S
169	Kelly Mendes De Brito, Júlia Naelly Machado Silva, Elenice Monte Alvarenga.	2021	REB	Brasil	S
170	Jair Pontes y Ruth Janice Guse Schadeck.	2021	REB	Brasil	U
171	Mariane Beatriz Karas; Erica do Espirito Santo Hermel	2021	TED	Brasil	P/S
172	Rojas, V. Juan, Velasco, M. Danyela, Pachón, B. Juan, Granobles, H. Maillyn	2021	BEBE	Colombia	S
173	Juan David Bermudez Diaz	2021	BEBE	Colombia	S
174	Jonathan Sneyder Rendón Criollo,	2021	BEBE	Colombia	S

	Alejandro Leal Castro.				
175	Liliana Amado Rodríguez, Nidia Yaneth Torres Merchán y Daniel Galindo Guerra.	2021	EUREKA	Colombia	P
176	Patricia Carolina Casas Martínez, Omar David Álvarez-Tamayo	2021	REB	Colombia	S
177	Henry Giovany Cabrera Castillo, Andrés Espinosa Ríos, Robinson Viafara Ortiz.	2021	TED	Colombia	NE
178	Viviana Patricia Obando Melo; Sonia Yaneth López Ríos	2021	TED	Colombia	S
179	José Molina, Ester Paños, José Reyes Ruiz Gallardo.	2021	EUREKA	España	P
180	Esquivel-Martín, Tamara; Pérez-Martín, José Manuel; Bravo-Torija, Beatriz	2021	EUREKA	España	S
181	Rafael Navajas-Pérez	2021	RDCES	España	U
182	Peñaloza Jiménez Gonzalo, Fonseca	2021	TED	México/Colombia	P/S

	Amaya Guillermo, Hernández Bonilla Marlon Javier y Rentería Yei.				
183	Nazira Píriz Giménez, Lydia Galagovsky, María Noel López Larrama. Jerónimo Tucci Añón.	2021	TED	Uruguay	NE

Abreviaturas:

P: Primaria

S: Secundaria

U: Universitario

D: Docentes

NE: No especifica

ANEXO 2

FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Lydia Galagovsky Agustín Adúriz-Bravo	2001	Formular un primer modelo del proceso de modelización en la enseñanza de ciencias naturales	-----	-----	Los expertos utilizan representaciones explícitas e implícitas, con una movilidad entre las mismas (saltos de una a otra) que los alumnos pueden no percibir fácilmente. Además, y con fines didácticos, se utilizan simplificaciones de modelos complejos, que se alejan de éstos, siendo esta diferencia clara para el experto y no evidente	Cognitivismo Johnson-Laird	-----

					para el que aprende. Los alumnos construyen su propio modelo de representación del fenómeno en cuestión La utilización de diferentes tipos de representación del conocimiento tiende a favorecer la visualización de conceptos abstractos. Estas representaciones, a menudo analógicas, pueden ser utilizadas de diversas formas en la clase, con variados niveles de efectividad en el aprendizaje. Nuestra concepción de la didáctica de las ciencias naturales, en relación con el		

					desarrollo de una ciencia escolar apunta al diseño de interacciones sociales que faciliten tanto el alcance de nuevos aprendizajes significativos como la toma de conciencia sobre lo aprendido y las estrategias cognitivas empleadas		
Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial de profesorado de educación primaria. Bonil, Josep y Pujol, Rosa Maria	2008	Asignar el valor que tiene el programa de la asignatura "Didáctica de las ciencias experimentales". Para estimular en los futuros maestros la evolución de s modelo mental de ser vivo hasta un modelo complejo. Definir orientaciones	-Se trabajó de forma grupal en modalidad presencial y no presencial, donde el grupo elaboraba su propuesta. -¿cómo llega el calcio de la leche a mis huesos? ¿cómo sabemos que la leche tiene calcio? ¿qué camino sigue la leche al interior del cuerpo? -Planificación de actividades relativos a las interacciones entre medio interno y externo a nivel macro y micro.	-con respecto a la representación del modelo mental del alumnado, con respeto al tipo de preguntas. -Los resultados globales muestran cambios significativos en "perspectiva sistémica" y "causalidad". En cambio, irreversibilidad y "azar e indeterminación" no presentaron cambios significativos. -La perspectiva sistémica favorece el	Dificultad de representar los seres vivos de forma compleja. -Se recomienda trabajar simultáneamente las representaciones de los modelos mentales de los estudiantes junto con su aplicación en las actividades propuestas en las unidades didácticas del programa.	Sistémico Complejidad	Explicar N2 Describir N1 Justificar N5 Comprender N2 Analizar N4 Aplicar N3

		didácticas favorecedoras del proceso de modelización en futuros maestros hacia modelos conceptuales complejos.	-elaboración de un ppt donde el grupo presenta al organismo objeto de su trabajo y en la segunda parte con actividades. -selección de 8 grupos al azar. -aplicación de instrumento de evaluación -3 fases de análisis de datos: recolección, tratamiento de datos y obtención de resultados.	desarrollo del modelo que considera estructura-flujo-función. -En relación a causalidad se detecta avance hacia la representación de ser vivo donde convergen diversidad de causas para explicar un efecto. Por lo tanto el programa favorece pensamiento sistémico y causalidad. -las tipologías lingüísticas de preguntas mas frecuentes son: explicación de procesos vitales, descripción de características dinámico.temporales de los seres vivos y la justificación de los procesos vitales.	.plantear a los estudiantes situaciones que impliquen pensar en la evolución de los sistemas vivos en el tiempo.		
El interrogante de lo vivo y sus respuestas ahistóricas: desarrollo histórico del concepto de lo vivo y algunas implicaciones didácticas. Mónica Correa	2009	Mostrar el desarrollo histórico y epistemológico del concepto de lo vivo, en términos de las diferentes corrientes de pensamiento que han guiado su estudio, como son: El animismo, el mecanicismo, el	Review	-----	-----	Sistémico Complejidad	

		vitalismo, el organicismo, el pensamiento sistémico y el neomecanicismo. Reflexionar acerca de la importancia de vincular la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias.					
Obstáculos del aprendizaje de respiración celular asociada al metabolismo de carbohidratos en estudiantes de nivel universitario Garófalo, S.; Alonso, M.	2009	Identificar obstáculos en el aprendizaje del metabolismo de los carbohidratos en estudiantes de 2° año de Ciencias Biológicas. Indagar, mediante entrevistas concurrentes (EC) y recurrentes (ER) a estudiantes, basados en el Sistema de Procesamiento de Información.	EC: se solicita al sujeto que resuelva una determinada situación problemática, verbalizando todos sus razonamientos, conforme le aparecen en su atención ("pensar en voz alta"). Los reportes verbales se transcriben para su análisis. ER: Se indaga acerca de razonamientos y significados otorgados por los sujetos respecto de los caminos de resolución llevados a cabo durante la EC. El análisis de las ER permite validar los datos obtenidos en las EC. Se propone a los estudiantes un problema	Tendencia a considerar a la glucosa como única fuente de energía de la célula. 78% de los estudiantes relaciona alimentación y respiración celular. El 22% restante presenta 2 patrones: a) 66,8% hace referencia al ciclo de Krebs y eliminación del CO ₂ . b) Almidón, relacionado con amilasas. El 1% restante se refiere a glucosa a nivel molecular del Ciclo de Krebs y lo insertan en el nivel celular al referirlo a la respiración celular, pero no recuperan en sus caminos evocativos otros niveles. Aquellos	Los estudiantes presentan visiones parciales de los procesos bioquímicos y no logran integrar procesos moleculares a los fisiológicos. La enseñanza de estos contenidos debe ser en un contexto sistémico.	Sistémico Complejidad	Identificar N1-N3 Indagar N4 Relacionar N1-N2 Verbalizar N2 Razonar N5 Argumentar N5

			de múltiples soluciones, posteriormente a la EC, se realiza ER para que ampliaran o reconsideraran sus respuestas.	que mencionan más niveles muestran explicaciones finalistas respecto a la forma de distribución de la glucosa a los tejidos. En respuesta al problema, el 93% pensó en organismos, por lo que presentaron dificultades en pensar en las vías metabólicas (dificultad de pensamiento sistémico) 70% declara desconocer la procedencia de la glucosa. Del 30% restante, el 21% señaló a la glucosa en el interior de las células y el 9% que provenía de la glucólisis. Otros estudiantes señalaron que la glucosa provenía de la dieta. Desconocen que la glucosa llega a la sangre y otros señalan que por el intestino, pero no saben como. Una vez la glucosa en la sangre, el 56% señaló que va hacia las células que mas lo necesitan, 5% señaló al			

				hígado y 36% desconocía el destino. 57% señaló que la cantidad de glucosa ingresada dependía de las necesidades de la célula, 5% lo desconoce y 24% señala a las mitocondrias. La mayoría de estudiantes construye un modelo teleológico (acerca del objetivo o finalidad del proceso) asociado a la distribución de glucosa en el organismo. Si bien aún no conocen acerca de las diversas afinidades de receptores de glucosa en las distintas células, esta visión finalista es una idea previa generalizada			
Conocimiento didáctico del contenido sobre fotosíntesis de dos profesores de los grados sexto y noveno de educación básica secundaria de un colegio privado en bogotá-colombia	2012	Analizar el conocimiento didáctico sobre la F.S de 2 profesoras de Biología en secundaria (6° y 9°)	Estudio de caso Entrevista semi-estructurada Cuestionario Registro filmico de 3 clases Planificaciones, guías,	Docentes presentan pocos conocimientos sobre el origen y la historia del concepto. Preferencia por proyectos en el aula y trabajo de laboratorio Dificultad en el uso de modelos o simulaciones y la interdisciplinariedad.	En una perspectiva constructivista es básico indagar las ideas y trabajar sobre ellas. Con respecto a lo que deben saber los estudiantes antes de la enseñanza de este	-----	Observar N1-N2 Analizar N4 Registrar N1 Interpretar N2 Planificar N3-N6 Enseñar N3 Explicar N2 Ejemplificar N2 Evaluar N5

Garnica, S.; Roa, R.				La dificultad de la enseñanza radica en el uso de simulaciones o modelos. Limitaciones con el tiempo. Utilización de adjetivos que no representan la realidad en cuanto a la función de organelos celulares, o al proceso de la F.S. Los modelos pueden crear dificultades para los estudiantes, lo que se traduce en representaciones distorsionadas de la realidad, o que centran su atención en aspectos del modelo y no del proceso. La falta de planeación (tener definidos los contenidos al inicio del año) dificultan la operatividad del currículo. La falta de tiempo impide profundizar en los aspectos que presentan dificultad en el aprendizaje	concepto, ambas profesoras coinciden en que es necesario además de contar con un buen conocimiento biológico, tener bases químicas y físicas. Respecto al conocimiento acerca del contenido disciplinar, las dos profesoras tienen razones teleológicas respecto de la importancia de la fotosíntesis, ya que asumen causas finales, la primera para los demás organismos y la segunda para abastecer la economía Las profesoras tienen poco conocimiento de los hechos históricos que han acontecido en cuanto a las investigaciones relacionadas con el proceso		

					En la evaluación prevalece la memorización y el recuerdo de los conceptos, minoritariamente la aplicación, contextualización e interrelación con situaciones cotidianas. Uso de modelos o simulaciones que le exigen al estudiante hacer representaciones de conceptos abstractos con los que no tienen familiaridad. Por eso se debe usar un vocabulario acorde con el científico y unos modelos que se acerquen a lo que realmente ocurre en la naturaleza. En cuanto al conocimiento experiencial de las profesoras, se puede decir que a las dos les falta conocer el proceso		

					cognitivo que tienen los estudiantes en el proceso de aprendizaje la labor del profesor debe estar encaminada a trabajar en equipo para propender por la comprensión de conceptos y la mejora de la enseñanza. La labor del profesor debe estar encaminada a trabajar en equipo para propender por la comprensión de conceptos y la mejora de la enseñanza.		
Ensino de genética e materiais didáticos na formação inicial de professores Maria de Nazaré Klautau-Guimarães, Mariana Marzullo Pedreira, Silviene Fabiana Oliveira	2013	Analizar 2 modelos didáticos concretos diseñados para facilitar la enseñanza-aprendizaje de la genética en la formación inicial de los profesores para explicar genética, ciclo celular y meiosis: “La baraja como herramienta para	Estudiantes utilizan los modelos para los siguientes aprendizajes: Visualizar comportamiento de los cromosomas en la mitosis y en la meiosis Comprender la relación entre cromátida, cromosoma y ADN Comprender la combinación de cromosomas homólogos durante la meiosis.	En el desarrollo de la actividad, estudiantes presentan preguntas, lo que evidencia la heterogeneidad de saberes previos, especialmente de herencia.	Las actividades propuestas lograron una mayor comprensión del contenido de genética. Los estudiantes propusieron otras actividades con los modelos. Se requiere modificar la secuencia didáctica para que los estudiantes logren	Complejidad (requiere trabajo interdisciplinario)	Observar N1-N2 Analizar N4 Comprender N2 Relacionar N2

O baralho como ferramenta no ensino de genética Salim, DC; Akimoto, AK; Ribeiro, GBL; Pedrosa, MAF; Klautau-Guarães, MN e Oliveira, SF.	2007	la enseñanza de la genética” consiste en representar cromosomas con un juego de naipes rojos (representan herencia materna) y negros (representan herencia paterna) Genes secuenciados desde la A-K (as a rey). El comodín es el centrómero Objetivo: Analizar el comportamiento de 2 cromosomas durante el ciclo celular Discutir 3 aspectos fundamentales: Variación de la estructura del	Comprender la recombinación o crossing over en la meiosis. Diferenciar genomas haploides, diploides y poliploides Comprender el origen de la variación del material genético en los gametos.		una mayor comprensión de la variación genética en los gametos La actividad permite la reflexión sobre el origen de las dificultades en la comprensión de los procesos de combinación del material genético.		Observar N1-N2-N4 Analizar N3 Comprender N2 Comparar N2-N4 Cuantificar N3 Discutir N2-N4-N5

		cromosoma (de uni a bifilamentar) Modificación del material genético (con o sin cambios) y cantidad de material genético a lo largo del proceso. “une y recombina con fichas de dominó” consiste en representar un genoma con 28 piezas de dominó, para un genoma de $2n=14$. Los paternos tienen los azules y los maternos, rojos Analizar la forma en que estos modelos mejoran la comprensión de conceptos y sus interrelaciones. Presentar un modelo didáctico que puede ser utilizado en nivel medio y superior, para entender el comportamiento del material					

Combinar e recombinar con los dominós Klautau-Guimarães MN1; Oliveira SF; Akimoto A; Hiragi C; Barbosa, LS; Rocha DMS2 Correia A	2008	genético durante la división celular. Desarrollar un trabajo práctico con barajas, para visualizar el comportamiento del material genético en la división celular y su intercorrelación con conceptos de locus, gen y alelo. Objetivo: Conocer, comprender concretar y reflexionar sobre el comportamiento del material genético durante la división celular.					Concretar (ejecutar) N3 Conocer N1 Comprender N2 Reflexionar (valorar, evaluar) N5 Construir N6
Lydia Galagovsky Agustín Adúriz-Bravo	2001						
Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo	2008	Asignar el valor que tiene el programa de la asignatura "Didáctica de las ciencias experimentales".	-Se trabajó de forma grupal en modalidad presencial y no presencial, donde el grupo elaboraba su propuesta. -¿cómo llega el calcio de la leche a mis huesos?	-con respecto a la representación del modelo mental del alumnado, con respeto al tipo de preguntas. -Los resultados globales muestran cambios significativos	Dificultad de representar los seres vivos de forma compleja. -Se recomienda trabajar simultáneamente las	Sistémico Complejidad	Explicar N2 Describir N1 Justificar N5 Comprender N2 Analizar N4 Aplicar N3

de ser vivo en la formación inicial de profesorado de educación primaria. Bonil, Josep y Pujol, Rosa Maria		Para estimular en los futuros maestros la evolución de s modelo mental de ser vivo hasta un modelo complejo. Definir orientaciones didácticas favorecedoras del proceso de modelización en futuros maestros hacia modelos conceptuales complejos.	¿cómo sabemos que la leche tiene calcio? ¿qué camino sigue la leche al interior del cuerpo? -Planificación de actividades relativos a las interacciones entre medio interno y externo a nivel macro y micro. -elaboración de un ppt donde el grupo presenta al organismo objeto de su trabajo y en la segunda parte con actividades. -selección de 8 grupos al azar. -aplicación de instrumento de evaluación -3 fases de análisis de datos: recolección, tratamiento de datos y obtención de resultados.	en “perspectiva sistémica” y “causalidad”. En cambio, irreversibilidad y “azar e indeterminación” no presentaron cambios significativos. -La perspectiva sistémica favorece el desarrollo del modelo que considera estructura-flujo-función. -En relación a causalidad se detecta avance hacia la representación de ser vivo donde convergen diversidad de causas para explicar un efecto. Por lo tanto el programa favorece pensamiento sistémico y causalidad. -las tipologías lingüísticas de preguntas mas frecuentes son: explicación de procesos vitales, descripción de características dinámico.temporales de los seres vivos y la justificación de los procesos vitales.	representaciones de los modelos mentales de los estudiantes junto con su aplicación en las actividades propuestas en las unidades didácticas del programa. .plantear a los estudiantes situaciones que impliquen pensar en la evolución de los sistemas vivos en el tiempo.		
El interrogante de lo vivo y sus respuestas ahistóricas: desarrollo	2009	Mostrar el desarrollo histórico y epistemológico del concepto de	Review	-----	-----	Sistémico Complejidad	

histórico del concepto de lo vivo y algunas implicaciones didácticas. Mónica Correa		lo vivo, en términos de las diferentes corrientes de pensamiento que han guiado su estudio, como son: El animismo, el mecanicismo, el vitalismo, el organicismo, el pensamiento sistémico y el neomecanicismo. Reflexionar acerca de la importancia de vincular la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias.					
Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje. El caso del metabolismo de los carbohidratos Garófalo, S.; Alonso, M.	2014	Investigar acerca de los errores de aprendizaje de estudiantes universitarios sobre el metabolismo de los carbohidratos.	Detección de errores en la conceptualización del MHC a partir de 3 modelos a utilizar: Modelo Fisiológico del Ciclo del Carbono en los Heterótrofos (MFCCHet)(ecosistémico) ; el Modelo Fisiológico de la Disponibilidad de Metabolitos (fisiológico) (MFDMet), y el Modelo Fisiológico de la Captación y Homeostasis de la Glucosa en Sangre (MFCHGSang). (nivel	El 66% de los estudiantes indagados sostuvo, al responder al problema abierto, que no existe la posibilidad de encontrar el C que conforman el almidón de la pizza, en la atmósfera. Del 34% restante, 50% indica que la glucosa se va a las células que más lo necesitan y el otro 50%, el 18% que se produce metano.	Conceptos inherentes al MFCCHet no han sido comprendidos por estos estudiantes, a pesar de que son generalmente enseñados desde la escuela secundaria, y que fueron particularmente intensificados en este curso universitario de biología.	Constructivismo Sistémico	Investigar N4 Construir N6 Analizar N4 Cuantificar N5 Argumentar N5

			celular) Articulan ideas químicas, bioquímicas y fisiológicas. Realización de cuestionario y entrevista (problema abierto con 3 preguntas: 1. ¿Sabes de dónde proviene la glucosa involucrada en la respiración celular? 2. ¿Cómo y por dónde piensas que se incorpora la glucosa a la sangre? 3. ¿Qué sucede con la glucosa una vez en sangre?) semiestructurado.	Pregunta 1 Acerca de la procedencia de la glucosa: el 85% desconoce el origen, 10% expresó que «la glucosa ya forma parte de las moléculas que hay en nuestras células» y el 5% señaló la glucólisis como fuente de origen. De los estudiantes que respondieron afirmativamente al problema abierto, el 36% respondió de manera correcta que «la glucosa proviene de la dieta» o «de lo que comemos» . Cabe mencionar que en esta asignatura no se describen las vías de obtención de glucosa como gluconeogénesis y glucogenolisis. No obstante, se señala el papel del glucógeno y que principalmente los hepatocitos pueden sintetizar glucosa a partir de precursores tales como aminoácidos, lactato o glicerol. Un 10% señaló explícitamente desconocer el origen de la glucosa	En el cuestionario, Se encuentran 2 tipos de obstáculos epistemológicos: los de brecha, Consiste en la falta de construcción de modelos mentales que funcionen como estructuras de conocimiento previamente formadas, tales que resulten organizadoras de los nuevos contenidos que deben ser aprendidos. durante su búsqueda cognitivo-reflexiva el sujeto tomaría conciencia de que no ha construido un modelo mental funcional para encontrar una respuesta adecuada. Sin embargo, la actitud del sujeto podría ser diferente y responder mediante heurísticos, aunque este mecanismo generalmente conduce a errores.		

				involucrada en el proceso de respiración celular. Un 38% respondió erróneamente que «la glucosa ya forma parte de las moléculas de nuestras células» y un 16% que «la glucosa proviene de la glucólisis». Pregunta 2 ¿Cómo y por dónde se incorpora la glucosa a la sangre? No hubo respuestas correctas para el grupo Rneg. El 70% de ellos expresó desconocer cómo se incorpora la glucosa a la sangre; el 25% respondió que «ya forma parte de nuestras células», y el 5% afirmó que «nuestras células la sintetizan». El 45% de los estudiantes Rafir contestó correctamente «por el intestino». El 21% declaró «pero no sé cómo»;⁷ el 26% sostuvo erróneamente que «la glucosa ya forma parte de nuestras células», y el 8%	Los de puente, Se origina en ideas cerradas y erróneas que funcionan como un modelo mental idiosincrásico – diferente del modelo mental del experto–, que da certezas a los sujetos sobre sus conocimientos acerca de un tema. permite al sujeto contestar desde un modelo mental idiosincrásico funcional, pero, por este motivo, no se da cuenta de sus fallos en la construcción de un modelo mental experto adecuado. A partir de la gran cantidad de obstáculos epistemológicos detectados en este trabajo, cabe reflexionar sobre los criterios de selección de contenidos y sobre las metodologías de enseñanza aplicadas en los	

				señaló que «nuestras células sintetizan glucosa». Pregunta 3: ¿Qué sucede con la glucosa una vez en sangre? El 80% de los estudiantes Rneg señaló desconocer qué sucede con la glucosa una vez en sangre, y el 20% expresó que la «glucosa se dirige hacia las células que más la necesitan». Es decir, no hubo respuestas correctas en este grupo Rneg. En el grupo de los estudiantes Rafir tampoco se registraron respuestas correctas; el 56% manifestó explícitamente que desconocía la respuesta, y el 44% expresó que la «glucosa se dirige hacia las células que más la necesitan»..	diferentes niveles educativos acerca del tema MHC. Los estudiantes carecen de modelos mentales abarcadores que funcionen como conocimientos previos sobre los cuales engarzar comprensiva y sustentablemente los nuevos contenidos, por lo que no es recomendable un aprendizaje memorístico.		
Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración Oscar Eugenio Tamayo	2014	identificar diferentes modelos que usan los estudiantes para explicar el concepto de respiración y reconocer	- Para la identificación de los modelos se emplearon preguntas abiertas y de tipo Likert con justificación. - Todas las preguntas planteadas, en total 20, fueron	-Los modelos explicativos encontrados en el grupo de estudio para explicar el fenómeno de la respiración son: vitalista, teleológico, intercambio de gases, combustión	Se detectó que el determinismo biológico y los niveles de representación constituyen obstáculos de aprendizaje.	-Modelos mentales de Johnson -Laird -Cogmitivismo -Bachelard -Campos conceptuales	Conceptualizar N4 Comprender N2 Explicar N3 Modelizar N6 Elaborar N6 Observar N2-N4 Razonar N4

Alzate, Mary Orrego Cardozo, Alba Regina Dávila Posada.		posibles obstáculos en el aprendizaje del concepto de respiración.	sometidas a juicio de expertos y a prueba piloto antes de su aplicación. Las respuestas que dieron los estudiantes a los diferentes instrumentos aplicados, se discutieron a la luz de los diferentes desarrollos histórico-epistemológicos dados en el campo conceptual de la respiración. - Con el conjunto de respuestas dadas por los estudiantes se identificaron sus modelos explicativos y se determinaron los obstáculos en el aprendizaje del concepto respiración. -instrumento de colecta de información en 2 partes: diez preguntas abiertas en las cuales el estudiante debe responder mediante la selección de una de cuatro opciones (MA: muy de acuerdo, A: acuerdo, MD: muy en desacuerdo y D: desacuerdo). La segunda parte del instrumento consiste en una serie de preguntas	y pseudo-molecular. -En el modelo combustión se considera que el oxígeno es el combustible, es decir, la sustancia que se quema, como lo hace la gasolina en los carros. No mencionan que son los nutrientes como la glucosa o los ácidos grasos los que sufren los procesos de degradación con la consecuente producción de energía. - El 22% de las respuestas de los estudiantes se localizaron en el modelo pseudomolecular. Son explicaciones que incluyen algunos aspectos moleculares de la respiración, sin embargo, no llegan a realizarlo de manera rigurosa. - Concepciones inducidas como obstáculos didácticos para el aprendizaje. - Usos del lenguaje y analogías como obstáculos para el aprendizaje	muestran que el conocimiento fenoménico determina en gran medida las representaciones que los estudiantes construyen sobre los fenómenos de la respiración; en otras palabras, la experiencia de los estudiantes, sus modos de pensar, los lenguajes que emplean en nuestro caso sobre la respiración, se ubican de manera específica en la esfera óptica, distanciándose de explicaciones en los ámbitos celular y molecular, modelos explicativos alejados de la experiencia directa de ellos. 1. Asignar funciones purificadoras a la respiración y al oxígeno. 2. Considerar que el oxígeno es fuente de energía.	Debatir N5 Expresar N2 Interpretar N2-N3

			abiertas en las cuales se presentan al estudiante situaciones cotidianas relacionadas con la respiración (estudiantes deben explicar por escrito sus respuestas). -clasificación en categorías mediante el uso de Atlas-Ti.		3. Desarticular la respiración de otros procesos celulares y del organismo. 4. Considerar que la respiración es cuestión de naturaleza 5. Considerar la respiración como intercambio de gases. 6. Imposibilidad de distanciamiento del mundo de lo concreto. 7. Génesis del dióxido de carbono y del agua en el proceso de la respiración. 8. Uso de analogías en la explicación de la respiración. Uso de lenguajes cotidianos para referirse a procesos bioquímicos y dificultad en el uso del lenguaje especializado. Para la enseñanza de las ciencias la descripción de los modelos explicativos de los estudiantes se constituye en un punto de partida para pensar y	

					planear la enseñanza.		
Conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza del tema mitosis: un estudio de casos con docentes universitarios de Argentina. Norma V. González Alejandra María Rossi.	2015	Caracterizar el CDC de docentes universitarios sobre la mitosis empleando el cuestionario Representación del Contenido (ReCo) y los repertorios de experiencia profesional y pedagógica (Re-PyP).	-Estudio de caso. - Cada TP se inicia con la presentación del tema por el docente. Luego los estudiantes trabajan en grupos para resolver las actividades que descargan de la página Web de la asignatura. - Los objetivos relacionados con la mitosis fueron: 1) diferenciar e interpretar los procesos básicos de la mitosis y meiosis y 2) analizar la importancia de la mitosis y meiosis en la vida de un organismo. -participación de 4 docentes. - La recogida de datos se realizó mediante el cuestionario de representación del contenido (ReCo) y la observación de clases para elaborar el repertorio de experiencia profesional y pedagógica (Re-PyP).	En resumen, las mayores coincidencias se encontraron en la identificación de las ideas centrales de la mitosis, la exclusión de aspectos moleculares en sus explicaciones y la relevancia del tema por su relación con otros TP. Las dificultades en la enseñanza fueron adjudicadas mayoritariamente a carencias de los estudiantes y las limitaciones a la falta de recursos motivadores. El Re-PyP de Imeuda: maqueta de los cromosomas. El Re-PyP de Mauro: Mapa conceptual. Caracterización del CDC de los docentes: - la manera general de conceptualizar la enseñanza de las ciencias encontramos que su accionar se encuadra mayoritariamente	El desarrollo del CDC de los docentes universitarios en un contexto de enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos se perfila como una estrategia posible para reorientar la enseñanza del tema mitosis hacia modalidades basadas en la construcción de andamiajes que faciliten el aprendizaje de los estudiantes.	Constructivismo	-----

				en el modelo didáctico tradicional: en una clase expositiva, con un fuerte protagonismo del profesor. - El segundo componente del CDC es el conocimiento y creencias sobre el currículum; en este sentido, por la entrevista, D1 y D2 reconocen al temario de cada clase como elementos curriculares centrales y los únicos con que cuentan. - El cuarto componente del CDC incluye conocimientos y creencias sobre estrategias instruccionales para enseñar ciencias. - En Imelda encontramos la concurrencia de sus ideas sobre la enseñanza del tema vertidas en el ReCo con su accionar en clase. Su clase se desarrolló bajo un modelo didáctico tradicional; sin embargo en ella se reflejó tanto			

				su conocimiento de la existencia de conceptos insuficientes de los estudiantes que representan barreras para la enseñanza y el aprendizaje de este contenido, como la identificación del comportamiento de los cromosomas como punto clave y de difícil comprensión - CDC de Mauro. Como reflejó el Re-PyP, su recorrido temático fue diferente en la secuenciación y en la cantidad de temas; además excluyó la descripción citológica de la mitosis abordada por D2 y D3. En un aula abarrotada de estudiantes llevó adelante una clase expositiva que enmarcó con uno de los conceptos estructurantes de la biología: la reproducción.			

				Las diferencias encontradas en el CDC de los docentes resultan coincidentes con las características de este constructo: es específico para un tema, un docente y un contexto.			
Concepto fotosíntesis en profesores desde el análisis de sus modelos mentales Acosta M., Navarro D., Arteta J., Nieto S., Ramírez C.	2017	Aproximación a los modelos mentales de 4 profesores de ciencias (de 5° a 11°) sobre I.F.S., mediante la descripción de los constituyentes ontológicos y epistemológicos.	Estudio de casos múltiples. El modelo mental explicativo del profesor, se contrasta con el Modelo Científico del concepto fotosíntesis y finalmente se muestran sus alcances y limitaciones. Se utilizó el modelo ONEPSI, pero se omitió la dimensión psicológica. Se emplearon dibujos y gráficos, explicaciones (grabaciones de audio) y cuestionarios	Mariluz: ve la clorofila como producto de la transformación de la energía del sol, adicionalmente a la luz solar le atribuye la propiedad de activar o excitar la molécula de clorofila. Aunque se evidencian las entidades: luz solar, clorofila y hojas, se perciben escasos fundamentos disciplinares. Gregorio: Su representación gráfica de la fotosíntesis es más elaborada, raíz, xilema, agua, sales minerales, savia bruta, luz solar, savia elaborada, gas carbónico y oxígeno. Como propiedades, señala verbalmente "las plantas necesitan agua y sales minerales que lo absorben por la	La mayoría de los modelos mentales explicativos de los casos en estudio sobre fotosíntesis, están anclados a la fase dependiente de la luz y a la circulación de nutrientes en las plantas verdes. Hay confusiones en las propiedades asignadas a algunas entidades y no se evidencia el nivel deseable como modelo escolar de referencia para la enseñanza del concepto fotosíntesis. Concepto abstracto difícil de enseñar y aprender. Docentes formados en el área de	Constructivista Sistémico	Investigar N4 Analizar N4 Describir N1 Comparar N2-N5 Reflexionar N6-N5 Relacionar N2 Interpretar N3 Inferir N2 Modelar N6

			raíz". Su enfoque explicativo es nutricional, un aspecto característico del nivel primaria en el cual trabaja. Jorge: representación más estructurada, pero aunque enuncia en su discurso muchas entidades como gas carbónico, agua, cloroplasto, glucosa, oxígeno, su modelo mental se aleja del modelo científico cuando explica que cloroplastos y estomas producen glucosa y no especifica en el estroma del cloroplasto; tampoco explica la reducción del dióxido de carbono en el ciclo de Calvin. Jorge, quien se desempeña en secundaria tiene un modelo mental de tipo nutricional y ecológico, al relacionar los procesos biológicos de la fotosíntesis con la respiración y la sostenibilidad y equilibrio de la vida en la naturaleza. Se acerca al MCE, pero omite lo referente	ciencias naturales, al explicar la fotosíntesis, no establecen en profundidad los cambios químicos que suceden en las reacciones propias de la fase dependiente de la luz. Los modelos mentales explicativos, distan de las conceptualizaciones de los maestros para modelar el concepto de forma adecuada.		

			a la fase de fijación del carbono. Esther: En su discurso establece catorce entidades del modelo fotosíntesis: dióxido de carbono, agua, luz solar, clorofila, sales minerales, raíz, vasos conductores, hojas, savia bruta, estomas, cloroplastos, glucosa y oxígeno. Define fotosíntesis como una reacción química, asignándole un valor nutricional: "...la planta distribuye la savia elaborada que sería propiamente la glucosa hacia el resto de la planta..." destacando el papel autótrofo de las plantas. hay transformación de la savia bruta (sales minerales + agua) en savia elaborada (glucosa), donde el agua y dióxido de carbono en presencia de catalizadores (luz y clorofila) producen glucosa (savia elaborada) y liberan oxígeno y la energía			

				lumínica en energía química. Sin embargo, esta explicación no la profundiza comprensivamente, ni describe la fijación y reducción del CO ₂ para formar glucosa, que ella equipara a savia elaborada; desconoce la fase oscura de la fotosíntesis, cuando dice que el proceso tiene lugar sólo en el día. estos aspectos deben precisarse en la educación media donde se desempeña.			
Ensino de microbiologia experimental para Educação Básica no contexto da formação continuada Terimar Ruoso Moresco, Michele Soares Carvalho, Vanessa Klein, Ana de Souza Lima, Nilda Vargas Barbosa e João Batista da Rocha	2017	Investigar las aulas de experimentación con microorganismos para un grupo de 15 profesores de ciencias.	Montaran un kit de microbiología para trabajarlo en las escuelas. Los profesores deberán responder cuestionarios Elaborar un cronograma	Mostrar que en las aulas experimentales tiene el ppal objetivo de motivar el aprendizaje de conceptos científicos. Se comprobó que los docentes no hacen experimentos por falta de tiempo, materiales y conocimientos para su preparación y ejecución, así como la cantidad de estudiantes por curso.	Se pudo notar que los profesores utilizan tanto la cartilla como el kit microbiológico en sus escuelas. Se concluye que la enseñanza de la microbiología experimental en el contexto de la educación continua, además de ser un recurso didáctico importante, puede colaborar en la superación de obstáculos inherentes al proceso mismo de construcción del conocimiento de		Investigar N4 Analizar N4 Experimentar (probar, testar) N5 Describir N2 Discutir N2 Elaborar N6 Reflexionar N6 Observar N1-N2-N4

					esta disciplina y así cualificar la enseñanza de los microorganismos en aspectos básicos. educación. La formación continua es el medio propicio para que las metodologías de enseñanza sean aplicadas por los docentes.		
Invariantes operatorios que activa un estudiante del grado quinto de básica primaria, a través de una secuencia de situaciones experimentales orientadas en la teoría de los campos conceptuales Herrera-López, A.; Villa, L.; Cardona, G.	2017	Analizar los posibles invariantes operatorios que los estudiantes activaban en la solución de una secuencia de situaciones experimentales relacionadas con los conceptos de células eucariota y procariota.	Se realizaron prácticas de laboratorio con los estudiantes del grado quinto de Básica Primaria de una Institución Educativa oficial del municipio de Bello, Antioquia donde se estudian los conceptos célula eucariota y célula procariota. El análisis se realiza en dos fases; en la primera se identifican los invariantes operatorios iniciales de los estudiantes y en la segunda se analiza la evolución conceptual de estos	-5° grado de primaria -Enfoque cualitativo -campo conceptual de referencia células eucariota y procariota. -Estudio de caso -Se seleccionaron 4 estudiantes (aunque la tesis muestra los resultados de 1 de ellos) -La investigación se realiza en dos fases; en la primera se desarrolla una serie de actividades orientadas a la identificación de los invariantes operatorios iniciales planteados por los estudiantes; en la segunda fase se	Se pudo establecer lo que propone la Teoría de los Campos Conceptuales, donde hay un orden en los procesos cognitivos: identificación de situaciones, conceptos, proposiciones, representaciones y reglas de acción donde el sujeto participó de forma activa, movilizando los fundamentos de sus esquemas para potenciar los procesos de conceptualización y alcanzar la evolución cognitiva y el desarrollo de	Constructivista	Analizar N4 Identificar N1 Construir N6 Desarrollar N6

				trabaja en la implementación de una propuesta de enseñanza orientada en tres tipos de situaciones experimentales: Conociendo las funciones vitales de las células mediante Producción de yogurt. ¿Cómo se pueden afectar las funciones de las células? Se construyó el medio de cultivo, inoculación de bacterias y control biológico. ¿qué sucede en la célula eucariota cuando se carece de un organelo?	competencias en Ciencias Naturales. En relación a la propuesta de enseñanza, los estudiantes lograron elaborar vínculos entre conceptos, establecer jerarquías, semejanzas y diferencias entre éstos, permitiendo observar cuestiones a nivel estructural y de procesos celulares, siendo posible deducir interacciones entre los esquemas generados a partir del desarrollo cognitivo de los estudiantes y la búsqueda de solución a diversas situaciones, expresando una acomodación nueva en sus invariantes operatorios		
Obstáculos epistemológicos de tipo conocimiento previo, general y verbal en torno al concepto fotosíntesis en	2017	Determinar los principales obstáculos epistemológicos que presentan los estudiantes que cursan diferentes	Se realiza un cuestionario (constituido por cuatro preguntas generales y una parte que indica al estudiante hacer un dibujo) que se aplica a un grupo focal de 21 estudiantes, 13 de ellos	Se evidencia que los estudiantes en semestres más avanzados, presentan enriquecimiento del lenguaje científico, lo cual se refleja en la menor incidencia del	Si bien los obstáculos epistemológicos se presentan en los dos grupos de estudiantes y tienden a ser muy similares, en los	Constructivista	Determinar (decidir, establecer) N5-N4 Observar N1-N2-N4 Comparar N2 Analizar N4

estudiantes de licenciatura en biología de la UDFJC Uyabán, A.; Rodríguez, J.; Pérez, P.; Muñoz, P.; Giraldo, G.		semestres de Licenciatura en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en torno al concepto fotosíntesis.	de primer semestre y los 8 restantes, de diversos semestres que han cursado la asignatura fisiología vegetal. Con los resultados obtenidos se estableció un criterio de categorización de respuestas en los obstáculos escogidos por ser los más incidentes (conocimiento previo, general y verbal) y posteriormente se realiza una comparación entre los obstáculos de los estudiantes con diferente nivel de formación académica.	obstáculo verbal comparado con los estudiantes de primer semestre, así mismo, estos últimos presentan como obstáculo predominante el de tipo conocimiento previo. Es de resaltar que el obstáculo de conocimiento general se presenta en los dos grupos en una misma proporción.	estudiantes que ya han cursado la asignatura fisiología vegetal se evidencia un mayor enriquecimiento de tipo conceptual observado en el manejo de lenguaje científico.		Interpretar N2 Clasificar N2
Qué son y cómo enseñar las "Grandes Ideas de la Ciencia": relatos desde la discusión en torno a una práctica de aula González-Weil, C.; Bravo, P.	2017	Explorar la práctica de una profesora de formación inicial con un grupo de estudiantes de pedagogía en biología, enseñando la Gran Idea de ser vivo de manera integrada	Gran Idea 7: <i>Los organismos están organizados en base a células.</i> Gran Idea 8: <i>Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema.</i> GI7 y GI8 se trabajaron en clases de didáctica de la Biología para 3° año de Pedagogía.. Aplicación de cuestionario a	Viñeta 0: I se llegó al curso a la idea de autopoiesis, y llegamos – a través de una analogía- a la idea de que para que un ser vivo se mantenga como tal debe incorporar energía y materia Viñeta 1: las propiedades que ellos iban sumando se podrían entender como las propiedades que vemos entre los diferentes niveles de	Se pueden construir grandes ideas con los estudiantes, a partir de pequeñas grandes ideas que emergen de ejemplos concretos. Las pequeñas grandes ideas se fueron vinculando hasta la gran idea, produciendo un andamiaje para la comprensión de la gran idea. Las Grandes Ideas ofrecen un sistema poderoso de	Constructivista social Sistémico	Explorar (Investigar) N4 Comprender N2 Comparar N2 Observar N1-N4 Construir N3-N6 Modelar N6 Crear N6 Relacionar N2 Aplicar N3

			estudiantes para determinar conceptos previos Viñeta 0: ¿Por qué trabajar en torno a una Gran Idea? Viñeta 1: Construyendo la Gran Idea en conjunto: los seres vivos como seres autopoieticos que requieren de materia y energía para mantenerse. ¿Cómo podríamos definir ser vivo? Construcción de un avión de papel individual, luego en grupos, de 3, 6, 10 y 15. Comparar las características que se van sumando que hacen volar mejor al avión Viñeta 2: Una Gran Idea se construye a partir de varias pequeñas Grandes Ideas: averiguando cómo los seres vivos consiguen materia y energía ¿De qué manera los seres vivos incorporan materia y energía? En grupos, estudiantes buscan información acerca de la forma en que algún animal de su interés obtiene materia.	organización de la materia, donde las propiedades emergentes aparecen en cada nivel superior. Viñeta 2: se obtuvieron las siguientes pequeñas ideas: 1) sistema de transformación de materia grande en materia chica [y asimilable] 2) un sistema de distribución de materia a todas las células. 3) Un proceso de extracción de energía a partir de la materia (generalmente glucosa), que requiere O₂- en la mayoría de los casos-, y obtiene como producto ATP, CO₂ y H₂O (y transforma materia orgánica en inorgánica) 4) Un sistema de intercambio gaseoso (obtención de O₂ y liberación de CO₂) 5) la existencia de una superficie	explicaciones científicas sobre el mundo a nuestro alrededor, mientras que las progresiones de aprendizaje desarrollan la sofisticación del entendimiento de esa Gran Idea como una red interconectada Los estudiantes lograron una comprensión mas integrada del ser vivo y los sistemas que lo hacen viable.		

			¿Dónde obtienen los animales la energía? Viñeta 3: Aplicando la Gran Idea (y las pequeñas Grandes Ideas también!): “¡Difícil ser Dios! Modelar en plastilina animales inventados que pudieran cumplir con las condiciones conversadas para vivir luego, completar una ficha, que incluyera: nombre común y científico, hábitat, costumbres y datos curiosos y una explicación de cómo obtenían materia y energía. Cada uno presentaba al animal en el Primer Congreso de animales inventados. Surge la necesidad para que algunos de estos animales sobreviviera y conllevaría a preconcepciones erradas sobre la evolución. Viñeta 4: Ampliando la Gran Idea: la Fotosíntesis como punto de partida ¿Las ideas anteriores aplicaban para las plantas?	húmeda en donde ocurre intercambio gaseoso. Viñeta 3: Si pensamos en qué características “necesitan” desarrollar los organismos para sobrevivir en un ambiente determinado, estamos, de alguna forma, haciendo alusión a que los organismos (de manera individual) desarrollan características bajo “su voluntad” lo que podría generar preconcepciones a la hora de entender los procesos de la Teoría de la Evolución. Usualmente al enseñar los sistemas biológicos se usan palabras como “necesidad” o “este órgano es para esta función” en una lógica de finalidad. Viñeta 4: Se llegó a la siguiente idea (PGI6): Fotosíntesis: Proceso de transformación de energía lumínica en energía química, y de materia inorgánica a orgánica. Hubo confusiones sobre			

			Se tenía el siguiente esquema: Materia- Sistema de transformación de materia grande a chica/asimilable (PGI1)- Sistema de distribución de materia (PGI2) -Proceso que extrae energía de la materia (PGI3) -Sistema de intercambio gaseoso (PGI4) en las plantas, PG1 no aplicaba. Se creó un cuento sobre el ciclo del carbono, estudiantes completaron con otros sistemas a sus animales inventados, crearon plantas. Viñeta 5: Compartiendo el trabajo con Grandes Ideas: aprendiendo de los colegas y de los estudiantes Profesora investigadora y estudiante del curso escriben por separado su historia de la clase y la comparten con colegas del grupo de investigación de la Universidad.	respiración y fotosíntesis al darse cuenta que las PGI2, 3 y 4 aplicaban para ellas. Se logró perfeccionar a los animales inventados y a la creación de un ecosistema. Mediante la actividad, estudiantes reconocen haber estudiado sistemas, pero nunca habían tenido la oportunidad de abordar la relación entre ellos. Lo sabían peor no sabían aplicarlo.			
Estrategia tecno-didáctica para la solución de problemas	2018	Comparar simultáneamente la efectividad	Estudio cuasiexperimental Comparación de grupos post test.	Se observa que los estudiantes que participaron con	Un contenido tan difícil y abstracto como es la teoría	Constructivismo Vygotskyano	Diseñar N6 Comparar N2 Resolver N3 Ejecutar N3

de genética en estudiantes de educación a distancia Fedra Lorena Ortiz Benavides, Carmen Eugenia Piña López.		de estrategias de enseñanza para la solución de problemas de genética en estudiantes de modalidad de educación a distancia: Una de interacción directa entre estudiante-profesor (semipresencial) y una mediada por computador utilizando como herramienta el videojuego Genogenios y éste último con dos estrategias de interacción: individual y grupal.	Curso de Biología para Ingeniería de Alimentos y Regencia de Farmacia. Contenido: genética y resolución de problemas. 80 estudiantes adultos inscritos en el curso de Biología. 15 días y 20 estudiantes en cada modalidad de enseñanza. 3 estrategias de enseñanza: -Semipresencial – Interacción directa: Tutor-estudiante. -Estrategia mediada por computador con interacción individual con el videojuego. -Estrategia mediada por computador asociada al videojuego con interacción grupal en foros de trabajo colaborativo en línea. Recolección de datos mediante cuestionario de respuestas abiertas Resultados obtenidos de las siguientes dimensiones:	estrategia de interacción en foro de trabajo colaborativo presenta una tendencia hacia los niveles altos, mientras que en el grupo con interacción individual con el videojuego la tendencia se encuentra en el nivel medio y finalmente, el grupo de estudiantes que participó en sesiones con modalidad semipresencial presentan una tendencia a localizarse en las puntuaciones más bajas en todas las habilidades. <u>1)Comprensión del problema</u> Los estudiantes que participaron de forma colaborativa en línea a partir del videojuego presentan el nivel para comprender los problemas de genética más alto. seguidos de los estudiantes que realizaron la interacción con el videojuego Genogenios de forma individual los que tienen el	sobre la herencia y su aplicación en la solución de problemas de genética, se vuelve más enseñable en la educación a distancia cuando se utilizan recursos interactivos como es el caso del videojuego Genogenios. los resultados indicaron que los estudiantes que utilizaron el videojuego acompañados de una estrategia de interacción colaborativa, mejoraron su desempeño significativamente en todas las habilidades necesarias para solucionar problemas de genética, porque además de contar con los recursos didácticos propios del videojuego, tuvieron la oportunidad para reflexionar sobre su	Planificar N6 Razonar N4 Deducir N5 Construir N3-N6

			1)comprensión del problema, 2)planificación de la solución del problema, 3)ejecución del plan para resolver problema y 4)solución del problema, en base de datos SPSS Comparación de las medias de puntaje.	nivel más bajo para comprender los problemas formulados son los estudiantes que asistieron a tutorías de forma semipresencial sin interacción con el videojuego <u>2)Planificación de solución del problema:</u> Los estudiantes que participaron de forma semipresencial presentan un nivel bajo para realizar un correcto planteamiento del problema, seguido de los estudiantes que realizaron la interacción individual con el videojuego Genogenios y los que tienen un nivel alto corresponde al grupo de estudiantes que realizaron la actividad de forma colaborativa utilizando como recurso el videojuego. <u>3)Solución del problema:</u> Los estudiantes que participaron de forma semipresencial	propio proceso de aprendizaje, discutir sus conceptos con otros miembros del grupo, aclarar dudas y replantear sus conceptos a partir de la interacción con sus pares. El diseño de estrategias didácticas asociadas a recursos tecnológicos interactivos potencian las habilidades cognitivas y procedimentales de los estudiantes de ciencias naturales	

			presentan un nivel bajo en la formulación de la conclusión, seguido de los estudiantes que realizaron la interacción individual con el videojuego Genogenios y los que tienen un nivel alto corresponde al grupo de estudiantes que realizaron la actividad de forma colaborativa utilizando como recurso el videojuego <u>4)Ejecución del plan de resolución del problema:</u> Los estudiantes que participaron de forma semipresencial presentan un nivel bajo en la formulación de la conclusión, seguido de los estudiantes que realizaron la interacción individual con el videojuego Genogenios y los que tienen un nivel alto corresponde al grupo de estudiantes que realizaron la actividad de forma colaborativa utilizando como recurso el videojuego.			

Un sistema hipermedia como propuesta didáctica para el desarrollo de un trabajo práctico de ciclo celular y biotecnología Uliana, A. Tesis: 2016 Impresa: 2018	2016 2018	Diseño e implementación de una aplicación hipermedia sobre el Ciclo celular. Desarrollar contenido en forma interactiva y no lineal.	Uso de aplicación para biología celular, 300 estudiantes en comisiones de 20, en trabajo práctico Aplicación de instrumento evaluativo escala Likert a estudiantes y docentes (El cuestionario para docentes incluyó preguntas respecto a los procesos cognitivos que creen que el alumnado puede trabajar a partir de categorías que consideran no sólo las habilidades cognitivas tradicionales sino también las que provienen de las TIC) se compararon diferencias entre los que trabajaron con el recurso y los de la forma tradicional	Diseño amigable y atractivo. Cambio en la actitud pasiva de alumnos y alumnas para ser protagonistas de su propio aprendizaje, siguiendo su ritmo particular y sin depender exclusivamente de la comunicación de información de cada docente Este medio permitió presentar los contenidos a través de una combinación dinámica de elementos y tipos de datos ofreciendo múltiples formas y secuencias para acceder a la información lo que posibilitó a los alumnos y alumnas elegir el orden y el modo de acceder a ella y trabajar de manera autónoma enriquecida con la interrelación entre pares y docentes. Provee al profesorado de un rol diferente	Aplicación respondió a las necesidades de estudiantes y docentes en el contenido de Ciclo celular y Biotecnología. Animaciones, vídeos e imágenes complementaron las clases teóricas. La AH contribuyó en la mejora y actualización de los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema dentro de la asignatura Biología Celular concediendo una valoración muy positiva a esta experiencia innovadora mediada por tecnología.	Constructivismo Aprendizaje significativo Sistémico	Diseñar N6 Elaborar N6 Aplicar N3 Analizar N4 Evaluar N5
De la biología a la biología	2021	Afirmar que la biología escolar	Construcción de la biología escolar a partir	Los fenómenos naturales se asocian	Se propone que la biología escolar se	Sociocrítico Complejidad	Comprender N2

escolar. Consideraciones para comprender la como una disciplina escolar Peñaloza, G.; Caldas, J.		es producto de la integración de diversos conocimientos y de diferentes intereses que circulan en la escuela. Configurar a la biología como objeto de enseñanza que aporta al ciudadano. Plantear desde una perspectiva política que la biología escolar puede aportar a los procesos de transformación social, promover el respeto a la diversidad epistémica, biológica y cultural y contribuir a la formación de sujetos sociales críticos que comprendan la relación entre naturaleza y sociedad.	de referentes como la epistemología de la ciencia, didáctica de las ciencias y de la biología y la historia de la ciencia.	con los de orden social y cultural. Por su parte, el concepto de autopoiesis permite abordar las múltiples relaciones que se suceden al interior de los organismos y la interacciones con el ambiente a través del flujo de materia y energía. La enseñanza de la biología no es socialmente neutral y, en consecuencia, es importante un posicionamiento político por parte del maestro. Desde la didáctica de las ciencias y de la biología para construir la idea de biología escolar hay que considerar la producción de un saber diferenciado y la formación de ciudadanos críticos de su realidad y propositivos en la constitución de una sociedad equitativa y justa. Al usar un enfoque histórico para analizar algunos tipos de	construye desde la integración de por lo menos tres referentes: la epistemología de la biología, la didáctica de las ciencias y los desarrollos de la didáctica de la biología, la historia y sociología de las construcciones discursivas acerca de la inserción del currículo en biología, en el sistema educativo. La biología escolar como una disciplina que aporta a los procesos de transformación social (transformaciones en los discursos, en las prácticas y en las condiciones de producción) y del respeto a la diversidad epistémica, biológica y cultural, desde una perspectiva política de emancipación, en razón del compromiso político del acto educativo y de reconocer al profesor de	Sistémico	Reflexionar (valorar, evaluar) N5 Reconocer N1

				regulación social, como el currículo, se evidencia que este puede caracterizarse como una tecnología de disciplinamiento para orientar cómo deben actuar, sentir y hablar los sujetos.	biología como un sujeto de saber, que produce un conocimiento propio derivado de la integración de conocimientos académicos y experienciales		

ANEXO 3 DIDÁCTICA: APORTES VARIOS

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
El valor de la metaevaluación del cambio conceptual: una experiencia didáctica Costamagna, Alicia María Teresa	2005	Abordar distintos aspectos del marco conceptual de la “enseñanza para la comprensión” del contenido “La relación” para el estudio del cuerpo humano.	Considerar ideas previas de los estudiantes del curso de Morfología Humana y la explicación de sus representaciones a partir de una situación de la vida real. 46 estudiantes, 14 semanas. <u>1) Ideas previas</u>	una amplia mayoría de los alumnos adjudica, en sus respuestas, la máxima valoración a los distintos aspectos de esta experiencia que fueron sometidos a sus opiniones. Alumnos atribuyeron al	-Se desarrolló un proceso de aprendizaje comprensivo, conducente a un cambio conceptual significativo. -Posibilitó al profesor detectar algunas ideas erróneas persistentes generalizadas, así como expresiones de	Constructivismo Complejidad Pensamiento Sistémico	Resolver N3 Relacionar N2 Esquematizar N2 Analizar N4 Diseñar N6 Explicar N2 Evaluar N5 Jerarquizar (Categorizar) N3-N4 Valorar N5 Reflexionar (Pensar) N6

			a)Motivación: dramatización hecha por el profesor. «Saquen una hoja, porque deben responder a una evaluación escrita.» b)autoexamen y explicitación: estudiantes responden preguntas: -¿Qué sensaciones sentí al escuchar esa orden? – ¿Qué sistemas de mi organismo se activaron? – ¿Cuáles actuaron en forma central y cuáles en forma complementaria? – ¿Qué células pudieron haber intervenido en ese proceso? c) Criterios de evaluación: Para identificar las teorías implícitas que traen los alumnos se auscultó la visión del problema desde el punto de vista de cada uno. c.1)Corrección del contenido: clasificación de	hecho de trabajar conscientemente con las ideas previas un efecto positivo para su aprendizaje.	pensamiento insuficientes que pudieron ser modificados durante el proceso. -El cambio en las ideas previas se convirtió en una meta de comprensión gestionada por los propios alumnos al ser conscientes de que identificaron no solamente los contenidos que no conocían bien, sino también los procesos cognitivos que tenían que desarrollar para superar las falencias autodetectadas en la evaluación diagnóstica. -El ejercicio condujo a los alumnos más allá del conocimiento sobre las propias capacidades cognitivas implicando también la regulación de las mismas a lo largo del proceso de aprendizaje y,		2-6

			respuestas en las siguientes categorías: • Concepto de célula • Diferenciación de células de diferentes tejidos • Función del tejido nervioso • Función del tejido muscular • Función del tejido de sostén • Concepto de circulación sanguínea • Concepto de secreción endocrina • Discriminación de sistema nervioso central y periférico • Conceptos complementarios sobre sistema nervioso • Consideración de otros sistemas involucrados. c.2)Jerarquización de las respuestas. c.3)Interrelación: se analizaron las respuestas asignando un puntaje creciente, según se haya considerado la intervención de uno, dos, tres o más de los sistemas involucrados.		posteriormente, al evaluar la calidad del aprendizaje de cada tópico. -importancia de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias, motivada en este caso por una forma particular de explicitar las ideas previas y por una modalidad de distribución de los contenidos que los aproxima a la vida real del estudiante.		

			c.4)Profundización: comparación de respuestas de los estudiantes. d)Análisis de las respuestas <u>2)Metas de comprensión:</u> Entrega de resultados procesados a estudiantes para análisis y reflexión. 2 sesiones de 2 hrs semanales con profesor, donde orientó la temática a niveles de complejidad creciente. <u>3)Uso de mapas conceptuales como desempeño de comprensión y estrategia metacognitiva</u> En grupos de 5 integrantes debían diseñar un mapa conceptual que represente el tópico «La relación», incluyendo aspectos macroscópicos, microscópicos y ultraestructurales.				

			Podían utilizar bibliografía. Al finalizar el proceso, estudiantes respondieron una encuesta.				
Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico Vanessa Daiana Pedrancini, Maria Júlia Corazza-Nunes, Maria Terezinha Bellanda Galuch, Ana Lúcia Olivo Rosas Moreira e Alessandra Claudia Ribeiro	2007	Investigar qué saben los alumnos de 3° Medio acerca de conceptos y fenómenos biológicos y saber su opinión acerca de los transgénicos.	-Entrevistas a 19 estudiantes de 3° Medio de colegios estatales, para determinar y analizar la formación de conceptos de Biología. -El guion utilizado en las entrevistas se elaboró por etapas a través de pruebas piloto. y abordó diversas cuestiones sobre las características generales de la seres vivos, células, composición química y función del material genético (ADN) y la relación entre ADN, cromosomas y genes. -Se realizó entrevista para saber el nivel de actualización sobre los recientes avances en biotecnología.	-Estudiantes encuestados han estudiado los conceptos básicos de estructura, fisiología y niveles de organización biológica, presentan ideas espontáneas, carentes de significado de estos contenidos, debido a que su enseñanza no les proporcionó actividades que permitieran el paso de conceptos alternativos a conceptos científicos. -Para algunos estudiantes "vida" es lo que caracteriza a un ser vivo ("un ser vivo tiene vida, un ser no vivo, no tiene vida"). -dificultad de definir el concepto de	-Muchas veces los profesores presentan dificultad para comprender, acompañar y mediar el aprendizaje de contenidos relacionados con novedades científicas y biotecnológicas. -La escuela debe gestionar el flujo de conocimiento a fin de que puedan utilizarse en la resolución de problemas y el entendimiento de situaciones de la actualidad. -La escuela continúa siendo una mediadora cultural. -Es imprescindible dotar al profesorado de capacitaciones en	Constructivismo Sistémico	Argumentar N5 Explicar N2 Recordar N1 Relacionar N2 Razonar N4

				vida, debido a su complejidad (la abundancia, variedad y complejidad de características que presentan los seres vivos). -Representaciones antropocéntricas de la vida (Otros estudiantes consideraron solo al hombre en sus respuestas. "Tenemos acción, salud"). Estas interpretaciones antropomórficas provienen de analogías sobre conocimiento y funcionamiento del cuerpo humano. -La mayoría de los estudiantes señala que un ser vivo "nace, crece, muere", "tiene un ciclo", "respira" "tiene movimiento" -Solo 2 estudiantes señalan criterios fisiológicos más complejos: que los seres vivos presentan "excitabilidad,	lo teórico y en la psicología del aprendizaje y del desarrollo.		

				metabolismo, intercambia gases con el medio porque necesita energía, digiere alimentos" -Al explicar la relación respiración-intercambio de energía, estudiantes confunden la respiración con intercambio gaseoso. pulmonar. No lo relacionan con un proceso a nivel celular. -21% señala que los seres vivos están formados por células y órganos, pero creen que pequeños invertebrados y plantas no poseen estructura celular. Consideran la presencia de células en el hombre. -La complejidad de la enseñanza del concepto de célula radica en la fragmentación de los contenidos.			

				-21% de los estudiantes, al ser consultados sobre cómo está constituida la célula, señala que “la célula se compone de una membrana, citoplasma, donde se encuentran los ribosomas, el agua y el núcleo que tiene el ADN, que creo que es lo más importante realmente...”. -La enseñanza de definiciones produce un pseudo-aprendizaje, puesto que los estudiantes incorporan la palabra, pero no el concepto. Conceptos tales como ADN, cromosomas, genes, código genético también presentan una concepción antropocéntrica de la vida. “El ADN es el código genético”. “Cada persona			

				tiene un ADN, nadie es como nadie más". "El ADN es nuestra identidad, donde nuestra características". Para otros estudiantes, el ADN es "el tipo de sangre" o "las características de gente". -El 30% de los encuestados dijo que no recuerda el composición química y estructura de la molécula de ADN. algunos de los cuales trató de responder consideró que el ADN está constituido por "un pequeño de letras"; "por tripletes de bases o cuatro aminoácidos" o "por adenina, timina, otra que empieza con U y una cosita que era un pentágono". Otros tenían más detalles en la memoria: "El ADN está formado por esa			

				pentosa, esos carbonos y las bases compuestos nitrogenados que son adenina, guanina, citosina y timina. -sobre la localización del ADN, algunos estudiantes señalan que sólo está en el núcleo, que está en el plasma sanguíneo o en la sangre y el pelo (debido a los test de paternidad o criminalísticos y acerca de la herencia transmitida por la sangre). Muy pocos señalaron mitocondrias o cloroplastos. -de los estudiantes que indicaron el ADN sólo en el núcleo, reconocen que ADN es componente de cromosomas. Otros señalan que el cromosoma es una célula y/o que los genes están			

				constituidos de cromosomas. -Al asociar el concepto de gen y ADN, reelaboraron su respuesta: "Las características están contenidas en el gen y el ADN es la unión de genes". "Los genes tienen la función de definir las características de las personas". -Con respecto a el concepto de organismo modificado genéticamente (OMG), sus testimonios revelaron que se trataba de concepciones espontáneas y comunes, muy influidos por las noticias difundidas por los medios de comunicación. La preposición "organismo, animal, planta o alimento genéticamente modificado" fue ampliamente utilizado en las respuestas de los			

				estudiantes. Sin embargo cuando fueron animados a explicar lo que entendían por el concepto, muchos respondieron con ideas evasivas o alternativas como, por ejemplo, "comida GMO es lo mismo que la comida regular, solo que está modificado" o "es cierto tipo de aplicación de algún material cuando vas a hacer la siembra". -Pocos estudiantes se aproximaron al concepto científico de OMG. -respecto a desventajas mas citadas, fueron daños a la salud y al medioambiente (causa aparición de nuevas bacterias, producen desertificación del suelo). -27% está contra los OMG, 57% a favor, 18% sin una opinión formada.			

La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. Morales, Diana P.	2009	Diseñar e implementar una estrategia educativa basada en conceptos estructurantes, por medio de los cuales se logre interesar a los estudiantes	Vincular la enseñanza para la comprensión con los conceptos estructurantes por medio de tópicos generativos. Considerar 4 niveles de comprensión: 1) el grado hasta el cual pueden moverse con flexibilidad entre ejemplos y generalizaciones en una red conceptual coherente y rica. 2) Evaluar la capacidad de los estudiantes de cuestionarse sobre lo que conocen y lo que se les dice, al igual que, el uso de métodos confiables para construir y validar sus afirmaciones. 3) Evaluar la capacidad de los estudiantes para establecer los propósitos que orientan la construcción del conocimiento y su capacidad para emplear éste en múltiples situaciones, así como el que	Los educandos pueden presentar 4 niveles de profundidad: 1) desempeños de comprensión: los estudiantes basan sus explicaciones en el conocimiento intuitivo, en ese sentido, no establecen relaciones entre lo que aprenden en la escuela y su conocimiento cotidiano. 2) ingenua: los alumnos inician exponiendo algunos conceptos disciplinares y establecen relaciones simples entre ellos, de igual forma, consideran los métodos de la disciplinas como una receta. 3) novatos, aprendiz: demuestran el uso flexible de conceptos de la disciplina, si se les orienta, los desempeños de este nivel	-Reflexionar acerca de los objetivos que están planteados en la enseñanza de las ciencias. -Estrategias de enseñanza para la comprensión y la enseñanza de conceptos estructurantes orientan la planificación, ejecución y evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje en estudiantes como en docentes.	Sistémico Constructivismo	Comprender N2 Relacionar N2 Explicar N2 Justificar N5 Extrapolar (Inferir, Deducir) N2-N5 Inferir N2 Argumentar N5 Construir N3-N6

			reconozcan las consecuencias de hacerlo. 4) Comunicar lo que saben dentro de los tipos de desempeños establecidos.	vislumbran la relación entre el conocimiento disciplinar y el cotidiano. 4) desempeños de comprensión de maestría: predominan los pensamientos integradores, creativos y críticos, por ello, “los alumnos pueden usar el conocimiento para reinterpretar y actuar en el mundo que los rodea.”			
Células-tronco, divulgação científica e sala de aula: nas linhas e entrelinhas de um texto irônico Rosangela Fujii, Maria Júlia Corazza	2013	Analizar cómo la ironía, en la perspectiva enunciativa y discursiva de un texto de divulgación científica en la Revista “Ciencia hoy”, puede influir en el proceso de significado, comprensión conceptual, construcción de significados y formación de opinión de los estudiantes de Educación Básica de Magisterio, en relación a la tema de células madre.	Revisión bibliográfica de la revista “Ciencias hoy” Selección de artículos sobre células madre que presentaran ironías. Ironías sometidas a análisis y discusión de discurso de línea francesa	Autor presupone que lector tiene conocimiento sobre células madre, clonación y regeneración de tejidos. Interlocución directa con el lector, haciendo compartir las mismas apreciaciones del autor. En este universo, a través de la representación imaginaria	Al considerar que la construcción del conocimiento en el aula es, en un principio, interpersonal o social, el uso de TDC (texto de divulgación científica) como recurso didáctico alternativo requiere que diferentes factores ser analizados, como la diversidad estructural del lenguaje y del contenido textual, la	Constructivista	Analizar N4 Comprender N2 Sintetizar (Simplificar) N4 Interpretar N2 Representar (Trazar) N6 Construir N3-N6

				que el sujeto hace de sí mismo, de su interlocutor y del lugar de habla que ocupa, termina dirigiendo la producción de su discurso, que acaba constituyendo un juego de imágenes, no exento de malentendidos. Cuando se utiliza un texto de comunicación científica en el aula, junto con los alumnos de Educación de Enseñanza, la complicidad y representación de sociedad entre interlocutores no podrá ocurrir, ya que los sujetos no dominan el mismo ámbito de información o los mismos mapas cultural, posibilitando la emergencia de una ausencia de significados en el discurso. lo largo del texto se pudo percibir el uso	diferentes enfoques considerados por los divulgadores, el interés de los estudiantes, la relación entre los complejidad del tema abordado y conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema. Estas emanen, por parte del docente, un papel activo, tanto en la selección del material como en su uso con los estudiantes en el salón de clases. Así, el uso de una TDC irónica requiere una planificación de actividades y una mediación didáctica, como preguntas, análisis y síntesis de información y uso de recursos visuales, con el fin de estimular interés por la lectura, la participación más significativa de los estudiantes y,		

				de comillas simples y dobles, palabras entre comas y exclamaciones. Las comillas servían no sólo para indicar el «tono irónico», sino principalmente con el fin de llamar la atención del lector, delegándole la tarea de comprender las razones para el que fueron empleados; palabras y fragmentos entre comas tenían la intención de marcar un distanciamiento del enunciador de los hechos y/o conceptos relatados. en la oración, "capaz de diferenciar en todos los tipos de células de un organismo, podrían, en teoría, usarse para regenerar cualquier tejido lesionado o degenerado», es evidente que el	principalmente, la percepción y comprensión de la ambigüedad provocada por la ironía con respecto a la desviación de la lógica del lenguaje y el sentido denotativo de la expresión.		

				autor no cree que la medicina actual poder controlar y utilizar células madre en la regeneración de órganos y tejidos humanos, con una gran diferencia entre el concepto teórico y el uso en la práctica médica. Entonces el autor hace evidente su incredulidad en el discurso pronunciado.			
El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza. Concepción González Rodríguez, Cristina Martínez Losada, Susana García Barros.	2014	Realizar una revisión histórica de estudios y experiencias relacionadas con los procesos de fotosíntesis y respiración que contribuyeron a la desestimación de la "teoría del humus" como modelo de nutrición vegetal.	1)La 1ª etapa abarca la Grecia clásica y la edad Media: La Teoría del Humus, donde el suelo es visto como un sistema digestivo que le entrega a los vegetales los nutrientes necesarios para crecer. Plantas vistas como animales con la boca invertida (raíces son la boca por donde se alimentan) -No respiran, la respiración se le atribuye a los animales y asociada al proceso de ventilación. En la edad media, el origen divino de los	Idea inicial sobre nutrición y nutrición vegetal • La nutrición se asimila a alimentación. • Los vegetales, al igual que los animales, aunque de forma diferente, captan "alimentos orgánicos" -Teoría del humus. • La riqueza del suelo, el agua y la luz, son esenciales para el desarrollo vegetal. Nuevo modelo de nutrición y nutrición vegetal • La nutrición es un proceso universal	-El referente histórico permite identificar ensayos que contribuyeron a responder a cuestiones de especial importancia en el desarrollo del conocimiento. Estos ensayos resultan útiles para el profesorado en la medida de que pueden ser reproducidos o analizados en el aula. -El alumno podrá identificar las distintas tareas	Constructivismo sociohistórico	Identificar N1 Preguntar N2 Analizar N4 Ejecutar N3 Experimentar N6 Investigar N4 Hipotetizar N6 Argumentar N5 Preguntar N2 Explicar N2 Deducir N5 Valorar N5 Construir N3-N6

			seres vivos y antropocentrismo (humano como culminación de la creación) 2) Siglo XVI y XVII: Rechazo del dogmatismo y religiosidad, surge el método experimental. Van Helmont (la luz no es suficiente para justificar la nutrición vegetal) demuestra que el agua es fuente de alimento vegetal. Major y Perrault, que comparan la circulación de la savia, con la circulación sanguínea propuesta por Harvey; la interpretación de Malpighi sobre los vasos conductores de savia bruta, como tubos respiratorios similares a las tráqueas de los insectos, o la comparación de Grew entre los estomas vegetales y los poros de los animales. Sin embargo, dichos estudios no supusieron una modificación	de todos los seres vivos. Tiene como función la construcción de estructuras y la obtención de energía, estableciéndose un intercambio de materias entre el organismo vivo y el medio. • La nutrición vegetal (organismo autótrofo) es más compleja, se caracteriza por síntesis de materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas sencillas en presencia de luz (fotosíntesis). Esta materia orgánica es, posteriormente, utilizada por el organismo para obtener materia y energía. • La nutrición es un proceso celular. Consiste en una serie de reacciones metabólicas complejas que se realizan en las células y que integra a la	involucradas en el trabajo científico. -el análisis/realización de las experiencias históricas permite conocer el problema que guía la investigación, las primeras hipótesis, la coherencia entre estas y el ensayo, así como el uso de las pruebas obtenidas para elaborar conclusiones argumentadas -posibilita que el estudiante valore tanto el rigor y la audacia del trabajo científico, como su contribución al desarrollo de nuevos saberes y la repercusión socioeconómica de los mismo		

			sustancial en lo que se refiere al proceso de respiración en los vegetales. Se mantiene la idea de que las plantas no respiran. 3)Siglo XVIII: Teoría del flogisto. existe un principio ígneo, "el flogisto", común a todas las sustancias combustibles, que se desprende del combustible al arder. Supuso una nueva forma de interpretar la combustión y respiración. Aún así obstaculiza la comprensión de la nutrición, por tratarse de una explicación general. Lavoisier con su teoría de la oxidación reconceptualizó la respiración y por primera vez se distingue el intercambio gaseoso en plantas. En 1727, Stephen Hales , considerado el padre de la fisiología vegetal, publica un libro, en el que	respiración como parte de la misma. La fotosíntesis es también un proceso metabólico que tiene lugar en las células vegetales provistos de pigmentos fotosintéticos. • La nutrición trasciende del nivel de individuo al de ecosistemas, pues la presencia de organismos autótrofos explica la entrada y el flujo de energía en el ecosistema. El continuo intercambio de materia de los distintos tipos de organismos (autótrofos y heterótrofos) en el medio explican los ciclos biogeoquímicos.			

			describe como las plantas utilizan principalmente el aire para alimentarse durante su desarrollo. Joseph Priestley, entre 1771-1777 llegó a la conclusión de que las plantas respiran pero con un intercambio gaseoso inverso al de los animales, es decir consumen CO₂. 4)Siglo XIX: Caventou en 1817 aísla la clorofila y Mayer en 1845, señala que las plantas transforman la energía de la luz solar en energía química. En presencia de luz solar, una planta toma el CO₂ y lo combina con agua, para formar sus tejidos, liberando O₂ en el proceso. Siguen habiendo estudios que tratan de ratificar la Teoría del Humus. Finalmente, Boussingault constata que las plantas no necesitan compuestos orgánicos para crecer.				

			Sachs descubrió que la clorofila estaba localizada en pequeños “cuerpos subcelulares”, que posteriormente se llamaran, “cloroplastos”. También demuestra que durante la fotosíntesis se forman gránulos de almidón. Finales de siglo, Strasburger señala: Las plantas respiran como los animales, tanto durante el día como durante la noche, existiendo en las plantas intercambios de gases respiratorios y fotosintéticos de forma paralela. 5)Siglo XX: se hizo evidente que la fotosíntesis tiene lugar dentro de los “cloroplastos”, y que la clorofila es esencial para este proceso. Hill demuestra con su experimento que la molécula del agua se rompe por acción de la luz. Se reconoce a las plantas como				

			responsables de la entrada de la energía en el ecosistema, abriéndolas a una nueva dimensión más amplia y general. Se descifra el ciclo de Calvin y: Se describe la respiración como una serie de reacciones catalizadas que llevan a la producción de energía, en las que se requiere oxígeno y se desprende dióxido de carbono. En 1941, Lipman consigue identificar ciertos compuestos de fosfato formados en el curso del metabolismo, que acumulan considerables cantidades de energía en el enlace que conecta el grupo fosfato con el resto de la molécula (ATP) Por último, descubrimiento de la relación cuantitativa existente entre el CO₂ absorbido y la cantidad de materia orgánica generada, así como otros				

			estudios posteriormente realizados, no ya a nivel individuo, sino a nivel celular y bioquímico permitieron conocer cómo se produce la acción mineralizadora del suelo por los microorganismos.				
Ensinando e investigando o uso de mapas conceituais como recurso didático facilitador da aprendizagem significativa em ciências naturais no ensino fundamental Felipa Pacífico Ribeiro de Assis Silveira	2014	Diseñar una intervención/investigación acerca del uso de mapas conceptuales como facilitador didáctico en el aprendizaje significativo de conceptos en Ciencias Naturales. En el aula de primaria.	-Investigación cuasiexperimental -estudiantes de 6°, 7° y 8°. -Evaluación diagnóstica para determinar conocimientos previos. -Según resultados, se realiza retroalimentación e intervención, desarrollando los siguientes contenidos: Astronomía (6°), Nutrición (7°) y Propiedades de la materia (8°). -las actividades se desarrollaron durante 52 horas de clases y fueron las siguientes: clase expositiva dialogada; uso de libros de texto y paradidáctica; lectura e interpretación de	-Al aplicar la prueba t y comparar los grupos A y B de 6°, A tuvo una diferencia significativa. -En 7°, no se observan diferencias significativas de aprendizaje. -En 8° hubo una mejora significativa del aprendizaje.	Se evidencia que en 6° y 8°, los mapas conceptuales contribuyen al aumento de nivel de aprendizaje. Comparación de MC inicial y final, el último presenta niveles, orden jerárquico Al reconocer palabras claves, estudiante demuestra comprensión del contenido. Enseñanza, aprendizaje e investigación, son actividades indisolubles. las debilidades y potencialidades	Aprendizaje Significativo Constructivismo	Organizar N3 Jerarquizar (priorizar) N4 Analizar N4 Relacionar N2 Comprender N2 Negociar (discutir) N2

			textos con informes orales y escritos; elaboración de dibujos y esquemas; resolución de ejercicios; guiones de estudio; demostración; experimentación; elaboración y análisis de gráficos; montaje de mesas y elaboración de MCs solo para los grupos experimentales.		presentes en el proceso de razonamiento del estudiante tuvieron su origen en la enseñanza centrada en la negociación de significados al utilizar el MC. La elaboración y presentación del MC desafió al estudiante a plantear nuevos problemas y demandó un posicionamiento frente a su realización, constituyendo un medio eficaz de exteriorización de significados denotativos y connotativos. Compartir los aprendizajes en las presentaciones, fue motivador. La mayoría de los estudiantes fueron capaces de reorganizar sus conocimientos previos, estableciendo una línea de razonamiento		

					coherente a la propuesta didáctica.		
Indagación guiada con diagrama uve para un aprendizaje significativo en primaria. Edith Herrera San Martín, Mercè Izquierdo Aymerich	2014	Diseñar unidad didáctica basada en la indagación guiada con el diagrama V de Gowin. Analizar el aprendizaje de las habilidades de indagación científica (HIC) de los estudiantes de 6° y 7° año, usando el diagrama de V. Analizar un fenómeno basado en una idea clave de ciencias, que en nuestro estudio es "Los organismos necesitan energía".	-V de Gowin adaptada, incorporándose: Lo que conozco del problema, la identificación de variables, para ayudar a los estudiantes en su comprensión, para resolver un problema. -Estudio articulado en 3 fases: Fase 1: Inducción a los estudiantes y profesores acerca del uso del diagrama de V. Fase 2: Diseño de la unidad didáctica e implementación en el aula de Ciencias. Se diseña colaborativamente con los profesores participantes una unidad propia, en torno a una gran idea de ciencia "Los organismos necesitan energía" mucho más integrada al entorno del estudiante, con una secuencia de preguntas de indagación y de actividades	Pre test: los estudiantes lograron establecer relaciones significativas en el hacer. Presentaron falencias en el saber, falencias al comunicar y argumentar. Post test: En el lado de pensar en el diagrama, se observaron dificultades para organizar la indagación de un problema. Requieren de ayuda en la transformación de los datos. Deben trabajar la habilidad de comunicar, ya que presentan deficiencias en sus conclusiones ya que carecen de argumentación científica. los profesores participantes coinciden en sus reflexiones al señalar la	El uso del diagrama mejoró los aprendizajes de HIC. La propuesta de indagación guiada con diagrama en V, desde la reflexión de los profesores, permitió analizar críticamente su práctica, apoyar al profesor en formación inicial, mejorar sus procesos de evaluación centrados hacia los procesos, promover el aprendizaje de habilidades de indagación científica y discutir sobre los cambios que ésta genera en dinámica de aprendizaje en el aula.	Interpretativo Sistémico	Analizar N4 Investigar N4 Inferir N2 Hipotetizar N6 Discutir N2 Argumentar N5 Razonar N4 Relacionar N2 Transformar N6

			aprendizaje que estimulan al alumno a construir el conocimiento, en contextos problemáticos reales y significativos en la vida del estudiante. La unidad didáctica de 6º año la hemos llamado "Pincha con tu estilo de vida saludable" y la unidad "Cocinando las transformaciones en la materia "en 7º año. Instrumentos: Diagrama de V adaptado y evaluación Fase 3: evaluación de innovación.	necesidad enseñar explícitamente las habilidades de investigación en: Observar y plantear preguntas, diseñar una investigación, procesar y analizar la evidencia, evaluar y comunicar.			
Conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza del tema mitosis: un estudio de casos con docentes universitarios de Argentina. Norma V. González Alejandra María Rossi	2015	Caracterizar el contenido didáctico del contenido (CDC) de 4 docentes universitarios sobre la mitosis, mediante el cuestionario Representación del contenido (Re-Co) y los repertorios e experiencia profesional y pedagógica (Re-PyP).	-Estudio se realizó en una asignatura de 1º año, anual con clases teóricas y prácticas. -En los trabajos prácticos (TP) se hizo el trabajo de campo por la mayor interacción entre docentes, contenidos y estudiantes. -docentes presentan el tema en TP y estudiantes trabajan grupalmente.	-ReCo: docentes valoraron el tema por su relación con la genética, reproducción celular y de individuos, crecimiento y cicatrización, pluricelularidad y desarrollo embrionario. -Dificultad de comprensión en los estudiantes: docentes señalan que se debe a falta	El desarrollo del CDC de los docentes universitarios en un contexto de enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos se perfila como una estrategia posible para reorientar la enseñanza del tema mitosis hacia modalidades	Constructivismo	Construir N3-N6 Analizar N4 Discutir N2 Explicar N2 Comprender N2 Comparar N2-N4-N5 Diferenciar N4

			-Tema trabajado en el 3°TP: Los objetivos relacionados con la mitosis fueron: 1) diferenciar e interpretar los procesos básicos de la mitosis y meiosis y 2) analizar la importancia de la mitosis y meiosis en la vida de un organismo. -4 docentes universitarios con más de 20 años de experiencia. -Recogida de datos mediante cuestionario ReCo que contiene 8 preguntas: ¿Qué conceptos centrales intenta que los estudiantes aprendan acerca de la mitosis? 2) ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender el tema mitosis? 3) ¿Qué más sabe sobre este tema, pero no lo enseña porque considera que no corresponde a este nivel	de conocimientos previos, complejidad del vocabulario, dificultades por la heterogeneidad de los trayectos previos de los estudiantes y la ausencia de un marco teórico sobre las propiedades de los seres vivos que permita contextualizar a la mitosis. Como limitaciones se mencionaron la carencia de recursos motivadores que podrían mejorar la enseñanza y facilitar la comprensión del carácter dinámico y secuencial de la mitosis. -Evaluación: Maquetas, exámenes orales al finalizar los 6 TP. -Las diferencias encontradas en el CDC de los docentes resultan coincidentes con las características	basadas en la construcción de andamiajes que faciliten el aprendizaje de los estudiantes. Las diferencias encontradas en el CDC de los docentes resultan coincidentes con las características de este constructo: el CDC es específico para un tema, un docente y un contexto. Ante un constructo como el CDC resultan reducidos los estudios sobre este aspecto del conocimiento profesional de los docentes universitarios, situación que es particularmente notoria para la mitosis		

			o a los alcances del curso? 4) ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas con la enseñanza de este tema? 5) ¿Qué conocimientos de las ideas previas de los estudiantes acerca de la mitosis influyen en la manera en que enseña este tema? 6) ¿Qué otros factores influyen sobre la enseñanza de la mitosis? 7) ¿Qué procedimientos emplea para que los alumnos se interesen en este tema? 8) ¿Qué instrumentos utiliza para evaluar si los alumnos han comprendido el tema mitosis? -La observación de clases para la elaboración del Re-PyP. -docentes entrevistados para	de este constructo: es específico para un tema, un docente y un contexto. -Imeuda: uso de cromosomas de cartulina para representar el comportamiento del material genético en meiosis y mitosis. -Mauro: contextualización reproducción a nivel celular y organismo, que encabezan mapa conceptual y esquemas explicativos, uso de analogías (cromatina como resortes, cromosomas como pares de zapatos. CDC: Modelo didáctico usado por docentes es tradicional y expositivo. D1 siguió una secuencia en orden con las actividades. D2, un recorrido variado que estimuló a los estudiantes a			

			aclarar aspectos del ReCo y de las clases.	preguntar, por ejemplo, sobre la clonación. Conocimiento y creencia sobre el currículum: D1 y D2 reconocen el temario de cada clase como elementos curriculares centrales. conocimientos y creencias acerca de la comprensión de los estudiantes D1 y D2 adujeron que sus estudiantes necesitan poseer mejores conocimientos previos y que no los adquieren en el nivel secundario de educación. No hubo referencias a la complejidad y abstracción de la mitosis como una dificultad para los estudiantes. conocimientos y creencias sobre			

				estrategias instruccionales para enseñar ciencias D1 y D2 no mencionaron estrategias concretas diferentes a las usadas en aula (exposición teórica, alguna actividad de lápiz y papel y el uso de las maquetas de cromosomas) conocimientos y creencias sobre la evaluación en ciencias D1 y D2 señalan, en entrevista, que es oral, sumativa, presencial e individual.			
Aprendizaje de la célula en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria: la influencia del contexto socio-económico familiar en tiempos de crisis José Ángel Muñoz Pérez,	2017	Analizar la evolución del conocimiento de la Biología Celular y de las competencias científicas en estudiantes de enseñanza secundaria obligatoria	Se elaboran 2 cuestionarios: 1) para evaluar los conocimientos sobre la célula y la competencia científica asociada (capacidad de transferencia de conocimientos). 7 preguntas de conocimientos y 3 de resolución de problemas, para	Conocimiento y competencia científica: A lo largo de los 4 años de ESO, se observa una mejora de los conceptos de ser vivo y sus características y el concepto de célula. Los modelos de células realizados	Hay una mejora de los conocimientos y la competencia científica a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria en relación a la biología celular. Sin embargo, el rendimiento de los alumnos está significativamente condicionado por	Sociocultural	Elaborar N6 Comprender N2 Esquematizar N4

Alberto Muñoz Muñoz y Juan Peña Martínez			evaluar competencia científica. 2)para registrar variables sociales, económicas y culturales de las familias de los alumnos. que incluía preguntas como el nivel de estudios y profesión de los progenitores, asistencia a eventos culturales o el número de libros presentes en el domicilio familiar. Al analizar los datos del primer cuestionario, se obtuvo una visión global del conocimiento teórico y las competencias científicas.	por los estudiantes fueron categorizados en 4 tipos de modelos, 3° y 4° desarrollan modelos más elaborados e indican las funciones de cada organelo. La calificación de conocimientos acerca de la célula aumenta a medida que se avanza de nivel, sin embargo, en los cursos diversificados muestran un nivel más bajo. Efectos de variables socioeconómicas y culturales: El nivel de conocimientos de los estudiantes aumenta progresivamente con el nivel de estudios medios de los progenitores. Sin embargo, es llamativo que este aumento solo ocurre hasta el nivel de estudios de Educación Secundaria. Se	las condiciones socio-culturales de las familias de los estudiantes. el contexto familiar es un pilar fundamental para la formación de los alumnos y deben buscarse nexos entre familias y centros educativos con el fin de conseguir un mejor rendimiento escolar en todos los cursos de la E.S.O. Es responsabilidad del profesorado y la administración educativa el mejorar las condiciones para un mejor aprovechamiento pedagógico por parte de los alumnos, y para que nuestro sistema educativo sea más equitativo, en lugar de serlo cada vez menos según apunta el último informe PISA.		

				estabiliza o disminuye cuando los padres han cursado la educación superior. El nivel de estudios de los padres no afecta el desarrollo de competencias científicas. aquellos alumnos cuyos padres ejercen profesiones más cualificadas obtienen mejores resultados en el nivel de competencia científica pero no mejores resultados en conocimientos. Las actividades culturales favorecieron el desarrollo de competencias científicas y conocimiento. En cuanto a la cantidad de libros, hay una correlación directa entre conocimientos y competencias científicas.			
Algunas relaciones entre la autonomía de la Biología	2018	Plantear algunas relaciones entre la emergencia de la Biología como ciencia	-----	El conocimiento particular de la didáctica de la Biología es	-Biología de los biólogos no es la misma que la Biología Escolar.	Complejidad	-----

y la emergencia de su Didáctica: consideraciones sobre la complejidad de enseñar una ciencia compleja. Julio Alejandro Castro Moreno, Édgar Orlay Valbuena Ussa.		autónoma y las primeras propuestas de considerar la Didáctica de la Biología como un campo específico de conocimientos.		el CDCB (conocimiento didáctico del contenido biológico) lo cual implica que esta disciplina emergente produce conceptos específicos que son los que le dan competencia profesional al profesor para hacer "enseñable" la Biología, lo que conlleva a los siguientes aspectos: - la indagación, análisis didáctico y utilización de las concepciones de los estudiantes acerca de la ciencia, la Biología y los diferentes conceptos biológicos; - la identificación y organización de conceptos estructurantes específicamente biológicos, lo que conlleva: - la organización de los diferentes tipos de contenidos de enseñanza (conceptuales,	-Retraso en el desarrollo de una didáctica específica de la Biología debido al retraso en consolidarse como una ciencia con epistemología propia. -El conocimiento particular de la Biología es el CDCB (conocimiento didáctico del contenido biológico). -Es evidente un distanciamiento de la biología con las otras ciencias de la naturaleza, entre otras cosas, porque sus objetos de conocimiento difieren de la bioorganización sistémica. Si se nos pidiera definir, en una palabra, cuál es la principal característica del objeto biológico, diríamos: complejidad. -El objeto de la didáctica de la biología es la complejidad de enseñar		

				actitudinales y procedimentales); • la identificación y superación de problemas particulares (obstáculos epistemológicos) de la enseñanza de la Biología, tales como el mecanicismo, el reduccionismo, el antropocentrismo la no relación entre los procesos biológicos evidenciables en el mesocosmos con los procesos a nivel microscópico, las explicaciones teleológicas y antropomórficas, etc.; • la identificación de finalidades de la enseñanza de la Biología; • las estrategias propias de la enseñanza de la Biología, como las salidas de campo, el trabajo práctico en el laboratorio (con las implicaciones de la experimentación particular	cuestiones biológicas		

				con organismos), la modelización de fenómenos biológicos, la construcción de narraciones históricas, etc. • el reconocimiento de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), dadas las características integradoras y de aplicación de los conceptos biológicos.			
História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia Celular. Francisco Breno Silva Teófilo, Maria Izabel Gallão.	2019	Investigar cómo elementos relacionados con la Historia y Filosofía de la Ciencia se insertan en capítulos que introducen al estudio de la célula en 20 libros de texto de Biología para la escuela secundaria utilizada en el período de 1965 a 2015.	-Se revisaron los textos introductorios que generalmente abordan aspectos históricos tales como el desarrollo de técnicas de microscopía y la elaboración de la teoría celular -Análisis de contenido donde se establecieron categorías de evaluación: contenidos teóricos, ilustraciones, ejercicios, actividades y proyectos, y recursos adicionales. -Se detectaron 5 concepciones	-El análisis de contenido, detectó la presencia de inserciones que pueden presentar una perspectiva superficial, lineal, acumulativa, infalible, individualista y anacrónica de la ciencia.	-En el análisis de los resultados, tendencias, carencias y, principalmente, posibilidades esbozadas en cuanto al uso de estos elementos en la Enseñanza de la Biología Celular. -La historia y filosofía de la ciencia aparece en todos los capítulos de los libros analizados. -Ciencia representada como un conjunto de aciertos,	-----	-----

			erróneas de la ciencia: a) Muestra una visión superficial, lineal y acumulativa del desarrollo científico. b) Expresión de una ciencia regida por un método científico único e infalible. c) Ciencia construida por esfuerzos individuales. d) señalar un enfoque demasiado simple para la práctica científica; e) revelar una forma anacrónica de ver la ciencia.		exclusivamente acumulativa, indefectible, individualista y anacrónica. - la necesidad de actualizar no sólo los contenidos teóricos de los libros didáctica, con el objetivo de erradicar la propagación de una pseudo-historia de la ciencia, pero también: modernizar los recursos accesorios como las imágenes y pies de foto adoptados; diversificar las propuestas ejercicios, proyectos y otro tipo de materiales complementarios, fomentando el debate en salón de clases.		
Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio.	2019	Comprender cómo ocurre la enseñanza de la biología celular en la enseñanza media de escuelas públicas, como contenido necesario para	Se utilizaron diferentes instrumentos y metodologías, tales como cuestionarios, cursos	Fue posible verificar que la mayor parte de los estudiantes concebía a la célula como estructura microscópica,	Existen similitudes en las concepciones alternativas sobre célula que poseen docentes como estudiantes.	Constructivismo	Resolver N3 Comprender N2 Representar (Interpretar) N2-N3 Relacionar N2

Ana Flavia Vigario, Graça Aparecida Cicillini.		la comprensión de la vida.	educación continua (2 cursos sobre desafíos en la enseñanza de la biología), seguimiento de la práctica pedagógica y grupo focal. Analizamos los cuestionarios y los discursos de profesores y alumnos, triangulando la información.	dificultad en diferenciar célula animal y vegetal, y abordaje de los contenidos de morfología y fisiología celular de forma aislada.	Concepciones alternativas adquiridas en la formación inicial de profesores, lo que tiene un efecto directo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La reflexión sobre la acción docente durante la formación, como acompañamiento de la práctica pedagógica contribuye a ser sujetos activos en la enseñanza y aprendizaje de la célula. Incluir como eje estructurante de la formación, los saberes pedagógicos y un diálogo permanente con redes de enseñanza. Reflexionar acerca de las representaciones que posee el profesor durante su formación.		Diferenciar N4 Describir N1 Interpretar N2-N3 Reflexionar (Pensar, poner a prueba) N6-N4 Analizar N4

					incorporar, en las políticas de formación, la valorización del trabajo del docente, expresado por condiciones de remuneración y desempeño con la diversidad de alumnos matriculados en las Escuelas. Estimular la reflexión sobre los aspectos afectivos que intervienen en la formación del profesorado. Cambios de esta naturaleza pueden ayudar al proceso de formación de los futuros docentes. Esto se da en el sentido de articular saberes complejos relacionados con la labor docente, el desarrollo profesional y el fortalecimiento de la opción por ser docente. . Es necesario proponer		

					alternativas para mejorar la práctica pedagógica de los docentes y optimizar la calidad de los contenidos de enseñanza y aprendizaje en el área de Biología, especialmente en la Biología Celular.		
Enfoques para la enseñanza de la Biología: una mirada para los contenidos Gonzalo Miguel Ángel Bermúdez	2020	Realizar un análisis epistemológico y didáctico de la Biología y de propuestas de enseñanza. Proponer nuevos enfoques de enseñanza.	Se proponen 8 enfoques y qué contenidos se pueden abordar en cada uno: 1)Morfología-función: -abordar la enseñanza de la digestión humana a través de una modelización, con la que conceptualizan las relaciones estructura-función en tramos del tubo digestivo y órganos anexos. -en educación primaria en la que estudian los diferentes aparatos bucales de los insectos y su funcionamiento en relación con sus hábitos alimenticios			Sociocultural Sistémico Complejidad Sociocrítica	Diseñar N6 Proponer N6 Implementar N3 Evaluar N5

			2)Taxonómico-clasificadorio: agrupa a entidades características similares. el parentesco no constituye el único criterio de clasificación. En relación con ello, lo taxonómico-clasificadorio permite desarrollar contenidos relativos al componente más conspicuo de la biodiversidad. 3)Evolutivo: Un ejemplo de actividades: una secuencia didáctica basada en la modelización y en la metacognición con el fin de superar obstáculos para el aprendizaje de la evolución biológica. emplear árboles evolutivos para estudiar la transformación de las plantas en el tiempo. 4)Sistémico y Ecológico: -un esquema conceptual sistémico y relacional de las relaciones y funciones				

			entre órganos y sistemas a nivel del organismo humano. -diseño didáctico para abordar las propiedades emergentes de los sistemas biológicos a través de una secuencia de actividades centrada en un modelo didáctico analógico. -implementa tareas que giran en torno a la elaboración de un plan de regeneración de una zona de bosque dañada tras un incendio. -unidad didáctica en la que los estudiantes diseñan acciones para mejorar la calidad ambiental de su ciudad. 5)Educación Ambiental (EA) y Educación para el desarrollo sostenible (EDS) -modelo de conservación y educación sobre el valor del patrimonio natural y cultural del bosque, se organiza en actividades que persiguen la consecución de				

			logros coherentes con un enfoque de EA. 6)Diversidad cultural -la taxonomía botánica presente en el mapudungun y una propuesta de inclusión de plantas medicinales empleadas por la etnia mapuche en una carrera universitaria. 7)Educación en Salud (EeS) -una mirada multicausal y multireferencial, adherimos a una concepción de salud procesual producto de una relación dialéctica entre seres humanos y el ambiente, y que puede comprenderse como una adaptación diferencial al ambiente. -aproximación histórica al concepto de nutrición humana, y criterios para organizar y secuenciar los contenidos a partir de problemas estructurantes. -La vacunación desde una mirada sociocientífica,				

			brindando oportunidades para desarrollar un juicio crítico y la toma de decisiones vinculadas al sistema inmunológico. 8)Educación Sexual Integral (ESI) Este enfoque pone en cuestión la producción y reproducción de las relaciones sexogenéricas, con lo cual todas las dimensiones de las prácticas educativas se ven interpeladas, inclusive los contenidos.				
La investigación en enseñanza de las Ciencias Naturales en el Nivel Inicial durante la década 2010-2020. Una revisión bibliográfica de revistas Iberoamericanas. Julieta Farina	2020	Realizar una revisión bibliográfica de artículos de investigación, publicados entre 2010 y 2020, en revistas Iberoamericanas, acerca de la enseñanza de las Ciencias Naturales en el Nivel Inicia	_ Selección de 6 revistas y artículos, catálogo Latindex 2.0. -Se realizan 2 tipos de análisis: a)determinar nivel educativo al que van dirigidas las publicaciones. b) las publicaciones del nivel inicial se sistematización en función de las categorías: autores y/o autoras, año, revista, número y volumen, y país de trabajo	Señalados en las conclusiones.	Escasa investigación didáctica de las Ciencias Naturales a nivel inicial. Cabe señalar que, aunque las revistas españolas tengan más artículos publicados que las latinoamericanas, consideramos que la diferencia más relevante se da entre los niveles educativos		Investigar N4 Seleccionar N3 Categorizar N3-N4 Relacionar N2 Interpretar N3 Analizar N4 Concluir (Deducir) N5 Observar N1-N2-N3 Explicar N2 Inferir N2 Revisar N2

			de las autoras y los autores. -Análisis cuantitativo de los datos.		y no entre las revistas. La mayor parte de las investigaciones apuntan hacia la formación docente. Bajos niveles de investigaciones en aulas. La mayoría de las publicaciones sobre NI en aula apuntan hacia la indagación. Se requiere que las ciencias naturales prioricen el desarrollo de habilidades científicas, más que en contenidos específicos.		

ANEXO 4

DIDÁCTICA: ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Material educativo computacional (MEC) una herramienta didáctica para enseñar carbohidratos Yuly Constanza Bustos Contreras y Jimena Sandoval Sarrias.	2009	elaborar e implementar MEC (Material Educativo Computacional) como herramienta de apoyo en la labor del docente para el aprendizaje del concepto asociados a los carbohidratos	Propuesta de taller para la enseñanza de carbohidratos en estudiantes de enseñanza media, mediante el uso de MEC. Prueba de entrada: Evaluar por escrito las ideas previas de una población seleccionada.	-----	La enseñanza de las ciencias en la educación media, se enfoca en el desarrollo de habilidades que permitan al estudiante conocer, explicar y describir fenómenos de la naturaleza, y relacionar la teoría con vivencias de su cotidianidad.	Constructivista	Resolver N3 Explicar N2 Analizar N4 Comprender N2 Conceptuar (Atribuir) N4 2-4

			Diseño del MEC: Desarrollando en su componente teórico información sobre historia, definición, clasificación, importancia Biológica, estructura química y en su componente didáctico representaciones interactivas sobre estructuras, reacciones químicas y análisis cualitativos de carbohidratos. Aplicación de la herramienta didáctica: A partir de la evaluación e las idas previas se ejecutará el MEC, reforzando los conceptos en los que la población tuvo menor desempeño. Prueba final y análisis de resultados: prueba escrita que permitirá evaluar el cambio conceptual en la población, determinando si el MEC es un instrumento óptimo		La interdisciplinariedad entre las ciencias naturales y la tecnología buscan generar redes conceptuales que faciliten la comprensión y aprendizaje de conceptos fácilmente aplicables. Esta propuesta permitirá a los estudiantes aprendizaje con recursos no convencionales que aumente su motivación y rendimiento. Se puede concebir este MEC como contenidos libres ya que facilita la articulación del aprendizaje con el desarrollo de los materiales educativos, en la medida que los MEC no sólo son construcciones colectivas fruto de un trabajo de acercamiento a la	

			para el refuerzo en la enseñanza de los carbohidratos.		realidad de los problemas, sino que también son flexibles.		
Interrelación de los conceptos de célula y ecosistema, utilizando a los insectos como eje transversal Gustavo Adolfo Bonilla Pérez y Bladimir Vera Marín	2011	Analizar las interrelaciones que establecen los estudiantes de 6° entre los conceptos de célula y ecosistema mediante el uso de insectos.	-11 meses -encuestas semiestructuradas, entrevistas, diario de campo. -4 fases FASE 1: Indagación de las ideas previas: ideas previas sobre los conceptos de célula, ecosistema e insectos y las representaciones mentales que poseen en la interrelación de los dos primeros conceptos por medio de los insectos. -Se aplicaron 4 cuestionarios y 1 entrevista. FASE 2: Introducción de nuevos conocimientos: Los insectos fueron el instrumento integrador de las diferentes temáticas para construir conocimientos más	Fase 1: Todos presentaron el principio de lo finito, del constructivismo, del innatismo y de la identidad estructural, fue analizado el principio de economía. Algunas respuestas siguieron el principio de predicabilidad, así como el principio del número finito. Fase 2: Introducción de nuevos conocimientos: Se desarrolló explicaciones magistrales, guiadas y demostrativas, con insectos naturalizados, posibilitando la comparación entre sí, diferentes estructuras anatómicas y sus posibles funciones para lograr sobrevivir en un ecosistema determinado. De igual forma, se trabajó un software "Los Artrópodos del Planeta Tierra" sobre insectos y un video de ecosistemas. Fase 3 o prueba síntesis: Teniendo	los insectos permiten desarrollar actividades llamativas y divertidas, facilitando la interrelación entre temáticas, el diálogo entre diferentes disciplinas del saber y facilita un conocimiento significativo. Como material potencialmente significativo, los insectos permitieron activar el interés y la motivación de los estudiantes, se garantizó de acuerdo a los resultados, el aprendizaje de dicha relación Existe un progreso conceptual en los estudiantes sobre célula, ecosistema e insectos desde su interrelación; progreso que se	Cognitivismo Constructivismo	Representar (expresar) N2 Explicar N2-N5 Comprender N2 Construir N3-N6 Integrar (Unir) N3 Conocer N1 Relacionar N2 Resolver N3 Aplicar N3 1-6

			cercanos a la realidad, permitiendo contextualizar los saberes permitiendo comprender el comportamiento y la dinámica de los diferentes organismos en la naturaleza. FASE 3 Prueba de síntesis: se realizó un cuestionario, cuyo objetivo es obtener información sobre el uso de los conceptos y su interrelación, partiendo ya no sólo de ideas previas sino también, del conocimiento adquirido en la fase anterior, con el fin de identificar el progreso de las representaciones mentales que los estudiantes han ido elaborando. FASE 4: Aplicación de los nuevos conceptos: en una práctica de laboratorio con un	presente la premisa que cada estudiante puede presentar varios modelos en una misma explicación, se obtuvo lo siguiente: la totalidad de los 14 estudiantes presentaron modelos finitos, constructivistas, innatos y de identidad estructural. Cuatro estudiantes, presentaron modelos económicos. Fase 4: Aplicación de conocimientos. Se presentan las siguientes categorías: -Relación insecto-célula -Relación Insecto-ecosistema -relación célula-ecosistema -otras relaciones: célula-órgano, célula-tejido, interespecíficas (mutualismo y depredación) Los estudiantes presentaron dificultad en diferenciar los conceptos de ecosistema y hábitat, explicitan modelos innatos, económicos, finitos y de identidad estructural, hay dificultad en elaborar un concepto propio.	hace evidente a partir de los argumentos que se acercan a lo establecido por la enseñanza de las ciencias		

			coleóptero y un ortóptero, el cual tenía como objetivo evidenciar la aplicación de los conceptos, analizar las representaciones mentales y el progreso evidenciado a lo largo de la investigación				
La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. Laura Carrillo, Cristina Morales, Vania Pezoa y Johanna Camacho	2011	Aportar ideas para sustentar la incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza de la Biología	Análisis exploratorio del currículum de ciencias chileno para analizar qué contenido de historia de la célula se estudia, desde 6° básico a 4° Medio.	Analizar desde la historia de la ciencia la evolución conceptual de las teorías Biológicas. • Identificar las dimensiones, errores y dificultades de comprensión de las teorías biológicas en distintas épocas y contextos socio-culturales. • Conocer las características básicas de la metodología de investigación científica como estudio metódico, crítico y reflexivo. • Desarrollar una actitud positiva ante la ciencia y a la vez crítica frente a los principios éticos que sustenta su quehacer científico.	evidencia que los libros de texto, sólo enseñan conceptos sobre la estructura y función de la célula, relacionados principalmente con aportes del Siglo XIX y que poco se promueven conceptos para la comprensión de la célula como unidad hereditaria de origen, estructuras y funciones de los organelos celulares, cuyas propuestas se consolidaron durante el S.XX.	Constructivismo Cognitivismo.	Construir N3-N6 Identificar N1 Relacionar N2 Modelar N6 Investigar N4 Concluir (Inferir, Deducir) N2-N5 Reflexionar (Pensar) N6 1-6

				-Se evidencia que la célula se considera desde la estructura y funcionamiento de todo el mundo vivo. -aspectos de la célula que fueron abordados por Hooke en 1665, Schleiden y Schwann en 1839, Virchow en 1858 y otros, que sí bien permitieron comprender la célula como unidad vital de los seres vivos, no permiten comprender cómo es su estructura general, función general, funciones específicas de los organelos y la relación entre el medio interno-externo. Aspectos que son más complejos para los estudiantes. -En 8° y 1° Medio se incorporan antecedentes históricos. -los aspectos que se incorporan se centran principalmente en la definición de algunos conceptos del siglo XIX, pero no se relacionan para comprender cómo se construyó y consensuó la teoría celular sino como definiciones de la célula. -La historia del concepto y la construcción del			

				modelo teórico de la célula es fundamental para comprender los procesos que ocurren en ella. -Arzola et al (2011), se propone una unidad didáctica bajo el Modelo Cognitivo de Ciencia promoviendo en el estudiantado construir su conocimiento a partir de sus ideas previas, formulación de hipótesis, identificación de distintos puntos de vista y resolución de problemas. -se considera finalmente que una comprensión completa de la biología escolar requiere el estudio de la historia y epistemología de las ciencias. -el conocimiento científico es una creación humana y cómo tal está sujeta al contexto social, histórico y cultural en el que se encuentra inmerso el científico			
Unidad didáctica sobre la estructura de la célula eucarionte animal, desde el modelo cognitivo de ciencia	2012	Proponer un diseño de unidad didáctica fundamentada desde el Modelo Cognitivo de Ciencia propuesto	-Diseño de unidad didáctica para Octavo Básico. ETAPA 1: Exploración.	ETAPA 1: A medida que se incorpora información, el disfraz evoluciona desde lo más históricamente básico hasta uno más elaborado.	se identificó que existe dificultad en comprender la relación entre medio interno-externo de la célula	Constructivismo y Cognitivismismo	Modelar N6 Construir N3-N6 Elaborar N6 Explicar N2 Conocer N1 Relacionar N2

Natalia Jara, Nicole Rubio y Johanna Camacho	por Giere (1992) y estructurada con base en el Ciclo Constructivista de Aprendizaje de Sanmartí (2000), para la enseñanza y aprendizaje de la estructura de la célula eucarionte animal. contribuir al desarrollo de la competencia científica de explicar fenómenos o hechos y promover la metacognición.	Contribuir al desarrollo de la competencia científica de explicar fenómenos o hechos y promover la metacognición. ETAPA 2: Introducción de los contenidos. Conocer la estructura general de la célula eucarionte animal e identificar sus estructuras principales, utilizando dos tipos de modelos (imágenes y maqueta) y la observación a través del microscopio. Actividad de laboratorio: 5 mesones, En el 1, 5 imágenes de células, 2: imágenes de célula eucarionte animal (imágenes de libro, dibujos, microfotografías), se propone utilizar imágenes para pegarlas en una cartulina y construir	ETAPA 3: Aplicación, surgen nuevos modelos celulares explicativos con uso de un lenguaje especializado, identificando estructura y función.	especialmente, por lo que podemos decir que los modelos estudiantiles tienen algunas relaciones de similitud en determinados aspectos de la Teoría Celular, particularmente en función de la célula como unidad estructural y funcional, no hay evidencias que permitan comprender la célula como unidad de origen. es posible contribuir a la enseñanza y aprendizaje de la Biología a través de diseños didácticos innovadores que promuevan el la explicación científica en las/los estudiantes durante su proceso de aprendizaje científico escolar. La secuencia didáctica propuesta, permitió evidenciar cambios en los	Aplicar N3 Transferir N6 1-6

		individualmente el concepto de célula eucarionte animal en relación a su estructura. En el mesón 3, deberán crear muestras de células y observarlas en el microscopio, a través de esta fase el estudiantado, deberá realizar un dibujo de la célula con base en lo observado. ETAPA 3 Sistematización los estudiantes expliciten de forma libre los conocimientos adquiridos, mencionando los cambios en sus puntos de vista y conclusiones, tomando en consideración las características del modelo reelaborado. ETAPA 4: se propone que las y los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos a un contexto nuevo.		modelos explicativos, además de promover el desarrollo de la competencia científica de explicar hechos o fenómenos, ya que, en todas las actividades los estudiantes debían construir explicaciones a través del lenguaje oral y escrito.		

			Aplicar los conocimientos construidos sobre la estructura Celular Eucariota Animal a través de una situación problemática escolar. Actividad: las células se pueden dañar. Se presenta la siguiente situación problema: "Imagina que eres una doctora o doctor que trabaja en urgencias médicas. Una noche llega a tu consulta una mujer desesperada porque cree que sufrió una picadura de araña. Los síntomas de la mujer eran ardor y una gran mancha rojiza en su mano derecha. ¿Qué diagnóstico le darías, sobre las células afectadas por el veneno de la araña?"				
Aprendizaje basado en problemas en	2013	Diseñar actividades grupales	-59 alumnos 1° año de Biología.	La media de calificaciones obtenidas por el alumnado fue de 7,5/10.	Los resultados de demuestran la eficacia	Constructivismo	Investigar N4 Analizar N4

Biología Celular: una forma de explorar la ciencia. Magdalena García Irles, Yolanda Segovia Huertas y José Miguel Sempere Ortells		sustentadas en el aprendizaje basado en problemas para desarrollar el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo y mejorar la comunicación tanto oral como escrita de los alumnos de Biología Celular,	-actividad en grupo para el aprendizaje de la función e importancia de las membranas celulares a través de su implicación en diferentes enfermedades humanas. -Se dedicaron tres sesiones de una hora para la puesta en común de los conceptos generales referentes a la estructura, composición y función de la membrana celular. -continuación, una hora de clase se dedicó a exponer, con un ejemplo, cómo se debía proceder a la comunicación oral de un trabajo de investigación. Asimismo, les explicamos la forma de evaluar la fiabilidad las fuentes bibliográficas y solucionamos las posibles dudas que cada grupo tuviera	-competencias adquiridas por los estudiantes: Buscar, analizar y sintetizar la información sobre un tema propuesto. • Aplicar sus conocimientos sobre la estructura, composición y función de las membranas celulares para explicar una determinada disfunción celular como consecuencia de mecanismos moleculares defectuosos. • Integrar los conocimientos de una estructura celular, con la función de la célula y su relevancia en el organismo. • Trabajar en equipo, lo que supone debatir, dialogar, tolerar y, no menos importante, respeto por los demás y responsabilidad en el trabajo. • Comunicar los resultados de su trabajo. -relacionar la biología celular con la patología ha despertado el interés del alumnado por la asignatura y comprenden su relación con otras disciplinas del plan de estudios, como la Bioquímica,	formativa de esta metodología basada en el aprendizaje colaborativo. Pone el énfasis en la responsabilidad individual y grupal en el aprendizaje y prepara a los estudiantes para su futuro académico y profesional. Hay limitaciones tales como: 1) conseguir que el alumno aprenda por sí mismo sin que la carga de trabajo aumente hasta límites inasumibles. Ello implica que se deben escoger con mucho cuidado las actividades formativas que se proponen; 2) el desarrollo de herramientas de evaluación eficaces y objetivas. Al estar acostumbrados a la metodología tradicional, el alumnado es reacio a participar en	Sintetizar (Simplificar) N4 Aplicar N3 Comprender N2 Explicar N2 Integrar N5 Debatir N5 Comunicar N6 Elaborar N6 2-6

		en relación a la documentación del trabajo. -los alumnos se dividieron en grupos de tres personas. Cada grupo debía realizar una búsqueda sobre las posibles patologías descritas, seleccionar una de ellas y buscar información reciente sobre los mecanismos moleculares implicados. Como libro de texto básico se aconsejó Biología Molecular de la Célula (Alberts et al, 2002) y se propusieron algunas revistas de revisión útiles para el trabajo. -escogida la patología, informarla al profesor y acordar tutorías para aclarar dudas y mostrar avances. -se presenta rúbrica de evaluación	Fisiología, Genética, Inmunología, entre otras. EVALUACIÓN DEL PROCESO POR LOS ALUMNOS: -la actuación del profesor es bien valorada tanto en su preparación, organización del trabajo y atención al alumno, el aprendizaje a través de metodologías activas, aunque es bien valorado, recibe la misma calificación que las metodologías tradicionales, y el alumnado no cree que mejore su aprendizaje con la utilización de estas técnicas. uno de los motivos de su escasa valoración respecto a la enseñanza tradicional podría deberse a que ésta ha sido utilizada a lo largo de toda su vida y les hace sentir más seguros. -La valoración de los espacios y recursos materiales disponibles en la universidad para facilitar la utilización de tales técnicas, la mayoría opina que no son adecuados, debido al elevado número de	tareas que requieren mas tiempo y modalidades diferentes de trabajo. La falta de habilidad en estas tareas le hace sentir inseguro y desconfiar de prácticas a las que no está habituado. el alumnado confía en los conocimientos transmitidos por el profesor y desconfía de su capacidad y la de sus compañeros en la adquisición del conocimiento. Además, invierte menos tiempo en la memorización de contenidos estructurados y organizados por el profesor. El alumnado considera que aprende en función de la cantidad de apuntes tomados en clase, temas y capítulos	

			-cada grupo presenta su trabajo de forma oral, apoyándose en un power point y entrega de informe escrito. -presentación evaluada con rúbrica e informe con: En el informe escrito se valoró también la adecuación, coherencia y cohesión del discurso; b) valoración de la experiencia por parte de los alumnos, para lo que realizamos un cuestionario (presentado en el siguiente apartado) en el que se comparaba esta experiencia con el aprendizaje siguiendo la metodología tradicional; c) valoración de la experiencia por parte del profesor, tanto desde la perspectiva del aprendizaje del	alumnos, al escaso tiempo disponible para la implementación de dichas metodologías, así como por su falta de adecuación de las aulas para el trabajo en equipo. -si bien los estudiantes no creen mejorar sustantivamente en comparación con la enseñanza tradicional, reconocen mejoras en la expresión escrita y oral. -Respecto al trabajo en equipo, consideran que el trabajo de sus pares es insuficiente y puede perjudicar sus calificaciones. VALORACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR -experiencia con el fin de acercar la biología celular a los estudiantes, a través de su implicación en la patología, y hemos pretendido que entendieran la adquisición del conocimiento como un hecho social que se adquiere a través de un método de trabajo de investigación. -Uno de los requisitos para que el alumno aprenda	de libro que deben leer. Finalmente, el hecho de que los estudiantes más aventajados deban trabajar con otros compañeros menos responsables o la necesidad de adaptar su forma de trabajar a la del grupo, puede crear disconformidad con esta forma de aprender.		

			alumnado como del trabajo realizado por el profesor. significativamente es su actitud favorable hacia el aprendizaje, definiendo claramente unos objetivos a conseguir, adecuados a su nivel de conocimientos previos y exponiendo la utilidad y aplicabilidad de dichos contenidos. Promover aprendizajes significativos en el aula requiere mayor dedicación para la planificación de actividades, formación en nuevas metodologías didácticas, tiempo de dedicación al alumno, un análisis continuo del proceso para revisar los puntos débiles, resolver los posibles conflictos que puedan tener lugar, búsqueda de prácticas alternativas, etc. Sin embargo, el hecho de que su aplicación sea eficaz, no sólo en la adquisición del conocimiento sino en la de actitudes y valores, es motivo suficiente para seguir aplicándolas en la práctica docente				
¿Leer, escribir y... YouTube?! Una secuencia didáctica sobre Síntesis	2013	Analizar el desarrollo de una secuencia de basada en	-Realizada por docentes e investigadores de 2	-En la interpretación de las imágenes de la primera y segunda animación, surgen	La secuencia desarrollada propuso a los estudiantes	Constructivismo	Observar N1-N2-N4 Redactar (Expresar) N2

de Proteínas Carolina Roni, Lionel Alfie y Elizabet Borches		situaciones de lectura, escritura e interpretaciones de imágenes e YouTube.	últimos años de secundaria. -para el análisis: diarios de campo, entrevistas, observaciones de clases y producciones de estudiantes. -2 cursos. Curso de docente D1 con 40 alumnos entre 16-17 años y D2 entre 16-20 años, 20 estudiantes. -Contenido: Síntesis de proteínas. - enseñanza 3, 4 y 6. SECUENCIA DIDÁTICA SP analizadas: Semana 3: Focalización en el concepto de Transcripción proyección y análisis de dos animaciones y la escritura de epígrafes explicativos de las imágenes congeladas del segundo de ellos, con ayuda de la lectura del Dossier.	intercambios entre docentes y estudiantes. -ante la lectura de los textos, los alumnos lograron evocar algo de lo visto y conversado previamente en ocasión del análisis de las animaciones. Las imágenes y su interpretación se convierten en esquemas previos de explicación de la compleja información que los textos exponen. -Se pudo observar cómo los alumnos utilizaron los conocimientos adquiridos en contextos particulares del aula y lograron trasladarlos a otros contextos sociales, en este caso virtual, resignificándolos. ciertas condiciones de enseñanza relativas a la intervención docente, como repetir y detener las proyecciones, devolver preguntas y/o comentarios, negociar significados, orientar la escritura y su revisión mediante el uso de los textos de lectura, facilitaron en los alumnos	comprender y apropiarse del discurso disciplinar al utilizar el lenguaje en las clases, integrar los conceptos y construir significado mediante sus propias palabras y la de los textos. -La lectura en la clase de D2 logró tener sentido, en el que se evidencia un propósito genuino y que se hizo de forma recurrente. -D2 invita a sus estudiantes a validar sus interpretaciones con ayuda de los textos, no erigiéndose como una fuente de conocimiento. -la lectura es una práctica ineludible para enseñar y aprender biología, aún más si queremos que nuestros alumnos puedan recurrir a ella fuera de los contextos del aula, cuando el	Preguntar N2 Resolver N3 Interpretar N2-N3 Analizar N4 Identificar N1 Transferir N3 Transformar N6 Construir N3-N6 Comprender N2 Integrar (Unir) N3 1-6

			Semana 4: Focalización en el concepto de Traducción proyección y análisis de dos animaciones y la escritura de epígrafes explicativos de las imágenes congeladas del segundo de ellos, con ayuda de la lectura del Dossier. --Abordaje de contenidos nuevos: Traducción y transcripción, semana 3 y 4. Se profundiza lo visto de forma general en las semanas anteriores. proyección de la animación en 3D "Viaje al interior de las células" de YouTube. con el propósito de contestar preguntas generales que formularon en las semanas previas, poner en común la	el aprendizaje de los contenidos.	docente está ausente, con autonomía.		

			elaboración de sus respuestas e identificar nuevas preguntas a responder. Luego, se les presentó una animación en 2D muda del sitio Biological Animations – “Transcription” o “Translation” –, tras la que se efectuó un intercambio entre los alumnos y con el docente para permitir que circularan sus diversas interpretaciones. Esta animación fue acompañada con una copia en papel de algunas de sus imágenes seleccionadas, las que debían escribir, en parejas, explicación e interpretación de ella. Semana 6: Uso en contexto social del conocimiento aprendido Debates en la opinión pública en torno a:				

			- Entrar en diálogo con los comentarios subidos por otros estudiantes a YouTube en el audiovisual visto durante las clases, a través de la escritura de posibles "posteos". - Análisis de una portada del mes en curso de una revista de circulación sobre la posibilidad de los genes de influir en el comportamiento de las personas y escritura de cartas de lectores de respuesta Se vuelve a mostrar a los alumnos la versión online de "Viaje al interior de las células", para que pudieran ver los comentarios posteados por otros usuarios de YouTube respecto de este video. Al detenerse con los docentes				

			en dichos comentarios, los estudiantes identificaron errores conceptuales o bien debates sobre el uso que se puede hacer de la interpretación del fenómeno SP. Semana 7: Evaluación de los aprendizajes y cierre. Evaluación escrita e individual.				
Estudio sobre la transferencia de significados en actividad investigativa Andréia de Freitas Zompero, Carlos Eduardo de Souza Gonçalves, Helenara R. Sampaio	2013	Identificar los significados producidos durante una actividad investigativa y conocer la transferencia de esos significados para nuevas situaciones de enseñanza presentadas al estudiante, lo que caracteriza un aprendizaje significativo	-32 alumnos de 8° año de enseñanza fundamental, grupos de 4 estudiantes -Tema: tejidos. -abordaje del National Research Council (2000), en que se considera el compromiso de los estudiantes, la presentación de un problema ("Las formas de las células se adaptan a sus funciones. ¿Por qué las células de la piel y de sangre tienen esta forma y disposición?) priorización de	13 de 17 estudiantes lograron realizar la transferencia positiva, ya que elaboraron a partir de la actividad de enseñanza, significados claros, estables, organizados y transferibles.	-Las Actividades Investigativas pueden favorecer ampliamente el trabajo de educadores y el aprendizaje significativo de sus alumnos, ya sea en el beneficio inmediato de estructuras cognitivas previas o posibilitando aproximaciones diagnósticas de las estructuras de aquellos que no se benefician directamente, culminando en planteamientos de		Investigar N4 Transferir N3 Observar N1-N2-N4 Comprender N2 Analizar N4 Resolver N3 Argumentar N5 Reflexionar (Razonar) N4 Construir N3-N6 Concluir (Deducir) N5 Relacionar N2 Hipotetizar N6 Diseñar N6 Comunicar (expresar) N2 Justificar N5 Articular (Unir) N3

			evidencias, conexión de las evidencias al conocimiento científico, comunicación de los resultados. -1 semana de actividad investigativa (problema 1) y a la siguiente, clase expositiva y estudiantes son sometidos a una nueva situación problema ("El estómago tiene una membrana gástrica que cubre el interior. Dibuja las células de cómo debería verse el tejido que forma esta célula. membrana. Abajo, haz su explicación",) -Se analizaron los resultados de 17 estudiantes que desarrollaron completamente la actividad.		enseñanza más adecuados.		1-6
O estudo da célula através de situações-problema relacionados a enzima: uma	2013	Analizar el aprendizaje en el campo conceptual de la Célula, a partir de la resolución de problemas	-2 cursos, 25 estudiantes aprox, por 3 meses. -aprendizaje de enzima mediante la metodología de los campos	Situación problema 1: Explicar cómo las células obtienen energía para sobrevivir: identificar el conocimiento de los estudiantes en relación con las	Las concepciones previas de los estudiantes tuvieron un rol importante en la elaboración de	Cognitivismo	Conceptualizar (Abstraer, aislar) N4 Resolver N3 Explicar N2 Analizar N4

propuesta para aprendizagem significativa no referencial dos campos conceituais com alunos do ensino médio Karen Cavalcanti Tauceda, José Cláudio Del Pino, Vkladimir Magdaleno Nunes		relacionadas con el concepto de enzima.	conceptuales, versus metodología tradicional. -el contenido desarrollado fue intercalado con situaciones problema. - individual sin consulta de material de apoyo en T1 y T2. -La respuesta se consideró científicamente adecuada cuando las invariantes no se contradecían entre sí (la mayoría), eran coherentes con el contenido didáctico y si la respuesta correspondía a la situación problema. Muchas veces el alumno respondía coherentemente con los conceptos trabajados en clase, pero la respuesta no estaba relacionado con la pregunta.	interacciones coacervadas (celda primitivo) con el medio ambiente. Conocimiento de la estructura molecular de sustancias, formación de moléculas orgánicas y su potencial para proporcionar energía a las células. En T1, El 64% proporcionó respuestas científicamente adecuadas y el 36% dio respuestas científicamente inadecuadas. Se identificaron el 57 % de las respuestas científicamente inadecuadas y 43% científicamente adecuado en la clase de enseñanza tradicional (T2). El invariante mas frecuente fue “romper moléculas orgánicas para liberar la energía” y el menos frecuente “romper moléculas orgánicas para liberar enzimas”. Se detectó la necesidad de debatir acerca de la estructura molecular y contextualizar sobre las características e la tierra primitiva. Situación problema 2: identificar el conocimiento	situaciones problemáticas. La invariante operativa “la ruptura de las moléculas orgánicas libera energía” que se relaciona con el concepto de enzimas presenta continuidad con el conocimiento de la estructura molecular de la materia. Hay una continuidad de esta concepción con la idea de las moléculas orgánicas, siendo fuente de energía para el Coacervado. Se percibe como dificultades para el aprendizaje de estos conceptos, la identificación de estos invariantes en la resolución de las situaciones propuestas. La introducción del concepto de enzima en la situación problema,	Comprender N2 Relacionar N2 Aplicar N3 2-4

				sobre las reacciones bioquímicas en la célula, colisión y ruptura de la estructura de moléculas orgánicas con liberación de energía a las células a través de la acción de las enzimas (cuya función es acelerar las reacciones bioquímicas en la célula). En T1, 30% de las respuestas fueron inadecuadas científicamente y 70% adecuadas. En T2, 67% inadecuadas y 27% adecuadas. El invariante mas frecuente fue "el quiebre de moléculas orgánicas libera energía para las células. El invariante menos frecuente: "ruptura de enzimas para la obtención de energía para la célula". Se requiere mas situaciones para que el estudiante comprenda que las enzimas no se quiebran para liberar energía, sino que quiebran moléculas orgánicas para liberar energía.	posibilita la conceptualización de célula.		
Construcción de conceptos en biología mediante la realidad virtual	2017	Desarrollar una metodología alternativa para la enseñanza y	-40 estudiantes 7° grado. - 2 fases: en la primera	-Resultados obtenidos principalmente de las encuestas y de la segunda fase.	-El uso de la realidad virtual, para la construcción del	Constructivismo Sistémico (Bertalanffy)	Explicar N2 Resolver N3 Construir N3-N6

(vr), una propuesta alternativa Jesús David Perilla Nieves		construcción de conceptos de Biología a partir de la implementación de Realidad Virtual (VR) como mediadora didáctica.	observación participativa, grupo focal, diario de campo. Contextualización y elaboración de encuesta: <i>¿Te interesa la realidad virtual?, ¿Qué es la VR?, ¿Te gustaría entrar en un mundo virtual?, ¿Crees que la realidad virtual puede ser aplicada en algún espacio académico? ¿Cuáles? ¿Por qué?, ¿Crees que la realidad virtual puede favorecer tus procesos de aprendizaje? y ¿Por qué?</i> -2° fase: implementación de la actividad y recolección de datos obtenidos. -3° fase: Reflexión, análisis de forma colectiva	-97% de los estudiantes manifiestan interés en la VR. -15% señala que la RV es un mundo generado por computadoras como Matrix 30% que es un sistema de PC que crea un mundo artificial. 50% que es un sistema que pretende simular las percepciones de modo que parezcan reales. 5% señala que es un camino que tienen los humanos para relacionarse con las computadoras y con información compleja. -2% señala que no entrarían a la VR. 13% dependiendo de cómo fuera y 85% si. -100% declara que sí es aplicable al mundo académico. -92% señala que la VR si ayuda al aprendizaje, 5% no y el 3% parcialmente.	concepto ecosistema, les permitió a los estudiantes -comprender las dinámicas propias de las interacciones biológicas que ocurren en los ecosistemas. -entender la vida y los ecosistemas implica integrar los diferentes sistemas que la conforman. -Construir conceptos en biología mediante el uso de la realidad virtual como una alternativa didáctica, puede llegar a potencializar la interiorización de conceptos biológicos por parte de los estudiantes, sin embargo para desarrollar propuestas como estas hay que desarrollar una actitud flexible respecto al ritmo de trabajo de cada estudiante, para poder desarrollar en su toda la		Reflexionar (Pensar) N6 Analizar N4 Comprender N2 Integrar (Unir) N3 2-6

					propuesta con todos y cada uno. -La realización de esta propuesta permitió conocer las posturas y dinámicas propias de los estudiantes, de los profesores, y de las directivas del colegio, las cuales tienden a ser tradicionalistas. -una de las cuestiones que hace que los estudiantes no aprendan o creen una barrera respecto a lo que se les enseña es a causa de que la mayoría de las temáticas abordadas nunca son contextualizadas, ni confrontadas respecto a las distintas realidades y contextos singulares de cada estudiante, pues estas solo son abordadas según el contexto, si algún estudiante hace alguna pregunta respecto a su experiencia.		

Animar la división celular (mitosis): una propuesta didáctica con la técnica de slowmation Maricel Occelli, Leticia Garcia-Romano, Nora Valeiras, Pedro A. Willging	2017	Evaluar cómo un diseño didáctico generado para el abordaje de la división celular a través de su representación con animaciones, promueve la construcción de significados en el aula de escuela secundaria	-71 estudiantes 13-14 años, 2° año de secundaria -grabación de diálogos durante la animación, fotografías y aplicación de encuestas. -Fases de la representación: R1: observación vídeo de división celular. ¿cuántos cromosomas tiene la célula inicial?, ¿cuántos deberán tener las células hijas?, ¿cómo se vería el ADN antes del comienzo de la división celular?, ¿cómo se verían los cromosomas luego?, ¿cuántas fases o momentos representarán?, ¿qué movimiento será necesario que se perciba en cada caso? Una vez discutidas esas preguntas, los estudiantes trabajaron en la construcción del guión o secuencia de	-Definición de mitosis 18% mitosis, 43% separación, 10% clonación, 11% otros a partir de la animación de la división celular, el 40 % de los estudiantes al definir mitosis logran especificar justamente que es una separación de cromosomas cuya finalidad es la producción de células idénticas y no una división reduccional del material genético. los momentos de aprendizaje más valorados por los estudiantes fueron durante la creación de las escenas (57%), es decir al jugar con plastilinas armando las distintas fases, durante la observación del video al inicio de la clase (40%) y al observar los videos contruidos por ellos mismos (39%), los cuales presentan a la mitosis como un proceso dinámico y complejo, en menor proporción indicaron la construcción del guion, la edición del video y la resolución del cuestionario final.	- En función de los resultados obtenidos a partir de su implementación con tres grupos de estudiantes de escuela secundaria, se puede concluir que representar la mitosis mediante un video realizado por el propio estudiante podría contribuir a la construcción de significados y la modificación de aquellas ideas que asocian al proceso de división celular con la pérdida del número de cromosomas en las células hijas. -Generar espacios para la explicación de conceptos por parte del docente, la reflexión conceptual entre los estudiantes y, la emergencia de posibles confusiones que requieren de la	Complejidad Sistémico	Conceptuar (abstraer, aislar) N4 Construir N3-N6 Modelizar N6 Comprender N2 Explicar N2 Observar N2-N4 Interpretar N2 Pensar N6 Crear N6 Diseñar N6 Planificar N3-N6 Elaborar N6 Representar (Esquematizar) N4 Describir N1 1-6

			movimientos completando una tabla con tres columnas: 1) Número de la escena; 2) Descripción de la escena y 3) Observaciones. R2: escritura de un guión para la planificación del diseño de la animación. se indicó a los estudiantes la importancia de fotografiar interfases de cada movimiento para que se observen de manera fluida. A su vez, a fin de lograr una continuidad entre las escenas, se sugirió mantener constante el mismo escenario y las proporciones de los elementos representados. R3: construcción de modelos 3D. R4: creación de la animación R5: observación de los vídeos desarrollados por los compañeros.	tres tipos de situaciones de enseñanza y aprendizaje: explicación de conceptos por parte del docente, reflexión conceptual entre los estudiantes e identificación de posibles confusiones e intervención docente. La creación de animaciones permitió la construcción de significados, promovió la modificación de ideas. .	intervención docente		

			Célula de mosca: 2n=4.				
Representações não linguísticas e jogos cooperativos como estratégia de ensino e aprendizagem da biologia celular Gabriel Mathias Carneiro Leão, André Andrian Padial y Marco Antonio Ferreira Randi.	2018	Analizar la posible correlación entre el aprendizaje de temas de Biología Celular y el uso de diferentes estrategias pedagógicas, considerando que los estudiantes tienen diferentes características y habilidades.	-Actividad desarrollada en colegios públicos de 14 ciudades. -estudiantes de 14-16 años de 1° medio. -2 temas: composición y estructura de la membrana celular y transporte a través de la membrana. -Aulas expositivas: clases de forma tradicional donde el docente expone oralmente el contenido. -Representaciones no lingüísticas. -grupos de 4-5 personas. -aprendizaje cooperativo. -preguntas objetivas y discursivas, elaboración de mapas conceptuales	Desempeño en cuestionario: 5 preguntas de alternativas y 2 de respuesta abierta. los resultados obtenidos en las evaluaciones no se deben al marcaje aleatorio de alternativas durante la resolución de las preguntas. el desempeño tendió a ser uniforme a corto y mediano plazo tanto en preguntas como en mapas conceptuales. Preguntas de opción múltiple: A diferencia de los estudiantes que estuvieron en el aula cooperativa, los estudiantes de la clase tradicional tuvieron una consolidación de contenidos que se vio perjudicada por el papel pasivo en clases. Al construir modelo 3D, los estudiantes investigan además de la información aportada por el docente, planifican, diseñan y construyen. Los mapas conceptuales en ambos casos son	La clase expositiva no siempre es apropiada para la consolidación de los contenidos. Es importante identificar estrategias metodológicas efectivas con las que los docentes se sientan cómodos enseñando y los estudiantes puedan aprender en un ambiente agradable y distendido. Juegos cooperativos y representaciones no lingüísticas son estrategias eficientes para la enseñanza de la biología celular.		Organizar N4 Investigar N4 Diseñar N6 Planear N6 Construir N3-N6 Resolver N3 Comprender N2 2-6

				similares, pero los del grupo de RPG fueron mejores. La consolidación del aprendizaje fue mas efectiva en el grupo RPG.			
Estudio de la puesta en aula de una propuesta didáctica que incluye simulaciones para la elaboración de explicaciones sobre síntesis proteica en Educación Secundaria Franco David Paroli	2020	Diseñar una propuesta didáctica que incluye una simulación de síntesis proteica y estudiar su puesta en aula con estudiantes de Educación Secundaria.	-Estudio de caso. - Observación registro y grabación de clases. -Entrevistas a docentes y análisis de los escritos de los estudiantes. Fases: F1: elaboración del marco teórico. F2: Recolección de datos F3: análisis de datos.			Constructivismo	
Artes Visuales en la Enseñanza de la Citología: Diversidad Celular en el Cuerpo Humano. Ana Paula Cavalari Faller, Bernardo de Lima, Ângelo Antônio Gonçalves de Quadros, Nycolle Louise Klein Ottoni Guedes, Célia Cristina Leme Beu,	2020	Utilizar las artes visuales en el desarrollo de modelos bidimensionales de células eucariotas, utilizando información microscópica. en (estructura y ultraestructura), obtenidos a partir de	Selección de imágenes de células con morfología y funciones diversas: germinativas, secretoras, de revestimiento, contráctiles, de reserva energética, etc.	Células son pequeñas unidades microscópicas que realizan todos los procesos vitales. El desarrollo de las artes visuales con los modelos didácticos presenta de forma simplificada los distintos tipos celulares. La organización visual de los modelos celulares en dos dimensiones facilita su reproducción, en términos de materiales,	La complejidad en la enseñanza de la biología celular se debe a que las células son unidades fenómenos microscópicos y biológicos que ocurren a nivel celular, en gran parte no son perceptibles ni manipulados por los estudiantes.	Constructivismo	Observar N2-N4 Crear N6 Analizar N4 Relacionar N2 2-6

Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro y Rose Meire Costa		investigaciones teóricas en el área. Presentar la diversidad morfológica y funcional de células en el cuerpo humano.		técnica y costos necesarios, para cumplir con los realidad de las escuelas brasileñas. La calidad del modelo producido debe analizarse en relación con su importancia. didáctica, como un recurso que puede ser utilizado en la construcción de un conocimiento significativo. La propuesta de este estudio se diferencia de los demás en presentar una visión amplificado, integrado a partir de las células de un animal eucariota, el Ser Humano, revelando su diversidad estructural y funcional, con información sobre su posicionamiento anatómico y cuya actividad metabólica es responsable de la propia funcionalidad del órgano a la que célula se encuentra.	En el aprendizaje, se captura nueva información del entorno a través de sentidos que, a través de intrincados procesos neurobiológicos, se almacenan en la memoria y se convierte en conocimiento. Siempre que sea necesario, esta información puede recuperarse, capacitando al individuo para guiar sus acciones mentales y conductual. El docente organiza su práctica pedagógica con el fin de estimular circuitos trastornos neurológicos, actuando como agentes capaces de promover cambios cerebros que conducen al aprendizaje de los estudiantes En este sentido,		

					métodos adecuados, como las artes visuales con el uso de modelos didácticos, permiten que la realidad se presenta de forma esquematizada y su manipulación activa sensorial, estimulando los circuitos neurológicos destinados al aprendizaje. Fundamental en este proceso es que la información tenga sentido para el estudiante, motivándolo a aprender y, a partir de este principio, los modelos celulares fueron desarrollado en base a lo que es familiar, real, tu cuerpo. Finalmente, se destaca que, si bien se han desarrollado modelos didácticos de células eucariotas de <i>H. sapiens</i> desarrollado para educación básica,		

					secundaria, el recurso puede ser utilizado en la enseñanza fundamental, así como en la superior, porque el contenido de biología celular se presenta en la los planes de estudio de los diferentes niveles educativos y la profundización teórica estarán a cargo de los propuesta pedagógica del maestro.		
O uso do stop motion no ensino de bioquímica para o nível médio Ana Jackeline de França Santos, Emerson Peter Falcão y Kênio Erithon Cavalcante Lima.	2021	Analiza la producción y aplicación de videos de animación utilizando la técnica Stop Motion en una Secuencia Didáctica con el objetivo de operacionalizar el conocimiento sobre la respiración celular aeróbica, que permitió construir conocimiento científico en la perspectiva del	-Tercer año de enseñanza media. -conocimientos previos de bioquímica. - observaciones durante la construcción y presentación de modelos biológicos aptos para animaciones, encuesta pre y post intervención con preguntas discursivas, interacciones entre los participantes para el análisis de lo construido, que estructuró		el uso de Stop Motion brindó a los estudiantes la oportunidad de reestructurar constantemente sus concepciones y conceptos sobre el tema, en el curso que surgieron dudas y alcanzaron nuevos entendimientos, culminando en la socialización de animaciones listas para nuevos aprendizajes y reorganización de sus representaciones		Investigar N4 Crear N6 Representar (Esquematizar) N4 Comprender N2 Reorganizar N4 2-6

		Aprendizaje Significativo conocimientos importantes y atributos necesarios en el desarrollo, aplicación y evaluación en torno a nuestro principal producto. -Estudiantes investigan en textos sobre respiración celular anaeróbica y elaboraron ensayos, resúmenes. - En la clase presencial, el docente retomó el tema de la respiración celular aeróbica a través de los apuntes que realizó, utilizando imágenes de carteles para reorganizar los conceptos y representaciones referentes a las etapas de la glucólisis, el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa. -aplicación de cuestionario para levantar información. -construcción de estructuras		mentales en el tema de la respiración célula aeróbica.		

			celulares implicadas en la respiración celular aeróbica con materiales reciclables. -toma de fotografías secuenciales y uso de Movie Maker para editar. -presentación e las animaciones. -aplicación de 2° cuestionario.				
La realidad aumentada y lo lúdico en la enseñanza de la estructura Celular Jair Pontes y Ruth Janice Guse Schadeck	2021	Presentar una experiencia en aula acerca del uso de aplicaciones para smartphone de realidad aumentada para el aprendizaje de estructuras celulares	-Estudiantes de 16-17 años -Uso de Quiver App. -Indagaciones acerca de las concepciones de los estudiantes. -Se les envía de tarea investigar acerca de la estructura celular de células procariontes y eucariontes. -En la primera clase, se discutieron los contenidos abordados y se aclararon las dudas que surgieron de dicha discusión. En la siguiente clase, las y los estudiantes	Las observaciones del profesor, sumadas a la evaluación de la actividad realizada por estudiantes, hicieron posible inferir que la imagen de célula en RA producida por la aplicación facilitó la comprensión tridimensional de la célula. la transformación de la propia acción del profesor involucrado, ya que promovió la toma de conciencia de que la incorporación de nuevas metodologías y tecnologías, empleadas con todas las precauciones necesarias, pueden facilitar la comprensión de este tipo de contenidos.	Una representación en 3D facilita el aprendizaje de la célula. El desarrollo de las 3 clases permitió conocer las posibilidades y limitaciones del uso de la aplicación. También hay algunas descripciones efectos negativos, como dificultades en la usabilidad, perturbaciones en la atención de estudiantes, injerencia en la integración de los estudiantes. Por lo tanto, el maestro debe ser	Constructivismo	Observar N2-N4 Identificar N1-N3 Conocer N1 Investigar N4 Relacionar N2 Comprender N2 Argumentar N5 2-5

			recibieron dibujos de células animales y vegetales descargados del sitio web de la aplicación, identificaron estructuras a través de las leyendas y colorearon las imágenes. A continuación, se visualizaron las células en RA, en la aplicación previamente instalada en los Smartphones. La actividad se desarrolló en un clima de gran entusiasmo y motivación, entre otros aspectos porque el estudiantado. En la tercera clase, se abordaron las dudas que persistían y se procedió a la evaluación de las actividades.	La realidad aumentada es un facilitador de aprendizaje en materias que requieren una representación mental tridimensional. - En aspectos didácticos fueron considerados muy positivos según los siguientes indicadores: importancia de tópicos abordados, duración de clase y utilización de recursos.	siempre atentos a identificar posibles situaciones que no son beneficiosas y que interfieren negativamente en el transcurso de la actividad. Además, tenga cuidado con los estudiantes. que tienen dificultades visuales, neurológicas, de coordinación motora u otras que prevenir o dificultar el uso de teléfonos inteligentes y AR para evitar efectos adversos en salud y situaciones embarazosas. No debe considerarse el uso exclusivo de la aplicación, también son importantes los laboratorios en el aprendizaje de la célula. La falta de recursos en la educación pública plantea el desarrollo de diversas metodologías de enseñanza.		

Videojuegos educativos de la plataforma windows para la enseñanza de las ciencias: resultados iniciales sobre competencias digitales Henry Giovany Cabrera Castillo, Andrés Espinosa Ríos., Robinson Viafara Ortiz.	2021	Identificar las competencias digitales que se promueven a través de los videojuegos educativos de la plataforma Windows utilizados en la enseñanza de las ciencias.	-Muestreo de los videojuegos fue por conveniencia en el repositorio Science Game Central, se escogieron 6.	-2 tendencias: juegos lineales y de estrategia. -los lineales se caracterizan por una lógica fija y los pasos son secuenciales y repetitivos, además, lo único que requieren es habilidades de motricidad fina y un conocimiento básico del campo disciplinar y el contenido conceptual en el cual se enfoca. -los de estrategia, son más complejos y están orientados hacia la aplicación de contenido específico en la resolución de problemas, también requieren habilidades motoras finas y se juega con un conjunto aleatorio de condiciones iniciales. -Modalidad de 1 jugador. -logran incorporar e integrar los contenidos conceptuales con la narrativa del juego, por ejemplo a través Wired se resuelven de forma estratégica y con conocimientos básicos del funcionamiento de los circuitos y, Defence Immune es un VE de estrategia donde el usuario debe de identificar el tipo de células inmunitarias y lo	Los videojuegos educativos de manera individual no contribuyen al desarrollo de todas las competencias digitales y se focalizan en las disciplinas y específicamente en el contenido conceptual. Requieren de recursos adicionales (internet, blog, redes sociales) que permitan el trabajo en equipo. -En algunos casos, deben adaptarse la terminología adoptada. -Las competencias digitales se desarrollan en un nivel básico.	Constructivismo	Razonar N4 Reflexionar (Pensar) N6 Deducir: N5 Resolver N3 Decidir N5 (Moscardi 2018. Videojuegos y habilidades cognitivas) 3-5

				receptores que son más convenientes para enfrentar a los distintos patógenos (bacterias, virus o células cancerígenas) que atacan el cuerpo humano, esto fomenta el aprendizaje sobre las funciones y procesos que se dan en las células inmunitarias, siendo un excelente recurso para implementar en clase.			

ANEXO 5 DIDÁCTICA MATERIAL DIDÁCTICO

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Análisis de los contenidos sobre "permeabilidad" en los libros de texto de Educación Primaria Ángel Luis Cortés Gracia	2006	Caracterizar las diferencias existentes entre el saber científico y el que llega a las aulas. identificar los contextos en los que el concepto es utilizado dentro de los mismos libros.	-Revisión de 12 colecciones completas de libros de texto de Educación Primaria (72 libros). Se realizaron 2 tipos de análisis: Fase 1: Extracción de información relevante e identificación de modelos Conceptuales: Extraer información relevante de	-se detectaron problemas en los ejemplos y explicaciones, dentro del mismo texto y modelos explicativos contradictorios entre distintos textos Del cuestionario: 1)de los 19 libros revisados, 17	-Los contenidos sobre permeabilidad que aparecen en los libros de texto de Educación Primaria son muy diversos y en algunas editoriales ni siquiera aparecen. -De 72 libros analizados,	Constructivismo	Comprender N2 Analizar N4 Reflexionar N6 Relacionar N2 Construir N3-N6 2-6

		Una vez conocidos los modelos que aparecen en los textos, serán comparados con los que presentan los estudiantes de nivel universitario	los libros, seleccionando párrafos y/o apartados, prestando especial atención tanto al modelo conceptual (permeabilidad, permeable, impermeable), como al fenómeno/s y material/es con los que aparece relacionado. Fase 2: Diseño y aplicación de un cuestionario para el análisis de Contenidos: aplicación de cuestionario específico para el tema. 1)¿Aparecen explícitamente los términos: permeabilidad, permeable y/o impermeable? SI (permeabilidad, permeable, impermeable, todos) / NO, 2)¿Se definen los conceptos de permeabilidad, permeable y/o impermeable? SI, es explícito / NO, pero se puede deducir la definición implícita / NO,3))¿En qué contexto aparece? los materiales y sus propiedades / el agua y el aire / rocas y suelos / otros 4. ¿En qué parte del tema aparece? en los aspectos teóricos / en los	presentan uno de los términos señalados. 2)en un caso aparece una definición explícita, en los otros 13 se pueden deducir. El problema es la heterogeneidad de los modelos que aparecen. -El contexto en el que aparece el concepto se divide en 3 bloques: materiales y propiedades, rocas y suelos, el agua y el aire. -en todos los libros se presenta como una propiedad e los materiales. -16 de 19 textos asocia permeabilidad a hechos o fenómenos de la vida cotidiana. -en q0 de los libros analizados, se presentan actividades como complemento del contenido teórico. - 2 modelos conceptuales de permeabilidad: El modelo mayoritario (en torno al 60%) presenta la permeabilidad como una propiedad de los materiales consistente en la	aparecen contenidos relacionados con la permeabilidad, concentrados en el segundo y tercer ciclo de Primaria. -las conexiones entre la permeabilidad y los materiales y fenómenos de la vida cotidiana que presentan tanto los libros como los estudiantes son también muy similares. -No se pretende decir con esto que los libros de texto sean los únicos responsables de las ideas alternativas de los estudiantes sino simplemente se destaca una realidad existente en la sociedad. -Queda en manos del maestro explicar o hacer reflexionar sobre algo que, en ocasiones, apenas ocupa una sola frase de un libro de texto en toda una etapa		

			aspectos prácticos / en ambos 5. ¿Relaciona la permeabilidad con una propiedad de los materiales? SI / NO 6.a ¿Se asocia la permeabilidad a un material u objeto concreto? SI / NO; b. ¿se asocia con elementos del medio natural? SI (rocas, suelos, arcilla, arena, otros) / NO; c) ¿se asocia con materiales u objetos artificiales (manufacturados)? SI (plástico, vidrio, tejidos s.l., algodón, esponja, otros) / NO 7) ¿Se presenta alguna relación entre los conceptos y algún hecho o fenómeno de la vida cotidiana? SI (penetración del agua en el suelo, absorción del agua, fabricación de ropa y/o paraguas, retención del agua y/o encharcamiento, filtración s.l., crecimiento de las plantas y/o cultivos, aguas subterráneas, otros) / NO, 8) ¿Se describen procesos? SI (¿cómo?) / NO 9. ¿Aparecen explicaciones sobre el fenómeno presentado? SI (¿cuáles?) /	capacidad de los mismos para ser atravesados por un fluido. El segundo, en los libros como en los estudiantes, con un porcentaje muy significativo (en torno al 20%) que relaciona la permeabilidad con la capacidad de absorción de los cuerpos. Se obtuvo dos modelos conceptuales diferentes: 1) la permeabilidad es la capacidad de dejar pasar agua y 2) la permeabilidad es la capacidad de absorber agua. -Algunos de los libros muestran errores y/o incoherencias tanto en las definiciones como en las explicaciones	educativa. -En algunos casos, una vez asentadas estas ideas alternativas, difícilmente se producirá una evolución de las mismas, ya que, dependiendo de las vías educativas que sigan en un futuro, nunca más volverán a trabajar el concepto en los contextos escolares. -en Secundaria y/o Bachillerato se podría plantear la siguiente cuestión: ¿cómo se puede superar el salto conceptual existente entre la frase citada anteriormente y el papel de la permeabilidad en los procesos de circulación freática o en la ósmosis?		

			NO, 10. ¿Se proponen actividades para la comprensión del concepto? SI (preguntas abiertas, actividades experimentales, otros) / NO				
Análisis del abordaje de la respiración celular en textos escolares para el Ciclo Básico Unificado Gabriela Ferreiro y Maricel Occelli	2008	Analizar el abordaje de la respiración celular en libros de texto para el Ciclo Básico Unificado (CBU) de 4 editoriales. a) analizar los contenidos conceptuales referidos a la respiración celular presentes en el texto expositivo, las actividades y las ilustraciones de cada ejemplar e identificar contenidos priorizados y excluidos; b) caracterizar los objetivos de aprendizaje en las actividades que se proponen; c) examinar la progresión	-12 libros de 7°, 8° y 9° año de 4 editoriales (A, B, C y D) -se seleccionaron 23 contenidos de respiración celular, cada uno de ellos sometido a un análisis e 5 dimensiones. - En cada ejemplar, se identificó cuáles de los 23 contenidos seleccionados estaban presentes y luego éstos fueron estudiados según las dimensiones de análisis utilizando una plantilla específicamente diseñada. - La información obtenida en el análisis de la dimensión “e” (nivel de profundización de los contenidos), fue utilizada para confrontar los 3 libros (7°, 8° y 9°) del CBU de cada Editorial (si aborda los contenidos en orden creciente de complejidad) -los datos obtenidos se analizaron de forma conjunta según los 5 dimensiones de análisis.	a) La respiración celular en el discurso expositivo, actividades e ilustraciones: Contenidos abordados sólo de forma declarativa. Las actividades basadas en localizar el lugar donde ocurre el proceso. parece indicar que para las editoriales, la comprensión puede alcanzarse sólo mediante una enseñanza expositiva, aspecto que contradice las nuevas tendencias en la didáctica de las ciencias. b)Objetivos de las actividades propuestas: las actividades más utilizadas fueron aquellas que implican repetición de conceptos y análisis e interpretación	-Para el abordaje de la respiración celular, en la mayoría de los libros de textos analizados, se presentan escasas actividades e ilustraciones. -En general las actividades planteadas están orientadas a la repetición de conceptos y a la aplicación de la teoría. -Ciertos conceptos que resultan fundamentales para la comprensión de la respiración celular, no son abordados por la mayoría de las editoriales. -Son escasas las propuestas	Complejidad Constructivismo	Comprender N2 Analizar N4 Relacionar N2 Interpretar N2 Inferir N2 Problematizar (debatir) N5 Resolver N3 Aplicar N3 Experimentar N6 2-6

		efectuado por las editoriales; d) determinar la inclusión de la historia de la ciencia en el desarrollo de esta temática.		33% repetición de conceptos, 26% análisis e interpretación de información, 15% resolución e problemas, 11% aplicaciones de conceptos en distintas situaciones, 9% realización de experimentos y aprendizaje de técnicas de laboratorio y 6% de detección de ideas previas. <u>c)Importancia atribuida a los contenidos:</u> En términos generales las editoriales priorizan la conceptualización de la respiración celular, describiendo básicamente los compuestos químicos implicados, destacando el papel del oxígeno y la función energética del proceso. Sin embargo, existen falencias en su abordaje, ya que conceptos claves para su comprensión	curriculares que planteen el abordaje de los contenidos en orden creciente de complejidad. -En la mayoría de los libros analizados, no se incluye a la historia de la ciencia y no se hacen referencias sobre la evolución histórica de las principales nociones sobre respiración celular.		

				resultaron excluidos. No son desarrollados los procesos químicos específicos, y no se explican contenidos tales como el Ciclo de Krebs, la cadena respiratoria y la función de las coenzimas, entre otros (a excepción de un solo ejemplar) <u>d)temas en los cuales se incluyen los conceptos:</u> Se observó en la mayoría de los casos que los conceptos fueron incluidos en diferentes capítulos del mismo libro. No se desarrolló un capítulo especial, sino que se abordaron como parte de otros temas. Si bien en todos los ejemplares estudiados se destaca la función energética e importancia biológica de la respiración para el mantenimiento de las funciones vitales en los seres vivos, dicho			

				concepto en general no es retomado al abordar los temas de metabolismo, nutrición y energía, lo cual demuestra que la respiración celular es desarrollada como un concepto aislado dentro de otros temas y no en relación a aquellos donde sería fundamental para una mejor comprensión de la temática. <u>e)profundización en el desarrollo de contenidos:</u> Sólo en la mitad de los casos estudiados se observó una propuesta curricular que planteara el abordaje de los contenidos en orden creciente de complejidad, lo cual indica que el desarrollo de esta temática por parte de las editoriales no brinda la posibilidad a los alumnos de comprender en profundidad a la respiración celular			

				f)Inclusión de la historia de la ciencia: Las editoriales analizadas incluyeron la historia de la ciencia en una baja proporción pese a que si se la incluye, se favorece una visión más profunda y crítica en los alumnos acerca de la construcción científica, De lo anteriormente expuesto, se infiere que las editoriales no permiten la contextualización histórico-social de los modelos y teorías, ni presentan al conocimiento científico como un producto perfectible y provisorio, desfavoreciendo por lo tanto al desarrollo de una actitud crítica y creativa en los estudiantes Se encontró una supremacía de contenidos desarrollados de manera declarativa. Las actividades planteadas fueron			

				escasas, orientadas a la repetición de conceptos y a la aplicación de la teoría. Asimismo, muchos conceptos que resultan fundamentales para la comprensión de la respiración celular, no fueron abordados por la mayoría de las editoriales.			
El lenguaje del texto escolar de Ciencias Naturales: Problemas para el aprendizaje. Chamorro Diana, Barletta Norma.	2009	Analizar el discurso de textos escolares de Ciencias Naturales en educación básica.	Tipos de texto a analizar: procesos biológicos y leyes y principios. - Proceso Biológico. Esta temática o tópico comprende las unidades informativas que aluden a la descripción de funciones orgánicas y otros procesos de tipo biológico mediante los siguientes constituyentes: objeto/material/participante, localización, acción, instrumento, propiedad, tiempo/etapa, condición y efectos. - Tópico de Ley o Principio. Este se caracteriza por describir una regla explicativa general con ejemplos de su aplicación e implicaciones. identifica los constituyentes: ley o	Incompletitud de la información, referencias erróneas o sin antecedentes, relaciones entre las partes del texto, nominalizaciones, y ambigüedades en el lenguaje que, al no estar adecuadamente mediadas por el docente, constituyen una dificultad en el aprendizaje. Los estudiantes tienen 2 niveles de aprendizaje: el recitado mecánico o la elaboración incorrecta de la información.	trabajo conjunto entre investigadores del lenguaje y l@s maestr@s de ciencias a fin de que se tome conciencia del lenguaje presente en los textos escolares en el aula, y las formas de tratarlo para el logro de aprendizajes significativos. es esencial identificar las nominalizaciones presentes en el escrito para evaluar si en el texto mismo, o en los conocimientos previos de los	Sistémico	Comprender N2 Construir N3-N6 Elaborar N6 Conceptuar N4 2-6

		principio, condición, ejemplos, medidas o pruebas y aplicación. -La falta de información no es la única dificultad. Otro aspecto que resulta complejo para la comprensión de la información estriba en que en algunos casos, se superponen los tipos de tópico en diferentes niveles de generalidad, de manera que un tópico de menor nivel de generalidad puede entrar a formar un constituyente de otro tópico de mayor generalidad. -referencias erróneas o sin antecedentes. -Nominalización: Es la expresión de procesos y propiedades en forma de sustantivos, en vez de verbos y adjetivos. En el caso de los textos de Ciencias Naturales el peso de la nominalización cae sobre los procesos fisiológicos, que no se presentan como procesos dinámicos en estado de constante cambio e interacción con el medio circundante, sino como objetos fijos, sin vida, de alguna manera,		estudiantes, es posible rescatar la información que se pierde cada vez que estamos ante este tipo de metáfora, como por ejemplo el agente del proceso, las condiciones, el tiempo en que se realiza.		

			independientes de los seres que los realizan. -Ambigüedades del lenguaje.				
Uso de ilustraciones en la enseñanza de la célula: un estudio de caso Tapia Luzardo, F. y Arteaga Quevedo, Y.	2009	Analizar el manejo de las ilustraciones como estrategia para la enseñanza de la célula. Proponer lineamientos didácticos para la selección y manejo en el aula de las ilustraciones como estrategia de enseñanza.	-Análisis de caso 2 docentes de ciencias naturales de 9° grado. -Diario de campo, observación no participante y audio de clases. revisión del programa vigente de la asignatura Ciencias Biológicas del 9no grado y el manual del docente, utilizados por los profesores para la planificación de las actividades del aula. - Para el análisis, se establecieron categorías que sirvieron de marco de referencia sobre uso didáctico de las ilustraciones como estrategia de enseñanza y validación de la metodología mediante triangulación.	-----	Se evidencia coherencia entre lo que establece el programa de la asignatura y la práctica docente en relación al uso de ilustraciones. -Los docentes utilizaron ilustraciones pertinentes, pero descuidando otros aspectos como color, nitidez y claridad. -Las ilustraciones fueron utilizadas con el propósito de memorizar, no favoreciendo otros procesos cognitivos importantes como la comprensión. -Se descuida la explicación precisa de las ilustraciones. -En la mayoría de las ocasiones no se hace explícita la relación de estas con el discurso.	-----	Comprender N2 Conceptuar N4 Interpretar N2 Analizar N4 2-4

					-El manejo de las ilustraciones durante el desarrollo de las clases no se corresponden con las recomendadas por los teóricos actuales.		
Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica Fernando Tapia Luzardo y Yannett Arteaga Quevedo	2012	Analizar el manejo de las ilustraciones como estrategia para la enseñanza de la célula en educación básica.	-3° medio -Observación de 20 clases y grabadas (audios y vídeos) -Diario de campo. -4 entrevistas semiestructuradas -el objeto fue indagar sobre la planificación, las estrategias utilizadas en el aula para la enseñanza de la célula y las razones o motivos por los que seleccionaba dichas estrategias, incluyendo el manejo de las ilustraciones como estrategia de enseñanza. Las entrevistas también fueron grabadas en audio y posteriormente transcritas. Por último, la revisión de artefactos se efectuó con ayuda de una matriz de análisis, para extraer las estrategias de enseñanza propuestas en el diseño curricular. -Validación mediante triangulación.	Durante las observaciones realizadas a la docente 1, la gran mayoría de las ilustraciones utilizadas en las clases analizadas habían sido elaboradas por los alumnos con su supervisión. Las láminas estaban hechas en papel bond, algunas a lápiz y otras con colores muy suaves, colocadas en lugares fácilmente visibles para todos los estudiantes. Fueron ilustraciones descriptivas. al docente 2, realizó dibujos en la pizarra al comienzo de la actividad, con tiza blanca y no de colores, cuestión que justificó durante la	Los docentes utilizaron ilustraciones en su mayoría descriptivas y pertinentes, pero descuidando aspectos como el color, y en algunos casos la nitidez y claridad de aquellas, elementos importantes para su uso en el aula. Las ilustraciones fueron utilizadas con el propósito de memorizar, restringiendo la construcción de representaciones mentales de los alumnos y descuidando otros aspectos importantes, como es favorecer la comprensión del contenido.	Constructivismo Sistémico	Describir N1 Identificar N1 Reconocer N1 Relacionar N2 Comprender N2 Observar N2-N4 Crear N6 Elaborar N6 Visualizar N6 Construir N3-N6 1-6

				entrevista por la carencia de recursos en la institución. Estos dibujos eran obligatoriamente copiados por los estudiantes en sus cuadernos, según indicaba el profesor. Las ilustraciones, aunque no tenían color, eran fácilmente distinguibles desde cualquier punto del aula. Ilustraciones del tipo funcionales. Manejo didáctico: docente 1, de los ocho estudiantes encargados de exponer parte del tema, solo uno de ellos relacionó las ilustraciones de forma explícita y adecuada al explicar los tipos de transporte a través de la membrana, mientras que el resto no las utilizaron o lo hacían de manera inadecuada, mostrando incoherencias entre lo que explicaban y lo señalado en las láminas.	Se descuida la explicación precisa de las ilustraciones. Esto podría interpretarse como que el docente da por sentado que los alumnos ya las conocen y comprenden. Cuando se utilizan ilustraciones en una clase, se corre el riesgo de no hacer explícita la relación de estas con el discurso, descuidando la función del docente como mediador entre la imagen y el alumno, que orienta su percepción hacia los objetivos establecidos. El manejo de las ilustraciones durante el desarrollo de las clases no se corresponde con lo recomendado por los teóricos actuales		

				Docente 2: explicó detalladamente las ilustraciones utilizadas durante el desarrollo de la actividad, explicitando su pertinencia con el discurso y el tema tratado en la clase. estas se mostraban como la única forma de representar el proceso explicado, limitando la construcción de representaciones mentales en los alumnos. El docente incluso inducía a la memorización, indicando que serían evaluadas en el examen, donde colocaría la misma ilustración y ellos deberían completar algún elemento que faltara (nombre) o indicar el proceso representado. Uso de las imágenes: docente 1 para la memorización y el docente 2 utilizaba las ilustraciones para la enseñanza de contenidos abstractos y organismos	las ilustraciones para la enseñanza de la célula son de gran utilidad y su manejo en el aula puede mejorarse, ayudando a los docentes a tomar conciencia de ciertos aspectos que se deben considerar para su mayor provecho. En este sentido, proponemos unos lineamientos didácticos para la selección y el manejo en el aula de las ilustraciones como estrategia de enseñanza. PROPUESTA DIDÁCTICA: 1)Selección de la imagen: Debe seleccionarse siguiendo criterios científicos, identificando las fuentes, corroborando que exista congruencia entre la ilustración y los conceptos emitidos por la	

				que no se puedan ver, incluyendo la célula, ya que “facilitan el conocimiento”. Sin embargo, en la práctica se desvirtúa, al inducir en los alumnos la memorización de las ilustraciones.	ciencia, y no contenga en sí errores que conlleven la formación de representaciones mentales en los alumnos alejadas de las teorías y los modelos más aceptados por la ciencia. Investigaciones señalan que las dificultades que tienen los alumnos para construir representaciones mentales acerca de la estructura y organización celular, quizá por el uso de ilustraciones simplificadas. De ahí la importancia de esta reflexión en el momento de hacerse la selección. 2) Manejo de la ilustración en el aula: Deberá ser colocada en un lugar accesible a la vista, con un tamaño adecuado para que todos los estudiantes	

					tengan la oportunidad de distinguir los elementos de esta. Al estudiar un orgánulo celular, aun cuando se utilice una ilustración donde se represente como una isla, debe evidenciarse su posición en la célula, no solo de forma gráfica, sino que el docente, al ejercer su papel de mediador, también debe manifestarlo abiertamente a sus alumnos. La idea es tratar de mejorar la interpretación de las ilustraciones por parte de los alumnos y mejorar la comprensión de este contenido. Sugerimos que la ilustración sea explicada en detalle y se contextualice espacialmente, ya que en algunas imágenes de las estructuras		

					y los procesos celulares, por ser tan puntuales, el alumno no logra discernir el conjunto de la célula, así como ubicar en el espacio los distintos compartimentos celulares 3) Estrategia evaluativa: El docente debería, por el mecanismo que crea más conveniente, verificar en el aula si la ilustración fue comprendida de forma adecuada, y con ello la estructura y organización de la célula, no intentando que el alumno memorice la ilustración, sino solicitando de él la propia interpretación de esta. que el alumno imagine estar dentro de algún orgánulo o en el citosol de la		

					célula, y que desde allí describa verbalmente lo que ve, la forma en que puede trasladarse y los obstáculos que encuentre Por otro lado, en el caso de tener a mano otros recursos, como las TIC, vídeos, modelos o maquetas, estos resultarían de gran utilidad, buscando mejorar la construcción de las representaciones mentales de la célula.		
Botânica geral de angiospermas no ensino médio: uma análise comparativa entre livros didáticos Lucas Cardoso Marinho, Francisco Antonio Rodrigues Setúval y Cecília Oliveira de Azevedo	2015	Analizar comparativamente cómo se aborda el contenido de Botánica General de las Angiospermas en tres libros de texto de Biología de nivel medio (1974, 1999 y 2011).	-Investigación cualitativa -3 libros didáticos (1974, 1999, 2011). -Se emplearon los siguientes criterios para análisis de contenido: a) claridad del texto b) adecuación del contenido al público objetivo c) Interacción entre diferentes contenidos dentro de la botánica d) interacción del contenido con otras áreas de la biología.	Claridad del texto: en el libro de 1974, algunos de estos esquemas son confusos e involucran la comprensión de cálculos avanzados sobre temas que son simples de entender, como la permeabilidad de la membrana plasmática, que puede causar aversión al tema por parte de los	Varios autores consideran la enseñanza de la Botánica como algo desalentador y enfocado únicamente al aprendizaje de nomenclaturas, definiciones y reglas. al analizar comparativamente los libros de texto de 1974, 1999 y	-----	-----

			En el análisis del texto se observó claridad, coherencia, adecuación al público objetivo e interdisciplinariedad. Inicialmente, con la observación de la forma en que se abordaban los contenidos a partir de los criterios propuestos. Posteriormente, teniendo como aspectos principales representados en las tres obras analizadas, buscamos observar los principales cambios y similitudes que sufrieron estas respecto al tema de las Angiospermas.	estudiantes como lo afirma Bizzo (1998) quien dice que la ciencia se vuelve difícil cuando el individuo no comprende lo que está escrito, aunque sea en el libro de texto. Adecuación al público objetivo: La simplificación del contenido para atender mejor al público objetivo no es solo característica del libro de 1974. El libro de 1999 también presenta información simplificada, sin embargo, esto posiblemente se deba a la necesidad de reducir este contenido con el objetivo de exámenes vestibulares y, por lo tanto, una mayor cantidad de información absorbida. Interacción entre los contenidos de Botánica: Cuando se trata de la fisiología de las Angiospermas, es importante reconocer	2011, se pueden ver innumerables formas de presentar los contenidos de Botánica en los libros de texto. Entre estos, el más claro es la compresión de contenidos que culminó en una información más directa, pero sin pérdida de calidad. Está claro que en el libro de 2011 se valoraba la integración entre los contenidos dentro de la disciplina Botánica, y también con otras áreas, no solo introduciendo los contenidos relevantes a otras ramas de la Ciencia, sino haciéndolos más atractivos y menos densos. Se advierte que algunas de las dificultades y problemas presentados en otros trabajos,	

				la relación de estos caracteres con el ambiente en el que se insertan los organismos. Este conocimiento sobre la diversidad morfológica relacionada con el hábitat aparece en el libro de 1974, no directamente, sino en forma de otro tema específico (“Diversidad y Ecología”). El libro de 1999 trae divididos los contenidos de Botánica, separándolos en subtemas dentro de un capítulo titulado “Biodiversidad” que aborda las características generales del Reino Plantae (clasificación), las Algas, Criptógamas y Fanerógamas, demostrando que no existe relación entre los contenidos. Interacción con otras áreas de la Biología: especialmente cuando el tema está relacionado con la	como la distancia entre el conocimiento científico producido y el conocimiento que se difunde. Los problemas sociales de nuestro tiempo, y aquí podemos incluir la política y los avances tecnológicos, están íntimamente relacionados con el hacer y el cómo hacer científico. La transmisión de conocimientos a través de instrumentos didácticos está cargada de esta influencia y se actualiza de acuerdo a la demanda social.		

				Ecología, los autores aclaran el proceso evolutivo por el cual las plantas se adaptaron al medio. De la misma manera, o incluso más directamente, el libro de 2011 trae el contenido de Evolución muy ligado a la enseñanza de la Botánica. En el párrafo inicial del capítulo que trata sobre el reino Plantae, los autores mencionan la relación entre la evolución de plantas y animales, tratando este tema de “coevolución” e incluso destacando la palabra en el texto.			
Caracterização dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos de biologia Pedro Henrique Ribeiro de Souza y Marcelo Borges Rocha	2015	Identificar y caracterizar los textos de divulgación científica presentes en nueve colecciones didácticas de biología de nivel medio, aprobadas por la PNLD/2015	-selección de libros de PNLD. -cada colección de 3 libros por nivel de enseñanza media. -Las colecciones no siguen la misma secuencia en los temas de Biología. -aspectos a analizar: a) área de la biología (capítulo o tema) fue encontrado. b) como aparece: en formulario de cita, sugerencia o recomendación de lectura,	-Se encontraron 398 textos, en su mayoría adaptados, estaban presente en Ecología, Zoología y Evolución. -La presencia de textos de CD en los libros de texto de Biología revela una preocupación del autores de estas colecciones en la contextualización de los contenidos disciplinares, promoviendo una integración	-Como se discutió anteriormente, los textos de DC pueden configurar una estrategia importante en la Enseñanza de las Ciencias contextualizando los contenidos desarrollados en el aula, haciendo que la clase más atractivo, participativo y dinámico.	-----	-----

			pequeño extracto, texto adaptado o editado, o la presencia del texto completo. c) recursos visuales que utiliza el texto, ya sean figuras, esquemas, gráficos o tablas, lo que puede mostrar la preocupación de los autores de libros de texto en relación con la complementación dada a los textos. d)cuales medios sirven de fuente (diarios, revistas, portales de internet) e)formación académica de los autores del texto.	entre la ciencia y la vida cotidiana del estudiante. -las colecciones presentan diferentes formas de insertar estos artículos, ya sea con respecto al área temática de Biología con el que más se relaciona el texto o el grado de edición y adaptación que sufre insertado en el libro de texto. -En cuanto al área temática de Biología, la mayoría de los textos se identificaron en capítulos relacionados con Ecología (62), seguidos de Zoología (52) y Evolución (35). En el caso de la Ecología y Evolución, que son temas que integran distintas áreas de la Biología, la cantidad de artículos sugiere un gran volumen de investigación en esta área -El área de Biotecnología y Genética Molecular presentó una	-La presencia de textos de CD en materiales didácticos para la enseñanza de la Biología es relevante -Es imprescindible realizar una comparación entre los textos de DC extraídos directamente revistas y periódicos con textos DC presentes en los libros de texto, entendiendo de qué manera un material de DC se convierte en un material educativo.		

				mediana cantidad de textos (21), a pesar de ser un campo de estudios de intenso crecimiento e impacto en la actualidad con la producción de nuevas tecnologías y productos que influyen en el modo de vida de la sociedad			
A imagem da célula em livros de biologia: uma abordagem a partir da teoria cognitivista da aprendizagem multimídia Ricardo Ferreira das Neves, Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão y Helaine Sivini Ferreira	2016	Evaluar el Valor Didáctico (VD) de las imágenes referentes al concepto de célula en Libros de Biología para la Educación Media y Superior, utilizando como aporte la Teoría Cognitivista de Aprendizaje Multimedia (TCAM).	-Colecta de datos a partir del análisis de textos de educación superior, enseñanza media, imágenes decorativas, representaciones, organizacionales y explicativas.	-452 imágenes clasificadas en: sin valor didáctico y con valor didáctico. -la suma de las imágenes decorativas y figurativas hace un total de 78 ilustraciones, mientras que las las organizativas y explicativas comprenden un total de 374 ilustraciones, evidenciando la supremacía de estos últimos tanto en los libros de EM como en los de ES. -	Se señala la necesidad de instituir criterios para la aceptabilidad e inclusión de imágenes en los libros, ya que la Las imágenes representan un recurso potencial para reducir la abstracción y facilitar el aprendizaje conceptual. -se sugiere aumentar la cantidad de imágenes organizacionales y explicativas.	Teoría Cognitivista de aprendizaje multimedia.	Representar N4 Modelar N6 Comprender N2 Explicar N2 Analizar N4 Relacionar N2 Observar N2-N4 Interpretar N2 2-6
Análisis ontológico en textos escolares de	2017	Evaluar el desarrollo de contenidos sobre célula y su	Análisis de contenido de textos escolares	la mayoría de los Textos no se desarrolla el concepto célula	Por lo tanto del análisis de los Textos escolares licitados en Chile	Sistémico	Construir N3-N6 Razonar N4 Relacionar N2

ciencias naturales y biología Pamela Medina Herrera		implicancia en el funcionamiento de los seres vivos en Textos escolares mediante un análisis conceptual ontológico.		como base de los proceso de tejidos, órganos y sistemas de manera vinculada al funcionamiento del organismo. el concepto célula se desarrolla en todos los niveles, pero de una forma desvinculada de los seres vivos. -la mayoría de los Textos escolares desarrolla el concepto célula como la unidad estructural de los seres vivos (C2), a partir de 5º básico el concepto célula aparece en las bases curriculares, por lo que se esperaría que 1º a 4º básico no estuviese desarrollado explícitamente, pero se observa que en el Texto escolar de 4º básico se nombra como función estructural, sin desarrollo del concepto previamente, lo cual podría estar influyendo en las	del año 2016 de Enseñanza básica y media, podríamos afirmar que a pesar de algunos intentos de acercarse a un enfoque sistémico como lo plantea Bunge (2003), se desarrolla de una manera desvinculada, en especial en los años donde el foco no es este contenido, se observa que se pierde el rol de la célula para comprender los procesos vitales, quedando meramente en la idea estructural y funcional desvinculada. Solo se aprecia un mayor esfuerzo de desarrollar esta vinculación en los años donde los objetivos de aprendizajes es el concepto célula, tal como se aprecia en la tabla 1, estos son 5º	Comprender N2 Explicar N2 Integrar N4 2-6

				preconcepciones de los estudiantes. Se evidenció que el tratamiento de contenidos se presenta desvinculados y con errores en las clasificaciones ontológicas lo cual dificulta la comprensión del funcionamiento de los seres vivos de manera sistémica e integrada	básico, 8º básico y 1º medio. Considerar un desarrollo de contenidos a través de un paulatino abordaje de “pequeñas ideas”, que ofrezcan oportunidades efectivas a los estudiantes para que construyan la o las grandes ideas científicas.		
Analogías no ensino da célula: análise de livros didáticos de biologia adotados pelo plano nacional do livro didático 2015 no brasil Carla Medeiros Y Araujo, Zara Faria Sobrinha Guimarães	2017	Analizar el uso de analogías en temas relacionados con la enseñanza celular en libros Libros de texto de biología del Programa Nacional de Libros de Texto del Ministerio de Educación-PNLD (Brasil).	-13 ejemplares, 9 colecciones. -Para verificar la distribución cuantitativa de analogías por tema, se crearon las siguientes categorías: Resumen de celda (VGC); Membranas Celulares (MBC); Química de los Seres Vivos (QSV); Citoplasma (CTP); Procesos de Energía Celular (PEC); Núcleo y División Celular (NDC); Duplicación, Transcripción y Síntesis de Proteínas (DTS).	Se encontraron 269 analogías, siendo la más frecuente la funcional, con nivel de enriquecimiento simple y con presentación verbal. analogías tradicionales se han encontrado repetidamente, como la "escalera de caracol" (ADN), "llave y cerradura" (sustrato enzimático) y “moneda energética” (ATP). -Se encontró que en el texto del docente, rara vez, los autores discutieron las limitaciones y el alcance de las	La mayoría de las analogías eran del tipo simple, siendo que las discusiones sobre las limitaciones y el alcance rara vez se notaron en el manual del maestro y en el libro de texto, dejando este análisis al profesor y al alumno.	-----	-----

				analogías presentadas en el libro de texto.			
La interpretación de imágenes sobre el modelo de membrana citoplasmática en alumnos de la carrera de psicología de la universidad de la plata (UNLP), Argentina	2017	analizar las interpretaciones realizadas por alumnos universitarios al observar representaciones gráficas del modelo de membrana citoplasmática para poder conocer las características de sus representaciones mentales.	-70 estudiantes. -análisis mixto. -entrevista semiestructurada, de 3 partes: (a) de recolección de datos demográficos y de trayectorias educativas, (b) concepto del modelo de membrana (respecto de si recordaban el nombre del modelo y podían graficarlo) y (c) interpretación de la representación gráfica del modelo (aplicada a posteriori de la recolección de las dos primeras partes de la encuesta).	-De los que eligieron Todos son correctos, 61% manifestaron que los gráficos refieren a diferentes vistas de una misma estructura (categoría a); 23% dijo que en los tres gráficos identifica sus componentes (categoría b) ("en todas observo fosfolípidos y proteínas", "muestran la parte externa e interna de la membrana"); 6% refiere a la función (categoría c) ("permiten la filtración de moléculas", "permiten entrada y salida de alimentos") y 10% no fundamenta la elección. -Dos alumnos eligieron el gráfico A argumentando "recuerdo haber visto ese gráfico en la cursada" y "puedo ver el citoplasma" (en este caso el alumno puede identificar una cara interna de la membrana	los alumnos no diferencian necesariamente entre la modelización de una estructura o fenómeno y su visión al microscopio Los nuevos contextos requieren de la alfabetización científico visual. El uso de diversos modelos y la mediación docente adecuada podrían fortalecer el desarrollo y modificación de los modelos mentales de los alumnos. También se concluye que será necesario que los profesores comprendan que el razonamiento basado en modelos es una habilidad altamente deseable, pero requiere de	Modelos mentales de Johnson-Laird	Representar (Esquematizar) N5 Explicar N2 Relacionar N2 Comparar N2 Comprender N2 Diferenciar N4 Observar N1-N2-N4 Interpretar N2-N3 Modelizar N6 2-6

				y una cara externa, situación que los demás gráficos no permiten a simple vista). -8 alumnos optaron por el gráfico B y el 75% de ellos no fundamentó. Quienes justificaron se refirieron a la estructura molecular (categoría b): "por los receptores proteicos"; "porque las otras dos pertenecen a una célula" y "porque en este gráfico observo la bicapa lipídica". -11 eligieron el gráfico C; 6 no fundamentaron sus respuestas, 2 expresaron "tiene componentes de la célula humana" y "tiene una bicapa lipídica", refiriendo a la estructura de la membrana (categoría b); y 3 hicieron referencia a aspectos funcionales (categoría c): "permite el intercambio"; "da cuentas del transporte" y "muestra permeabilidad".	práctica y capacitación, así como que ninguna representación por sí sola puede llegar a dar cuenta de todas las facetas de un fenómeno		

Ensino de biologia celular por meio de modelos concretos: um estudo de caso no contexto da deficiência visual Alessandra Françoso da Silva Costa, Airtton José Vinholi Júnior y Shirley Takeco Gobara	2019	Analizar si la construcción de una secuencia didáctica y uso de modelos concretos puede facilitar la aprender conceptos de disciplina, especialmente biología celular.	-6 clases de 50 minutos -cada clase fue grabada, transcrita y analizada, mediante análisis microgen�tico. -identificación de concepciones previas	-Concepciones previas del estudiante: ser vivo y materia se identifican porque los primeros están formados de células. -Sin embargo, no pudo explicar estas diferencias o citar las tres partes básicas de una célula.	-En el relevamiento de la apropiación del conocimiento, luego de la investigación, se pudo analizar que el estudiante fue capaz de diferenciar los seres formados por células, así como sus partes básicas, los tipos de células animales y vegetales, la terminología y denominaciones de las estructuras internas de la célula y las características de los virus. -Se concluye que el construcción de los modelos concretos hizo posible la interacción del estudiante con el material, creado espacios de diálogo entre alumno y docente, favoreció el intercambio de saberes y promovió	Sociocultural de Vygotsky	Construir N3-N6 Modelizar N6 Elaborar N6 Comprender N2 Explicar N2 2-6

					mayor aprendizaje sobre contenidos biológicos.		
Microscopio simple: mucho más que una simple lupa Alejandro del Mazo Vivar	2019	Explicar la elaboración de un microscopio óptico con microesferas	-----	-----	La elección de una esfera de vidrio de tan pequeño diámetro hace posible que el microscopio supere los 400 aumentos; más que los microscopios simples tomados como referencia histórica (de 20 a 160 aumentos en los microscopios de Bancks o 266 aumentos en el más potente microscopio de Leeuwenhoek conservado). Con todo esto, se pone de manifiesto que el microscopio simple no es solo un instrumento curioso carente de utilidad real; su calidad puede igualar o superar a la de los microscopios compuestos más básicos.	-----	Construir N3- N6 Seleccionar Elaborar N6 Analizar N2 Explicar N2 Comprender N2 2-6

					el montaje de la microesfera en un soporte rígido como el del sistema de enfoque, requieren un trabajo cuidadoso; no obstante, a pesar de que el dispositivo funciona satisfactoriamente, es posible que puedan encontrarse otras soluciones mecánicas más sencillas.		
Tratamiento didáctico de las representaciones visuales en libros de texto escolares de grado sexto respecto al concepto de fotosíntesis Diana Fernanda Rincón Rodríguez	2019	Determinar el tratamiento didáctico que poseen las representaciones visuales de los libros de texto escolares con respecto al concepto de fotosíntesis	-Análisis de contenido y construcción de categorías. 11 libros de las siguientes editoriales: SM, Norma, Voluntad y Santillana. Se llevaron a cabo las siguientes fases: 1. Fase de pre- análisis: Revisión de documentos. • Estándares básicos de competencias. • Lineamientos curriculares. 2. Preparación del material. • Determinación de libros de texto escolares a utilizar.	Categorías: -Representación en otros organismos -Representación de transformación de energía -Representación de ciclos bioquímicos -Representación de la interacción con factores del biotopo y biocenosis -Representación fisiológica -Representación a nivel de nutrición -Se observa que, en los libros de texto escolares, hay una ausencia de la	ausencia de representación en otros organismos, predominando la representación fisiológica de la fotosíntesis, debido a que probablemente es la manera más sencilla de representar el concepto a partir de los orgánulos y órganos involucrados en este proceso, careciendo de un aspecto fundamental que es el	(se propone un enfoque) Sistémico Constructivista	Construir N3-N6 Comprender N2 Representar N5 Explicar N2 Modelizar N6 2-6

			3. Revisión del material y presentación del concepto.	representación en otros organismos, debido a que no hay una ilustración u otro tipo de imagen que represente este proceso en plantas que no sean verdes, es decir hay una ausencia de representación del proceso en algas, bacterias o cactus. -no se encuentran relacionados factores del biotopo y la biocenosis, ni cualquier otro aspecto relacionado con el ecosistema, es decir la importancia de la fotosíntesis en él. Por el contrario, se observa en mayor medida representado el aspecto fisiológico, es decir existe una predominancia en identificar los órganos y orgánulos, presentes en el proceso de fotosíntesis, pero de manera fragmentada. -al no haber una representación bioquímica de la fotosíntesis, no hay una posibilidad de argumentar la función del CO ₂ en el	ecosistémico, es decir, la relación con los factores del biotopo y la biocenosis.		

				organismo, en este caso de la planta verde. -Esta visión reduccionista de la función del CO₂ en el proceso fotosintético es una muestra más de dificultad que encierra para el estudiante admitir que una sustancia gaseosa a través de un proceso biosintético se transforma en material vegetal "sólido y observable". -la mención de los nutrientes (agua, CO₂, sales minerales) y la especificación declarativa en el contenido teórico, no se evidencia en las representaciones visuales, resultando únicamente como declarativas, no siendo suficientes para la comprensión del concepto de fotosíntesis -se observó que el concepto de fotosíntesis se encuentra inmerso en las unidades de los libros de texto			

				denominada "Nutrición", en donde se menciona la nutrición en organismos autótrofos. -En cuanto a la relación de los factores asociados entre el biotopo y la biocenosis, se hace una exclusión de la relación del ciclo del agua (concepto del biotopo) con los organismos fotosintéticos, en este caso las pertenecientes al reino vegetal, se puede relacionar con la carencia de factores ecosistémicos debido a la eliminación de la importancia del mismo con relación al entorno. -transformación de energía, es importante reconocer que la vida en la tierra depende de la energía derivada del sol, siendo la fotosíntesis el único proceso que puede cosechar esta energía, por tanto, en cuanto los organismos			

				fotosintéticos usan la energía solar para sintetizar compuestos de carbono, más específicamente, la utilizan para la síntesis de hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono y agua, con la generación adicional de oxígeno. La energía almacenada en estas moléculas se usa después para impulsar procesos energéticos en las células de la planta. Además, es la fuente de materia y energía para casi todas las formas de vida sobre la tierra, puesto que las plantas son la base de la inmensa mayoría de las cadenas alimenticias.			
Jugando y Programando los niveles de organización de los seres vivos con Scratch Ailin Aguirre Varela, Jimena Somoza, Maria José Villarreal	2020	Trabajar los niveles de organización biológica mediante videojuegos (Scratch)	Diseño e implementación de una propuesta didáctica basada en los niveles de organización biológica	-----	La virtualidad plantea desafíos similares a lo largo del país tales como la falta de conectividad. Es a partir de esto que se propone como contenedor la plataforma Scratch de fácil programación (sin necesidad de conectividad	Constructivismo	Construir N3-N6 Conceptualizar N3 Interpretar N2-N3 Comprender N2 Relacionar N2 2-6

					permanente) y de acceso gratuito.		
Contenidos conceptuales de Biología celular en Educación Media General: Contraste entre programas oficiales y libros de texto María Fernández Aguirre y Fernando Tapia Luzardo	2020	analizar los contenidos conceptuales de biología celular presentes en el programa de estudio y los libros de texto del tercer año de Educación Secundaria de Venezuela.	-se analizaron 2 programas de estudio y 5 libros del área. -análisis documental. -registro de conceptos de forma sistematizada -diseño de matrices de análisis para establecer vinculaciones entre las categorías. Determinación de frecuencia y porcentajes de cada contenido conceptual	Se hace notar que algunos temas, como es el caso de la célula como un sistema (2) y los procesos de división celular: mitosis y meiosis (6), presentan una gran reiteración de hechos, pero muy pocos conceptos. Casi bajo el mismo comportamiento, se observan los contenidos correspondientes a la función de transporte de la célula (3) y la fotosíntesis y respiración a nivel celular (4). Por otra parte, existe un acercamiento entre las proporciones de estos tipos de contenidos (hechos y conceptos) en los temas de la teoría celular y el microscopio (1), y la diversidad celular (5). en los libros de texto prevalecen los datos como contenidos conceptuales, resultados similares se observaron en el	En el documento general del Proceso de Cambio Curricular en Educación Secundaria, 2015, los contenidos se presentan como tópicos muy generalizados, sin desarrollo de los mismos Los libros de texto presentan un incremento de contenidos conceptuales en los temas analizados, que en ocasiones superan el 50%. prevalecen en las cuatro editoriales analizadas, con una tendencia marcada hacia los datos o hechos. Se hace mención de la presencia de éstos, ya que al integrarse y vincularse facilitan la producción y comprensión de los conceptos. Entre otros hallazgos se	-----	-----

				Programa de Estudio. Se observa un incremento de contenidos conceptuales en los libros respecto al Programa de Estudio.	observa una reiterada presencia de información alusiva al ciclo celular en algunos temas previos al mismo y una falta de secuencia respecto al tema de la división celular, ya que éste, a pesar de que corresponde a los procesos funcionales del núcleo celular, se encuentra precedido por temas correspondientes a la Genética. Así mismo se evidenciaron errores conceptuales, ortográficos y en las imágenes presentadas en las editoriales, los cuales merecen una mayor atención; por lo cual se recomienda a los docentes ser críticos al utilizar los libros de textos y sus ilustraciones.		

					Se sugiere la revisión y reestructuración de los recursos curriculares con inclusión de estrategias innovadoras.		
Aplicaciones móviles como potenciales herramientas para la enseñanza de genética. Herrera Sebastián Gabriel; Occelli Maricel	2021	Analizar tres aplicaciones móviles con potencial para la enseñanza de conceptos de genética. Evaluar su potencial como herramientas que podrían integrarse en recorridos didácticos de genética para favorecer su aprendizaje.	Búsqueda de aplicaciones en Playstore, usando las siguientes palabras claves: educación, genética, ADN y célula. Se tuvieron en cuenta aspectos referidos a 1) Instalación y uso general: Datos catastrales (Nombre de la aplicación (App) y Desarrollador) y Tamaño de descarga en MB; 2) Imágenes y posibilidad de interacción; presencia de publicidades; 3) Variable dinámica de abordaje de los procesos, donde se describe la posibilidad de interacción del usuario de la aplicación; 4) Contenidos abordados. A partir de un análisis general de estas categorías se identificaron las potencialidades de estas aplicaciones como recursos para la enseñanza.	NOMBRE APP (DESARROLLADOR) TAMAÑO EN MB Genética (24Hous) 10MB Genomapp. Exprime tu ADN (RF Developments) 62 MB División Meiótica 3D (LIITEC-ULS) 17MB IMÁGENES Y POSIBILIDAD DE INTERACCIÓN Imágenes tomadas de libros, esquemáticas y fotografías. Imágenes con movimiento (GIF). No permiten al usuario interactuar con ellas. Iconografías relacionadas a la temática. No permiten al usuario interactuar con ellas. Acceso a imágenes 3D o Realidad Aumentada (RA) que le permiten al usuario interactuar con ellas.	Encontramos tres aplicaciones que no ocupan mucho espacio en la memoria de los celulares, con diferentes funciones y formatos. Abordan en distinta profundidad contenidos también disímiles entre sí. Fluctúan entre una enciclopedia, un simulador de genoma y un visualizador esquemático en realidad aumentada (3D). cada aplicación presenta potencialidades para su integración en diseños didácticos. Genética puede utilizarse como punto de partida	Constructivismo	-----

				CONTENIDO QUE ABORDA Glosario de Genética General ordenado alfabéticamente con referencias bibliográficas. Incluye el desarrollo histórico de algunos contenidos. Aborda contenidos relacionados a expresiones fenotípicas del genoma humano. Meiosis celular. PUBLICIDAD Publicidad constante en su margen inferior y otras que aleatoriamente cubren toda la pantalla que al cabo de unos segundos se pueden borrar. No posee publicidad. VARIABLE DINÁMICA DE ABORDAJE DE LOS PROCESOS Organización a modo de glosario de navegación sencilla. No hay mucha posibilidad de interacción con el material que se	para la discusión y construcción de conocimientos. Promisorio como fuente de información para realizar diferentes tipos de actividades que por ejemplo impliquen búsqueda de contenidos. Genomapp permite conocer cómo el genoma humano se puede decodificar en ciertos rasgos o caracteres, teniendo en cuenta probabilidades como por ejemplo de tener una enfermedad genética. Podría integrarse en diseños didácticos enfocados a cuestiones de salud. División Meiótica 3D podría resultar útil para construir actividades como desafíos para los estudiantes, ya que permite	

				presenta más que su lectura. Baja posibilidad de interacción, en el uso de calculadoras de porcentajes Fenotípicos (sistema ABO). Navegación sencilla. En su formato de PRUEBA otorga la posibilidad de usar un Raw de prueba utilizando así un genoma ejemplo. Permite a los usuarios interactuar directamente con la imagen en RA, moverlas , rotarlas y hacerles zoom, lo cual permite observar con detalle los movimientos y estructuras meióticas. Brinda un material complementario con breves descripciones y con los marcadores necesarios para escanear y acceder a la RA.	esquematizar en 3D procesos microscópicos y su material complementario funciona como un eje organizador.		
Conceito de Célula em Livros Didáticos de Biologia: ciência aproblemática e a-histórica Regiane Machado de	2021	Comprender cómo se presenta el concepto de célula en los libros de texto de Biología aprobados por el Programa Nacional de	-Análisis de aspectos conceptuales y sociohistóricos de los textos. - establecer relaciones entre las visiones de la Biología y el mundo presente en ellas	-2 autores muestran a la ciencia como una actividad humana. -En la pedagogía de las competencias y habilidades, la escuela asume la tarea de preparar ciudadanos para adaptarse a las	el conocimiento científico como producto acabado, elaborado por mentes privilegiadas, desprovistas de intereses político-económicos e ideológicos	Constructivismo	-----

Sousa Pinheiro, Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, José Rildo de Oliveira Queiroz		Libros de Texto (PNLD) 2015		relaciones sociales alienadas y alienantes que sustentan el capitalismo, provocando nuevamente el vaciamiento de la labor educativa escolar, convirtiéndola en un proceso sin contenido y sin la apropiación del conocimiento del conocimiento construido históricamente -la relación de autonomía que se le propone al estudiante es perversa, porque no hay medios para garantizar la autonomía de pensamiento, sino la responsabilidad por su fracaso. Con esto, se fortalece el ideal de que la construcción del conocimiento debe estar guiada por los intereses y necesidades de los estudiantes, sin embargo, no se toma en cuenta las condiciones materiales y contextos concretos de cada sujeto o del	Construcción del conocimiento científico sin el sustento epistemológico. La mayoría de los trabajos no hacen referencia a la historia de la formación del concepto de célula, caracterizando una visión aproblemática, ahistórica, dogmática y cerrada de la Ciencia.		

				mundo que se pretende construir. -Se puede observar que, al explicar la estructura y funcionamiento de las células, los libros analizados destacan la existencia de una red entrelazada de interacciones necesarias para el mantenimiento de la vida. Además, presentan una visión inseparable de la relación entre célula, naturaleza y organismo en un sistema interconectado y organizado que interactúa con el medio ambiente y con otros seres vivos.			

ANEXO 6

DIDÁCTICA 5: MODELIZACIÓN

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria M ^a Luz Rodríguez Palmero, Javier Marrero Acosta y Marco Antonio Moreira	2001	Analizar las posibilidades de esta teoría para estudiar las representaciones de célula generadas por estudiantes de COU;	Estudio de casos cursos de Biología COU (36 casos). Estudiantes 17-18 años. 1)Aplicación de instrumentos para la obtención de datos: -cuestionario (el mismo al principio y al final del curso), -5 exámenes -3 mapas conceptuales. -interpretación de un símil de célula -Dibujar esquema de estructura y	36 interpretaciones consistentes con la fundamentación teórica que actúa de soporte de esta investigación que se apoyan en y derivan del protocolo definido al efecto. Se llegaron a 4 modelos mentales: A o estructural: modelo de estructura celular (sin funciones), sin interpretación, no hay inferencia entre estructura y función. No siempre hay una imagen.	A lo largo del curso se observa que lo que más se desarrolla es un modelo mental dual según el cual se opera independiente y separadamente con la estructura y con el comportamiento celular lo que supone, como muestra la evidencia, un avance en la	Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird. Constructivismo Complejidad	Analizar N4 Explicar N2 Interpretar N2 Discutir (Argumentar-debatir) N5 Delimitar (definir-establecer) N1-N4 Identificar N1 Explorar N6 Esquematizar N2 Categorizar N4 Construir N3-N6

		funcionamiento de una célula. -entrevista final (al finalizar el curso). 2)Registro por categorías (3 conjuntos distintos basados en Johnson-Laird (para la célula: un conjunto finito de elementos ("tokens") celulares, un conjunto finito de propiedades de esos elementos y un conjunto finito de relaciones entre los elementos articuladas como la representación de las funciones de los orgánulos y de los procesos celulares que realizan, así como de las que lleva a cabo la célula). 3)Análisis a 3 niveles: selección de conceptos, uso y utilización de imágenes. 4)Elaboración de informe interpretativo (modelo mental de la investigadora, sobre los modelos mentales	B o dual: 1 modelo estructural y 1 funcional, independientes. pocas y pobres inferencias y deducciones entre estructura y función. C o causal discursivo: modelo integrado de estructura y función, inferencias y deducciones entre estructura y funcionalidad, establece relaciones de causa-efecto, no necesariamente formación de imágenes, las que son estáticas y simples. D o causal imagístico: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. Imagen dinámica-compleja y/o uso de varias imágenes.	conceptualización del ente "célula" Es también una tercera parte de la población la que termina operando mentalmente con un modelo mental global, integrado, causal, de la célula, un modelo que es suficientemente explicativo y predictivo. No todos éstos operan mentalmente con imágenes, no razonan o deducen apoyándose en ellas, pero han adquirido la comprensión global y compleja de la célula. Se ha producido una evolución en lo que a la adquisición y comprensión del contenido trabajado se refiere y, por lo tanto, aprendizaje.	Comprender N2 Predecir Inferir N2 Deducir N4-N5 Verbalizar N2 Seleccionar N5 2-6

			que cada sujeto ha ido desarrollando a lo largo del curso escolar que, consecuentemente, da cuenta también de su evolución).		Aprender significativamente es construir un modelo mental. Según Barquero 1995: los modelos mentales “se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante”.		
Modelos mentales vs esquemas de célula M ^a Luz Rodríguez Palmero y Marco Antonio Moreira	2002	Determinar si hay aprendizaje del concepto de célula y permanencia del conocimiento biológico de la célula en los estudiantes sin tener contacto formal con este concepto. Comparar las representaciones de células de los estudiantes de COU y las que poseen, 5 años después.	-9 estudiantes (25% del grupo) -responder cuestionario (el mismo, con una cuestión añadida para la interpretación) -Entrevista (4 de ellos) la misma que en el 1º estudio.	Se mantienen los mismos tipos de modelos del estudio anterior. Las respuestas comparadas, se han mantenido estables, por lo que hubo permanencia del modelo en las estructuras cognitivas, debido a la presencia de elementos invariantes. El aprendizaje del concepto de célula construido fue desigual. detectan obstáculos epistemológicos, que han actuado como un freno a la hora de incorporar e interiorizar aspectos funcionales de la célula o su integración con las	Las situaciones ofrecidas a los estudiantes no fueron significativas para todos ellos o, al menos, lo suficientemente eficaces como para que todos ellos reestructuraran su concepto de célula en el sentido deseado. los modelos mentales favorecen la formación de esquemas de asimilación y, al mismo tiempo, éstos condicionan los	Teoría de los campos conceptuales de Vergnaud Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird Constructivismo	Determinar (decidir, resolver) N4-N3 Comparar N2 Deducir N4-N5 Inferir N2 Analizar N4 Interpretar N2-N3 2-5

				estructuras que los realizan y soportan, en aquellas personas que operan mentalmente con modelos mentales A, B o intermedios. Demuestra una conceptualización parcial del contenido. los jóvenes que han ejecutado modelos mentales C o D dan signos de que se hayan establecido en sus estructuras cognitivas las interacciones y correlaciones que justifican una célula integrada, causal, no sólo una estructura; sus representaciones episódicas incorporan elementos celulares, sus propiedades/características y sus interacciones. No ocurre así con los jóvenes que operan mentalmente sólo con los modelos A o B de manera independiente. Disminución significativa de conceptos específicos.	modelos mentales que se construyan. Cabe aun una consecuencia más: no será posible modificar los esquemas si no se reestructuran los modelos mentales de los que se nutren; estos modelos son dependientes de las situaciones en las que se generan y no tendrán esa posibilidad de reestructuración si se construyen sólo puntualmente o si no obligan a incorporar nuevos elementos que puedan constituirse en invariantes operatorios.		
Un análisis y una organización del contenido de biología celular	2003	Analizar y organizar el contenido de Biología Celular mediante el so de 2 modelos: la Teoría de la	Propuesta alternativa sugiere la implementación del Top Down (de lo mas general a lo particular) en vez del tradicional	La aplicación de los presupuestos teóricos de la Teoría de la Elaboración a un contexto concreto; nos han permitido encontrar una respuesta coherente, útil y aplicable al problema	Se requiere una contrastación empírica.	Complejidad	Entender N2 Explicar N2 Deducir N5 Inferir N2 Comprender N2

M ^a Luz Rodríguez Palmero y Javier Marrero Acosta.		Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo enmarcados en la tradición curricular “Top Down”.	Bottom Up (de lo particular a lo general). Teoría de la elaboración: -Consiste en organizar la enseñanza partiendo de los supuestos más sencillos o particulares, hasta alcanzar el nivel complejo o general. -Aspectos de la secuenciación (cuando enseñar y el orden de los contenidos) y estructuración de los contenidos (forma en la que se relacionan los mismos en dicha presentación) -serie de pasos y fases que determinan cómo conseguir esta meta o fin a través del proceso de “epitomización”. “El epítome es el elemento que permite articular las secuencias de enseñanza”. Teoría del aprendizaje	que nos ocupa, haciendo, por tanto, de esta teoría una herramienta eficaz en esta tarea. conceptos, diferenciarlos, reconciliarlos, establecer relaciones naturales de dependencia y, como resultado de todo ello, determinar las jerarquías conceptuales que, trabajadas convenientemente, potencian el desarrollo de los aprendizajes esperados y deseados no sólo de conceptos, sino también de principios, proposiciones, procedimientos que, en el fondo, se construyen con ellos. Se mantiene así coherencia con los referentes teóricos que guían la concepción que se tiene de enseñanza y de aprendizaje, y esto es lo que justifica la organización alternativa a la habitual, que se ha plasmado utilizando como marcos teóricos la Teoría de la Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo.		Conceptuar (Aislar) N4 Predecir (Inferir) N2 Analizar N4 Organizar N5 Integrar N5 2-5

		significativo: El modelo global que abarca no sólo la organización del contenido sino la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, el currículo completo. organización del contenido aplicando los principios básicos de diferenciación progresiva, reconciliación integradora y las relaciones naturales de dependencia para identificar la estructura conceptual del objeto de estudio. refleja la importancia de principios, proposiciones, hechos, ... Se hace hincapié, eso sí, en el papel de los conceptos con los que se construyen esos principios y proposiciones y que se ejemplifican con hechos porque se				

		considera que la mente humana opera con conceptos en un lenguaje de alto nivel con el que se elabora y desarrolla todo lo demás. una buena forma de plasmar la organización del contenido la constituyen los mapas conceptuales, pues, como instrumentos que son, representaciones externas, en definitiva, nos permiten jerarquizar esos conceptos, diferenciarlos, reconciliarlos, establecer relaciones naturales de dependencia y, como resultado de todo ello, determinar las jerarquías conceptuales que, trabajadas convenientemente, potencian el desarrollo de los aprendizajes esperados y deseados no sólo				

			de conceptos, sino también de principios, proposiciones, procedimientos que, en el fondo, se construyen con ellos.				
Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal Johanna Patricia Camacho González, Natalia Jara Colicoy, Cristina Morales Orellana, Nicole Rubio García, Tatiana Muñoz Guerrero y Gonzalo Rodríguez Tirado	2012	Analizar los modelos explicativos del estudiantado de 8vo básico, acerca de la estructura de la célula eucarionte animal, antes y después de una intervención didáctica, fundamentada desde el Modelo Cognitivo de Ciencia y estructurada según el Ciclo Constructivista de Aprendizaje	Investigación en 2 fases: Para obtener datos se les plantea que 1) "Te invitan a una fiesta de disfraces donde el tema central es Nuestro Cuerpo, por sorteo tu disfraz debe ser el de una célula, mientras que tu compañera de puesto debe disfrazarse de Corazón, en el disfraz de ella se pueden reconocer estructuras como: Aurícula, ventrículo, vena pulmonar, etc". ¿Qué estructuras celulares considerarías para elaborar el disfraz? ¿cómo sería? -2)promoción de la evolución del modelo: analogías entre globo y célula eucarionte animal.	Fase descriptiva e interpretativa: Se identificaron 7 modelos explicativos	La construcción de conocimiento científico escolar, corresponde principalmente a las características cognitivas de cada persona involucrada, por lo que se sustenta la importancia de los procesos de modelización en la actividad científica escolar. Los modelos explicativos del estudiantado identificados en la etapa de exploración se caracterizaron por ser simplificados e incompletos. Nuevos modelos explicativos de	Constructivista Modelo Cognitivo de Ciencias de Giere	Comprender N2 Analizar N4 Identificar N1 Explicar N2 Modelizar N6 Describir N1 Construir N6 Interpretar N2 Organizar N3 Razonar N4 Diseñar N6 Esquematizar N2 Observar N2-N4 Hipotetizar N6 1-6

		-3) actividad de síntesis: elaboración de maqueta de célula. -4) actividad de aplicación: “Estás en un día de campo, compartiendo con amigos, luego del almuerzo al despertar de una breve siesta te das cuenta que tienes una mancha rojiza en la palma de tu mano derecha, sientes ardor y un pequeño hormigueo. No le prestas importancia y sigues con tus actividades. A los tres días te das cuenta que tienes tu mano está inflamada y de coloración oscura”. Se propone que dibujen la mano antes y después de los 3 días del día de campo. Explicar que ha ocurrido a nivel y estructura celular. l)descriptiva e interpretativa: modelos		los estudiantes en la etapa de aplicación, los que se caracterizaron por incorporar un lenguaje especializado. La intervención didáctica favorece la construcción de modelos explicativos dinámicos y flexibles, que se caracterizan por poseer un lenguaje más especializado, establecer nuevas relaciones entre los organelos y funciones celulares, así como la capacidad de incorporar nuevos elementos para enriquecer el modelo de célula escolar, demostrando así que estos modelos se transforman progresivamente.		

		categorizados en 18 familias. II)pre-experimental: se identificó si existían diferencias significativas entre dichos modelos antes y después de la intervención didáctica a través, de las técnicas estadísticas de Wilcoxon y ANOVA de aleatoriedad de datos. -36 estudiantes de 8°básico colegio particular -La propuesta metodológica, se desarrolló a través de una Unidad Didáctica cuyo objetivo fue promover la explicación científica, acerca de la estructura de la célula eucarionte animal. -unidad diseñada según el MCC. -la toma de dato se realizó en la exploración y aplicación.				

					modelización en la actividad científica escolar. La riqueza de modelos explicativos del estudiantado, permitió conformar 4 familias de modelos en la etapa de exploración y 7 familias de modelos en la etapa de aplicación, de las cuales 4 eran nuevas y se caracterizaban por presentar relaciones más dinámicas, complejas y flexibles. Existe relación entre los modelos explicativos que el estudiantado		
					construye y los modelos teóricos de los científicos. La mayoría de los modelos del estudiantado (52.7%), tienen relación con el		

					modelo teórico de Brown (1831), en donde sólo se relacionan las estructuras generales y el núcleo como estructura principal de la célula. Modelos más complejos y próximos a las visiones de Schleiden y Schwann (1839) en adelante, sólo se manifestaron en el 5.6% del estudiantado. se debe a que los dibujos que relacionan el modelo de Brown, son representaciones generalizadas en los libros de texto y sólo en algunos países europeos (Alemania y Francia), se introducen dibujos de Schleiden y Schwann, que permiten comprender los		

					aspectos comunes entre células eucariontes y a la célula como unidad funcional, estructural y de origen. se identificó que los aspectos de la célula que tienen que ver con el medio interno-externo de la célula son de mayor dificultad y por ello, varios de los modelos explicativos propuestos por el estudiantado, no los consideran. De esta manera, es posible concluir que los modelos explicativos del estudiantado en general, presentan relaciones de similitud sólo en algunos aspectos con el Modelo Teórico de célula. Particularmente, estas relaciones se centran en la		

					célula como unidad estructural y no se hace mención de la célula como unidad funcional y/o de origen, relaciones que fundamentan la Teoría Celular actual.		
Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular Airton José Vinholi Júnior y Shirley Takeco Gobara	2016	Analizar la viabilidad del uso de modelaje didáctico, por medio de la construcción de modelos concretos, como material potencialmente significativo para el aprendizaje de contenidos de biología celular.	-Curso Biología I de primer semestre, 40 hrs de aula en 2 clases de 45 minutos, a la semana, aplicado a 35 estudiantes. Aplicación de cuestionario inicial para determinar conocimientos previos. Semiestructurado. Los subsunsores obtenidos se clasificaron en adecuados, parcialmente adecuados y ausentes. Se utilizaron organizadores previos para estudiantes con ausencia de subsunsores.	Cuestionario inicial: Las respuestas obtenidas se encuentran en las siguientes categorías: 1)Características de vida: materia viva e inerte. 2)Seres vivos organizados en reinos, unicelulares y pluricelulares, eucariontes y procariontes, autótrofos y heterótrofos. 3)Composición: sustancias orgánicas e inorgánicas. 4)Célula como unidad básica de vida. 5)Estructura celular: membrana plasmática, citoplasma y núcleo. 6)Fisiología celular: organelos y estructuras intracelulares. 7)Organización celular: carioteca	El análisis del post test y mapas conceptuales indicaron que los modelos didácticos contruidos por los estudiantes, como parte de la propuesta, presentaron elementos esenciales que se caracterizan como material potencialmente significativo. Hubo una apropiación significativa que favoreció a los estudiantes en la internalización de conceptos de biología celular y una construcción de significados.	Constructivismo (Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel)	Discutir N2 Modelar N6 Construir N3-N6 Organizar N3 Explicar N2 Diseñar N6 2-6

		pretest antes de un modelaje didáctico para el estudio de la biología celular, mediante una secuencia didáctica. Post test y mapa conceptual sobre el contenido abordado. Las respuestas obtenidas del pre y post test se analizaron cualitativamente, categorizadas en A (adecuadas), P (plausibles) y I (inadecuadas) Realización de mapa conceptual 1, utilizaron de ejemplo uno realizado por profesor. Los estudiantes desarrollaron, 2 modelos didácticos concretos (célula y virus). Se presentaron los modelos en seminario y se discutieron. Posteriormente, estudiantes realizan mapas	8)Diferenciación entre eucariontes animales y vegetales, pared celular y organelos específicos para cierto tipo celular. 9)diferenciación de células y virus. 10)perpetuación de especies: división celular. Respuestas para identificar subsunsores: empleadas para las estrategias de enseñanza de las clases Pre test: la mayoría eran respuestas inadecuadas (53,6%) En post test, las respuestas inadecuadas fueron de 24,4%. Respuestas plausibles en pre y post test poseen un porcentaje similar. Análisis de los mapas conceptuales: en su mayoría revelaron indicios de aprendizaje significativo. Estudiantes presentaron dificultades con las características químicas de las células y estructura y función de los organelos.			

			conceptuales sin ayuda de libro u otro material. Los mapas obtenidos se categorizaron en buenos, regulares e insuficientes.				
Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de célula Eduardo Ravanal Moreno, Francisco López-Cortés	2016	Construir un mapa del conocimiento didáctico del contenido de célula (CDCc) a partir del análisis de un cuestionario de preguntas abiertas conocido como Representación del Contenido (ReCo) propuesto por Loughran, Mulhall y Berry	Participaron cinco profesionales del área biológica, sin formación pedagógica inicial y que actualmente trabajan en una escuela de secundaria. se utilizó el cuestionario escrito de Representación del Contenido de célula, para reconocer ideas centrales que poseen los participantes.	Mapa de Clara: la finalidad de la enseñanza de la célula es el aprendizaje de los contenidos conceptuales declarados en el curriculum prescrito, generalmente centrados en la comprensión y funcionamiento del cuerpo desde la célula. reconoce estrategias de enseñanza específicas centradas en actividades experimentales, situación que por momento restringe posibilidades de aprendizaje dado que el énfasis está en el método y no lo en lo que puede construir desde ahí. aprendizaje por asimilación –perspectiva psicológica-, y el principio de enseñanza de exposición directa, a partir de la cual el profesor guía y coordina la actividad de enseñanza y aprendizaje. Desde el punto de vista epistemológico, se	La relación o integración. entre los componentes del CDC es diferente en cada profesional. Estos antecedentes nos llevan a afirmar que el CDC tiene un carácter personal, propio e idiosincrático como lo advertieran otros autores. Como ya hemos señalado, el CDC es una construcción propia del profesor que nace por la relación entre los conocimientos y creencias de otros núcleos de saber, que se vinculan en algún grado y por algún tipo de relación, para dar respuesta a una idea de	Constructivismo Método Científico	Construir N3-N6 Reconocer N1 Mapear (trazar) N6 Analizar N3 Explicitar (Explicar) N2 Organizar N3 Visualizar N6 1-6

				proyecta una imagen de ciencia centrada en el método, esto último estrechamente relacionado con el modo de acción de Clara, realizar actividades experimentales y de aplicación para la asimilación conceptual. <u>Mapa de Raúl:</u> la representación del contenido de célula, constituye una idea de y para la enseñanza, planteada como sigue: «Aplicar una prueba de diagnóstico al inicio de una unidad para conocer objetivamente los conocimientos previos de los estudiantes sobre la célula». la representación que se tenga de los entendimientos de los estudiantes orienta la selección e implementación de las estrategias de enseñanza. En tanto, éstas –las estrategias- pretenden dar respuesta a las demandas de aprendizaje de los estudiantes. imagen de ciencia evolutiva enseñada desde situaciones problemas en	enseñanza. Cuando relacionamos el mapa de CDC con las entidades de un modelo didáctico en particular apreciamos que el 75% de los profesores participantes del estudio manifiestan un modelo con enfoque tradicional. Cuestión que no nos preocupa si consideramos que un profesor con baja experiencia profesional. Evidenciamos una fuerte influencia del currículo nacional en la estructura sustantiva del contenido a enseñar, estructura determinada por los Planes y Programa de Estudio del Ministerio de Educación y que el profesor no se atreve a	

				que busca comprender la estructura y función celular así como los procesos de investigación asociados a ello, tales como inferir, plantear hipótesis, analizar casos o realizar observaciones (<u>Mapa de Mario:</u> Orientación a la Enseñanza con énfasis en «velar por cumplir los contenidos mínimos obligatorios. Los temas y sus niveles están dado por los programas de estudio» La imagen de ciencia de Mario es abierta e integradora. No obstante ello, desde el punto de vista psicológico se concibe el aprendizaje como la integración de conocimientos considerando las tres dimensiones: saber, saber hacer y saber ser. Todo lo anterior, en estrecha relación con formas de enseñar centradas en la construcción de modelos concretos, análisis de información y experimentación, donde el rol del profesor es coordinar o guiar la actividad de	modificar, ajustar o enriquecer por la fuerte presión que ejerce la unidad educativa sobre el cumplimiento de dicho currículo. En ese marco, los estudiantes son objetos de enseñanza más que sujetos de aprendizaje .		

				aprendizaje. modelo de enseñanza constructivista, que entiende que la experimentación responde a los propósitos de la investigación para un aprendizaje autónomo que progresa de manera continua. <u>Mapa de Pamela:</u> Ciencia cerrada y centrada en la teoría caracteriza, desde la perspectiva epistemológica, el modelo de enseñanza de ella. En un plano psicológico, el aprendizaje se concibe como la integración de los contenidos educativos, entendidos estos como; conceptuales, procedimentales y actitudinales. El principio de enseñanza es por transmisión de conceptos y el de aprendizaje centrado en la comprensión de la estructura y fisiología celular, sin pretensión de memorizarlos, sino más bien comprenderlos. El modo de acción está situado en confeccionar modelos concretos de célula y el			

				uso de libros de texto; ideas que se relacionan con la imagen de ciencia que comparte la profesora. Mapa de Hugo: Ciencia cerrada y centrada en el método, desde la perspectiva epistemológica, caracteriza el modelo didáctico de Hugo. En un plano psicológico, el aprendizaje se concibe como la asimilación de conceptos para la memorización. Dicho atributo se relaciona con el sistema social que se establece entre Hugo y sus estudiantes, esto último con un rol pasivo en tanto el profesor adopta una función directiva. Los modos de acción transitan desde clases expositivas por transmisión, las actividades son investigaciones guiadas y trabajo de laboratorio. Independiente de las maneras, los principios de enseñanza son transmitir los conceptos y los alumnos aprenderlo haciendo			

La célula real vs. el modelo de célula: una tensión epistemológica con implicaciones didácticas Lydia Galagovsky, Natalia Ospina Quintero y Graciela Merino	2017	Indagar acerca de qué visiones sobre la tensión entre modelo de célula y una célula real se suscitan en los estudiantes de profesorado (EsP) a partir de la interacción con el videojuego (VDJ) KOKORI y reflexionar sobre el impacto didáctico de tales visiones	Se trabajó con un total de 34 EsP de química y biología pertenecientes a tres profesorados de gestión pública (dos de Argentina y uno de Colombia). Los EsP interactuaron libremente con el VDJ KOKORI durante dos horas (en promedio), y, luego, se les solicitó que completaran por escrito un cuestionario en el cual se los indagaba sobre diferentes cuestiones de biología celular y de su didáctica, de tal forma de poner en evidencia sus visiones epistemológicas. Posteriormente, voluntariamente el 50% de los participantes (17 EsP) accedieron a ser entrevistados. Mediante la entrevista semiestructurada	Del cuestionario se obtuvieron 101 opiniones, las que fueron categorizadas en: -Utilizan la palabra modelo para referirse al escenario del KOKORI. -Enuncian lo que hay en el espacio intracelular. -Enfatizan en el carácter 3D del escenario. En la entrevista se obtuvieron 55 respuestas las que se categorizaron en: -Grupo A Respuestas que mencionaban la palabra "modelo". -Grupo B Respuestas que señalaban la palabra "abstracto" -Grupo C Respuestas que señalaban falencias en las representaciones del KOKORI. -Grupo D Respuestas que insistían sólo en comparar la representación del KOKORI con otras.	Los resultados dan cuenta de sus escasas reflexiones epistemológicas con respecto a la tensión entre los conceptos de célula real y de modelo de célula. Esta falta de cuestionamientos epistemológicos sobre el significado de por qué y para qué una entidad es modelizada por la ciencia, con sus alcances y sus limitaciones, generaría en los estudiantes la falsa idea de que sus representaciones estereotipadas son modelos. La obliteración de todos los aspectos instrumentales que con el devenir histórico de la ciencia han permitido a la biología celular a construir sus	Constructivista	Resolver N3 Cuestionar (Debatir) N5 Reflexionar (pensar) N6 3-6

			se indagaron los significados dados por cada entrevistado a lo que había escrito al contestar el cuestionario.		conceptos básicos sobre estructura y función de las células y sus organelas.		
Ensino de biologia celular por meio de modelos concretos: um estudo de caso no contexto da deficiência visual Alessandra Franço da Silva Costa, Airton José Vinholi Júnior, Shirley Takeco Gobara	2019	Analizar si la construcción y el uso de modelos concretos pueden facilitar el aprendizaje de los conceptos de biología celular en una secuencia didáctica	Estudio de caso, cualitativa. La investigación presentó 3 fases: -mapear mediante la búsqueda de publicaciones relacionadas al tema (uso de modelos en estudiantes con deficiencia visual) -Construcción de la secuencia didáctica -Intervención propiamente dicha. Estudio se realizó en una escuela estatal, el sujeto de estudio, un estudiante de segundo medio (16 años) con ceguera total. Aplicación de cuestionarios y entrevistas, filmaciones para detectar la posible evolución de conceptos	Etapas 1: levantamiento de conocimiento espontáneo y científico: Estudiantes diferencian materia viva de inerte y que todos los seres vivos están formados por células. (preguntas 1 y 2). Preguntas 3, 4 y 5: inadecuadas, estudiantes distinguen las diferencias, pero no saben cómo explicarlas. No pueden nombrar 3 partes de la célula y confunden partes del cuerpo con células (cartílagos). Etapas 2: Diferenciar fisiología y morfología de eucariontes (animales y vegetales), procarionte, y seres acelulares Se divide en 2 partes: -profesora explica las diferencias estructurales de una célula procariota y eucariota, las principales funciones y ubicaciones de los orgánulos citoplasmáticos presentes en	Se concluye que el uso de modelos concretos contribuyó a la construcción de conocimiento. El levantamiento de información constata que estudiante distingue materia viva de inerte, que los seres vivos están formados de células, no puede citar 3 partes de la célula. Finalmente, se concluye que esta estrategia de enseñanza combinada con la construcción de modelos concretos por parte de los estudiantes permitió su interacción con el material, creado	Histórico-cultural de Vygotsky Constructivismo	Analizar N4 Construir N6 Investigar N4 Seleccionar N3 3-6

			científicos en alumnos. Secuencia didáctica desarrollada en 4 etapas: -Filmación de un cuestionario desarrollado de forma oral, Cuestionario estructurado, con 5 preguntas abiertas para levantar conocimientos espontáneos o científicos sobre la célula. -Aplicación de cuestionario de alternativas, para determinar si alumno diferencia procariotas, eucariotas y seres acelulares. -en la etapa III y IV, filmación y transcripción de interacciones verbales y de contenido entre alumno y profesora. Uso del programa DOSVOX.	cada tipo de célula, formas y composición estructural de un virus. -docente/investigador inició la entrevista. discutiendo algunos conceptos celulares, tales como: el principal diferencias entre una célula procariota y eucariota, haciendo hincapié en las tres partes que componen una célula (membrana plasmática, citoplasma y núcleo). En eso momento, se le recordó la presencia y función de membrana plasmática en ambos tipos de células (procariotas y eucariotas), luego comentó sobre el citoplasma (citósol), donde varias estructuras están presentes con diferentes funciones, en el caso de la célula procariota hay únicos ribosomas responsables de la síntesis de proteínas y la del núcleo, porque en la célula procariótica el material (ADN) se dispersa en el citoplasma debido a la ausencia de membrana nuclear o carioteca. Se presentó un modelo confeccionado,	oportunidades para el diálogo entre él y el maestro, favoreció el intercambio de conocimientos y promovió una mejor aprendizaje.		

				hecho de espuma de poliestireno, plastilina y plástico de una célula eucariota animal, para que el estudiante tenía un sentido táctil de los temas presentados. Etapas III: tipos de modelos concretos de células: Estudiante , con apoyo de la profesora, busca en internet y libros, mediante ayuda de DOSVOX, información para elaborar virus y célula procariota, eucariota(vegetal y animal). Selecciona materiales para construir modelo concreto. Etapas IV: presentación de modelos concretos -2 momentos: Construcción de célula eucariota animal y vegetal, procariota y virus. -Presentación: estudiante respondió inadecuadamente sobre proteínas receptoras virales eran el virus. Al presentar célula procarionte, respondió incorrectamente sobre los ribosomas y su función. En célula animal, respondió parcialmente función de centríolos y aparato de Golgi. En célula			

				vegetal, respondió adecuadamente sobre forma y función de la pared celular, parcialmente cloroplastos (explicó función pero olvidó nombre) inadecuadamente sobre estructuras y función de la vacuola. Etapas V: Verificación de la apropiación de conocimientos científicos: Se aplicó un tercer cuestionario sobre: diferenciación de materia viva e inerte y definición de célula, diferencia ser celular y acelular, diferencias morfológicas y funcionales de las células. -Difiere entre materia viva e inerte. - define célula, hay respuestas plausibles. -respuestas adecuadas entre seres celulares y acelulares Respuestas plausibles e inadecuadas en estructura y función de organelos.			
Estudio didáctico-epistemológico sobre la relación entre los modelos de respiración celular y de combustión	2020	Analizar cómo influye el uso de la analogía de la respiración celular con la combustión durante la enseñanza, en la construcción conceptual del	-Revisión y análisis de los temas de respiración celular de los libros "Biología" (Curtis et al., 2008), "Biología Molecular de la Célula"	-En la observación no participativa, se empleó la analogía respiración-combustión. -Al presentar las reacciones indicaron la actividad de enzimas como catalizadores	La enseñanza tradicional mediante la comparación entre el modelo de combustión química y el modelo de	Constructivismo	Analizar N4 Comparar N2 Construir N3-N6 Observar N1-N2-N4 Conceptualizar (Definir,

Martín Pérgola y Lydia Galagovsky		proceso de respiración celular; - Analizar los posibles errores de aprendizaje que pudieran surgir a partir de la utilización de dicha analogía, indagando respuestas de docentes de escuela media en ejercicio, y de un grupo de estudiantes de Biología del Ciclo Básico Común de la UBA.	(Alberts et al., 2014) y "Biología molecular de la célula" (Lodish et al., 2016). -Resolver un cuestionario con respuestas de selección múltiple, en 15-20 minutos. -Observaciones no participantes de la transposición didáctica de respiración celular y la analogía respiración-combustión. -Aplicar cuestionario a estudiantes después de prueba parcial Voluntaria y por escrito. -Aplicación del cuestionario a 14 docentes de Ciencias Naturales de escuela media de distintas zonas del país en el marco de un taller organizado dentro de la Semana de la Enseñanza de las Ciencias de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA	biológicos y señalaron los lugares de la célula donde cada uno de los procesos ocurrían (glucólisis, ciclo del ácido cítrico, cadena respiratoria y fosforilación oxidativa). Por último, como los procesos suceden en distintas zonas de la célula, las docentes mencionaron que existe transporte específico de sustancias a través de membranas mediante distintos mecanismos con y sin gasto de energía. -glucosa y oxígeno no se combinan. aunque ambos pueden estar presentes al mismo tiempo en el citoplasma, la reacción entre ellos no ocurre espontáneamente en el medio celular en las condiciones fisiológicas. -visión teleológica: la expresión "glucosa y oxígeno se combinan para producir ATP" puede conducir al desarrollo de concepciones alternativas, ya que el proceso no tiene una finalidad predeterminada. -Si bien es posible realizar una comparación entre la combustión química de la glucosa y la respiración	respiración celular, que excluye una discusión epistemológica de sus alcances y limitaciones, podría conducir a fallas en el aprendizaje. Estas fallas estarían generando, a su vez, obstáculos que impedirían futuros aprendizajes sustentables. Los resultados de la indagación con estudiantes universitarios revelaron que ellos y ellas operarían con elementos memorizados sin conexión y sin cabal comprensión del concepto de combustión. Por lo tanto, el discurso biológico que presenta a la respiración celular como ejemplo de combustión estaría	Expresar) N1-N2 Identificar N1 Determinar (Establecer) N4 Registrar (Escribir) N1 Resolver N3 Revisar (Examinar, Inspeccionar) N4 Concluir (Inferir, Deducir) N2-N5 2-6

			(edición 2018), con el fin de comparar sus elecciones con las de estudiantes.	celular, tanto mediante lenguaje verbal como con la Ecuación I, ambos procesos son distintos desde el punto de vista químico y se explican mediante distintos modelos. -La respiración celular es un complejo proceso que involucra numerosas reacciones químicas, muchas de ellas mediadas por enzimas, compartimentalizadas y mecanismos de transporte de sustancias. -diferenciar la representación del proceso en su conjunto mediante el lenguaje de reacciones químicas, de los modelos teóricos que permiten explicar la combustión y la respiración celular. -los átomos de la molécula de glucosa no son los que generan la molécula de ATP. Modelo de combustión química: -Durante una reacción de combustión combustible y comburente deben combinarse para que ocurra la reacción. -Durante la combustión completa de materia	sustentado en un gran problema de comunicación entre personas expertas y novatas. La combustión de materia orgánica y la respiración celular -en ambos casos de glucosa- son dos procesos cuyos modelos científicos son muy distintos. uso del lenguaje de reacciones químicas, con sus alcances y restricciones sobre estequiometría y balance de masa sumado a la utilización ambigua del lenguaje verbal, pueden convertirse en obstáculos de un aprendizaje conceptual correcto.		

				orgánica, el oxígeno se reduce, formando agua. -durante una reacción química en un sistema aislado, la masa total en el sistema permanece constante.			
Un Proceso de Modelización de la Membrana Celular en la Formación del Profesorado en Biología en la Universidad Eduardo Enrique Lozano, Agustín Adúriz-Bravo y Nora Bahamonde	2020	Describir los modelos de partida, intermedios y de arribo de los estudiantes e Interpretar los procesos de modelización.	Etapas 1: Diseño de la unidad didáctica y su aplicación en el aula, análisis y evaluación de su implementación. Etapas 2: ajuste y rediseño de la unidad didáctica a partir de los datos obtenidos, nueva aplicación y análisis de los datos. Diseño de UD: Según las orientaciones generales de la Actividad Científica Escolar. -Elaboración de actividades para las distintas etapas de la modelización: inicial, intermedio y de arribo. -6 sesiones. 1)Modelo de partida: --En la sesión 1 solo en 4 casos no	Pensar en sustancias autosellantes como gelatina, aceite o agua, y estructuras porosas para caracterizar los límites de las células posibilitó el surgimiento de más de una hipótesis. -La experiencia fue significativa y promovió procesos cognitivos como la construcción de representaciones mentales, de analogías y de argumentaciones a la hora de justificar los modelos iniciales. Las pompas de jabón darían cuenta de las preocupaciones de los alumnos por lograr que, además del autosellado de las sustancias, se obtuvieran estructuras tridimensionales estables para la operación de introducir y sacar objetos a semejanza de una micropipeta y un óvulo. -En El segundo modelo, se rescata una propiedad central, la auto-organización de las	-En el marco de la construcción de los modelos científicos escolares, la consideración del problema de la manipulación de células con micropipetas para la fertilización in vitro se constituyó como un caso que fue bien resuelto. -Con la modelización, se avanzó significativamente en la reconsideración teórica del fenómeno, en su construcción como hecho científico escolar y también en el desarrollo de la retórica que implicó interacciones dialógicas significativas y la	Constructivismo	Describir N1 Modelar N6 Explicar N2 Interpretar N2 Analizar N4 Diseñar N6 Evaluar N5 Elaborar N6 Aplicar N3 Categorizar N3-N4 1-6

		se pudo distinguir hipótesis en las respuestas. Los 28 restantes pudieron proporcionar de 1 a 4 explicaciones. -Al analizar las explicaciones respecto de por qué no se rompe el óvulo luego de introducir y sacar una micropipeta de él, se consideró apropiado organizarlas en tres categorías: 'sustancias', 'estructura porosa' y 'propiedades de la micropipeta. -en el contexto de la situación problemática propuesta, sólo tres estudiantes activaron un modelo de membrana lipídica y sólo uno de ellos lo aplicó con funciones de fluidez. Otro grupo propuso la presencia de poros por donde podía ingresar la micropipeta sin dañar la célula. Una tercera categoría hace alusión a	pelotitas, lo que logra satisfacer el requisito. -El mediador simbólico de lípido anfipático, dio lugar a un análisis a nivel molecular del comportamiento del modelo 'gota de aceite' y 'pompa de jabón", aportando nuevos significados.	comunicación de las ideas reformuladas. -Se pudieron describir los modelos de partida (individuales) y de llegada (grupales) y la etapa de la modelización de las sesiones 1 y 2 constituye una unidad de sentido en sí misma, ya que permitió de manera razonable resolver el problema planteado y podría ser desarrollada en instancias formativas en las cuáles no sea necesario implicar el nivel molecular de organización. -es necesario avanzar en investigaciones en la perspectiva modelos y modelización que, tal como se ha propuesto en este estudio, integren el campo	

			propiedades de la micropipeta. 2)Modelización intermedia: a)Discusión de los modelos individuales al interior de cada grupo y construcción de un primer análogo material. Los estudiantes comentaron sus dibujos y sobre la hipótesis relacionada con sustancias: -Los estudiantes compartieron graficas. -Se observó vídeo para analizar la presencia de poros de la membrana celular. -Se discutió acerca de la hipótesis sobre sustancias. -Se les proporcionó a los estudiantes los siguientes materiales: (gelatina preparada, agua, aceite, jabón, globos, coladores, recipientes de plástico, sorbetes,		de la formación disciplinar y metacientífica e impliquen el diseño de nuevas unidades didácticas. Estas deberían permitir a los estudiantes ampliar el campo de experiencias para pensar teóricamente diferentes fenómenos del mundo y, simultáneamente, a la propia ciencia. Creemos en el potencial de extender esta propuesta a la formación biológica en general, apuntando a la construcción de una identidad en la formación del profesorado en Biología	

		pipetas de vidrio, pelotitas de telgopor). -luego de revisar y comparar materiales, presentaron, en una puesta en común en clase, un análogo material que cumplía con las condiciones del fenómeno de ingreso y salida de la micropipeta al óvulo. aparición de las pompas de jabón en dos de los grupos, como análogo material en esta primera etapa de la modelización intermedia. En uno de los grupos de la muestra surgió por la exploración con los diferentes materiales y en el otro fue propuesto por una integrante quien recordaba que era posible intervenir una pompa sin que colapsara. b)modelización utilizando un mediador simbólico:				

			En la sesión 3, la actividad grupal de lectura del texto que propone la analogía con una pompa de jabón. Probaron usar pompas de jabón y debieron explicar porqué no se colapsaban al introducir un sorbete. De las ideas expuestas fue posible identificar argumentos basados en propiedades macroscópicas del sistema: elástico, flexible, permeable y estable, para justificar el comportamiento de las pompas ante la introducción del sorbete. -en la misma sesión, se ligaron pompas de jabón y gotas de aceite en un recipiente con agua. Utilizando el mediador simbólico de una molécula lipídica anfipática, debieron relacionar con aspectos moleculares, -se les solicita a estudiantes explicar				

			cómo esas moléculas se dispondrían en el agua. 3)Modelo de arribo: la totalidad de los grupos pudo representar a nivel molecular la unión de pompas entre sí, gotitas de aceite y la entrada y salida de la micropipeta a través de la membrana celular. -Se advierte que términos como flexibilidad, elasticidad son reemplazados por reacomodación, movimiento, reorganización molecular. - pensar en sustancias autosellantes como gelatina, aceite o agua, y estructuras porosa para caracterizar los límites de las células posibilitó el surgimiento de más de una hipótesis. -La experiencia fue significativa y promovió procesos cognitivos como la				

			construcción de representaciones mentales, de analogías y de argumentaciones a la hora de justificar los modelos iniciales. Las pompas de jabón darían cuenta de las preocupaciones de los alumnos por lograr que, además del autosellado de las sustancias, se obtuvieran estructuras tridimensionales estables para la operación de introducir y sacar objetos a semejanza de una micropipeta y un óvulo. -En El segundo modelo, se rescata una propiedad central, la auto-organización de las pelotitas, lo que logra satisfacer el requisito. -El mediador simbólico de lípido anfipático, dio lugar a un análisis a nivel molecular del comportamiento del modelo 'gota de aceite' y 'pompa de				

			jabón", aportando nuevos significados.				
Relación entre los procesos argumentativos y los modelos explicativos de la transmisión de caracteres hereditarios en el marco de las excepciones mendeliana. Patricia Carolina Casas Martínez, Omar David Álvarez-Tamayo.	2021	Comprender la incidencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos de los caracteres hereditarios postmendeliano.	-Estudio de caso. -Realización de una intervención didáctica orientada a la argumentación. -3 etapas: Fase 1: identificación de los modelos explicativos y argumentativos iniciales. Fase 2: Intervención didáctica mediada por procesos argumentativos. Fase 3: corresponde a la identificación de modelos explicativos y niveles argumentativos finales y la reflexión sobre la incidencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos del concepto.	-Los modelos explicativos iniciales (MEI) fueron el mendeliano general, el mendeliano específico y el cotidiano. -mendeliano general, el mendeliano específico y el cotidiano (Fig. 2) y, en menor representación, el reproductivo y herencia mezcladora. -la presencia de modelos previos a la herencia mendeliana sugiere dificultades en su comprensión que, en este campo, han sido relacionadas a su naturaleza abstracta, la terminología, contenidos matemáticos, niveles macro y micro, así como la comprensión en la interacción entre conceptos. -Al inicio, el nivel de argumentación está a nivel 1, con conclusiones o conclusiones y datos. -Se observaron conclusiones y datos que vinculan hechos observables, experiencias propias, la interpretación de imágenes, textos y modelos de herencia de	En el momento inicial se encontraron modelos explicativos representativos como el cotidiano, sin modelo, reproductivo y mendeliano general y en menor proporción el específico. Luego de la intervención didáctica, orientada a fortalecer los procesos argumentativos, los argumentos se ubicaron en su mayoría en el nivel 2 incluyendo más elementos en su estructura, así como el uso en su mayoría de modelos explicativos postmendelianos y mendelianos específicos y en	Evolucionista de Toulmin	Argumentar N5 Construir N3-N6 Comprender N2 Modelar N6 Explicar N2 Reflexionar N6 2-6

				origen escolar, sensorial y cultural. -Al final, el nivel argumentativo fue el 2 y luego el 1, frente al uso principalmente de datos, justificación y conclusión y en la tendencia de argumentos con más elementos que, en este caso incluyeron, en algunos, refutación, datos y/o garantía. Modelos explicativos y niveles de argumentación caso específico: -momento inicial en sus respuestas, se observó un mayor empleo del modelo mendeliano general y en menor proporción del específico. -en cuanto al rol de los genes, no hay claridad en el origen de las características (religioso y/o antecesor), de los procesos que allí ocurren y del rol de la meiosis ni su nominación conceptual. -en el caso cotidiano, se percibe la influencia de creencias religiosas en su respuesta. -el modelo mendeliano (general y específico) se evidenció	menor proporción el molecular. Se observó un avance paralelo en la argumentación y el uso de modelos explicativos mendelianos y postmendelianos mediados por una intervención que promovió los procesos argumentativos individuales y colectivos a través de una unidad didáctica con tipologías de preguntas orientadas a la argumentación y por el acompañamiento docente. Posibilitó superar obstáculos relacionados al papel del gen en la transmisión de caracteres hereditarios y la identificación de las relaciones alélicas, génicas,		

				en la identificación de características transmitidas de una generación a otra, en la expresión genotípica y fenotípica, en el rol del gen como portador de información y en menor proporción de las condiciones de dominancia y recesividad. El apoyo de otros modelos es considerado producto de conocimientos previos, o ideas anteriores que se han convertido en obstáculos. Estos pudieron originarse por presentaciones simplificadas de los conceptos que ocasionaron una distorsión en la comprensión de los conceptos. -en el momento final, hubo una importante representación del modelo postmendeliano, desde patrones como la poligenia, herencia ligada al cromosoma X e Y, codominancia y dominancia intermedia, así como una pequeña aparición del modelo mendeliano específico y del modelo molecular de la herencia. -Producto de sus respuestas, se admitió un	patrones de herencia y la interacción alelo-gen-expresión fenotípica. los procesos argumentativos promovidos desde la intervención didáctica aportaron al cambio de los modelos explicativos y, en este caso, implicó la movilización a modelos explicativos postmendelianos y mendelianos específicos, así como en los niveles argumentativos.		

				cambio hacia el modelo postmendeliano mediado desde el uso de elementos conceptuales, el empleo en su mayoría de patrones correspondiente con cada interrogante y de un uso de lenguaje propio del modelo. -Movilización hacia modelos explicativos postmendelianos, así como de los niveles argumentativos, indicando la incidencia de los procesos argumentativos en el aprendizaje del concepto mediado desde la construcción de argumentos en el aula.			

ANEXO 7

CÉLULA VEGETAL FOTOSÍNTESIS

Sub categoría	Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Fotosíntesis	Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. Charrier, M., Cañal, P. y Rodrigo Vega, Maximiliano	2006	Analizar las concepciones alternativas sobre la FS y, respiración, su origen y nuevas metodología de enseñanza (revisión publicaciones desde 1980-2006)	Nueva selección y jerarquización de contenidos. Respiración: PRIMARIA: Vuala (1991): incorporación de dibujos animados en primaria. Puede introducir nuevos obstáculos de conceptualización, en lugar de los anteriores. Cañal (1992b): sobre nutrición vegetal, comenzar por el aire y los gases. Para la respiración,	Concepciones sobre la F.S: 1) Mayoría de los estudiantes (más aún en los pequeños) creen que todos los nutrientes que necesitan las plantas, las obtienen del suelo, a través de las raíces. 2) Indican que la FS sirve para que las plantas crezcan y vivan. 3) Creen que la hoja sirve para atrapar agua de lluvia,	Serias dificultades en la construcción de los conceptos de respiración y fotosíntesis. Conceptos complejos difíciles de enseñar y aprender. Argentina, Brasil, España, Estados Unidos, Francia, Israel, Nueva Zelanda, Portugal, Reino Unido y Turquía han mostrado la universalidad de las concepciones alternativas, así como la	Sistémico	Comprender N2 Estimar N5-N6 Calificar N2 Juzgar N5 Valorar N5

				previamente: organismos vivos, compuestos por células que necesitan el oxígeno para producir energía. Proponer la analogía de la “combustión interna que proporciona energía” Por un lado como organismo que incorpora aire, y a nivel celular el de quemar sus dentro de la célula para obtener energía. Para secundaria, la misma propuesta, con mayor profundidad. <u>SECUNDARIA:</u> Banet y Núñez (1990): Considerar anatomía de sist. digestivo y respiratorio, establecer diferencias entre ventilación pulmonar e intercambio alveolar y la composición del	desconocen su función. 4) Desconocen la función de la clorofila. Otros, indican que sirve para: dar color a la planta, es la sangre, se combina con dióxido de carbono para formar glucosa, elabora alimentos y si se tiñe con yodo, da una sustancia de color negro llamada almidón. 5) Confunden respiración con FS, la función del dióxido de carbono con la del oxígeno, absorción de gases se da en tallos y raíces, no en las hojas. 6) Arraigo al conocimiento cotidiano: no se puede dormir con plantas en la habitación.	permanencia de las mismas a lo largo de todo el período de escolarización. Las concepciones aparecen en la escuela primaria y en muchos casos se extienden hasta la universidad. Errores aumentan a nivel que se avanza de curso o se sustituyen por nuevas concepciones, que son nuevos obstáculos de aprendizaje. F.S y respiración se enseñan juntas, se comparan a nivel de reacciones químicas y el intercambio gaseoso. Los estudiantes conceptualizan la respiración como intercambio gaseoso y la F.S como respiración inversa.		

			aire, atmosférico, inspirado y espirado. Transporte de gases por la sangre, intercambio de gases en los tejidos y uso de oxígeno al interior de las células. García Zaforas (1991): Construcción de modelo interpretativo global donde se prescinda de tecnicismos y se estudie el nivel celular integrado al nivel de organismo. Paccaud (1991): Abordar el contenido desde 3 puntos de entrada: Bioquímica (transporte de electrones, síntesis de ATP, transformación, acumulación y conservación de energía) fisiológica (alimentación, digestión,	7) Creen que las plantas hacen FS de día y respiran en la noche. 8) Desconocen la necesidad de luz. En otros casos señalan que es para vivir, crecer, dar color a la planta, tener buena salud. 9) No mencionan transformación de energía solar a química, aunque se reconoce la necesidad de luz. 10) Ven la energía como un medio para producir calor. 11) Desconocen donde queda la energía como resultado de la FS. 12) Pocos casos señalan formación de hidratos de carbono como el almidón. Concepciones sobre respiración:	muchos autores (Smith y Anderson 1984; Cañal 1990) mencionan al profesorado como una posible causa de los errores conceptuales que presentan los estudiantes. Es necesario analizar las concepciones que presenta el profesorado activo. La unidad didáctica de nutrición en las plantas debe ser reformulado en cuanto a selección, jerarquización. Se requiere modificar el marco curricular, el material empleado en el desarrollo curricular, formación docente y profundizar en las concepciones de los estudiantes.		

			circulación, asimilación) y ecosistémica (ciclo de la materia y flujo de energía entre los seres vivos) Fotosíntesis <u>PRIMARIA:</u> (Cañal, 1992): 2 niveles sucesivos de formulación: organismo animal o vegetal y celular. Abarcar desde la nutrición como los organismos obtienen nutrientes que quedan a disposición de las células. Posteriormente tratar la fotosíntesis y la respiración como procesos de organismos diferentes que satisfacen la s mismas necesidades. Distinguir entre el nivel organismo y célula y las relaciones entre ellos. Nutrición	1) Definición relacionada con la FS. 2) Plantas no respiran 3) Sinónimo de intercambio gaseoso. 4) Desconocen el lugar donde ocurre la respiración. 5) Respiración ocurre en células del sistema respiratorio 6) Respiración de animales y vegetales son diferentes, 7) Confusión en el rol del dióxido de carbono y el oxígeno (CO2 eliminado es el que incorporó en la inspiración, oxígeno como fuente de energía, el O2 de la FS se usa en la respiración durante la noche, O siempre entra y CO2 siempre			

				como intercambio de materia y energía con el medio. Compuestos orgánicos como fuentes de energía a diferencia de los inorgánicos. Plantas obtienen nutrientes inorgánicos del aire y suelo. los nutrientes están disponibles en el medio. Elaboran sustancias orgánicas a partir de las inorgánicas obtenidas, cuando hay luz solar. Compuestos orgánicos e inorgánicos se combinan para dar compuestos orgánico que sirven para el crecimiento vegetal, reservas. Respiración como proceso que se desarrolla continuamente en animales y plantas donde pueden obtener energía desde	sale, el O₂ se transforma en gas carbónico y viceversa) 8) Se desconoce la respiración como forma de obtención de energía Génesis de las concepciones: 1) Una deficiente formación científica de los docentes en activo en relación con estos dos conceptos, insatisfactorias condiciones de trabajo, inadecuada e insuficiente preparación didáctica, materiales curriculares de planteamientos tradicionales, contenidos no actualizados y frecuentes errores, esquema rígido de la organización escolar e influencias negativas del contexto			

				compuestos orgánicos. <u>SECUNDARIA:</u> <u>Barker y Carr (1989-1992)</u> Estudiantes están familiarizados con la madera y no con el almidón <u>Eisen y Stavy (1992)</u> desarrollan modelo a partir de las reminiscencias de teorías científicas que presentan los estudiantes (Historia de las ciencias) Los elementos que forman tu cuerpo La diferencia de peso entre o que entra y sale del cuerpo Síntesis de materiales por ruptura de oxígeno y la alimentación. Cómo las plantas eliminan el oxígeno a la atmósfera Elementos que producen las plantas	sociocultural cotidiano. 2) Exceso de información innecesaria 3) Problemas del propio campo conceptual 4) Imposibilidad de describir fenómenos biológicos en términos químicos. 5) Visión antropocéntrica 6) Errores en los textos, representación de la FS y la respiración en una misma ecuación. 7) Mal planteamiento de la asignatura, "bajada" de contenidos curriculares, 8) Aprendizaje basado en recepción-transmisión, memorización, uso excesivo de tecnicismos. 9) Pedagogía del descubrimiento no siempre es útil para la			

				Transformaciones en las plantas Ciclo de materia en la naturaleza Fuentes de C en la naturaleza Influencia del hombre en el ciclo del C y el efecto del C en el clima terrestre.	comprensión de la FS productora de sustancias específicas para las plantas. Planes de estudio en la formación de profesores presenta pocas horas de Biología.			
	Evaluación del desarrollo de las competencias científicas explicar e indagar en la aplicación de un trabajo práctico sobre fotosíntesis. Garnica, S., Arteta de Molina, J.	2010	Desarrollar habilidades científicas: Indagar y explicar en estudiantes de 9º grado.	Desarrollo en grupos de 6 estudiantes de guía de laboratorio "Photo finish" del libro: Biology Exploring Life (Campbell, 2004): Medir y comparar la tasa fotosintética de una hoja joven y una adulta. (análisis de la guía de laboratorio, desarrollo y realización de informe)	Algunos estudiantes pueden conocer los conceptos pero no comprender sus relaciones y aplicaciones biológicas. Algunas explicaciones se remontan al ámbito estructural (cantidad de estomas o cloroplastos) previamente los estudiantes debían poseer un bagaje conceptual que les permitiera comprender el proceso y llegar a esa explicación	Las relaciones que se establecen entre los contenidos teóricos de la guía requiere que los estudiantes se hayan apropiado anticipadamente de conceptos relacionados con la F.S y la estructura de la célula vegetal.	Sistémico (Canguilhem, 1976)	Analizar N4 Organizar N3 Seleccionar N3 Medir N5 Comparar N2 Indagar= predecir N2 Explicar N2 Porqué considera indagar= a predecir?
	1) Significados	2011	Investigar los contenidos	A partir de un problema a	El alumno presenta significados	La actividad investigativa, en	Constructivismo	Comprender N2 Explicar N2-N5

de fotossíntese produzidos por alunos do ensino fundamental a partir de conexões estabelecidas entre atividade investigativa e multimodos de representação Freitas, A., Laburú, C 2) Los significados de fotosíntesis elaborados a partir de una actividad investigativa: estudio de caso		2012 y 2014	construidos por los estudiantes acerca de la F.S y comparar el producto elaborado con la forma de construirlos según Ausubel. Objetivos de la actividad: Percibir la necesidad de la luz para la supervivencia de las plantas.	investigar, estudiantes formulan hipótesis, resolución del problema (¿La planta conseguirá vivir en un lugar totalmente oscuro? ¿Porqué?) conclusiones y divulgación. Estudiantes deben seguir el crecimiento de 2 plantas, con y sin luz y registrar durante 15 días. En la 1° semana se les proporciona un texto sobre la FS y deben explicar lo que entendieron del texto, destacando requerimientos y productos (texto presentaba imagen de planta como productora de materia orgánica en una cadena alimentaria). Al encuentro siguiente se les mostró una imagen de una planta realizando	supraordenados relativos a la necesidad de luz para la supervivencia de las plantas. La concepción de que la luz es necesaria para la fotosíntesis ya había sido identificada en los conocimientos previos. conceptos se hicieron más específicos como aquellos referidos al gas carbónico, cuando, por ejemplo, el alumno lo caracteriza como "aire contaminado". Respecto a la clorofila, se verifica cuando establece la relación subordinada de que las plantas la necesitan, de que este pigmento queda en las hojas y también que las hojas coloridas presentan clorofila. Lo mismo ocurrió para el concepto de glucosa, cuando el alumno afirma	la cual también fue utilizado un texto y una figura de fotosíntesis, proporcionó la reorganización en la estructura cognoscitiva del alumno en cuanto a la relación establecida entre cadena alimentaria, microorganismos y plantas. La actividad de investigación favoreció la construcción de algunos significados coherentes con el conocimiento científico, sin embargo, fue posible percibir que la lectura de texto e imagen, las cuales fueron utilizadas en la actividad de investigación, puede favorecer la construcción de significados	Elaborar N6 Concluir N4 Transferir N3

				F.S. Los estudiantes debían escribir el significado de la F.S. En la 3° semana, estudiantes representaron con dibujos y textos lo que ocurrió con las plantas en presencia y ausencia de luz, elaborando una conclusión. 1 mes después ven un vídeo sobre la extinción de los dinosaurios y deben responder preguntas acerca de su extinción (relacionadas con las plantas que fueron las primeras afectadas)	tratarse de un producto de la fotosíntesis y que queda en el suelo para que la planta la use. El estudiante estableció significados combinatorios entre la fotosíntesis y la respiración de la planta, aunque tal relación no esté totalmente de acuerdo con el conocimiento científico. Se observó una diferenciación progresiva de los significados subordinados. Faltó comprender que es la planta quien inicia la cadena alimentaria debido a la producción de materia orgánica. No hubo comprensión de que la glucosa es el nutriente producido por la planta ni producción de	erróneos por los estudiantes. Diferenciación que algunos significados presentaron en el transcurso de ambas actividades, además de señalar la posible organización jerárquica que los significados de fotosíntesis adquirieron en la estructura cognoscitiva del alumno.		

					significados combinatorios entre aquella y la importancia de las plantas como base para la cadena alimentaria. es posible percibir la producción de significados combinatorios entre los conceptos de fotosíntesis y nutrición de las plantas, aunque entendido de modo equivocado al considerar el oxígeno como alimento. En cuanto al hecho de que las plantas sean productoras en la cadena alimentaria,			
	Estudio de caso en la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis y respiración en plantas a partir de una unidad didáctica. Afanador, H., Mosquera, C.	2016	Diseñar y aplicar una unidad didáctica sobre F.S y respiración vegetal en 7º grado. Identificar los cambios y evoluciones conceptuales a partir de las actividades	Desarrollo de unidad didáctica que considera 3 aspectos: lo que piensa el estudiante sobre lo que aprende; lo que hace, escribe y comunica; y el conocimiento escolar construido Pre y post test	En el contenido actitudinal, los estudiantes consideran importante la ciencia para la sociedad y para resolver problemas medioambientales. Motivación intrínseca frente a actividades problemáticas en la historia de las	La comprensión de un concepto depende de la apropiación del mismo para aplicarlo en otro contexto, por lo tanto, el cambio conceptual está determinado por el grado de estabilidad de sus concepciones y	Toulmin: Génesis y evolución histórica conceptual Sistémico	Observar N4 Identificar N1 Describir N1 Explicar N2 Argumentar N5 Experimentar (testar) N5 Modelizar N6 Construir N6 Resolver N3 Evaluar N5 Relacionar N2

			problemáticas de la unidad didáctica, determinar procedimientos, actitudes hacia la ciencia y la naturaleza sobre la ciencia, cuando resuelven problemas cualitativos y problemas experimentales del estudio de caso.		ciencias (dependiente de que tan atractiva sea la actividad de la historia de la ciencia para el estudiante) posibilitando el progreso en el contenido procedimental y la evolución conceptual. Disminución de la motivación intrínseca frente a problemas experimentales. En la relación teoría-hechos, se observó visión tradicional (considerar que una teoría es una hipótesis que se ha confirmado y el progreso científico consiste en descubrir teorías que se aproximen a la verdad) y avanzada (las afirmaciones de los científicos están influenciadas por la comunidad científica y por	los factores socioculturales, puesto que las creencias con las que llegan al aula de ciencias obstaculizan la comprensión sobre la relación entre fotosíntesis y respiración, o contribuyen a la coexistencia de dos concepciones: cultural y científica. Las actitudes hacia la ciencia dependen de las actitudes hacia el aprendizaje. El lenguaje científico permite incorporar nuevos conceptos a las explicaciones de los estudiantes, siempre y cuando estos sean comprensibles, traducidos en explicaciones descriptivas. El aprendizaje procedimental fue progresivo.	

					investigaciones anteriores) En naturaleza del conocimiento científico, estudiante tendió a reconocer que existen diferentes metodologías científicas, que se adoptan de acuerdo a las circunstancias. En el desarrollo del conocimiento científico, está la visión tradicional y paralelamente, la avanzada (el conocimiento científico es tentativo) Visión de las ciencias pragmática-utilitaria. Dificultad en reconocer estructuras celulares, químicas que participan en la F.S y la respiración. Las concepciones alternativas se	los estudiantes llegan con baja experiencia en este tipo de estrategia; en consecuencia, presentan menor nivel de abertura y, por ende, dependencia del profesor. Se establece entonces que el aprendizaje de los procedimientos está sujeto a la dinámica y el protagonismo de sus actores y al nivel de dificultad del problema, y la evolución del aprendizaje procedimental está determinada por el nivel de dificultad del problema experimental. La estrategia de enseñanza y aprendizaje diseñada promueve actitudes positivas		

					centran en la diferenciación de las funciones de los organelos celulares de la fotosíntesis y la respiración y en atribuirle a las hojas la función de respiración y fotosíntesis. Bajo reconocimiento de conceptos y características propias de las plantas, asociados a la fotosíntesis. Tendencia favorable de comprensión para reconocer como característica que las plantas fabrican su propio alimento, pero desligó esta explicación de los conceptos autótrofo, fotosíntesis y productor. Baja comprensión para identificar la influencia de la luz en el proceso de la fotosíntesis, además	de aprendizaje hacia la biología y hacia la ciencia.		

					desconoció aspectos específicos de la incidencia de la luz en el proceso de la fotoquímica; evidencia de ello es la concepción frente a la producción del oxígeno ya que la confundió con respiración. Baja comprensión entre clorofila y longitud de onda de luz visible. Baja comprensión de los requerimientos de las plantas para realizar F.S (creencia de que se obtienen del suelo) y confusión entre alimento y nutrientes, por lo tanto no se relaciona con la F.S Muy baja comprensión de la diferencia entre F.S y respiración (el crecimiento de la planta (la importancia de la glucosa, las plantas no			

					respiran, las plantas respiran de noche, etc.). Estudiante diferenció el proceso de intercambio gaseoso de fotosíntesis y de respiración demostrada en la generalización final para la apropiación de los conceptos en una situación real y teórica			
	Aprendizaje significativo crítico asociado a la F.S en estudiantes de secundaria Viviana Obando, Sonia López-Ríos	2021	Construir conocimientos asociados a la F.S Fomentar el pensamiento crítico en la observación del proceso fotosintético.	Trabajo experimental de cultivo de porotos en algodón, observando su crecimiento a la luz y en oscuridad. Realización de un diagnóstico para determinar conocimientos previos. Tabla Sequya (3 columnas: lo que sé, lo que quiero aprender y lo que aprendí) sistematizar en tabla la respuesta de las siguientes preguntas: 1.	Estudiantes construyeron el concepto de fototropismo y nutrición. Evidenciaron la importancia de las plantas en el ecosistema (disminuir el calentamiento global) Expresaron sus sentimientos: compromiso, paz.	El laboratorio vivo permite la construcción de conceptos asociados al proceso fotosintético: fototropismo y nutrición del suelo, definiciones clave para comprender los mecanismos de desarrollo óptimo de las plantas, su crecimiento y su supervivencia en el planeta. Los estudiantes mostraron indicios de un aprendizaje	Constructivismo crítico Sistémico	Construir N6 Manipular N3 Observar N1-N4 Describir N1 Relacionar N2 Analizar N4 Interpretar N2 Expresar N2 Según preguntas formuladas en el desarrollo de la actividad, apuntan hacia el N5 (Evaluar, desde esa perspectiva es difícil determinar si estudiantes construyen conceptos.)

			¿Qué es un organismo autótrofo?; 2. ¿qué necesitan las plantas para vivir (con respecto a la nutrición)? 3. ¿qué pasa cuando una planta no recibe la luz del sol?, 4. ¿por qué son importantes las plantas para el planeta? En 4 vasos colocar algodón húmedo y sembrar 3 semillas de poroto. 2 vasos se dejan a la luz y 2 en oscuridad A los 10 días, trasplantar a tierra. Registrar en una bitácora crecimiento y otras características cada 8 días, durante 35 días. Resultados en 4 fases:		significativo crítico a partir de su experiencia adquiriendo una mayor conciencia de las necesidades de protección, dedicación y cuidado de las plantas; y reconociendo el rol de los humanos en el mantenimiento y conservación de las mismas a través de la responsabilidad individual y colectiva que conlleva cuidarlas y protegerlas.		

				1)Qué sucedió con las plantas en luz y oscuridad 2)Qué sucedió con las plantas en el trasplante. 3)¿Qué se necesita para que una planta viva? ¿y qué se necesita para que haya fotosíntesis? 4)expresar sus sentimientos con el proceso de crecimiento de las plantas durante el tiempo que estuvo bajo su cuidado. Analizar e interpretar resultados obtenidos.					

ANEXO 8

CÉLULA VEGETAL: MODELIZACIÓN PROCESOS FISIOLÓGICOS

Sub categoría	Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Modelización de procesos fisiológicos	Estudio analítico no lineal de los modelos explicativos de la nutrición vegetal y su valor para el proceso de enseñanza aprendizaje. Tortolero, M. (Review)	2002	Analizar modelos explicativos de la nutrición vegetal a lo largo de la historia. Comprender y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la nutrición vegetal.	Análisis de 3 modelos explicativos: Modelo analógico planta-animal: sub modelos del <u>humus como sistema digestivo</u> El humus proporciona a la planta la materia organica descompuesta, la que es incorporada a la planta. No explica el caso de las plantas hidropónicas o la obtención de nutrientes durante años en el mismo sustrato, ni la comparación con la cantidad de materia producida	Modelos espontáneos, como por ejemplo el de la analogía planta-animal, son altamente resistentes. El balance de CO2 del planeta, la deforestación y el uso desmedido de combustibles fósiles, el efecto invernadero y el recalentamiento de la tierra Estos fenómenos están en íntima relación con el proceso de nutrición vegetal, pero este hecho no es evidente si se continúa aferrado a un modelo analógico de la planta-animal.	Se observó que ciertos modelos lograron permanecer en el tiempo presentando variantes pero conservando siempre su esencia explicativa. Tal es el caso del modelo analógico planta-animal. El modelo del humus fue reemplazado progresivamente por el de la nutrición mineral, pero en esencia, se seguía conservando la idea de que las plantas toman su alimento de algo exterior a	Kuhn (epistemología social, revolución científica) Bachelard Hermenéutico	Indagar N4 Explicar N2 Abstraer N4 Modelizar N6 Relacionar N2

				Submodelo de <u>plantas capaces de digerir nutrientes de la tierra</u>.: plantas transforman nutrientes en las hojas, los que se dirigen por circulación a otros lugares. Savia simil a la sangre. . Plantas como transmutadoras de agua: Van Helmont demuestra que hay otros elementos a considerar en el crecimiento vegetal, el agua. Plantas transforman agua en madera hojas raíces desflogisticadoras del aire: el aire posee un principio de inflamabilidad (flogisto) se descubre que animales enrarecen el aire (respiración considerada combustión lenta) Lavoisier, con sus experimentos, llega al la conclusión de que ql aire es una mezcla de gases respirables (oxígeno) y gas tóxico. Al medir materiales en una		ellas y palpable a nuestros sentidos, la tierra. Los trabajos sobre la combustión permitieron agregar nuevas luces sobre la comprensión de este fenómeno. Luego, con la aparición de la química de Lavoisier, la apertura al modelo de síntesis de los materiales como proceso de la nutrición vegetal y la importancia de los gases del aire en este proceso comenzaron a abrirse paso. Didáctica de la FS vista desde la multidisciplinaridad y secuencias ascendentes de abstracción. Reflexionar acerca de maduración de estudiantes y estrategias didácticas que sean acordes.		

			combustión, descubrió que la masa de las cenizas era mayor que los materiales iniciales, por lo que supone que hay algo que se suma a la combustión, en vez de que salga flogisto al aire. Senebier descubre que en ausencia del gas carbónico, las plantas no producen oxígeno. Luego se descubre que en ausencia de luz y CO₂, la planta no produce compuestos complejos. Comprender cuales fueron los obstáculos epistemológicos de las explicaciones y las rupturas que fueron necesarias para su superación. hacer el puente entre estos nudos fundamentales de la historia de la ciencia y el desarrollo cognitivo de los estudiantes. En otras palabras, se trata de diseñar					

				dinámicas del proceso de enseñanza aprendizaje a partir de ciertas rupturas epistemológicas de la historia de la ciencia. Analizar el experimento de Van Helmont produce la ruptura epistemológica del modelo planta-animal. Ruptura del modelo donde está el agua involucrada ¿Puede el agua transformarse en madera? Inducir a los estudiantes a abstraerse del sentido común y la realidad inmediata, comprendiendo que el CO₂ es empleado para sintetizar nutrientes mediante la luz, como recurso energético. Estrategias que favorezcan la discusión, el análisis, los conflictos conceptuales, la				

				imaginación, la duda metodológica y la experimentación. Estas estrategias deben partir de la experiencia cotidiana y de los modelos de los alumnos.				
	Modelo explicativo de respiración vegetal y su relación con la contaminación ambiental Rojas, J. Velasco, D. Pachón, J. Granobles, M.	2021	Indagar sobre los modelos explicativos sobre la respiración vegetal en jóvenes entre 14-18 años. Relacionar modelos explicativos con la contaminación ambiental.	Encuesta vivencial a 5 personas entre los 14 y 18 años. 10 preguntas relacionadas con la respiración, fotosíntesis, contexto y contaminación a nivel funcional y estructural. Esquemas gráficos (dibujos) Clasificación de respuestas obtenidas según modelo histórico. Relación Contaminación ambiental- contexto se clasificaron según si se relacionaban o no a los fenómenos estudiados. Los estudiantes no logran desarrollar una multidimensionalidad	Sujetos coinciden en respiración vegetal como producción de oxígeno, energía/nutrientes, o ambas principalmente. Precariedad en la concepción de energía En los esquemas se observa la permanente salida de oxígeno de las plantas, pero no hay representación gráfica de la relación entre energía/nutrientes. El modelo explicativo de respiración vegetal presente en los sujetos se refiere aún a las visiones que se tenían desde el siglo XVII-XVIII incorporando algunos aspectos en manera de resultado o producción desarrollados del fenómeno durante el	Realizar una mayor cantidad de test gráficos y experimentos mentales en estos procesos de enseñanza, en donde los individuos puedan poner a prueba como se ha transformado su entendimiento de los procesos, estos deben ser aplicados a situaciones cotidianas o cercanas al aula, para establecer un puente de relación entre la teoría con lo real contextual del sujeto, modelando su pensamiento, con ello se puede desarrollar una mayor pertenencia no solo del conocimiento sino	Hermenéutico (mediador entre teoría y realidad)	Indagar N4 Explicar N2 Relacionar N2

				de la respiración vegetal, siendo un concepto y un modelo resistente al cambio por medio del aprendizaje, porque se tiene institucionalizado curricularmente que el proceso de respiración vegetal viene atribuido a la fotosíntesis, causando que los sujetos aunque en parte diferencien el rol de la respiración,	siglo XIX, siendo inverso al aceptado en la comunidad científica. Con respecto al modelo explicativo de la fotosíntesis, la totalidad de los estudiantes no mencionan la clorofila (implican conocimientos químicos, bioquímicos, aumentando la necesidad cognitiva de asociación) la fotosíntesis, es decir se encuentra dentro de las concepciones de finales de siglo XIX y principios del siglo XX cuando se veía a este proceso como algo de manera general, relacionando aspectos de intercambio gaseoso, incidencia de luz y producción energética que posteriormente serían ahondados desde otros campos de la ciencia como la bioquímica al describir partes complejas del proceso como los fotosistemas.	también que es una herramienta implícita para ligar atributos relacionados al proceso, como la afectación del ambiente, la relación de los vegetales, animales y vegetales, el descubrimiento de especies de importancia, entre otras. Articular la enseñanza con la vida diaria, por medio de la didáctica y los modelos explicativos, que más que una herramienta, es la manera en que los docentes podemos redefinir las metodologías de la enseñanza y el análisis del aprendizaje, tan necesarios en la actualidad.		

					En la asociación fotosíntesis/respiración vegetal En la asociación respiración vegetal/contaminación ambiental, todos coinciden que las plantas presentan signos de marchitación, caída de hojas, cambios de coloración (clorosis) Reconocen a las plantas como elementos fundamentales del ecosistema. Frecuentemente articulan a la fotosíntesis-respiración la producción de oxígeno a partir de la luz solar, esto es teóricamente apropiado ya que a partir de la incidencia solar como producto final del proceso se dispone oxígeno para los procesos internos de la planta y el ambiente para su ciclaje 2 formas de articular FS y respiración (prod de oxígeno a partir de			

					luz solar): En uno de ellos, para que haya oxígeno, deben interactuar el CO₂ y el agua. Esta es correcta ya que se requiere oxido reducción para la consolidación del oxígeno. No mencionan este proceso químico En el segundo, sólo gracias a lagua se produce oxígeno. Curricularmente no hay una gran diferenciación de contenidos en la escuela sobre fotosíntesis y respiración vegetal, usualmente se suelen ligar, lo cual impide que se ilustre a los estudiantes de una forma más específica, que estos dos procesos son diferentes. Los estudiantes presentan dificultad para atribuir funciones como químicas bioquímicas a eventos fisiológicos, por tanto para tener una correcta diferencialidad funcional sobre los procesos de respiración y			

					fotosíntesis es necesario integrar esto al ámbito molecular, que adicionalmente permiten dar una representación celular o sistémica La respiración vegetal se concibe de forma inversa a la establecida actualmente de manera de cómo se realiza y que se intercambia en relación a sustancias, esta concepción se presenta en todos los sujetos, lo cual muestra que es un punto problemático de enseñanza/aprendizaje pero así mismo de partida para la transformación conceptual del modelo, se requiere profundizar los contenidos sobre los aspectos microscópicos que se involucran en la respiración-fotosíntesis, tales como la respiración celular en la mitocondria y la apertura estomática que llevaría al sujeto a situarse de manera más concreta y			

					estructuralmente correcta en los procesos a partir de actividades de reconocimiento de estas estructuras así como de su importancia para las plantas, junto con esto se debe hacer una mejor discusión exhaustiva sobre el papel de la clorofila en el proceso, porque a partir de este pigmento es que se lleva a cabo la explicación interdisciplinar con la química e incluso con la física sobre el fenómeno de incidencia solar y producción de energía que permitirían al individuo enriquecer la noción de producción del proceso, así del porque es fundamental el color en los vegetales. se establece encontrar contenidos de relación entre la respiración vegetal y la fotosíntesis que permitan delimitar una de otra, se propone para esto realizar en este contenido una explicación más			

					centrada que incluya el concepto de fotorrespiración y respiración celular vegetal que permite dilucidar en gran medida no solo la diferencia de ambos procesos sino también exponer la realidad sobre el cómo se lleva el proceso diurno como nocturno que permita poner en cuestión paradigmas y concepciones estáticas sobre esta dinámica, bajo una mirada bioquímica, haciendo énfasis en cómo funcionan los fotosistemas de la planta y el ciclo de Krebs y Calvin de manera general se puede realizar con la finalidad de que se pueda limitar y focalizar la incidencia de factores moleculares la producción de energía en forma de glucosa y el ATP como los gases se van intercambiando y qué relación hay con el agua.			

ANEXO 9
CÉLULA EUCARIONTE ANIMAL: DIVISIÓN CELULAR

Sub categoría	Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
División celular	Estratégia Didática para o ensino de Divisão Celular no Ensino Básico Vitor Hugo Borba Manzke, Gabriela Rodrigues Manzke, Gabriela Soares Traversi.	2016	Los estudiantes vivencien paso a paso, el proceso de división celular mediante el juego.	Juego basado en representaciones esquemáticas de las etapas de la división celular. Juego de las semejanzas y diferencias. 4 láminas: Lámina 1: el estudiante debe responder 2 preguntas ¿Qué son las estructuras representadas en las células? ¿Qué tipo de célula está siendo	Se comprobó que la metodología utilizada comúnmente no responde a la necesidad del estudiante de interpretar el contenido. Se obtuvieron 5 categorías de respuestas: a) Cuestionarios con preguntas objetivas y forma expositiva y pruebas basadas en los cuestionarios. 65,3%.	Hubo un incremento en el nivel de interés de los estudiantes.	Constructivista	Experimental N6 Inferir N2 Debatir N5 Comparar N2-N5 Interpretar N2 Relacionar N2 Investigar N4 Construir N6

				observada? Luego debe describir diferencias y semejanzas presentes en la lámina, y repetir con la 2, 3 y 4. Medición del grado de satisfacción de los estudiantes. Desarrollo de cuestionarios cerrados.	b) Búsqueda de información bibliográfica sin guía del profesor 17,3% c) 9,4% tenían interpretado todos los cuadros de la división celular o cada etapa. d) 3,7% interpretación, relación con otros contenidos. e) 3,1% habían construido sus conceptos, debatieron y/o contextualizaron el proceso 80% de los alumnos consultados sobre tipos de células según presencia o ausencia de núcleo, no sabían. 70% no logran identificar organelos involucrados en la división celular.			
	A Fragilidade do Ensino da Meiose Sonia Aparecida Santiago Hernandes Faustino de Carvalho	2019	Mapear la brecha en la consolidación de la enseñanza de la meiosis en alumnos que llegan a la educación	Identificación de contenidos sobre meiosis asimilados por los estudiantes, mediante un instrumento que permite la clasificación cuali	El primer Instrumento de Evaluación demostró que los estudiantes del curso C reproducen los conceptos asociados a la meiosis sin mayores	Después de todo el análisis de la cantidad y calidad de las respuestas de los dos instrumentos, se concluye que los estudiantes aprenden a	Constructivista	Mapear(trazar) N6 Consolidar (unir) N4 Comprender N2 Explicar N2 Conocer N1 Construir N3-N6

			superior y cómo la consolidan al salir de clases. y cuanti de las respuestas obtenidas. Metodologías de enseñanza diferentes en instituciones (pública y privada) Instrumento 1: analizar nivel de conocimientos al ingresar a la educación superior (224 alumnos 85 de IPr y 139 de Ipub) Instrumento 2: a estudiantes que ya habían cursado el contenido de la meiosis, con el objeto de identificar conocimientos específicos y con mayor nivel de complejidad (103 alumnos: 48 de IPr y 55 de Ipub). Ambos instrumentos contienen preguntas abiertas y cerradas y la opinión acerca de la enseñanza	dificultades. Sin embargo, despierta un análisis respecto a la repetición de contenidos que no necesariamente evidencia la construcción del conocimiento. En el instrumento 2, se observó un déficit en relación a la recombinación y variabilidad genética, en el cual el 90,30% de los estudiantes no alcanzó una respuesta satisfactoria; este resultado confirma la falta de una construcción sólida en el conocimiento. Sobre este tema, cuando se le preguntó sobre los resultados finales del proceso de meiosis, el 56,8% demostró conocimiento sobre el tema y el 59% acertó, cuando se le preguntó sobre las fases de la meiosis y sus eventos, aunque más de la mitad reprodujo el tema, todavía hay un	reproducir lo que está en el libro, pero tienen niveles insatisfactorios para correlacionar temas interconectados, no relacionados con aspectos de la vida cotidiana o otras materias y/o asignaturas. De esta forma, el aprendizaje no se incrementa, se fragmenta de manera impactante para los procesos cognitivos. La fijación de contenidos debe ser reforzada por la búsqueda de articulación con otras disciplinas, el reforzamiento de los aspectos cuantitativos y por el desarrollo de herramientas pedagógicas que faciliten la comprensión de los procesos involucrados en la meiosis.		

				o la forma de enseñar. 1° parte impreso, 2° parte formulario Google.	déficit de aprendizaje preocupante.			
	¿Qué evalúan las preguntas sobre división celular en las pruebas de acceso a la universidad? Esquivel-Martín, Tamara; Pérez-Martín, José Manuel; Bravo-Torija, Beatriz	2021	Analizar la demanda cognitiva requerida para responder las 188 preguntas sobre la división celular, formuladas en los exámenes EvAU de Biología de la Comunidad de Madrid.	Clasificar las preguntas de 38 EvAU (2002-2019) en 3 categorías: preguntas de producto, preguntas de relato y preguntas de proceso.	Se observa una tendencia a aumentar las preguntas de producto. Se centran en el conocimiento conceptual pero no en evaluar habilidades de indagación.	Predominan preguntas de baja demanda cognitiva, tendencia en aumento. Situación similar de la prueba PISA. Parece, por tanto, que la demanda cognitiva de las preguntas ha disminuido con los cambios legislativos, posiblemente para facilitar su corrección, lo que podría repercutir en una mejor calificación en los exámenes de Biología de la EvAU El conocimiento preuniversitario sobre división celular se está evaluando, sobre todo, con preguntas de relato y de	Sociocrítico	Analizar N4 Describir N1 Clasificar/categorizar N3 Determinar (Establecer) N4 Comparar N2 Decidir N5

						producto; repitiéndose algunas de ellas con relativa frecuencia en los exámenes EvAU. Se ha observado una tendencia a aumentar las preguntas de producto hasta 2016, donde su frecuencia se iguala a las de proceso. Además de predominar las preguntas sobre mitosis de células animales, en estas pruebas se da excesivo protagonismo al material genético y a etapas como la anafase, en detrimento de otras estructuras y momentos del proceso igualmente esenciales, como el huso mitótico o la prometafase (Esquivel-Martín et al. 2021). Asimismo, la presencia de preguntas con errores y la ausencia		

						de imágenes reales podrían estar dificultando el proceso de enseñanza-aprendizaje de la división celular.		
	Conceito de ciclo celular em livros didáticos de biologia: uma análise Temporal Mariane Beatriz Karas; Erica do Espírito Santo Hermel.	2021	Investigar la evolución del concepto de ciclo celular en textos escolares de biología (1923-2018)	Revisión de libros escolares de Biología desde 1923 a 2018, mediante análisis de contenido.	16 libros mencionan la interfase. 14 libros mencionan y explican la división celular, sin nombrar el estado de interfase. La totalidad de los textos tienen conceptos generalistas. Se encontró el concepto de interfase en un texto de 1946, pero el concepto de ciclo celular apareció desde 1986. Idea de ciencia lineal, no considera los errores, por lo que muestra una ciencia con verdades definitivas. Los profesores deben discutir la importancia de la construcción del concepto de célula,	El concepto de ciclo celular es presentado de forma simplificada en 2 textos. Antes de 1986, la visión descontextualizada del ciclo celular favoreció que este proceso se entendiera como algo permanente de la célula.	Constructivismo Complejidad (ciencia como proceso no lineal)	Investigar N4 Explorar N4 Interpretar N2 Mapear (Representar) Discutir N2

					reconocer el método científico. Sólo once libros presentaron una definición para el término ciclo celular, y antes de 1986 ningún libro utilizó este concepto, proporcionando al lector una comprensión descontextualizada sobre el tema, favoreciendo la comprensión de que las células siempre están listas para dividirse.			
	Uso de animaciones para la enseñanza de la mitosis Gabriel Herrera, Fernanda Achimón	2021	Analizar la eficacia de la implementación de animaciones como recurso TIC para la enseñanza de la mitosis en 4° año.	-Realización de un diagnóstico sobre la comprensión del proceso de mitosis(pretest). -Luego de la utilización de las animaciones, se realizó un post test. -pre y post test fueron por escrito. -38 estudiantes -Pretest se realizó luego de haber	Antes de la intervención, sólo el 31,6% de los estudiantes comprendía la mitosis Luego de la implementación de la animación como recurso TIC para la enseñanza, el 84,2%	El aprendizaje virtual permite una gran interactividad entre pares y docentes, promoviendo la motivación y la mejora del conocimiento en un entorno flexible. se evidenció la eficacia del uso de animaciones para potenciar el aprendizaje significativo de temas abstractos,	Interpretativo	Comprender N2 Analizar N4 Reconocer N1 Resolver N3 Explicar N2 Transferir N6 Aplicar N3

				desarrollado el tema a través de una aproximación tradicional que incluyó la explicación teórica del docente y la lectura de libros de texto -Post test situación problema: célula $2n=8$ cromosomas, estudiantes debían dibujar las células hijas.		como lo es la mitosis. El éxito también dependerá del contexto formativo en el que se utilizan y la forma en la que el docente orienta su uso. Por último, se observó que los estudiantes fueron participantes activos durante la práctica pedagógica. Los mismos, durante las entrevistas focales realizadas, dieron una valoración positiva sobre la utilización de animaciones durante la clase		

ANEXO 10
CÉLULA EUCARIONTE ANIMAL: SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
La analogía en un concepto biológico: Aplicación a la síntesis de proteínas Cecilia Estrabou, Claudia Sosa, Liliana Crocco y Walter Aim/ron	2005	Elaborar y/o desarrollar una propuesta para el uso de analogías en la enseñanza de la síntesis proteica.	Uso de analogía: la síntesis proteica como una fabrica de producción de autos. Automóviles=proteínas. -cantidad y modelos determinados por el medio. -información de diseños, mercado, el directorio: el ADN. -Ensamblaje: transcripción y traducción. -Destino: dentro de la fábrica (en la célula) o de exportación. 2 líneas de ensamblaje: para uso interno (ARNr en el citoplasma) y para exportar donde se le incorporan accesorios	Si los estudiantes logran incorporar el concepto, lo que se verificará en el desarrollo del cuadro comparativo, entonces, se revisa el tema, con el lenguaje técnico y evaluar la síntesis proteica con terminología técnica. Los resultados se obtendrán desde las evaluaciones.	La posibilidad de trabajar con analogías es amplia Debe ser presentada en una forma sistemática y con limites bien definidos, ya que han podido identificar fallas en los límites de aquellas y no en la analogía en sí, que es usada por el docente. La analogía debe poseer estructura	Constructivismo	Comparar N2 Analizar N4 Comprender N2 Inferir N2 Interpretar N2 Evaluar N5 Relacionar N2 Transferir N3

			y se transportan al exterior. Para finalizar se recomienda, al comprender el concepto, que los estudiantes realicen un cuadro comparativo entre la fuente y el blanco, posteriormente, revisar el tema utilizando exclusivamente el lenguaje técnico.		similar a lo que se está enseñando y contar con un número similar de elementos. La analogía es una valiosa herramienta didáctica, muchas veces utilizada en forma intuitiva, pero es necesaria elaborar con cuidado para que cumpla con los objetivos deseados.		
Aprendizagem Significativa Crítica pela proposição explicativa de analogias através do Modelo Didático Analógico (MDA) María Elena Infante-Malachias, Diana Borges dos Santos.	2013	Describir actividades desarrolladas por estudiantes en cursos de formación docente. Explicar un proceso de síntesis proteica mediante el uso de analogías	Estudiantes deben elaborar analogías entre la síntesis de proteínas y una fábrica de cadenas. Para ello deben establecer relaciones entre ambos elementos y justificar, mediante la realización de distintas actividades. 1° etapa: La condición previa a comprender diversas enfermedades generadas como consecuencia de anomalías en	Se verificó que los estudiantes se aproximaron al Modelo Global de Monitorización Cognitiva. Las relaciones analógicas fueron elaboradas y justificadas por los estudiantes. Momento metacognitivo: -asociación del contenido cotidiano con el contenido científico.	El uso del MDA favoreció la participación de todos los estudiantes. Promovió la metacognición, siendo los estudiantes mas conscientes de las actividades realizadas para aprender, y el conocimiento del proceso de aprendizaje propio.	Cognitivismo Aprendizaje significativo crítico.	Explicar N2 Comprender N2 Interpretar N2 Relacionar N2 Comparar N5 Modelizar N6 Investigar N4 Hipotetizar N6 Predecir N2 Comprobar N5

			los procesos de expresión de genes es que los estudiantes hayan podido comprender el proceso de síntesis de proteínas, habiendo incorporado los conceptos y el vocabulario apropiados. Para ello, como estrategia didáctica utilizamos una analogía, respetando los momentos del MDA. Se enlista conceptos principales y profesor entrega un texto científico (Conceptualización de la analogía) 2° etapa: Una vez comprendido el funcionamiento de la fábrica, se le pide a los estudiantes que busquen 3 problemas que podrían surgir.	-uso e la comparación a partir de las relaciones establecidas para entender mejor el contenido. -hacer relaciones para ayudar al aprendizaje.	El estudiante como sujeto agente y no objeto del proceso de enseñanza-aprendizaje. Adquisición de autonomía en el aprendizaje. La reflexión ayuda a aprender. Se evidenció aprendizaje significativo, al cumplirse con las principios y características que este aprendizaje posee. la capacidad de modelizar de los estudiantes no está, necesariamente asociada a la profundidad o extensión de los conocimientos a nivel molecular.		
Análisis de la evolución del	2020	Analizar la evolución del concepto de	-Revisión del currículum.	1° ESO: Las proteínas se engloban en	No todos los libros incorporan los mismos	Sistémico	Construir N3-N6 Modelizar N6 Comprender N2

modelo de proteína en los libros de texto de ESO y Bachillerato españoles Beatriz Mazas Gil, Esther Cascarosa Salillas y Ángel Luis Cortés Gracia.		proteínas en textos de la E.S.O a 2° de Bachillerato.	-muestra de 20 libros de las principales editoriales de amplia distribución nacional (4 grupos de libros: 1°, 3° y 4° ESO, y 1°, 2° Bachillerato) -Establecimiento de un sistema de categorías. -Caracterización de un modelo según los contenidos presentes en los textos por curso.	biodiversidad del planeta, indicando que los seres vivos están constituidos por células y cuáles son sus características, así como las funciones comunes, entre las que se encuentra la nutrición (autótrofa y heterótrofa). -proteínas como biomoléculas, constituyente de las células, con función plástica y reguladora, nutriente. 3°ESO: En Biodiversidad, proteínas como moléculas que forman parte de los seres vivos, que nos sirven como nutrientes y, por tanto, están presentes en los alimentos. También se señalan como contenido las dietas saludables. Así pues, entendemos que se plantea una relación más próxima con el	conceptos ni en la misma secuencia. La construcción de un modelo se forma por la aglutinación de nuevos conceptos, pero con una base sólida que permite la incorporación de nuevos contenidos sobre los ya existentes. Los textos de secundaria muestran una evolución progresiva del concepto de proteína en la que se van incorporando conceptos mas complejos. los libros de texto no se muestran de manera explícita las relaciones entre los aminoácidos que se digieren, la célula y	Relacionar N2

			concepto de nutrición. Se incorpora los aa, síntesis en los ribosomas, funciones enzimáticas y energéticas, enzimas digestivas (estómago e intestino delgado). 4°ESO: la orientación del tema deriva hacia la genética, donde las proteínas resultan de la transcripción y traducción del ADN. Se incorpora: del ADN a proteínas, mutaciones y alteraciones en las proteínas, transcripción y traducción, estructuras y ejemplos. 1° y 2° Bachillerato: En 1° de Bachillerato, se describe cada una de las diferentes biomoléculas que constituyen la materia viva y la función que	las nuevas proteínas. Esto quiere decir que no queda claro que los aminoácidos incorporados a través de la dieta (y que son los que se utilizan en la traducción) son los que forman parte de las proteínas que se sintetizan. en el caso de un enfoque didáctico basado en el uso de libros de texto, la cantidad de contenidos y la secuencia planteada para trabajarlos dependerá del libro concreto que se esté utilizando en un curso determinado, ya que los contenidos no son equivalentes.		

				realizan. A nivel de 2º Bachillerato se detalla la base molecular de la vida y se dedican temas completos a las macromoléculas. Por tanto, se profundiza en los monómeros, los enlaces que los unen, las funciones que desempeñan, su composición química, su función y su formación a partir de la transcripción y traducción del ADN. Énfasis en la composición más detallada de los aminoácidos y a las funciones de las proteínas. En este modelo se introduce la idea de que la pérdida de la estructura conlleva la pérdida de la función (desnaturalización). Se relaciona también el hecho de que los aminoácidos son diferentes gracias a la variabilidad que les proporciona la	Perspectiva antropocéntrica. La explicación de estos conceptos debe utilizar referentes cercanos a los estudiantes.		

				cadena R, que se determina atendiendo a los codones específicos que se traducen en los ribosomas, según viene determinado en los genes. En 2°, En 2º Bachillerato se amplían los contenidos que se estudiaron en 1º, como la descripción de los aminoácidos, el carbono alfa, la profundización sobre los aminoácidos esenciales, el enlace peptídico, las propiedades de los aminoácidos y, sobre todo, la descripción detallada de la estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas			
Enseñanza del Proceso de la Síntesis de Proteínas en Ciencias Naturales; una ventaja en	2020	Desarrollo de una secuencia didáctica acerca de la síntesis de	Estudiantes diseñan prototipos de vacunas para combatir el COVID, mediante el uso de Paint 3D y maquetas.	Estudiantes logran, mediante la simulación de una investigación científica, desarrollar la competencia.	Este método, facilitó el desarrollo en los estudiantes de competencias como: el uso adecuado del	Constructivismo	Crear N6 Diseñar N6 Experimentar N6 Hipotetizar N6 Concluir (Establecer) N4 Analizar N4

medio de la pandemia. Cristian Camilo Castañeda Quiceno.		proteínas en 9° grado. La competencia a trabajar es “establezco relaciones entre los genes, las proteínas y las funciones celulares”.	Elaboración de informe investigativo con hipótesis, experimentación y resultados	Estudiantes logran conceptualizar gen, proteínas y funciones celulares y establecer las relaciones que le permitan comprender el funcionamiento de las células, lo que permitiría desarrollar prototipos y explicar su funcionamiento.	conocimiento científico, indagación y explicación de fenómenos. Estudiantes con motivación e interés. Desarrolló el trabajo colaborativo, la creatividad. Favorece el desarrollo de habilidades científicas.		Interpretar N2-N3 Explicar N2-N5 Indagar N4 Argumentar N5 Justificar N5

ANEXO 11

CÉLULA EUCARIONTE ANIMAL: GENÉTICA

Título, autor	Año	Objetivos	Metodología	Resultados importantes	Conclusiones importantes	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética Sigüenza Molina, Agustín Francisco	2000	Analizar la relación entre las representaciones mentales duraderas – esquemas mentales previos– y los modelos mentales que el alumno construye para resolver determinados tipos de problemas (analogías mentales del problema), a	Metodología descriptiva: descripción del comportamiento del estudiante frente a la resolución de un problema y la forma en que expresa verbalmente sus pensamientos. Entrevista a estudiante mediante técnica Teachback (Teoría conversacional de Gordon Pask) 5 semanas de contenido sobre genética mendeliana, resolución de 9 tipos de problemas (46 en total) de razonamiento causa-efecto y efecto-causa. Resolución de problemas en grupo de 3, siguiendo un	De 46 problemas realizados, 29 correspondieron a un esquema mental nuevo. Representación del conocimiento 1) Decide en cada momento qué regla hay que aplicar sobre la situación problema, creando modelos de solución del mismo. 2) Comprueba si en un modelo se	mejorar el desarrollo de procesos cognitivos poniendo mayor énfasis en la resolución de problemas de genética de tipo efecto-causa (frente a los de tipo causa-efecto) para favorecer el desarrollo de destrezas cognitivas de alto nivel. 1) Favoreciendo la explicitación, por parte del alumno, de la topología del sistema (objetos, estados y procesos)	Constructivismo Modelos mentales Johnson-Laird.	Resolver N3 Analizar N4 Representar N2 Relacionar N2 Construir N6

		partir de los cuales elabora o reconstruye nuevas representaciones duraderas más consistentes –esquemas revisados	esquema, que debían demostrar su validez a otros grupos. El profesor enseñó los siguientes esquemas: Dominancia simple, meiosis y su relación con la determinación del sexo, Luego los estudiantes debían resolver un problema en el que no encajan los datos con la dominancia simple. Los estudiantes aplican dominancia simple para reconocer la anomalía, reacomodan datos. Con ello, plantearon: alelismo múltiple, interacción génica, pleiotropía, ligamiento al sexo y ligamiento autosómico.	cumple una condición final que pone fin al proceso; es decir, considera satisfactoria la solución del problema. Representación de los problemas En aquellos problemas donde se producía un modelo final, se valoraron según expresiones de satisfacción del estudiante. se analizaba el porcentaje de cruzamientos que el alumno usaba para explicar y determinar el valor predictivo de su modelo. Si el estudiante no quedaba satisfecho se le preguntaba por qué. Construcción del modelo mental	para evitar en lo posible errores de etiquetado. 2)Facilitando el proceso de proyección al aportar esquemas específicos claros que puedan servir de plantillas. Cuestionando la robustez de los modelos generados por los alumnos para provocar la reflexión y facilitar la selección y adopción de modelos científicamente válidos. 4) Finalmente, proporcionando al alumno relaciones limitantes o definitorias de un determinado esquema para incitarle a postular factores causales adicionales y a explorar las implicaciones de cambios en la topología del sistema.		

				1)El alumno genera en su mente un espacio problema inicial en el que representa la estructura o topología del sistema: objetos, estados y procesos. Para ello lleva a cabo una exploración sistemática del enunciado del problema. Seguidamente revisa los diferentes estados probables, empleando la noción de probabilidad que pueden surgir 2) Utiliza un esquema específico de este dominio cognitivo como plantilla para interpretar. Hace uso del principio de correspondencia entre datos y modelo. 3) Utiliza un esquema			

				existente como plantilla para postular factores causales adicionales (cambios en objetos, estados y procesos) operando en un nuevo tipo de problema. Así, verifica la robustez del modelo mental generado. 4) Redescribe un esquema empleado en el pasado. Elige un esquema que pueda acomodar gran número de tipos de problemas, y de ese modo proporcione explicaciones unificadas en la disciplina. 5) Interpola: agrupa caso con otros casos. 6) Fragmenta problemas de mayor complejidad causal en subproblemas independientes,			

				aplicando esquemas causales diferentes. 7) Utiliza relaciones limitantes o definitorias de un esquema existente para: a) postular factores causales adicionales; b) explorar las implicaciones de un cambio en un componente (objeto, estado o proceso) del modelo mental generado por otros componentes. 8) Contrasta el modelo mental redescrito con los datos antes de llevar a cabo «mapeos» específicos. 9) Usa la redescrición de un modelo mental para determinar la estructura del espacio problema revisado y			

				explora sistemáticamente e porciones de ese espacio anteriormente no exploradas. 10) Usa la memoria funcional para representar la exploración en el espacio del modelo mental.			
Un programa de ordenador para la enseñanza de la metodología científica y la genética. José Manuel Vacas Peña.	2000	Describir y analizar el programa Genetics para el aprendizaje de Genética.	Uso del programa Genetics para la comprensión de las leyes de la herencia y conceptos elementales de genética. Los datos para la evaluación del programa se recogieron observando e interrogando a los alumnos mientras actuaban con el ordenador, viendo donde se presentaban las mayores dificultades para modificar y mejorar el programa. Se realizó interrogatorio a estudiantes para realizar mejoras en el programa.	Los estudiantes consideran al programa Genetics: -Menú asequible y fácil de entender. -Buena gráfica. -colorido discreto -manejo desde complicado (6 estudiantes) hasta sencillo (66 estudiantes)	El programa permite a los estudiantes iniciarse en el método científico y comprender conceptos elementales de genética. El computador y el uso de programa favorecen un rápido aprendizaje	No especifica (¿Constructivismo?)	Hipotetizar N6 Experimentar N6 Investigar N4 Observar N2-N3-N4 Identificar N1 Interpretar N2 Predecir N2 Seleccionar N3 Explicar N2 Analizar N4 Debatir N5 Razonar N4 Construir N3-N6 Deducir N5 Inducir (persuadir) N5
Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria	2002	Planificar, desarrollar y ejecutar un programa de enseñanza de la genética en	Review Los estudiantes aprenden a partir de los conocimientos que ya poseen: -la mayoría cree que genes, cromosomas y células las	La propuesta es: Unidad I: Características de los organismos y herencia	La propuesta debe ser aplicada de forma gradual. Este carácter progresivo	Constructivismo	Aplicar N3 Relacionar N2 Transferir N3 Hipotetizar N6 Resolver N3 Razonar N4 Comprender N2

Ayuso, G.E, y Banet, E.		educación secundaria.	tienen los humanos y animales cercanos evolutivamente. -Confusión entre células sexuales y cromosomas Sexuales. -La información hereditaria está en las células sexuales. -Las células somáticas también son portadoras de información hereditaria. -Finalmente llegan a este esquema: <u>Todas las células tienen información hereditaria</u> Identificar criterios para seleccionar y secuenciar los contenidos de enseñanza y los objetivos de aprendizaje -La información hereditaria se transmite exclusivamente a los gametos. -La información hereditaria está en los gametos, pero una parte se transmite a cada célula somática. Cada célula tiene la información hereditaria que necesita para desarrollar sus funciones. -Llegan al siguiente esquema: <u>Todas las células tienen la misma información hereditaria</u>	Biológica Unidad II: Células, cromosomas y herencia biológica Unidad III: Herencia biológica y genes. Unidad IV: La reproducción sexual y las mutaciones como mecanismos generadores de biodiversidad -la selección y la naturaleza de las actividades de enseñanza deben ser suficientemente intencionadas, con objeto de permitir que los estudiantes alcancen, en la medida de lo posible, los objetivos de aprendizaje.	favorecerá el entrenamiento de profesor y estudiantes, proporcionando mayor seguridad y confianza, permitirá profundizar en los procesos de cambio y generará competencias para llevar a cabo una gestión del aula que responda a nuevos planteamientos educativos (trabajo en grupo, mayor participación de los estudiantes en la enseñanza...). -La necesidad de prestar una mayor atención educativa a la formación -proporcionar a los estudiantes oportunidades de aprender significativamente, -Seleccionar los contenidos de enseñanza de manera más crítica y fundamentada, con criterios que apunten hacia la calidad	Explicar N2 Investigar N4

			Tomar decisiones sobre la selección y secuencia de las tareas de aprendizaje: -Los animales (o los vegetales) tienen más ventajas para sobrevivir, como consecuencia de que pueden tener mutaciones -Los seres vivos pueden tener, en algún caso, mutaciones necesarias para sobrevivir <u>-Las mutaciones no ocurren para garantizar la supervivencia de los seres vivos; son aleatorias</u> Realizar el seguimiento del desarrollo del programa de enseñanza y de los aprendizajes de los estudiantes.		de los aprendizajes más que a su cantidad, y que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de niveles obligatorios de enseñanza.		
O texto de genética no livro didático de ciências: uma análise retórica crítica Tatiana Galieta Nascimento y Isabel Martins	2005	profundizar aspectos retóricos que subyacen al discurso científico escolar, materializados en la texto de libro de texto	-Recopilación de textos de ciencias de enseñanza fundamental posteriores a 1997. -volúmenes de 7° grado tienen incorporados los capítulos de genética y herencia, separados. los capítulos diferían entre sí según ciertas características que materializan la hibridez del libro de texto de Ciencias, entre ellas: diferentes lenguajes (textos, imágenes), estilo y formas	-heterogeneidad en los textos de ciencias, cuyo sentido está construido a partir de las relaciones con otros textos. - Libro didáctica se constituye y se relaciona con otros discursos además del discurso de la ciencia de	Nuestra idea principal al proponer este estudio fue contribuir a la labor docente. en el sentido de que los docentes ejercen una mirada crítica en relación al libro de texto de para percibir la representación de diferentes discursos que ciertamente condicionan (desde	Constructivismo	-----

			de presentación del contenido en cuestión (en el cuerpo principal, lectura adicional, cuadros de texto, glosario y/o preguntas) y relaciones con otros discursos, por ejemplo, el discurso pedagógico (a través referencias a documentos de orientación curricular), discurso de difusión científica (a través de la inserción de artículos de revistas o periódicos). -Identificación de patrones globales de presentación de contenidos.	referencia transpuesta al contexto escolar. Entre ellos, observamos que el discurso del medios de comunicación influye en última instancia en la inserción de contenidos que tienen fuerte atractivo mediático. - Pudimos observar la existencia de varios lectores implícitos, lo que exige un esfuerzo por parte del autores para satisfacer diferentes expectativas debido a las diferentes posibilidades de compromiso en diferentes sujetos que construirán diferentes significados en el proceso de interacción con el texto.	intencionalmente) la inserción de contenidos y la adopción de ciertos enfoques. Más allá de Además, percibir las diferentes imágenes de autores y estudiantes que impregnan el texto y que se asocian más a menudo con la persuasión del profesor responsable de elegir el colecciones didácticas. Estos aspectos contribuyen a la reflexión de que el libro es un texto que transmite intereses e ideologías y, en última instancia, para la deconstrucción del uso mecánico del libro de texto por el profesor en el aula.	

				-Aspecto de la genética ampliados por la historia y naturaleza de las ciencias y contenido científico.			
Nova (moderna) biología e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio Márcia Cristina Fernandes Xavier Alexandre de Sá Freire Milton y Ozório Moraes.	2006	Analizar los libros didáticos de acuerdo con un patrón de actualización , utilizando la biología como modelo.	-Se analizaron 12 libros de biología -Búsqueda de temas asociados a la Nueva Biología: transgénicos, proyecto genoma, clonación de mamíferos, células madre, pruebas de paternidad, variabilidad genética, mejora genética, ADN recombinante, hibridación, secuenciación, enzimas de restricción, plásmidos, intrones y exones, electroforesis, PCR. editoriales comerciales representativas. -La genética clásica, que se ocupa de las leyes de Mendel, los grupos sanguíneos, herencia ligada al sexo, pleiotropía, interacción génica, polimerización, ligamiento génico, mapas genéticos y genética de poblaciones (Hardy-Weinberg).	Espacio de la nueva biología en los libros: el máximo fue del 3,8%. El tema del ADN recombinante fue el más recurrente, diez veces (Tabla 2). Mejora las enzimas genéticas y de restricción aparecen nueve veces; transgénicos y clonación de mamíferos ocurrir ocho veces; proyecto genoma, pruebas de paternidad y plásmidos, siete tiempos. Variabilidad la genética aparece seis veces, la	Los textos requieren de una reformulación. Ampliar temas como células tronco, proyecto genoma, paternidad por ADN. es notable observar que, en lo que se refiere al ADN, hoy en día las nuevas tecnologías ya marcan definitivamente nuevas relaciones en biología. Podemos ver que el estudio evolutivo se realiza con la presencia de Se identifican marcadores de ADN y nuevas especies, reformulando conceptos y clasificaciones	-----	-----

			-Presencia de ilustraciones y acordes al tema tratado.	secuenciación y la electroforesis tienen cinco apariciones, las células madre ocurre tres veces; hibridación, intrones Y exones y PCR tienen dos ocurrencias. Se observa que plasmidios e hibridación son los únicos que poseen igual número de ilustraciones y apariciones en los libros y un número menos de apariciones. Las actividades asociadas a cada tema: destacan transgénicos, ADN recombinante (18 ejercicios). Clonaje, proyecto genoma y mejoramiento genético (5 veces). Células tronco y enzimas de	en Botánica y Zoología, incluida la Sistemática		

				restricción (4 veces). Test de paternidad, electroforesis (2 veces) variabilidad genética y secuenciación (1 vez).hibridación, intrones, exones pcr no aparecen actividades. La genética clásica llega hasta el 20% de ocupación en los textos.			
Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular Adriana Mengascini	2006	Elaborar una propuesta didáctica para el aprendizaje de la organización celular. Revisar nociones alternativas de los estudiantes que pueden obstaculizar su aprendizaje.	La propuesta didáctica presenta la siguiente secuencia: 1)Introducción: Se les indica a estudiantes que se trabajará con fotografías de células y estructuras celulares, formulación de preguntas tales como ¿Qué representan las fotografías? Y ¿Cuáles de todas las estructuras son esenciales para que a esa unidad la llamemos célula? Se deben anotar las respuestas de los estudiantes. 2)trabajo grupal con las tarjetas de células: -identificar cuáles fotos corresponden a células	Nociones alternativas: -al preguntar por tipos estructurales de células, los estudiantes hablan de células presentes en el cuerpo humano, o bien señalan células animales y vegetales. - En algunos casos se asocia procariota - eucariota con vegetal – animal, en diversas combinaciones.	Dificultades presentadas por los estudiantes: -La imagen de una célula procariota vacía. La fotografía con la que trabajamos es la de una célula de una bacteria fotosintetizadora, con complejos repliegues de membrana conteniendo pigmentos fotosintéticos. Así, esta imagen dista mucho de la tradicional célula vacía.	Constructivismo social	Describir N1 Explicar N2 Relacionar N1 Observar N2-N4 Comparar N2 Identificar N1 Argumentar N5 Construir N3-N6 Analizar N4

		completas y cuáles a estructuras celulares. -comparar las células y señalar las diferencias que presentan - identificar estructuras celulares y compararlas. -Relacionar entre células y estructuras celulares correspondientes. 3)Plenario: cada grupo comenta o expone los resultados de su trabajo. Las dudas de los estudiantes se aclararán en el plenario final. 4)trabajo grupal con cuadros comparativos: Estudiantes deben realizar un cuadro comparativo entre los tipos de células que reconocieron. 5)Plenario final: se arma un cuadro con la información entregada por cada grupo, se responden preguntas, aclaran dudas de aspectos confusos. 6)Cierre: se proyectan las fotografías en una pantalla, preguntando e indicando todas las estructuras presentes, las dificultades que hayan surgido para su reconocimiento, etc. Los estudiantes disponen de copias individuales de las mismas que pueden ir completando en el	-algunas respuestas se refieren a la forma hay células con estructuras de bastón, espiral, sin relacionarlas con las categorías precedentes. -en los textos es recurrente la relación eucarionte con organismo pluricelular y procariotas con organismos unicelulares. Indiferenciación en los niveles de organización: relacionar organismos con estructuras celulares. Propuesta didáctica: -Trabajar grupalmente en el reconocimiento de estructuras celulares microscópicas, visualizando las imágenes todo el grupo a la vez y permitiendo el	-En el material didáctico, la presencia de núcleos no esféricos y desplazados del centro de la célula (lo que es habitual en una célula vegetal con una gran vacuola central) hace cuestionar la visión de célula como huevo frito. -La discriminación de escalas y tamaños relativos de los organoides.		

			momento. Retomamos las respuestas dadas al inicio de la clase y las reafirmamos o rectificamos.	intercambio de ideas y opiniones. -Trabajar con los conceptos previamente adquiridos por los estudiantes. -Hacer surgir algunas de las nociones alternativas o imágenes previas de los estudiantes y revisarlas. -presentar a los estudiantes imágenes actualizadas. -la similitud de una célula procariota con una organela eucariótica (dada su simplicidad y tamaño) tanto desde el punto de vista conceptual como desde las imágenes con las que se trabaja, permite introducir contenidos sobre la teoría endosimbiótica.			

Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia Martínez Aznar, M., Mercedes e	2006	Actitudes sobre la ciencia: el alumno valore la importancia de la misma como conocimiento y los logros sociales,	alumnos de 4º de educación secundaria obligatoria (15-16 años) que se acercaron a la genética desde dos perspectivas distintas, una metodología tradicional para el grupo control y una unidad didáctica basada en la resolución de situaciones	En el principio, grupo control y experimental presentan homogeneidad en relación con las actitudes que manifiestan sobre y hacia la ciencia.	La MRPI es una buena estrategia para cambiar las actitudes relacionadas con las ciencias. Los estudiantes que han trabajado con esta metodología	Constructivismo	Valorar N5 Analizar N4 Fundamentar (Argumentar) N5 Resolver N3 Hipotetizar N6 Verbalizar (Expresar) N2 Razonar N4

Ibáñez Orcajo, M. Teresa.	culturales, etc. obtenidos gracias a la investigación científica, y las características como la curiosidad, creatividad, apertura de mente, objetividad, el trabajo en equipo y la utilización de criterios científicos. Actitudes hacia la ciencia: que el alumno esté motivado hacia el estudio de la misma, y en particular de la genética, porque aprecie la importancia de tener una formación científica, y	problemáticas, «¿Soy así por puro azar?», para el experimental. MRPI: 1)comenzar un estudio cualitativo de la situación 2) Emitir hipótesis, a partir de los factores involucrados y su forma de dependencia, imaginando un caso límite de la situación. 3) Elaborar y explicar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar el contraste de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone. 4) Realizar la resolución, verbalizando y fundamentando lo que se hace. 5) Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados. Problemas trabajados en “¿Soy así por azar?” Problema 1: ¿Cómo se hereda un carácter relacionado con el pelo?	Respecto a la actitud sobre la ciencia, en ambos grupos es favorable. Tienen una imagen positiva de la ciencia y sus avances porque permite una mejora en nuestra calidad de vida, aunque, también, reconocen que no soluciona todos los problemas y que, según su percepción, está en la base de otros. En cuanto a las características de la ciencia, los dos grupos consideran, entre otras, la curiosidad y la aceptación de nuevas ideas. Están en desacuerdo que «Una vez aceptado, el conocimiento científico no	en el aula modifican sus actitudes hacia otras más críticas y favorables respecto al progreso científico, más acordes con las características de la actividad científica, y más motivadoras hacia su estudio. No se manifiestan cambios en el grupo control.		

		hacia el trabajo específico con la MRPI (metodología de resolución de problemas como una investigación)	Problema 3: La herencia de los grupos sanguíneos, A, B, AB y O, era utilizada como prueba para determinar la posible paternidad de los padres de un bebé. ¿Podrías conocer el grupo sanguíneo de un hijo tuyo? Problema 9: Una persona expuesta al sol desarrolla cáncer de piel. ¿Sus hijos tendrán cáncer de piel? Problema 10: ¿Cómo saber si padeceré Alzheimer? los estudiantes de los dos grupos de investigación han realizado una prueba final abierta.	puede ser cambiado». En ambos grupos, la actitud hacia el estudio de la ciencia es buena, aunque consideran que no es fácil, y están en desacuerdo con los ítems que minusvaloran su estudio. hay diferencias significativas en las actitudes relativas a las características de la ciencia y en las actitudes hacia la ciencia a favor del grupo experimental. No existen diferencias significativas en las actitudes sobre la ciencia que manifiestan ambos grupos.			
Los Organismos Modificados	2008	Presentar la realidad sobre la	Primer método "la agro-infección" Sc trata de la	-----	La transgénesis se diferencia de otros tipos de	-----	-----

Genéticamente (OMG) Necesidad y perspectivas Nicolás Jouve de la Barreda		tecnología de la transgénesis, destacar sus aplicaciones y describir sus métodos,	transferencia de ADN utilizando como vector un plásmido bacteriano (un anillo de ADN) aprovechando la relación de simbiosis entre una bacteria del suelo, (llamada Agrobacterium tumefaciens y numerosas especies de plantas a las que infecta. Otro método es in vitro sobre trozos de tejidos en plantas y se colocan en medios de cultivo para bacterias. Posteriormente el gen que se quiere transferir se acopla al ADN bacteriano y se siembran estas bacterias para que incorporen el material genético al tejido en cultivo.		manipulación genética en que traspasa límites taxonómicos, pudiendo aplicarse con organismos filogenéticamente alejados. La prohibición genérica de los OMG es arbitraria porque la mayoría de los alimentos que ha consumido la humanidad durante siglos han sido modificados genéticamente por mutación accidental, cruzamiento o selección sin mas consecuencias que su contribución al bienestar y humano y de nuestro propio mantenimiento.		
¿Qué conocimiento sobre herencia y genética poseen un grupo de estudiantes de secundaria argentinos? Grande, E., Charrier Melillán, M. y Vilanova, S.	2009	Analizar los conocimientos y relaciones que tienen los estudiantes de secundaria sobre la información	-Uso del cuestionario de Lewis y Wood-Robinson (2000, elaborado para analizar qué relaciones conceptuales establecían los estudiantes en cuestiones como: (1) naturaleza de la información genética (2) transferencia de la	-Los estudiantes no respondieron todo el cuestionario por tener dudas en sus respuestas o por falta de tiempo. -Dónde se encuentran los cromosomas: 53% señaló el	- Estudiantes presentan un conocimiento fragmentario, incompleto e inconsistente. -En la conceptualización de gen, con frecuencia confunden un concepto con otro.	Constructivismo	Relacionar N2 Comprender N2 Observar N1-N2-N4 Conceptualizar (Estimar) N6 Distinguir N4 Reconocer N1 Localizar N1 Construir N3-N6

		genética y su transmisión.	información: células, división celular y reproducción (3) términos biológicos: genes, ADN; núcleo, cromosomas, alelos e información genética). -81 estudiantes entre 14 y 15 años. -Cuestionario aplicado en clases, duración: 45 minutos.	núcleo, 18% ADN. -Dónde se ubican los genes: 35% ADN, 25% las células y 21% para cromosomas. -composición de los genes: 30% por alelos (variantes de un gen). -Composición de los cromosomas: ADN y genes. - El 35% de los estudiantes menciona que los genes son importantes porque determinan las características de los individuos y porque contienen la información genética (31%). En relación con la importancia del ADN un 81% indica que contiene la información genética. -secuencia de tamaños: se observaron	- no relacionan a los cromosomas con la información genética ya que consideran que algunos organismos pueden tener cromosomas sin tener información genética desconociendo, además, que ésta se encuentra en todos los seres vivos. -escasa comprensión de la mitosis y meiosis. -Los estudiantes desconocen que todos los seres vivos tienen información genética y escasamente relacionan esta con los cromosomas. Otras dificultades se observaron en la comprensión y la finalidad de la mitosis y la meiosis.		

				mayores dificultades en cromosomas, ADN y gen. -cuales organismos tienen información genética: Árboles, Mamíferos, Helechos, Virus, Hongos, Bacterias e Insectos. Los ejemplos menos señalados fueron virus (41%) y bacterias (56%). Las mismas dificultades se encontraron al preguntar si los organismos poseían o no cromosomas, para un 19% los organismos pueden poseer información genética sin tener cromosomas. - ¿qué es la información genética?: conjunto de características de los seres vivos, se obtiene			

				de los progenitores, se traspasan a la descendencia. - cómo será la información genética de dos células de la mejilla de un mismo individuo el 97% respondió que sería la misma. No obstante, para la comparación de una célula de la mejilla y una nerviosa de una misma persona solo un 31% respondió que tienen la misma información. -División celular: ¿la nueva célula resultado de la mitosis y la original tienen la misma información genética?; el 84% respondió que sí, no obstante, un 70% consideró que tendría la misma cantidad de cromosomas.			

				- 51% considera que la información genética de la célula madre y las células hijas es diferente y un 45% considera que es la misma. Sin embargo, responden correctamente que la célula hija posee la mitad de cromosomas que la célula madre. - al preguntar la cantidad de cromosomas que tiene un espermatozoide que fecunda un óvulo de tres cromosomas un 68% indica la cantidad correcta. Sin embargo, solo el 40% indica correctamente la cantidad de cromosomas de la célula huevo. -Errores en la conceptualización de gen, cromosoma y ADN.			

Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas José Romário de Melo y Edinaldo Medeiros Carmo.	2009	Analizar las publicaciones relacionadas con la enseñanza de la genética, biología molecular en enseñanza media.	Review 1999-2008 Publicaciones clasificadas en: análisis libro didáctico (ALD), histórico (HIS), interdisciplinario (IID), metodología de enseñanza (MEE), propuestas curriculares (PRC) y otros (OUT)	Artículos ALD, HIS y PRC en bajas cantidades. 73% de las publicaciones son IID y MEE.	Este estudio permitió considerar que hay un número incipiente de investigaciones dirigidas a la enseñanza Genética y Biología Molecular, en relación a la Enseñanza Media en la Escuela Básica Brasileña. Se observó que se está incorporando la biología molecular en la práctica docente en enseñanza media. Es posible que con el tiempo se incorpore al curriculum de ciencias. Es necesario llevar a cabo mas investigaciones sobre genética y biología molecular en la enseñanza media. Es relevante poner a disponibilidad de la comunidad la lectura y el posicionamiento crítico de estas investigaciones así	-----	-----

					como diversas reflexiones para el enriquecimiento sustancial de la enseñanza-aprendizaje.		
Aplicação de uma webquest associada a atividades práticas e a avaliação de seus efeitos na motivação dos alunos no ensino de Biologia Francelle de Abreu Carlan, Lenira Maria Nunes Sepel e Élgion Lucio Silva Loreto.	2010	Investigar el comportamiento, la aceptación y desempeño de 2 alumnos frente al uso de nuevas tecnologías (TIC). Asociada a la tecnología de las Webquest, se analizó la aplicabilidad de actividades prácticas en biología	-Revisión de textos en busca de contenido con baja comprensión y escasas imágenes: "Ácidos nucleicos: composición, estructura y función" -"Develando el ADN". -2 cursos de 3° medio (16-18 años) -muestra de 33 alumnos. -se realizó en 2 sesiones. Se comparó un grupo con uso de Webquest y otro con clases tradicionales. -texto introductorio sobre el ADN y su composición, desarrollo de cuestionario (preguntas sobre genética molecular)	Los docentes se encuentran alejados del uso de tecnologías. -webquest similar a las actividades que realizan docentes en sus clases. -estudiantes muestran agrado por la actividad, desean ir nuevamente a la sala de computación. -la Webquest muestra la lectura de texto de una forma mas atractiva para los estudiantes. -Los estudiantes se encontraron concentrados y comprometidos con el desarrollo de las actividades.	-La Webquest presentó actividades atractivas para los estudiantes (lectura, experimentación y elaboración de origami del ADN. -durante el montaje del origami, alumnos hicieron asociaciones entre el contenido presentado en las actividades de la Webquest y contenidos presentados. -dificultades presentadas fueron sobre administración de red, mantener los enlaces y página no disponible en algunos momentos. -La participación voluntaria demostró ser una excelente opción para este trabajo, ya que cumplía dos	Constructivismo	Resolver N3 Relacionar N2 Experimentar N6 Elaborar N6 Comprender N2 Inferir N2 Observar N2-N4 Concluir (Inferir, deducir) N2-N5 Investigar N4 Crear N6

				-Por tanto, este hecho no exime del compromiso de hacer un uso creativo de la recurso, es decir, desarrollar formas realmente desafiantes de usar para búsquedas web. El gran problema probablemente no será “acostumbrar” al docente o hacerlo migrar a otros recursos, sino modificar la forma en que se utiliza la información. Enfoque extremadamente tradicional y libresco también se puede hacer a través de la web. <u>-Extracción de ADN de frutillas.</u> Validación: resolución de cuestionario por	propósitos: no interferir en la horario escolar y planificación y detectar el nivel de curiosidad de las clases en relación con el trabajo propuesto.		

				parte de los estudiantes.			
"Pajitex": una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. Viviane Abreu de Andrade, Karla Maria Castello, Branco da Cunha, Júlio Vianna Barbosa.	2011	Proponer la construcción de un modelo didáctico tridimensional para la enseñanza de ácidos nucleicos (ADN y ARN), replicación semiconservadora de la molécula de ADN, transcripción, recombinación genética, transgénicos y terapia genética.	3 etapas: Individual En parejas para representar los textos En grupo para presentar los resultados para presentar los resultados.	Con el uso del modelo se verificó: - Mayor facilidad para comprender los procesos y los fenómenos relacionados a los ácidos nucleicos, y para construir respuestas más elaboradas ante las cuestiones propuestas. - mayor interacción de los alumnos con la información trabajada frente a la utilización de los modelos. - mayor verbalización, formulación de preguntas y asociaciones, comprensión del proceso.	La producción de un modelo dinámico e interactivo de ácidos nucleicos, a partir de material de bajo coste y de fácil manipulación, se presenta como un recurso de fácil construcción y de simple aplicación y uso en contextos de enseñanza. gran potencial para la enseñanza de tópicos como: la replicación semiconservadora de la molécula de ADN, transcripción, recombinación genética y terapia genética, entre otros. Mayor interacción, participación y entusiasmo de los estudiantes con relación a los modelos de los ácidos nucleicos ADN y ARN. Por lo tanto, eso indica el aumento de	Constructivismo	Construir N3-N6 Relacionar N2 Explicar N2 Comprender N2 Expresar N2

					motivación y de interés por el tema		
Genes, memes y bits: el cómo y el porqué de cinco recursos web sobre genética Jordi Domènech Casal, Isabel Besson Masplà, Manuel Merlo Fernández, Manel Puigcerver Olivan y Maria Teresa Solé Pujol.	2012	Describir los objetivos y aplicaciones de recursos TAC para la enseñanza de la genética. 1)WebQuest -Desarrollar las competencias básicas mediante el trabajo cooperativo y la responsabilidad individual. -Transformar la información y crear un producto. 2)Leyendo el libro de la vida: Museo Virtual Interactivo: -Atraer la atención de los visitantes a través del uso de artículos divulgativos	1)¿Puedes enrollar la lengua? WebQuest creado un sitio nuevo con ocho páginas web: Inicio, Introducción, Tarea, Proceso, Evaluación, Conclusión, Guía Didáctica y Créditos. La investigación que deberán llevar a cabo los alumnos consistirá en conocer caracteres hereditarios de la especie humana y su mecanismo de transmisión genética. -deben repasar conceptos claves de genética, estudiar los mecanismos de herencia más comunes, identificar caracteres de sus compañeros y deducir el patrón de herencia. -validar sus conclusiones con estudios genéticos realizados en sus propias familias y redactar el trabajo en un documento elaborado con un procesador de textos, siguiendo la estructura de un artículo científico. 2)Leyendo el libro de la vida: -Se utiliza la plataforma Joomla!1.5 y contenido animado mediante el uso de Flash.	-----	-Las actividades didácticas son la clave del uso educativo. -proponer actividades de práctica o evaluación es crucial para dotar al recurso TAC de valor didáctico, y para fomentar su uso por parte del profesorado. -considerar las posibilidades y requerimientos de los diferentes lenguajes web. -La participación de los usuarios puede ser una herramienta importante en el enfoque constructivista del aprendizaje. -La colaboración como vía de calidad en la creación de recursos TAC. - intentar que los proyectos, además de interdisciplinarios, sean interprofesionales, buscando aliados en profesionales	Constructivismo	Construir N3-N6 Desarrollar N3-N6 Transformar N6 Crear N6 Identificar N1 Deducir N5 Validar (Justificar) N5 Elaborar N6 Razonar N4 Analizar N4 Relacionar N2 Conceptuar (Definir) N1 Resolver N3 Investigar N4 Descubrir N6

		y redirigirlos hacia las noticias de actualidad científica en genética. 3)Genética humana: Crear un recurso didáctico para el aprendizaje de la genética, a través de actividades de investigación que permitan al alumnado interactuar con sistemas biológicos. 4) "Genética: el lenguaje de la vida", "Evolución, descubriendo o los orígenes": -Recorre por los principales avances científicos del siglo XX. Con respecto a las	-tiene 3 secciones: sala de exposición, Ágora del Museo y Recursos docentes, -cada una de las 10 salas expone un aspecto de la genética, y vinculada a noticias de actualidad en genética relacionada con la temática de la sala. -en Recursos docentes hay actividades didácticas. -poseen webTask son actividades de naturaleza educativa de formato y creación simple (documento de texto) que se ofrecen a los docentes para hacer seguimiento/evaluación del uso de un recurso de Internet por parte de los alumnos. 3)Genética Humana: -serie de pequeños simuladores o animaciones interactivas (23 en total) presentadas de forma secuencial en pequeños módulos y organizados en tres grandes bloques: Material genético, Diagnóstico y Herencia. -Para ello, inicia con un texto y una actividad cuya resolución requiere una labor de investigación. Para ello, los contenidos explicados deben ser aplicados en el simulador.		que actúen desde otros ámbitos en el campo de estudio sobre el que deseamos crear el recurso. -estandarización de los formatos de las TAC. -Es necesaria una formación del profesorado sobre cómo usar los recursos en el aula, ya que a menudo las TAC son practicadas como un añadido, en lugar de una oportunidad para cambiar la dinámica de aula.	

		unidades 4 ("Genética: el lenguaje de la vida") y 5 ("Evolución: descubriendo los orígenes") 5) Genética al alcance de todos: Acercar la población científica para difundir los avances y conocimientos científicos.	- el trabajo de investigación es el que permite a los estudiantes realizar nuevos descubrimientos. 4) "Genética: el lenguaje de la vida", "Evolución, descubriendo los orígenes: Es la conjunción de dos formas muy diferentes de acceder al conocimiento: los temas y el árbol A) Temas: textos breves y precisos acompañados de fotografías y actividades interactivas. b) Árbol: aparecen hitos y personajes de las ciencias procedentes de temas. 5) "La genética al alcance de todos" -abarcan varios aspectos de la genética, como el origen de la vida, la especialización celular, la herencia sus tipos, las enfermedades hereditarias, la clonación y las células madre, las técnicas de diagnóstico prenatal, y la terapia génica. -dibujos estáticos, animaciones y enlaces específicos. -permite descubrir las aplicaciones de la genética en la biomedicina..				

Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação dna-rna-proteínas após o acesso ao GenBank Rosane Teresinha Nascimento da Rosa Élçion Lúcio Silva Loreto	2013	Analizar mapas conceptuales de estudiantes durante la aplicación de una unidad didáctica. Usar accesos de GenBank como estrategia didáctica para promover en los estudiantes el conocimiento de los alumnos sobre la síntesis de proteínas. Describir los procedimientos realizados y analizar el conocimiento alcanzado (relación ADN-ARN-proteína) después del acceso orientado.	-Unidad didáctica de 20 hrs: "síntesis de la hormona de crecimiento" -2º medio de un colegio militar. Clases de Biología. -6 alumnos entre 15-16 años. -colecta de datos: mapas conceptuales y entrevistas grabadas. -Secuencia didáctica: Problematicación Inicial (PI), que se caracteriza por la presentación de situaciones que se relacionen con el tema central; Organización del Conocimiento (CO), en el que se dan los conocimientos de Biología necesarios para comprender el tema central y se reenvío de soluciones a problemas de PI; Aplicación del Conocimiento (CA), que cierra la UD y se pretende utilizar los conocimientos construidos por los estudiantes para interpretar problematizar situaciones, buscando identificar el grado de comprensión alcanzado sobre estos. -se compararon mapas sobre la relación ADN-ARN-proteínas,	Análisis de mapas conceptuales: Pretest: no fueron evaluados ya que presentaban conceptos sueltos, lo que evidenció una visión fragmentada y descontextualizada de la síntesis proteica. Post test: -El alumno 1: palabras sueltas (genes y ADN juntas), 2 niveles de jerarquía correctamente. Estudiante no identificó la relación entre gen y ADN. -Alumno 2: representó conceptualmente palabras y conceptos relacionados. Usa palabras conectoras en relación con la síntesis de proteína. No pudo relacionar el concepto de	Mapas conceptuales sirven para obtener información acerca de la jerarquización conceptual que el estudiante presenta en su mente. Los mapas conceptuales de los estudiantes 1, 4 y 5 muestran deficiencias persistentes en la relación ADN-ARN-proteínas. Los links de GenBank representan una oportunidad de exploración e integración de conceptos. Se requiere nuevas herramientas didácticas diversificadas, principalmente aquellas amparadas en la informática.	Constructivismo	Elaborar N6 Relacionar N2 Conceptualizar N4 Organizar N4 Explicar N2 Identificar N1 Explorar (Investigar) N4 Integrar (Unir) N3 Construir N6

			elaborados por los estudiantes, antes y después del acceso guiado, a través del proceso de análisis propuesto por Novak & Gowin.	hormona en el mapa. -Alumno 3: excelente relación entre conceptos, -mapas de estudiantes 2 y 3 adquirieron significado una vez identificaran la relación entre los mecanismos de traducción y transcripción. -Alumno 4: poner la palabra concepto hormona menos inclusiva y más específica en la parte superior de su mapa en una lectura de concepto menos completo a más completo. No usó flechas ni palabras y no identificó el jerarquía entre conceptos. Esto indica que el aprendizaje de este estudiante no fue significativo -Alumno 5: conceptos desorganizados,			

				2 relaciones correctas. Tuvo dificultades en la organización de las ideas para comprender las relaciones conceptuales involucradas en la síntesis de proteínas. -Alumno 6: presentó una relativa capacidad organizacional de conceptos en su mapa.			
A história da dupla hélice do dna nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo Marcos Rodrigues da Silva, Marinez Meneghello Passos, Anderson Vilas Boas	2013	Analizar 9 textos de Biología para enseñanza media Review	-filosofía de la ciencia desde un enfoque relacional -historia de la dupla de ADN desde lo relacional. -aspectos históricos de la construcción del modelo de ADN -el ADN en un enfoque relacional -historia del ADN en los libros didácticos. -en discusión la historia del ADN en libros didácticos.	-----	Se puede asegurar que el abordaje de forma relacional nada se ha agregado a la historia de la doble hélice en los libros, en términos de elementos historias constituyentes. Solo se agregó una forma de usar y organizar dichos elementos. Este modo está justificado (aunque, con tal justificación, ni siquiera se pretende sugerir que este manera es superior a otras) desde un	-----	-----

					punto de vista filosófico, desde un punto de vista histórico y, fin, desde el punto de vista de constituir una concepción de la ciencia. Lo que se observa es que estas propuestas ya traen su potencial; se encuentran si están presentes en las oraciones que componen los textos de los manuales, sin embargo, podrían ser elaborado, discutido, reflejado en un proceso de diálogo entre el autor -con su planificar y desarrollar secuencias de aprendizaje inherentes a los procedimientos didácticos – y el investigador – con sus habilidades teórico-interpretativas.		

					una concepción de la ciencia basada en un enfoque relacional, aunque puede considerarse una reivindicación filosófico-historiográfica, ya tiene condiciones de viabilidad en los libros de texto, ya que, en éstos, el elementos históricos indispensables para la presentación de una historia de problemas		
Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. Daiana Sonogo Temp e Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos.	2013	Verificar si el uso de un modelo didático fue una forma diferencial y efectiva de ayudar en el aprendizaje de contenidos de genética, en estudiantes de 2° medio.	-La investigación de enfoque mixto, y se llevó a cabo mediante la aplicación de pre-y post-test que consiste en una pregunta abierta y preguntas de opción múltiple. Se hicieron pruebas con diferentes contenidos que se incluyen las cuestiones relacionadas con la genética. -En el período comprendido entre la aplicación de las pruebas se utilizó el modelo didático. El	-El análisis de la prueba de pre-mostró que las principales cuestiones que se relacionan con la identificación de la estructura de los cromosomas, los genes y el ADN, la relación entre el genotipo y el fenotipo, la identificación de los linajes y los cálculos de los conceptos de probabilidad y cariotipo.	-Después de usar el modelo didático mostró que la misma pudo haber sido eficiente en lo que respecta a los grupos relacionados con las estructuras cromosómicas, genotipo y fenotipo y cariotipo, lo que confirma que el uso de modelos y prácticas educativas diferenciales son herramientas importantes para la consolidación del aprendizaje.	Constructivismo	Calcular N3 Comprender N2 Interpretar N2-N3 Relacionar N2 Inferir N2 Resolver N3 Transferir N3 Razonar N6 Debatir N5 Construir N3-N6

La genética en el cine y los obstáculos para su aprendizaje formal Ana M. Abril y Francisco J. Muela.	2013	Comprobar si los significados sobre genética transmitidos por las películas que los estudiantes ven podrían generar concepciones alternativas sobre el tema.	-Aplicación de cuestionario de opciones múltiples, a 119 y 71 alumnos, antes y después de la educación formal. -películas como fuente de conceptos: Jurassic Park (Jp), X-men (Xm), Spider man (Sm), La Isla (Ti) y los 4 Fantásticos (Ff). -análisis de contenido de las películas en secuencias donde trata temas de genética (unidades de análisis). -estudio de ideas previas de los estudiantes mediante cuestionario de 17 preguntas realizado en base a revisión bibliográfica y conceptos presentes en las películas, aplicado a 103 y 122 estudiantes antes y después de la educación formal -Análisis estadístico	Ideas previas: -Mutación, clonación y ADN los mas conocidos por los estudiantes. -mas del 50% de los estudiantes que han recibido educación sobre genética, no tienen una idea clara sobre mutación, evolución o clonación.	- antes o después de la educación formal, estudiantes mantienen ideas previas acerca de conceptos de genética. -los significados transmitidos por las películas se centran en la secuencia de nucleótidos, una secuencia de letras, sin relacionarlo con genes o cromosomas. Podría relacionarse con la visión que tienen los estudiantes del ADN como un código de barras. -localización de ADN en pelo o gota de sangre, podría formar en los estudiantes, ideas acerca de que los organismos inferiores carecen de ADN. En la subcategoría "Función" se difunde la idea de que el material genético "sirve	Constructivismo	Comprender N2 Analizar N4 Localizar N1 Distinguir N4

					para" fabricar o producir nuevos individuos con determinados caracteres. Es decir, los significados transmitidos por las películas con respecto al material genético: i) fomentan la idea de que el DNA es algo abiótico; ii) no relacionan el DNA con genes y/o cromosomas; iii) no aclaran la localización exacta del DNA		
Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria Francisco Javier Íñiguez Porras y Manel Puigcerver Oliván.	2013	Objetivo general: Comparar 2 propuestas didácticas para la enseñanza de la genética -Determinar qué modelo permite al alumnado alcanzar un mayor y mejor conocimiento de la estructura del	Un grupo control sometido a enseñanza tradicional y con el libro como texto guía. Un segundo grupo al que se le aplicó la metodología constructivista. Al analizar resultados se realizaron grupos control 1 y 2 (C1 y C2) experimental 1 y 2 (E1 y E2) Diseño e la secuencia metodológica: 1) Estructuración de la secuencia didáctica en tres etapas: iniciación, reestructuración de ideas y aplicación de	Conocimiento sobre herencia biológica: 5 intervalos para valorizar respuestas el cuestionario: 1: poco satisfactoria, 2: moderadamente satisfactorio, 3: satisfactorio, 4: muy satisfactoria, 5 la valoración en pre test, post test1 y post test2.	1. Las concepciones del alumnado sobre la naturaleza del material hereditario detectadas en el Pre test coinciden en gran medida con las halladas por otros investigadores. 2. Las ideas del alumnado de los grupos Experimentales se han podido modificar en gran medida tras recibir la instrucción. Esto no está en contradicción con el	Constructivismo	Crear N6 Construir N3-N6 Comprender N2 Explicar N2 Relacionar N2 Esquematizar N2 Resolver N3

		material genético y de los procesos de transmisión de la información hereditaria Objetivos específicos: -Determinar si las ideas de alumnos de Educación Secundaria sobre la herencia biológica coincide con las concepciones de otros estudiantes y recogidas en estudios previos. -Comprobar si el modelo tradicional de enseñanza de la genética descrito con anterioridad es capaz de transformar las ideas	nuevas ideas. Las actividades que se proponen son capaces de provocar conflictos cognitivos y generar insatisfacción con las ideas que han expuesto los estudiantes. 2) Iniciación de la secuencia con la creación por parte del alumnado de un organismo fantástico que posea una serie de características que puedan presentar variabilidad. 3) Proposición de actividades de aplicación basados en referentes próximos al alumnado, como el organismo fantástico diseñado por ellos o bien caracteres presentes en la especie humana. 4) Formulación de problemas de genética referidos al organismo fantástico diseñado por los propios alumnos. 5) Resolución de estos problemas como	En pretest, la mayoría obtuvo bajo 10 puntos, excepto un grupo C2 con puntuaciones entre 16-21. Posterior a la intervención docente, se mantienen las concepciones de los estudiantes de este grupo. Se observó una mejora en los grupos E1 (28%) y E2 (23%), a partir de un índice de mejora	hecho de que el modelo de enseñanza tradicional también ha sido eficaz en la transformación de algunas ideas del alumnado. 3. El conocimiento de la naturaleza, localización y mecanismos de transmisión de la información hereditaria en los grupos que recibieron nuestra propuesta didáctica, es más profundo. 4. El modelo innovador de enseñanza de la genética al que se ha sometido el grupo Experimental ha permitido que las concepciones del alumnado sobre la naturaleza del material hereditario, su localización y estructura se modifiquen y se orienten hacia una mayor corrección científica, verificando así		

		manifestadas por los alumnos. -Determinar si un modelo de enseñanza basada en el constructivismo permite transformar las concepciones de los estudiantes en otras científicamente correctas mas efectiva y potente que el modelo tradicional. -Averiguar cual modelo logra mayor retención en el tiempo.	actividades de pequeña investigación, con la necesidad de plantear hipótesis y determinar el modelo de herencia, relacionándolos con la división meiótica. 6) Presentación de los estudios de Mendel una vez que los alumnos tienen suficiente conocimiento sobre los mecanismos de la herencia biológica. 7) Utilización durante toda la secuencia didáctica de diferentes modelos tridimensionales y bidimensionales. Estos modelos se refieren a la estructura celular y del material hereditario (célula eucariota, molécula de ADN, cromosoma-gen-alelo), así como a los procesos de mitosis y meiosis, íntimamente ligados con la resolución de problemas de genética. 8) Introducción de aspectos actitudinales		nuestra primera hipótesis. 5. Las agrupaciones Experimentales alcanzan valores más elevados del índice de mejora, confirmando así nuestra segunda hipótesis	

			como los relacionados con la manipulación genética y la biotecnología, a partir de situaciones de contexto que puedan generar discusión. Pretest: cuestionario para alumnos con respuestas abiertas, selección múltiple y esquematizar. Enseñanza tradicional en el grupo control. Aplicación post test 1: ambos grupos, experimental y control. Post test 2: 9 meses después, a ambos grupos.				
Cuando las canciones hablan de genética. las representaciones sociales y su impacto en el aprendizaje de la ciencia Marina Mateu, Marco Antonio Moreira	2014	Investigar las representaciones sociales en las canciones que escuchan los adolescentes . Interpretar la manera en que éstas influyen en el modo de pensar, comunicarse y	Análisis de contenido de un conjunto de canciones en español que contienen en sus letras una o más de las siguientes palabras clave y todos los vocablos que derivan de ellas: "Herencia", "Genética", "Mutación", "Gen", "Cromosoma", "ADN", "Clon" y "Genoma". Búsqueda de las letras e las canciones en Google (399 documentos) y canciones con letra y música en Ares (347). Finalmente se analizan 334 canciones, las que se separan en 2 grupos:	Se contabilizó número de canciones en la que aparecieran las siguientes palabras claves: "Herencia", "Genética", "Mutación", "Gen", "Cromosoma", "ADN", "Clon" y "Genoma". Finalmente se codificaron 205 canciones alusivas al termino herencia	Se evidencia la invasión del conocimiento científico en el saber popular. "Mutación" significa monstruosidad, deformidad o anormalidad, para los profesores en Biología resulta difícil provocar un cambio representacional que tienda hacia que cada estudiante se asuma como producto de una	Teoría de las Representaciones Sociales (Moscovici)	Conceptualizar (Abstraer, aislar) N4 Diferenciar N4 Reconocer N1

		comportarse de los actores sociales, así como en el papel que tendrían los textos de las canciones como potenciales obstáculos para un adecuado aprendizaje de la temática científica en estudio	-Escrito: 344 canciones -audio fónico: canciones con la música y letra. -Se complementó la información con sus melodías). -Ambos cuerpos fueron complementados con información sobre su intérprete/s, su género, el año de edición y el país de origen.	pero en humanos. Se codificaron en las siguientes categorías: 1)Propiedades orgánicas -Vías de transmisión: parejas, progenitores Biomoleculares Psicológicas Biológicas 2)Propiedades materiales -vías de transmisión: parejas, progenitores. -Objetos y seres -dinero 3)Propiedades no materiales: -vías de transmisión: progenitores, sangre, otros. -cartel -cultura	inconmensurable cantidad de estos cambios genéticos causados por una gran variedad de factores. Para los estudiantes un “Clon” es una copia exacta del individuo que lo origina, dicha creencia puede transformarse en un obstáculo para el aprendizaje de la Genética escolar. En primer lugar, porque dicha creencia está relacionada con la opinión general de que un clon “nace” o “aparece a la vida” de la misma edad y con las mismas características de su progenitor. En segundo lugar, porque desecha radicalmente la influencia del ambiente en la conformación de características propias del clon. La dimensión cultural debe ser considerada en toda		

					intervención educativa, asumiendo que las personas no son totalmente idiosincráticas en el momento de construir su conocimiento, sino que en su bagaje intelectual es posible detectar ideas regulares y convencionales que configuran sus RS. Importante dar el espacio para que los estudiantes compartan sus RS. Una intervención educativa debe favorecer la integración y la diferenciación de ambas representaciones, significando cada una en el contexto de acción.		
Extracción de ácido desoxirribunoclei co-ADN: una actividad que emite luz, pero también proyecta sombras.	2014	Analizar y reflexionar acerca de la extracción e ADN en vegetales. Realizar una revisión crítica acerca de cómo las prácticas	33 alumnos de 1°Medio. -7 grupos de 4 y 1 grupo de 5. -Cada grupo recibió un kit (una cebolla; una fresa; un cuchillo, cuchara, botella con detergente, sal de mesa, alcohol frío, filtro de café; palo de madera delgado)	6 informes no hubo comprensión de las características de la molécula de ADN. Estudiantes le atribuyeron aspectos de color de la	es natural que el profesor adopte estrategias de la enseñanza con el fin de facilitar el aprendizaje del alumno, sin embargo, muchos de ellos, con analogías, metáforas,	Constructivismo Bachelard	Observar N2-N3-N4 Comprender N2 Analizar N4 Hipotetizar N6 Concluir (Deducir) N5 Elaborar N6 Explicar N2 Discutir N5 Argumentar N5

Regiani Magalhães Yamazaki, João Vicente Alfaya dos Santos, Geovana Mulinari Stuani y Sérgio Choiti Yamazaki		experimentales contribuyen en la construcción por parte del alumno de su concepción de construcción del conocimiento científico y señalan los errores que una actividad experimental como ésta puede producir en el estudiante de enseñanza media en torno a la imagen de construcción del conocimiento científico.	-elaboración e informe: introducción, objetivo, materiales, metodología, resultados, discusión, conclusiones y bibliografía. Se revisaron 8 informes	molécula extraída de plantas. Señalaron que la de cebolla era diferente a la de la fresa porque esta última es de color rosa. Dificultad en comprender composición del ADN y relación de tipo de adn y tipo de organismo. Errores desde la naturaleza química, localización y función en el organismo. La base del conocimiento científico es proporcionada por las observaciones hechas por un observador imparcial parece ser un entendimiento generalizado entre los estudiantes. Realismo ingenuo: creen que aquello que	imágenes, modelos y entre otras propuestas pedagógicas deben ser fuentes de reflexión sobre sus implicaciones. Realizar una investigación previa acerca de los conocimientos que poseen los estudiantes con respecto al tema o a los elementos a abordar. La experimentación es importante para el aprendizaje de la biología, pero se debe cuidar que la "magia" de la experimentación lleve a los estudiantes a concepciones distorsionadas acerca de lo que se está experimentando. Se sugiere articular la experimentación con la fundamentación teórica y epistemológica de los conocimientos a ser explicados.		Justificar N5 Describir N1 Construir N3-N6 Indagar N3 Experimentar N6 Interpretar N2-N3

				lo que el observador ve es lo que se describe y descubre.	.		
A problemática dos organismos geneticamente modificados e a formação científica do cidadão comum: um estudo com manuais escolares de Ciências Naturais do 9º ano adotados em Portugal. Luis Dourado, Luis Matos	2014	Analizar los libros de texto de ciencias naturales de noveno grado adoptados en Portugal, en la parte relativa a los OMG	-libros e 9º año de Ciencias Naturales -colecta de datos mediante análisis de contenido. -La tabla de análisis manual incluyó las siguientes dimensiones: concepto de OGM; relación de los OGM con los organismos transgénicos; relación de los OGM con otros temas o asuntos; ejemplos de OMG mencionados; situación de los OMG en Portugal y en el mundo; marco legal para los OGM; Posibles ventajas del uso de OGM y riesgos potenciales el uso de OMG en los dominios ambiental, sanitario y económico; actividades propuestas por manuales; recurso a otras fuentes de información sobre OGM; relación entre imágenes y concepciones de los estudiantes; reacciones a los OGM por parte de los	-M3 y M5 dedican 4 páginas a los OGM, M7 y M4 3 páginas y el resto sólo 2. y que contengan texto informativo, imágenes y Actividades propuestas. El reducido espacio dedicado a los OGM se encuentra con el trabajo de varios autores, es decir, cuando mencionan que los manuales no siempre dan el espacio o la énfasis necesario en temas controvertidos - La articulación de los OGMS con contenidos de otras	-los textos dedican pocas páginas a los OMG y sus implicancias. -sólo 3 de los 9 textos presenta un concepto de OMG científicamente correcto. -pocas relaciones establecidas entre OGM y cotidianidad de los estudiantes. -OGM vegetales, no se habla de aquellos que son de tercera generación. -actividades repetitivas y de refuerzo. -sólo 2 manuales hacen alusión a la responsabilidad de la sociedad de ser más activa en monitorear los riesgos e los OGM.	Constructivismo	Comprender N2 Explicar N2 Relacionar N2 Analizar N4 Investigar N4 Debatir N5 Argumentar N5 Razonar N6

			grupos sociales involucrados en ellos; seguimiento de los posibles riesgos de los OMG; Perspectiva futura del uso de OGM.	disciplinas y con la propia es baja. -pocos ejemplos de estos organismos, en su mayoría vegetales. -sobre los OMG en Portugal y el mundo: sólo en M1 y M7, sobre producción y comercialización del mijo. -Implicaciones de los OGM: parece que, en general, esas ventajas y riesgos son presentado de manera puntual, ilustrativa, genérica, desequilibrada y poco estimulante de la consulta, ya que aparecen en el manual como ejemplo, con información vaga y aparentemente probado, muchas veces, sin igualdad entre ventajas y riesgos,			

				con, en estos casos, mayor énfasis en los beneficios que en los riesgos. -a excepción de M5, los OMG y medioambiente, se destaca reducen el uso de pesticidas y herbicidas, sin explicar su impacto en el ecosistema. -en salud: ventajas: xenotrasplantes, producción de hormonas, producción de huevos de gallina, prevención de cáncers, frutas o verduras con mayor contenido de vitaminas. -actividades: trabajos de investigación, discutir algunos conceptos mas abstractos en la clase, -pocas imágenes y no son ilustrativas. -Podemos, por tanto, considerar			

				que la relación existente entre los OMG y la sociedad, nivel de reacciones, seguimiento y perspectiva de futuro, es poco mencionado en los manuales, ya que que la mayoría de los manuales ni siquiera contemplan esto en sus páginas. -Se verificó que los textos no siempre presentan la información correcta y necesaria, ni de la forma adecuada y no siempre con la relevancia que merece. -Textos presentan fallas.			
Biotecnética: Possibilidades do jogo no ensino de Genética. Arianne Francielle Silva	2015	Proponer el uso del juego "Bioteknética" como herramienta facilitadora del proceso de	-2 colegios (B y C): 3° Medio. 3 cursos de mañana (B1, B2 y B3) y uno vespertino (B4). -B1: 38 entre 16-18 años -B2: 28 entre 16-18 años	Mapa conceptual 1: se evidencian lagunas en el aprendizaje y conceptos erróneos.	-Biotecnética estimuló la interacción entre los participantes, demostrado por el intenso intercambio de información entre el grupo.	Constructivismo Complejidad	Relacionar N2 Organizar N3 Explicar N2 Comprender N2 Discutir N5 Elaborar N6 Comparar N2 Construir N6

Brão e Ana Maria Teresa Benevides Pereira.		enseñanza- aprendizaje de la genética.	-B3: 29 alumnos de 17-19 años -B4: 45 alumnos de 16-21 años. -Colegio C: 3 cursos (mañana) C1: 20 alumnos C2: 26 alumnos C3: 23 alumnos Todos entre 16-18 años. Juego: 84 cartas repartidas como sigue: -26 cartas tema -58 cartas concepto El juego consiste en relacionar una o más cartas de concepto con las cartas de tema, con para una misma carta temática puede haber varias cartas conceptuales. De la misma forma en que las tarjetas conceptuales se pueden relacionar con más de un tema. -5 jugadores, 1 debe ser juez y no participa. Debe verificar que las cartas estén bien relacionadas, según la hoja de respuesta. -Profesores deben abordar y discutir contenido con alumnos -previo al juego, realización de un mapa conceptual colectivo -juego	-entre el mapa conceptual 1 y 2 se observan cambios, una evolución. Los estudiantes de vespertino presentaron más dificultades. -el segundo mapa conceptual fue individual y se observó mayor cantidad de relaciones conceptuales. -en el grupo B4 de los 5 mapas conceptuales, 2 muestran la influencia positiva del juego. -se evidencia una enseñanza deficitaria en estudiantes de vespertino.	Estamos aprendiendo a la vez de desarrollar relaciones sociales. -el juego fue un mediador en el aprendizaje de genética. -el juego estimula a los estudiantes a estudiar el contenido previamente. -el mayor aporte del juego es mostrar la gran cantidad de relaciones establecidas entre las cartas.		

			-cuestionario: para conocer opinión de estudiantes. -Realización de un mapa conceptual				
Comprensión del modelo hereditario de Mendel tras la enseñanza habitual en alumnos de educación secundaria obligatoria José Antonio García Lillo Patricia Quinto Medrano Joaquín Martínez Torregrosa	2015	Analizar la enseñanza del modelo de herencia mendeliana en la etapa secundaria.	-elaboración de cuestionario para indagar la comprensión del contenido. -realización de pruebas piloto con estudiantes de 4º ESO. - Para analizar la apropiación funcional del modelo por parte de los estudiantes se han utilizado tres cuestiones (cuestiones 3, 4, y 5) cuyas respuestas y la consistencia entre tales respuestas mostrarán el grado de apropiación del modelo. -el instrumento posee 6 preguntas con 50 minutos de tiempo para responder (1 sesión). -análisis de resultados: 1) creación de una red de análisis. 2) Una vez analizada cualitativamente una respuesta a cada una de las cuestiones del instrumento utilizado, se ha asignado un valor de 0, 1 o 2 para expresar el grado de consecución del indicador	el 97% de los alumnos de la muestra estudiada (n = 297) no dispone de un conocimiento problematizado en genética clásica sobre el modelo de Mendel, pues no es capaz de expresar los problemas cuyo intento de solución y control ha dado lugar a la existencia y evolución de las ideas científicas sobre la herencia. El 3% de los estudiantes nombran los dos principales problemas que están en el origen del modelo de Mendel como son	gran parte de los alumnos realizan los ejercicios de genética de una forma mecánica y algorítmica pero sin comprender significativamente de un modo cualitativo/ abstracto la herencia de caracteres. Se revelan carencias muy rotundas en todos los indicadores de comprensión del modelo de herencia mendeliano, confirmando la hipótesis que ha vertebrado este trabajo así como la relevancia didáctica potencial del cambio propuesto basado en la planificación de la enseñanza del tema desde el modelo de investigación	Constructivismo	Indagar N4 Comprender N2 Analizar N4 Explicar N2 Argumentar N5

			de comprensión correspondiente (0 = no conseguido; 1 = conseguido parcialmente; 2 = conseguido). Es necesario resaltar que se ha hecho explícita la relación entre las ideas que se expresaban o que faltaban en las respuestas y la puntuación otorgada, de manera que se pudiera traducir el significado de dicha puntuación en qué es lo que sabía o no sabía cada uno de los alumnos. -	la obtención de variedades de plantas y animales con rasgos deseados y estables y la aparición de enfermedades hereditarias. el 67,7%, desconoce los problemas que están en el origen del modelo y sólo citan problemas relacionados con la ingeniería genética y sus aplicaciones más resaltados por los medios de comunicación, como tratamiento de enfermedades con terapia génica o alimentos transgénicos. El 84,2% de los alumnos no	guiada. Existe un gran margen de mejora (mucho por hacer para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje) no hemos desarrollado con detalle los obstáculos y/o razonamientos erróneos más frecuentes en nuestros alumnos. Este conocimiento es imprescindible para concretar la enseñanza en una estructura problematizada. este estudio puede utilizarse en cursos de formación de profesores de Biología (inicial y en activo), para que tomen conciencia de las carencias de la enseñanza habitual y aprecien modelos de enseñanza alternativos		

				alcanza una apropiación funcional del modelo, y como máximo utilizan la simbología adecuada pero sin argumentación alguna o identifican las leyes involucradas sin explicarlas ni aplicarlas en la resolución de problemas y en ningún caso explican adecuadamente las ideas importantes sobre la herencia.. 18 alumnos (6,1%) conocen las limitaciones del modelo de Mendel en casos de dependencia en la herencia de algunos caracteres cuyos genes están localizados en el mismo cromosoma. El 12,5 % de los	que mejoren la alfabetización científica de nuestros alumnos.		

				alumnos (37) consideran que no se puede aplicar el modelo de Mendel a casos que realmente sí que cumplen la herencia mendeliana, pero en los cuales las proporciones fenotípicas de la descendencia varían, al ser casos especiales de relaciones de dominancia (como codominancia, herencia intermedia o herencia ligada al sexo entre otros).			
El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias Blanca Puig, María Pilar Jiménez Aleixandre.	2015	Analizar el modelo de expresión de genes y determinism o en una muestra de libros de biología de 4º año de ESO.	-4º ESO. -se seleccionaron 5 libros de Biología: LT1, LT2, LT3, LT4 y LT5. -contenido a analizar: genética molecular y genética mendeliana. -Se analizan 4 dimensiones: a)definición de fenotipo: b) los ejemplos de la influencia del ambiente en la expresión de los genes: c) las	-LT3 presenta 3 ejemplos, LT1, LT4 y LT5 presentan 2 ejemplos y LT2 1 ejemplo. Los ejemplos son: estatura humana, desarrollo muscular, color de ojos, color de pelaje, obesidad.	4 de los 5 libros definen la noción de fenotipo de acuerdo con la perspectiva actual de interacción. Un libro desarrolla un apartado para explicar la influencia del ambiente en la expresión de los genes, presentando	Constructivismo	Comprender N2 Relacionar N2 Explicar N2 Construir N3-N6

			preguntas y actividades que requieren aplicar la noción de fenotipo: d) las preguntas y actividades que requieren aplicar la noción de fenotipo: d)referencias al determinismo o a la noción de 'razas' humanas: -análisis de contenido.	Los resultados muestran que sólo un libro propone actividades de aplicación del modelo de expresión de los genes. En ninguno de los libros analizados se aborda explícitamente el determinismo biológico.	dos ejemplos, mientras que el resto se limitan a presentar ejemplos, pero no se desarrollan. Respecto a las actividades de los libros, identificamos ocho tareas sobre el modelo de expresión de los genes, pero sólo una de ellas requiere entender la influencia del ambiente en la expresión de los genes. Los resultados de una actividad sobre el aumento de estatura en las últimas generaciones, realizada con alumnado de secundaria dentro de una unidad sobre el modelo de expresión de los genes, muestran que aunque la estatura es un ejemplo familiar, que está presente en la mayoría de los		

					textos, resulta difícil de entender por una proporción del alumnado. Un 17% de los estudiantes interpretaron el aumento de estatura como una prueba de la evolución, lo que ha llevado a la revisión de la actividad por parte de las investigadoras Dada la complejidad del modelo de expresión de los genes, consideramos necesario que los textos dediquen más espacio a explicar la influencia del ambiente mediante ejemplos concretos, e incorporen tareas que requieran que el alumnado movilice sus ideas acerca de la expresión de los genes. El análisis del determinismo muestra que los libros de texto no		

					abordan esta cuestión de manera explícita. Dos libros mencionan las "razas", aunque sin relacionar éstas con el modelo de expresión de los genes. Podemos concluir que existe coherencia entre el currículo de ciencias de secundaria y los libros de texto en la ausencia de tratamiento del determinismo dentro de las implicaciones sociales de la genética.		
O uso de conceitos científicos em argumentos em aulas de biologia. Renata de Paula Orofino y Silvia Luzia Frateschi Trivelato.	2015	Analizar la argumentación en estudiantes de 3° Medio, a partir del contenido de genética.	-Análisis de argumentación de 35 alumnos de 3° Medio -aplicación de secuencia didáctica (3 clases), desarrollo de una actividad escrita. -1° clase: lectura de un texto relacionados con 2 experimentos de genética. Posteriormente estudiantes responden una pregunta individual (¿porqué las conclusiones de los 2 experimentos indican que el ADN es portador de información hereditaria?) -análisis del patrón argumentativo de los	-De 35 estudiantes, 28 lograron construir argumentos que presentaban coherencia interna. -se encontraron 48 argumentos, 12 calificaciones y ninguna refutación. -32 de 35 estudiantes demostraron tener capacidades	-Elaborar argumentos escritos es uno de los 4 factores para el desarrollo de habilidades argumentativas. Como herramienta de análisis, TAP nos resultó útil para identificar las respuestas de los estudiantes y observar de manera más crítica el contenido transmitido por los estudiantes en las	Argumentativo de Toulmin	Resolver N3 Argumentar N5 Construir N3-N6 Concluir (Inferir) N2 Explicar N2 Comprender N2 Desarrollar N6 Elaborar N6

			estudiantes (TAP modificado) -en una segunda instancia se identificó contenidos específicos , las que se categorizaron: (1) estudiante que moviliza información correcta sobre los dos experimentos indicados en el enunciado; (2) estudiante que moviliza información correcta sobre uno de los experimentos o información incorrecta sobre uno de los experimentos; y (3) estudiantes que fallan tanto en la construcción de argumentos como en el uso de información correcta sobre los experimentos indicados en el enunciado.	básicas de interpretación de textos. -se puede afirmar que los estudiantes construyen argumentos correctos desde el punto de vista científico. No bastaba que el estudiante construyera un argumento con contenido científico correcto, ya que la tarea a realizar regulaba la calidad esperada de la respuesta.	respuestas analizadas. Del mismo modo que en el análisis de las respuestas en este trabajo, entendemos que dicho modelo analítico puede convertirse en una herramienta auxiliar para que el profesor corrija ejercicios.		
Cambios conceptuales respecto a genética en estudiantes del grado 8° Lina Nayarid Triviño, Eliana Camila Tovar.	2017	Evidenciar los cambios conceptuales respecto a genética mendeliana en estudiantes de 8° Básico	-47 estudiantes de 8° -conceptos de genética mendeliana que permite entender temáticas como mutaciones, herencia genética, entre otros -implementación de talleres como estrategias para desarrollar dicho cambio, además busca que los estudiantes a través de su creatividad logren elaborar diferentes casos hipotéticos respecto a los caracteres heredables, e integren este concepto en su estructura cognitiva.	-¿Qué es genética? ¿para qué sirve?: se observa cambio conceptual en estudiante. -Una pareja tiene dos hijos, de 9 y 12 años de edad respectivamente , ambas son mujeres y se dice que la mayor se parece mucho al padre y la menor que	-Se logró evidenciar que la existencia de ideas previas que tienen los estudiantes acerca de genética es producto del lenguaje común no científico o datos, cuando se implementan talleres en el aula respecto a genética y problemas de la vida cotidiana, estos logran pasar de datos a conceptos	Constructivismo	Conceptuar (Aislar) N4 Construir N3-N6 Comprender N2 Interpretar N2 Hipotetizar N6

			-elaboración de encuestas (ideas previas) -implementación de trabajos prácticos, recolección de datos, análisis de resultados -talleres de 6 fases: 1) que es la herencia, 2) conceptos generales de gen, homocigoto, heterocigoto, cuadro de Punnett, caracteres dominantes y recesivos etc 3) enfermedades genéticas 4) herencia en hijos (alelos dominantes, alelos recesivos) 5) conceptos de clonación 6) construcción de un monstruo a través de los caracteres; todo ello se realizó bajo ayuda audiovisual, exposiciones, actividades y discusiones en clase referentes a la genética. En las discusiones de clase, el docente actuaba como guía y planteaba preguntas para orientarlos, de igual manera al finalizar cada clase se realizaba una retroalimentación de los temas vistos.	se parece más a su madre? ¿Cuál de las siguientes causas pueden explicar esto? Justifique su respuesta. a) La mayor lleva más información hereditaria del padre que de la madre, por lo que se parece más a su padre. b) La menor lleva más información hereditaria de la madre y por eso se parece más a su madre. c) Las dos llevan la misma cantidad de información hereditaria del padre que de la madre, pero en un caso se manifiesta la del padre y en el otro la de la madre. También hay cambio conceptual. -Se pudo establecer que los estudiantes relacionan la herencia genética con	ya que generan redes conceptuales en torno a cambios fenotípicos -es necesario el diseño e implementación de diferentes estrategias para el desarrollo de los contenidos en el aula de clase que son inherentes a la vida cotidiana del estudiantado, es por ello que a través de los talleres horizontales se pudo demostrar que a través de ellos, se logra generar cambios conceptuales en los estudiantes y la construcción de nuevos conceptos en el aula,		

				algunas células del cuerpo, pero no existe claridad en cuanto a su transmisión			
Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza Cristina Ruiz González, Enrique Banet, Luisa López Banet.	2017	Conocer las principales ideas de alumnos de educación secundaria en relación con la Herencia Biológica antes de estudiarla y comprobar si se modifican después de haber recibido una enseñanza del tema de manera tradicional. analizar en qué medida coinciden con las descritas en trabajos realizados por otros autores, en diferentes contextos educativos.	-4° año de ESO (15-17 años) -Cuestionario para recolectar datos. -pre test y post test son el mismo. -Para elaborar instrumento: selección de contenidos, ensayo (entrevistas individuales con aplicación de cuestionario) -con los resultados, se elaboró un cuestionario de 13 ítems.	-Los estudiantes tienen conocimientos sobre contenidos elementales de Genética antes incluso de tener el primer contacto académico con ellos y que, si no son tenidos en cuenta, pueden dificultar sus aprendizajes. También ponen de manifiesto que algunas de estas ideas no se modifican sustancialmente después de estudiar los contenidos sobre Herencia Biológica -Estos puntos de vista podrían ser contruidos por influencias extraescolares (medios de comunicación, nociones intuitivas) y algunos conocimientos desarrollados en el	- algunos como tienen que ver con: las causas que determinan los caracteres fenotípicos, los seres vivos que tienen o no estructuras relacionadas con la información genética, la localización de la información hereditaria, las diferencias entre los distintos tipos de división celular, las causas y consecuencias de las mutaciones) -Estos puntos de vista podrían ser contruidos por influencias extraescolares (medios de comunicación, nociones intuitivas) y algunos conocimientos desarrollados en el	Constructivismo	Construir N3-N6 Comprender N2 Explicar N2 Argumentar N5

		comprobar los cambios que se producen en estas ideas, como consecuencia de la enseñanza.		nociones intuitivas) y algunos conocimientos desarrollados en el ámbito educativo (la célula, por ejemplo). -	ámbito educativo (la célula, por ejemplo). -Las principales implicaciones educativas nos llevan a enfocar el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Genética de manera que las actividades tengan en cuenta las ideas de los alumnos. - resultados muestran que aunque algunas de las ideas analizadas coinciden con las correctas, muchas de las identificadas en el pretest se alejan del pensamiento científico. -Se ha podido comprobar cómo la mayoría de ideas identificadas antes de abordar, por primera vez, el estudio de Genética, se mantienen después de la enseñanza de estos contenidos.		
La enseñanza del ADN desde un enfoque	2017	Describir una experiencia de aula a	Estudiantes de 7°. Unidad didáctica enfocada en desarrollar habilidades	Test de ideas previas:	La NOS presenta a la ciencia como una actividad humana	Constructivismo y Heurística	Describir N1 Esquematizar N2 Localizar N1

histórico con estudiantes de grado séptimo Angie Milena Bustos Rangel, Álvaro García Martínez y Rubinstein Hernández Barbosa.		partir de una unidad didáctica con una perspectiva de historia de la ciencia.	cognitivas-lingüísticas (principalmente Describir) Compuestas de 3 partes. Al inicio se aplicó un test de ideas previas (dibujar una célula, ubicar sus organelos y determinar la función del ADN. Se indagó sobre su descubrimiento y sus implicancias en la Biología. 1° parte: Reconocer personajes que dieron lugar al conocimiento del ADN. 2° parte: Caracteriza y describe el papel de Rosalind Franklin en el diseño del modelo de la estructura del ADN. 3° parte: Relaciona el ADN con la reproducción celular.	Estudiantes dibujan célula animal, no identificaron organelos y su función. No relacionan ADN y división celular y tampoco los aportes de Rosalind Franklin. Debate: Motivación en los estudiantes que se evidenció en la búsqueda y organización de la información. Aportes de Rosalind Franklin: reconocieron sus aportes, lo cual permitió reflexionar con el grupo sobre el trabajo colaborativo en la ciencia entre hombres y mujeres. ADN y reproducción celular: no se evidenció en el test de	que está permeada por factores sociales, políticos económicos y culturales. debate, fue posible alcanzar que los estudiantes de grado séptimo entendieran cómo se logró llegar al conocimiento del ADN, como una construcción cooperativa que se ve afectada por el contexto en el cual se desarrolla. Potenciar la habilidad cognitivo lingüísticas de describir. También fue un espacio donde los estudiantes hablaron de los reconocimientos y la injusticia e intereses personales en la ciencia, lo hicieron a partir de lo sucedido con Franklin. Mayor interés y curiosidad en los estudiantes.		Recordar N1 Explicar N2 Investigar N4 Elaborar N6 Hipotetizar N6 Experimentar N6 Concluir (Debatir) N4 Organizar N3 Relacionar N2 Reconocer N1 Valorar N5

				ideas previas, y en el debate no fue clara dicha relación, fue necesario la implementación de modelos explicativos, realizados por los estudiantes, lo cual favoreció la comprensión del papel que juega el ADN en la división celular. Desarrollo de laboratorio de extracción de ADN a partir de raspado bucal y posterior informe mediante la V de Gowin.			
La genética en los textos de estudio de la educación secundaria obligatoria: ¿se hace caso a la investigación didáctica? M^a. Carmen Garrido-Navas, Francisco González-García	2017	El objetivo esencial del trabajo realizado ha sido analizar si los textos de estudio de 4º curso de ESO han incorporado las propuestas de cambio que la investigación	-10 textos seleccionados para analizar la secuencia de contenidos de 2 formas: 1) comparando dos textos diferentes de la misma editorial (denominados proyectos). Dos parejas de libros de dos editoriales distintas (editados en 2007-2008, identificados como O-A y O-B, S-A y S-B). 2) parejas de libros de la misma editorial, pero editados en distintos	1) hay libros (por ejemplo textos O-B, S-B, S1, A2, X2) que parten de la explicación del ADN como molécula portadora de la información genética y, a partir de ella, se van construyendo los demás conceptos básicos y se	Definiciones básicas: se aprecia tensión entre la genética clásica o molecular. La investigación didáctica remarca la necesidad de no acudir a definiciones simple Complejidad de los contenidos: Esta ausencia ha sido descrita, en la bibliografía didáctica,	Sistémico Constructivismo	Comprender N2 Conceptualizar(Aisl ar) N4 Analizar N4 Relacionar N2 Resolver N3 Aplicar N3 Debatir N5 Argumentar N5 Transferir N3

		didáctica recomienda para la mejora en la enseñanza y aprendizaje de la genética.	momentos. Se compararon textos de tres editoriales que identificamos como A1, A2, X1, X2, N1 y N2; correspondiendo el número 1 a las ediciones de 2002 y el número 2 a las ediciones de 2012. En este caso nos serviría para comprobar los cambios producidos en el tratamiento de la Genética tras una década y con la aplicación de una nueva norma curricular. a)definiciones: básicas: 5 conceptos (ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo) b)niveles de complejidad : analizando la presencia de la Teoría Cromosómica de la Herencia, el concepto de probabilidad y la explicación de tipos de herencia intermedia y codominancia c)resolución de problemas: concretándose en el tipo de problemas dominante, la presencia de instrucciones específicas para resolver los problemas y el uso de árboles genealógicos humanos (pedigrís).	explica la herencia y sus mecanismos, finalizándose con los conceptos de herencia mendeliana y sus leyes clásicas. 2) inician la Genética con la descripción histórica de los trabajos de Mendel y cómo estos trabajos explican el mecanismo de la herencia y posteriormente pasan a explicar los conceptos moleculares basados en el estudio del ADN. Definiciones básicas: En todos los textos hay tendencia a definir de forma muy concreta conceptos básicos de genética, en un intento de sintetizar al máximo conceptos que	como una de las causas de la falta de comprensión del significado real de los resultados en la resolución de problemas. Todos los textos hacen referencia a proporciones o frecuencias pero no al sentido probabilístico de los resultados. Resolución de problemas: necesidad de combinar problemas tipo causa-efecto y problemas efecto-causa además de instrucciones específicas en el trabajo con árboles genealógicos y pedigrís humanos. La tendencia observada al cambio, siguiendo los consejos de la investigación didáctica, es muy leve en los textos analizados. Si bien la muestra analizada es reducida, apreciamos que		

				en ocasiones son complejos Abstracción y complejidad de contenidos: La Teoría Cromosómica de la Herencia como ejemplo de construcción teórica que culmina la explicación de los mecanismos de la herencia no siempre aparece citada en los diferentes textos. La herencia intermedia y la codominancia, como ejemplos de herencia más compleja, si se presentan en todos los textos; al menos uno de estos tipos de herencia. Sin embargo ninguno de los textos hace referencia al concepto de probabilidad. Resolución de problemas: la investigación	la inercia editorial tiende a ser conservadora y no traslada fácilmente las recomendaciones derivadas de la investigación didáctica. en su conjunto los cambios apreciados en los textos son mayoritariamente moderados; siendo evidente la tensión entre una presentación de contenidos mendeliana o clásica y una presentación de la nueva genética molecular.		

				didáctica han dado unas pautas concretas para superar las dificultades que clásicamente presentan muchos estudiantes. Estas recomendaciones se centran en: la necesidad de combinar problemas tipo causa-efecto y problemas efecto-causa. Instrucciones claras en el uso de árboles genealógicos y pedigrís -Se aprecia una división entre la genética clásica y la molecular; división no resuelta por las editoriales ni al editar diferentes proyectos ni en la década que separa las ediciones.			

				Se aprecian diferentes niveles de mejora en los textos			
la pregunta como estrategia didáctica para el aprendizaje significativo del concepto herencia biológica, en estudiantes de grado octavo Juan Conde, Johanna Bernal	2017	Presentar los resultados de la unidad didáctica “¿Cómo se expresan mis genes?”	-Indagación interpretativa -Estudiantes entre 12 y 15 años -El recurso principal de la investigación fue la formulación de preguntas docentes-estudiantes, con respecto al concepto de herencia biológica. -5 sesiones, se identificaron ideas previas. -que tenían los estudiantes con respecto a la herencia biológica, por medio de preguntas que abordaron temas desde ciclo celular, hasta variabilidad genética. -realización de actividades que generaran preguntas a los estudiantes a partir de las intervenciones hechas por los docentes en formación. -Preguntas obtenidas de las actividades fueron clasificadas. -Estas preguntas que se formularon en el aula de clase, a su vez se categorizaron en cuatro tipos de preguntas: Preguntas de recopilación de información (PRI), que son preguntas que buscan una información objetiva básica; preguntas puente	-A través de las preguntas formuladas por los estudiantes, hubo una aproximación a los enfoques teóricos de Ausubel. -Las preguntas formuladas por los alumnos, se realizaron como producto de la “mutua dependencia” entre los procesos cognitivos individuales de reconstrucción de los saberes disciplinares y las variables propias del contexto didáctico. -Las modificaciones cognoscitivas “no ocurren por fuera de las situaciones didácticas, sino en el encuentro de los saberes	Se evidencia que las preguntas formuladas por los docentes en formación, contribuyeron a que los estudiantes expusieran sus conocimientos previos, a partir de las intervenciones didácticas. Por lo tanto, la pregunta docente-estudiante, en la enseñanza de la herencia biológica, abordó las perspectivas principales que se emplean en el aprendizaje significativo. se observó que el uso de la pregunta como estrategia significativo en la enseñanza de la herencia biológica, fomentó a la discusión y al debate, aumentando la calidad del discurso	Aprendizaje significativo Teoría fundamentada	Expresar N2 Construir N3-N6 Resolver N3 Comprender N2 Problematizar (Debatir) N5 Elaborar N6 Esquematizar N2 Articular (Unir) N3 Relacionar N2 Comparar N2 Aplicar N3 Transferir N3 Deducir N5

			(PP), que son preguntas que intentan encontrar conexiones entre conceptos; preguntas de extensión (PE), las cuales son preguntas de exploración más allá del alcance de los problemas propuestos, y a su vez son resultantes de la creatividad o de la aplicación de conocimientos recién adquiridos; y por último, preguntas evaluativas y críticas (PEC), las cuales contribuyen a la toma de decisiones o cambio cognitivo.	previos y los saberes disciplinares entre los que media el docente. Las preguntas formuladas por los docentes en formación también favorecieron a la generación de una cascada de actividades cognitivas, que les permitieron a los estudiantes ir construyendo a través de piezas su conocimiento, y resolver conflictos de comprensión	y la participación en el aula. -Inicialmente los estudiantes poseían un escaso conocimiento respecto a conceptos básicos, como cromosomas, genes, alelos o mutaciones y no alcanzaban a comprender el significado de procesos importantes, como la meiosis, o los mecanismos que se llevan a cabo en la transmisión de los caracteres hereditarios. Pero estas concepciones pasaron de ser meras afirmaciones erróneas a un verdadero aprendizaje significativo, gracias al uso de preguntas que promovieron a la búsqueda de información, investigación, formulación de hipótesis y problematización.		
Trabajar genética y enfermedades en secundaria	2017	Presentar una unidad didáctica para	-diseño de secuencia didáctica basada en la investigación, para la	- El análisis del pre-test indica que la mayoría presenta una	Integrar las prácticas de modelización y de argumentación al	Constructivismo	Resolver N3 Investigar N3 Concluir (deducir) N5

integrando la modelización y la argumentación científica Noa Ageitos, Blanca Puig y Xusto Calvo-Peña	secundaria que tiene como objetivo principal el aprendizaje de genética y enfermedades humanas en interacción con el desempeño de prácticas científicas de argumentación y modelización . Objetivos de la unidad didáctica “Genética y enfermedades” Generales: a)Explicar enfermedades con componente genético, utilizando el modelo de expresión de genes. b)Desarrollar prácticas	enseñanza de la genética en 4º ESO. - 2 docentes (biología y geología) involucrados en la investigación (investigación-acción). -pre test y evaluación final fueron individuales. El resto de las actividades fue en grupos. -Secuencia didáctica basada en 2 criterios: nivel de complejidad y progresión en el desempeño de prácticas Científicas. <u>Etapas secuencia didáctica:</u> -Pre test -Modelizar la expresión de genes. -Muerte súbita y como prevenirla -el efecto Jolie -Rastreado la anemia falciforme -Actividad final. -Evaluaciones: Inicial, formativa y final.	visión distorsionada de lo que es un modelo en ciencias. Los criterios que más aparecen a la hora de valorar un buen modelo, en el caso concreto de una célula eucariota, son: a) la complejidad estructural (inclusión del mayor número de orgánulos posible); b) la similitud con la realidad (que sea el modelo lo más real posible) y c) la claridad, que se identifiquen de manera clara todos los elementos del modelo. - la mayoría relacionan éstas exclusivamente con la genética, sin mencionar la influencia de factores ambientales. Estos	aprendizaje de temas de salud relacionados con la genética implica utilizar un enfoque de enseñanza que prime los procesos de razonamiento frente a los resultados	Razonar N4 Explicar N2 Comprender N2 Inferir N2 Construir N3-N6 Modelar N6 Transferir N3 Describir N1

		de modelización y argumentación en distintos contextos relacionados con enfermedades con componente genético. Específicos para promover una ciudadanía crítica: Desarrollar capacidad crítica para la toma de decisiones razonadas sobre el diagnóstico de enfermedades hereditarias.		resultados se situarían dentro de una visión determinista sobre las enfermedades. - De la tarea 2, «Muerte súbita, ¿cómo prevenirla?», destaca la transferencia de los conocimientos introducidos en el taller de RCP por el alumnado para explicar cómo actuar ante un posible caso de muerte súbita. - En la tarea 3, «El efecto Jolie», el análisis de los informes escritos de los cinco grupos, muestra diferencias entre ellos a la hora de recomendar o no el test genético a los hipotéticos pacientes. Sólo en el caso de la mujer con una hermana portadora de un			

				gen BRCA1 existe coincidencia entre todos los grupos. Los criterios más utilizados para decidir si recomendar o no la prueba de genotipado son: a) antecedentes familiares, todos los grupos tienen en cuenta este factor; b) género del paciente, cuatro de los cinco grupos hacen referencia al género, considerando que en hombres el cáncer de mama es menos frecuente e incluso inexistente; c) edad del paciente, dos de los grupos mencionan la edad como factor a tener en cuenta, considerando que las			

				personas de mayor edad tienen más posibilidades de desarrollarlo que las más jóvenes. - La tarea 4, «Rastreado la anemia falciforme», permite identificar dificultades por parte del alumnado para extraer conclusiones basadas en pruebas. Los estudiantes se centran en describir y explicar los datos aportados pero no todos los grupos son capaces de justificar adecuadamente las conclusiones a las que llegan			
A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético Luana de Souza Prochazka y	2018	Verificar qué características humanas se mencionan en los libros de texto brasileños y cómo se abordan,	-9 libros editados desde el 2002 al 2015 (3 de cada uno). -Análisis a los capítulos de genética. Se buscaron citas sobre características humanas, incluyendo dolencias y síndromes. -comparaciones establecidas entre cantidad	-El promedio de páginas destinadas a genética humana fue de un 18% en promedio. De 9 países en que se hizo este tipo de análisis sólo	Al analizar los libros de texto brasileños para verificar cuánto se mencionan las características humanas y si su enfoque proporciona o no al estudiante la comprensión	-----	-----

Fernanda Franzolin.		proporcionan do o no al estudiante la comprensión de la complejidad de la expresión de sus características	de páginas dedicadas al tema. -los patrones de herencia se registraron como: dominancia completa, codominancia, pleiotropía, alelos múltiples, interacción génica, entre otros. -Los patrones de herencia se categorizaron en: monogénicas, poligénicas, ligadas al sexo, anomalías cromosómicas y tasas de concordancia.	Finlandia y Chipre llegan a un 40%. -En cuanto a dolencias y síndromes, todos los textos mencionan: albinismo, daltonismo, hemofilia, sistema ABO y sistema rH. -Se mencionan color de piel, de ojos, estatura y presencia de fenilcetonuria. - Dados estos resultados, creemos que los libros de texto de secundaria carecen ejemplos que proporcionan a los estudiantes una visión menos determinista de la genética humana.	de la complejidad de la expresión de sus características, los resultados aquí obtenidos demuestran que aún se dedica poca importancia a la enseñanza de la genética humana dentro de la enseñanza de genética. Por lo tanto, concluimos que los libros todavía necesitan asociar más ejemplos genéticos a la complejidad de la expresión génica y la influencia del medio ambiente, para evitar una determinista genético. Debemos prestar atención al hecho de que la mayoría de las características humanas no es de origen monogénico, es decir, no se determina por la acción de uno solo gene. Presentar solo esta visión reduccionista de la genética en las		

					escuelas evita que el estudiante tener una visión general de los conceptos genéticos, lo que dificulta la toma de decisiones individuales y colectivamente conscientemente.		
¿Por qué me parezco a mis papás? ideas previas de los estudiantes de octavo grado sobre la herencia de caracteres	2019	analizar la comprensión de los estudiantes del curso octavo frente al fenómeno de la herencia de caracteres. Desde el análisis de las respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿por qué te pareces a tus papás?	-40 estudiantes entre 13 y 16 años de octavo -Análisis del contenido de las respuestas proporcionadas por los estudiantes a la pregunta ¿por qué me parezco a mis papás?	-3 categorías de las respuestas: 1) rasgos físicos: con las siguientes subcategorías: mezcla de genes y caracteres físicos, 2) menciona genes y ADN 3) menciona fecundación, con la subcategoría fecundación y rasgos físicos. - Los estudiantes si tienen ideas respecto al nuevo tema, tal como se evidencia en los resultados y presentan escasos conocimientos de los conceptos	útiles para determinar desde qué punto de partida se pueden abordar los temas conceptuales, en este caso referente al fenómeno de la herencia de caracteres. La categorización de las respuestas de los estudiantes, permite observar que pueden haber asociaciones del estudiante con su contexto para explicar el fenómeno, o pueden haber ideas alrededor del concepto pero sin comprender realmente su significado. Conocer el contexto del estudiante,	Constructivismo	Resolver N3 Razonar N4 Argumentar N5 Explicar N2 Comprender N2 Conceptualizar N4 Relacionar N2

				fundamentales de genética básica, entre ellos: gen, cromosoma, alelo, carácter, locus, gametos, cigoto, y no comprenden la relación existente entre dichos conceptos. -el 40% de los estudiantes se refirieron a que se parecen a sus papás por la descripción de los caracteres físicos que se les asemejan, se evidencia que la interpretación a la pregunta, se dirige a que se parecen a los papás porque tienen similitud en sus características físicas, esto es punto clave para explicar el fenotipo, la dominancia y la recesividad. - Al ser la fecundación la argumentación más frecuente	como las ideas previas sobre un fenómeno, va a permitir al docente tener herramientas, sobre como comenzar a lograr la construcción del aprendizaje. También es necesario aproximar la cotidianidad del estudiante al fenómeno que se quiere explicar, para que el estudiante pueda crear relaciones con el fenómeno y a su vez su propia interpretación del mismo. La pregunta ¿por qué te pareces a tus papás? es una herramienta útil para identificar las ideas previas de los estudiantes sobre la herencia de caracteres, como también la comprensión conceptual del mismo.		

				en los estudiantes, demuestra que es un punto de partida apropiado para explicar el proceso de meiosis y a su vez la herencia de caracteres. - los estudiantes para argumentar por qué se parecen a sus papás, recurren a expresar que este proceso se da por la información genética, pero muestran confusión con los rasgos físicos, por lo que se hace necesario hacer que el estudiante vea la relación entre genotipo y fenotipo.			
Caracterización de ideas previas del concepto de ADN por medio de mapas conceptuales en estudiantes de grado octavo	2019	Identificar y analizar las ideas previas de los estudiantes de 8° año sobre el concepto de ADN.	-41 estudiantes de 8°entre 14-16 años. -colecta de datos: mapas conceptuales de los estudiantes, grabaciones y fotografías. -realización de mapas conceptuales	- Los mapas conceptuales desarrollados manifiestan los siguientes problemas en cuanto a su construcción: I) Ausencia de	El docente debe emplear diferentes metodologías y herramientas que orienten el conocimiento previo del estudiante, enriqueciéndolo con conceptos nuevos	Constructivismo	Conceptualizar N3 Comprender N2 Explicar N2 Organizar N3-N5 Relacionar N2 Jerarquizar (Estimar) N5 Esquematizar N4

Angie Yuranieth Ribón Barragán, Daniel Ignacio Ramos Torres.			-análisis de resultados y posterior realización de 5 sesiones.	conectores entre los conceptos, recordando que estos son palabras de enlace que establecen relaciones de jerarquía, por tanto el uso de estas palabras deben ir acompañadas por líneas o flechas, estos conceptos como las proposiciones deben estar organizadas formando jerarquías de diversos niveles de generalidad o inclusión II) Presencia de conceptos repetidos, III) Generalización de ejemplos y IV) Escasa jerarquización del contenido de los mapas. - Estos problemas mencionados anteriormente se deben al poco dominio del	que están relacionados directamente con este, estos conceptos pueden abordarse desde la fisiología celular, división celular, características estructurales y funcionales del ADN. Se puede afirmar que el uso de mapas conceptuales favorece la identificación de ideas previas de los estudiantes y también puede ser una estrategia de enseñanza y aprendizaje al permitir ampliar y profundizar sobre el concepto actualizado de ADN. las ideas previas que tienen los estudiantes a través de los mapas conceptuales presentan varias dificultades conceptuales.		

				tema, lo cual imposibilita que se puedan establecer relaciones jerárquicas entre los conceptos y la inexperiencia en la construcción de mapas conceptuales.			
La herencia: de la cuestión de lo evidente hasta el modelo para su comprensión Viviana Caicedo, Bibiana Ariza. (Review)	2019	realizar un análisis histórico y epistemológico del desarrollo y comprensión de la herencia como campo de relevancia para la biología. Molecular. Reconstruir las tensiones e intereses propios del desarrollo de cada modelo explicativo, con el fin de establecer diferencias claras, de acuerdo con su construcción	profundización teórica frente a las concepciones de la herencia biológica y la reflexión en el campo de estudio con el fin de establecer y proponer alternativas para la enseñanza de este concepto en estudiantes de básica secundaria y media. 1) construcción del marco teórico: Mendel, Sutton, Morgan, Griffith, Avery, Hershey y Chase, Watson y Crick, 2) Se escogen 3 temas: la genética mendeliana, la teoría cromosómica y la biología molecular. 3) La tercera parte del proceso que se realizó de manera simultánea a la búsqueda de información, fue la selección del modelo que permitiera la comprensión de las condiciones que hicieron posible la constitución de la herencia como campo de	- La principal preocupación de Mendel era ¿Cuál es la regularidad con la que aparecen las características en los híbridos? - Hasta el momento no había una comprensión exacta sobre la función de los cromosomas (aquellos cuerpos coloreados en la célula) y la herencia. No fue hasta que Sutton, influenciado por la teoría celular y el mendelismo, logró relacionar la herencia mendeliana en	El desarrollo de la teoría de la herencia como se ha mostrado en este documento, ha presentado cambios evidentes tanto en las formas de construcción de las explicaciones e interpretaciones, así como, en los conceptos que se exponen; cada intervención muestra la existencia de entidades abstractas o concretas que se definen a partir de su cuerpo teórico, estas corresponden a los elementos sobre los cuales se realizan las teorías o se formulan leyes	-----	-----

		inicial, en conceptos como: gen, cromosoma, proteína, genotipo y fenotipo, según los distintos enfoques en los cuales se han abordado como elementos para entender y explicar la herencia.	conocimiento, ubicándonos en el modelo de dinámica científica de Anna Estany.	términos celulares. Dedujo que la asociación del material materno y paterno se encuentra en los cromosomas. - los trabajos realizados en 1928 por Frederick Griffith, no se desarrollaron bajo la idea del mendelismo o preocupaciones sobre la herencia, de hecho, se podría afirmar que Griffith no se encontraba interesado en entender la herencia, puesto que en la época Morgan trabajaba sobre esto, con las técnicas que ofrecía la tecnología de esos tiempos. Griffith desarrollaba en su laboratorio una vacuna para prevenir dicha enfermedad, su interés consistía	El fundamento ontológico del cuerpo teórico que expone Mendel se basa en unidades denominadas elemento, término que acuña para explicar ese algo que se pasaba de generación en generación en la manifestación de un carácter. Johannsen en 1909 presentó la palabra 'gen' como una versión corta adecuada de 'pangene', que había sido utilizada por De Vries, las partículas hereditarias existían dentro de una célula. La palabra gen, surgió como un concepto análogo para resumir lo que consideraba De Vries sobre los factores de Mendel. Los años siguientes, el área de la bioquímica será la encargada de precisar la naturaleza física del gen morganiano.		

				en entender ¿cómo los distintos tipos de cepas de la bacteria <i>Streptococcus pneumoniae</i> pueden o no causar neumonía en los humanos? - Este trabajo fue importante, cuando el grupo de colegas de Avery, trabajando con bacterias de la misma cepa que las de Griffith, se preguntaron sobre las causas de la transformación de las bacterias. - La preocupación de Avery, MacLeod, C., & McCarty sobre ¿Cuál es la estructura química del principio transformador entre los tipos de bacterias de la neumonía?, y la intervención del biólogo Dobszansky, aportó en el	Para Avery y sus colaboradores, el haber tenido la influencia de Dobszansky determinó que la biología y la química convergieran en la búsqueda de la composición de los genes, permitiendo afirmar que el soporte físico a los genes es el ADN es el que modifica a los organismos.		

				entendimiento de la composición química de aquella sustancia. - implicada en el cambio de características en las bacterias, dado que, aquello a lo que Griffith llamó principio transformador, para Avery, MacLeod, C., & McCarty estaba compuesto de ácido nucleico; cabe resaltar que esta sustancia ya había sido aislada por Miesher. - Los trabajos de Avery, el grupo del fago fueron antecedentes clave para que científicos como Chargaff, Franklin, Watson y Crick se interesaran por la composición y distribución de las moléculas del ADN. Lo que denota una			

				continuidad teórica en la explicación y preocupación por la herencia, pero desde un nivel molecular. A partir del planteamiento del modelo del ADN, los intereses vuelven a la cuestión de cómo opera dicha entidad en la herencia, es decir cómo se replica, cómo se organiza, cómo operan los genes en cuestión del ADN.			
Abordagem sobre aprendizagem significativa: práticas pedagógicas no ensino de Genética para alunos do ensino médio Kelly Mendes De Brito, Júlia Naelly Machado Silva, Elenice Monte Alvarenga.	2020	Presentar prácticas para promover el interés, la motivación y la interacción de los estudiantes por un aprendizaje significativo de la Genética.	-aplicación de un cuestionario diagnóstico a 57 estudiantes. - clases con el montaje de modelos didácticos representativos de la molécula de ADN, cromosomas y etapas de la división celular -simular un cruce basado en la primera ley de Mendel -Montaje de cariotipos.	- pré-diagnóstico el número de respuestas correctas de las preguntas fue bajo, lo que demuestra que el estudiantado no tenía conocimiento acerca de los contenidos, aunque ya habían tenido contacto con ellos. Además,	Se observó que los métodos estimularon el trabajo en equipo y permitió la difusión del conocimiento y la asimilación de contenidos. Además, podrían comprender la importancia de la contextualización para el aprendizaje de la Biología.	Constructivismo	Comprender N2 Explicar N2 Relacionar N2 Debatir N5 Argumentar N5 Resolver N3 Organizar N4-N5 Representar (Trazar) N6 Simular N3 Concluir N5 Razonar N4 Asimilar (Comprender) N2

				se observó que tenían dudas e ideas erróneas acerca de los conceptos trabajados en esta investigación. - se observó una mejora significativa en los resultados en el pós-diagnóstico, lo que demuestra que la fusión del enfoque teórico, la aplicación de ejercicios de fijación y la construcción de modelos didácticos promovieron un aprendizaje significativo de estos contenidos.	observó que las actividades ayudaron en el proceso de contextualización, en el que estudiantes vieron que los contenidos están directamente relacionados con la vida cotidiana y que son muy importantes para la comprensión de la vida. el aprendizaje, es importante que el alumnado comprenda los procesos biológicos y no solamente reproduzcan los contenidos. Finalmente, se enfatiza que el uso de metodologías y estrategias alternativas para la enseñanza de la Biología es de fundamental importancia, ya que proporcionan un aprendizaje significativo al mejorar los		

					procesos de enseñanza y aprendizaje.		
Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de genética Sara de Souza Pereira, Joyciane Santiago da Cunha y Eldianne Moreira de Lima.	2020	probar un conjunto de estrategias didático-pedagógicas por clase que facilitarían el proceso de enseñanza-aprendizaje de los principales contenidos de Genética	-4 clases de 3 horas cada una. -32 estudiantes entre 15 y 21 años. - Las estrategias didático-pedagógicas utilizadas fueron: clases expositivas-dialogadas, prácticas y experimentales, juego didáctico, presentación de documentales, animación 3D y maquetas. Todos los contenidos contaban, en primer lugar, con la clase expositiva-dialogada presentada con la ayuda del datashow.	-----	Es necesario que los docentes utilicen estrategias didático-pedagógicas alternativas de acuerdo al contenido que imparten en un intento de que sea más fácil y sencillo para los estudiantes su comprensión, no siendo necesario exclusivamente el uso de laboratorio para clases prácticas y experimentales para la enseñanza y aprendizaje de la genética	Constructivismo	Debatir N5 Crear N6 Experimentar N6 Concluir (Deducir) N5 Investigar N4 Inferir N2 Observar N2-N4 Analizar N4 Elaborar N6 Modelar N6 Argumentar N5 Hipotetizar N6
Sequência didática fundamentada na neurociência para o ensino de genética Fabio Seidel dos Santos, Daniela Frigo Ferraz, Ângela Inês Klein, Antonio Carlos de Francisco, Awdry Feisser Miquelin	2020	Describir las etapas y los resultados de la implementación de una secuencia didáctica fundamentada en las neurociencias para la enseñanza de la genética	-29 estudiantes de 3° medio. De 17 años -21 sesiones de 50 minutos c/u - Los temas tratados en este SD fueron los conceptos básicos de Genética Molecular (ADN, gen y cromosomas), Historia de la Herencia, Primera y Segunda Ley de Mendel, Bases Físicas de la Herencia y Heredogramas. -Se enfatizaron las leyes mendelianas de acuerdo a la planificación de la	Se midieron las horas semanales dedicadas al estudio de la Biología, el interés por los contenidos biológicos científicos y el conocimiento previo de los estudiantes sobre algunos temas de genética. Los	-El organismo necesita ser estudiado en su totalidad, como un ente activo en la interacción con el ambiente, y no sólo como algo pasivo que sufre la acción de factores evolutivos y genético-moleculares. El organismo necesita recuperar su condición de objeto	Aprendizaje basado en el cerebro Cognitivismo	Comprender N2 Relacionar N2 Reconocer N1 Identificar N1 Elaborar N6 Aplicar N3 Analizar N4 Resolver N3 Razonar N4 Interpretar N2-N3 Construir N3-N6 Representar (Conceptualizar) N4 Modelar N6 Observar N2-N4

			disciplina previamente realizada por el profesor titular de la disciplina de Biología. -Recursos didácticos: figuras, textos, imágenes, sonidos, videos, modelos, juegos, objetos virtuales de aprendizaje, modelos didácticos y un mapa conceptual - - tres etapas: evaluación de los conocimientos previos de los estudiantes sobre algunos temas de genética, a través del cuestionario de Paiva y Martins (2005); aplicación de SD; y, evaluación del conocimiento de genética obtenido, a través de preguntas del Two-tier Diagnostic Instrument for Genetics (Tsui, 2002).	resultados mostraron que aproximadamente el 65% de los estudiantes dedican menos de 1 hora a la semana al estudio de Biología, y entre las materias biológicas de mayor interés, se notó que el 52% de los estudiantes están interesados en la clonación. Alrededor del 21% de los estudiantes no muestran interés en temas biológicos científicos. -Varios estudiantes destacaron que un clon puede tener características físicas similares al individuo clonado, pero diferentes comportamientos, formas de pensar y personalidades.	de estudio de la biología, tanto en el campo de la investigación científica como en el contexto de la enseñanza. Retomar el concepto de organismo permite situar o delimitar la biología como una ciencia autónoma, con objeto de estudio propio, trazando contornos en relación con otros dominios, como la química. -dificultad en comprender la relación entre ADN, cromosoma y gen. -Se observaron algunas respuestas confusas e incoherentes. - para algunos alumnos, el origen de las dificultades en el aprendizaje de las Leyes de Mendel es la ausencia de recursos o materiales didácticos y creativos, que hagan las clases más interesantes y	Transferir N3

				- El 50% de los estudiantes mostró algún conocimiento de la interacción genoma-ambiente, pero sus concepciones se restringieron a los conceptos de genotipo, fenotipo y ambiente, sin considerar el papel del organismo y su historia de vida. Las concepciones de los estudiantes de esta investigación denotan una visión tradicional de las relaciones inherentes al sistema genotipo-fenotipo, según la cual los seres vivos son considerados limitadamente como productos de la interacción entre los genes y el ambiente, desconociendo al organismo y su historia de	creativas. Por lo tanto, el uso de recursos didácticos interactivos, como videos y animaciones, es crucial en la enseñanza de la genética. - se encontró que los estudiantes tenían poco conocimiento previo sobre la estructura y función del material genético, divisiones celulares y nociones básicas de citología, además de tener conceptos erróneos sobre la relación entre fenotipo, genotipo, organismo y ambiente. Se concluye que el ED presentado puede insertarse como una actividad diferenciada que ayude tanto al docente como al alumno, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la genética		

				vida como elementos fundamentales de esta interacción. - El segundo grupo de preguntas (2, 3, 4, 5 y 7) evaluó el conocimiento de los estudiantes sobre la estructura y organización del material genético de diferentes organismos (Paiva y Martins, 2005). Consultado sobre si los cromosomas sexuales se encuentran en las células de la piel humana (pregunta 2), ningún estudiante supo responder de forma coherente, con justificaciones alejadas del concepto científico. -La creencia de que los cromosomas			

				sexuales sólo se encuentran en órganos reproductivos y gametos. -a la pregunta cada cromosoma tiene un gen, 69% respondió correctamente. -a la afirmación: a mas número de cromosomas, mas evolucionado el organismo 42% respondió correctamente. La mayoría de los estudiantes tenían escasos conocimientos previos sobre la estructura y función del material genético, conceptos erróneos sobre la relación genoma-organismo-ambiente y, además, otros factores limitantes que, comprometían el aprendizaje de			

				los contenidos trabajados en SD. se puede decir que las actividades y recursos didácticos utilizados en el SD facilitaron la enseñanza de la genética, haciendo más atractivos e interesantes.			
Complexidade genética e a expressão da cor da pele, cor dos olhos e estatura humana: transposição didática Fernanda Franzolin, Luana de Souza Prochazka, Ana Paula Zampieri Silva de Pietri	2020	analizar la transposición didáctica sobre la expresión del color de la piel, el color de los ojos y la estatura humana en los libros de texto brasileños y portugueses	-Se analizaron 9 colecciones de textos brasileños y 3 portugueses , 2 libros cada uno. (24 libros) - el saber escolar está sujeto a dos fuentes de influencias: 1) la distancia entre el saber a enseñar y el saber científico, con el objetivo de hacerlo más accesible al educando; y 2) la aproximación del saber a enseñar al saber científico, buscando su corrección y compromiso con los cánones científicos. - no tiene la intención de identificar "errores" en estos materiales y tratarlos a todos de la misma manera. Se considera que las distancias son inflexiones conceptuales, que no necesariamente son	-La mayoría de los materiales didácticos analizados mencionan el color de los ojos, el color de la piel y la estatura humana en los capítulos relacionados con la genética, considerándolos como características genéticamente determinadas. - los materiales didácticos analizados también mencionan que los rasgos aquí estudiados son características	esta investigación verificó que la mayoría de los libros de texto analizados se acercan a la bibliografía de referencia al observar que el color de los ojos, el color de la piel y la estatura humana son características determinadas por varios genes a mayoría de las ocurrencias de distancias se refieren a la categoría de contenido no actualizado, ya que es el uso del término "rasgo	-----	-----

			negativas o “errores conceptuales”. - la distancia que no represente errores conceptuales o refuerce concepciones alternativas es aceptable y puede ayudar a la comprensión del estudiante, ya que el lenguaje y la forma de presentar el conocimiento en las referencias científicas puede ser difícil de entender para los jóvenes que están comenzando a aprender sobre el tema.	que presentan variación continua (ur3). LDA-br, por ejemplo, dice para la altura y la pigmentación en la piel humana: “Los caracteres que presentan variaciones continuas se denominan caracteres cuantitativos, y su variación fenotípica se denomina variación cuantitativa. Es el caso, por ejemplo, de las variaciones de masa, altura y color de la piel en las poblaciones humanas [...]” (LDA-br, v.3, p. 75). Lo mismo ocurre con el color de ojos, a través de un texto de divulgación científica adaptado.	cuantitativo” y no “rasgo complejo”. Sin embargo, en cuanto a la implicación, la mayoría de las ocurrencias de este tipo fueron consideradas como manteniendo la esencia del conocimiento, ya que, aun no utilizando el término más actualizado, trae información que ayuda a comprender la complejidad, como la acción de varios genes. y la influencia del medio ambiente. Sin embargo, como este hecho no ocurre en todos los materiales analizados, parte de las ocurrencias fueron consideradas como obstáculos para la comprensión del saber central. hubo mayor detalle en el abordaje de las características analizadas y mayor preocupación con la mención de la influencia del medio		

				la mayoría de los libros analizados se acercan a la referencia cuando se habla de la determinación poligénica de las características analizadas. Más de la mitad de los materiales analizados mencionan la influencia del medio ambiente en la determinación del color de la piel y la altura. También fueron identificados valores y prácticas que posiblemente influyeron en el proceso de transposición didáctica de este tema, tales como: 1) la preocupación por evitar una visión determinista de la Genética; 2) la práctica de matematizar la Biología; 3) la práctica de los	ambiente en los materiales de Brasil. En esta investigación pretendemos contribuir a alertar que no todos los materiales analizados se preocupan por brindar a los jóvenes la posibilidad de comprender que las características fenotípicas humanas son complejas, y que los genes no son los únicos determinantes de la expresión fenotípica.		

				autores en el seguimiento de las pautas curriculares; 4) la práctica y preocupación por las evaluaciones de libros de texto; y 5) la preocupación por evitar prejuicios en una población compuesta por diferentes etnias			
Analogías en el aprendizaje de la genética: un estudio de caso con estudiantes de grado 9°. Jonathan Sneyder Rendón Criollo y Alejandro Leal Castro. (versión preliminar)	2021	Evaluar la incidencia de actividades analógicas en el aprendizaje de la genética en 9° grado. Objetivos específicos: i) Identificar la base conceptual previa al desarrollo de las analogías en el aula para el campo de la genética ii) Caracterizar el aporte de	-Cualitativo. Estudio de caso. -criterio de selección: 10 estudiantes no repitentes de 9° grado. Sin dificultades de aprendizaje -Identificación de conceptos previos (Pretest) -Selección de conceptos a comparar según vacíos detectados. - Realización de actividades en función de las analogías para los conceptos estructurantes seleccionados. -Post test: análisis estadístico. Detalle Pretest: se analizaron los resultados de la prueba PISA y Saber 9° de Ciencias Naturales.	-Pretest: a nivel inicial tuvieron un 32,5% de acierto. -Las preguntas con menos aciertos fueron aquellas que hacían referencia a ADN, ARN y genes. -Postest: 78,75% de acierto, hubo mejora.	todo lo relacionado con los procesos fundamentales de la genética molecular y mendeliana son los más rechazados en su comprensión por este grupo de estudiantes, dando como resultado 8 conceptos claves en esta investigación: ADN, ARN (mensajero, transferencia y ribosómico), gen, alelo y proteína, estos no solo se asocian a lo teórico, también se involucran con lo algorítmico, pero en el caso de este artículo sólo se	Constructivismo	Analizar N4 Comprender N2 Transferir N3 Aplicar N3 Evaluar N5 Resolver N3 Indagar N4 Transformar N6

		las analogías en el aprendizaje de conceptos claves en genética.	- se hizo una prueba de entrada sobre la aplicación de los conceptos que puede encajar en todo lo que concierne a genética en general: molecular, mendeliana, humana y poblacional. -Conceptos: se seleccionan ácidos nucleicos, proteínas, genes y alelo. -Actividad: diseño e implementación de analogías Análogo base: dueño y gerente de empresa (ADN y ARN, respectivamente), planos de una construcción (ARNm), empresa de materiales de construcción (ARN t), obreros(ARNr) , pared en una casa (proteínas), color de ojos (genes), clase de colores de ojos (alelos). -postest: Análisis: aplicación de prueba de salida, preguntas cerradas con 4 opciones de respuesta posibles.		vincula con lo teórico. La diferencia entre el postest y pretest en cuanto al promedio de acierto fue de +46,25% dando una notable ventaja en cuanto al análisis de la información una vez ha sido adquirida a partir de analogías. Todas las categorías e análisis tuvieron un aumento.		
Planteamiento de una propuesta de enseñanza de transcripción y traducción de ADN en estudiantes de 14 a 16 años: V Congreso Latinoamericano de Investigación	2021	-Realizar una retrospectiva de la historia de las ciencias alrededor de la edición genética incluyendo el papel de la científica	-preanálisis: preparación del corpus de datos. -análisis histórico: formulación de las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las ideas fundamentales de las científicas? ¿cuáles fueron los aportes elaborados al campo científico que pertenecían? ¿De qué	-De la descripción del TCH se extrajeron elementos como las analogías y cuestiones éticas y morales -el objetivo es abarcado mejor en cursos con	Momento 1: formación de grupos, presentación del podcast y respuestas a dudas. Momento 2: juego de roles en el que un grupo mencione las ventajas de la	Interpretativo	Comprender N2 Razonar N4 Argumentar N5 Debatir N5 Evaluar N5 Identificar N1 Predecir N2

en Didáctica de las Ciencias 2020. Juan David Bermúdez		Jennifer Doudna. - Analizar un texto científico histórico (TCH) de la científica Jennifer Doudna. - Plantear una propuesta de enseñanza de transcripción y traducción en el marco de los impactos sociales que tienen las nuevas tecnologías.	manera se puede reconsiderar los hallazgos en la enseñanza de las ciencias? ¿Qué experimentos elaboraron? -	estudiantes entre los 14 y 16 años -modelo didáctico utilizado: planteamiento de un problema donde estudiantes utilizan distintos medios para comprender el proceso y para la solución de una pregunta problema: ¿Es posible decidir cómo serán los humanos del futuro? Si es así, ¿Cómo se podría lograr? Si no, ¿Cuáles son los limitantes? -Resumen de analogías presentes en el podcast: ▪ Cambios en el ADN de las células con un programa de procesamiento de textos. ▪ ARN y al ADN como primos químicos. ▪ La semejanza entre una infección viral	tecnología CRISPR y defiende su patente en cuanto a distintas temáticas abordadas en el video, mientras que el otro va a destacar la contraparte de la patente. Al iniciar el debate se partirá de lo que propongan los estudiantes como ventaja y desventaja. En este punto el docente es únicamente un mediador entre los argumentos propuestos. Se tienen las siguientes preguntas como eje conductor del debate. • ¿Existe algún impacto negativo en que la tecnología CRISPR logre eliminar virus o enfermedades que hasta ahora no tenían cura, cómo el VIH? Si es así, ¿Cuál sería? • ¿Cuáles son las posibles consecuencias de que se implemente este tipo de tecnología? ¿Es		

				respecto a una bomba de relojería. ▪ La ingeniería del genoma con un computador. ▪ El locus Crispr como una tarjeta de vacunación para la célula. ▪ Complejo formado por el ARN y el locus Crispr como un centinela en la célula. ▪ Dicho complejo Cas9 funciona como un par de tijeras que cortan el ADN. -	necesario hacer una pausa antes de implementarlo? • ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la experimentación animal en esta patente, teniendo en cuenta que han permitido el desarrollo de este tipo de tecnologías? ¿Que podría suceder si la experimentación de la tecnología fuera en humanos desde un principio? • Esta tecnología permite crear humanos con características que posiblemente prolonguen el promedio de vida ¿Cuál es el impacto de prolongar la vida de los seres humanos? • ¿Cuál es la importancia de que los científicos piensen en otros campos de la ciencia y evalúen el impacto social del conocimiento científico?	

					Momento 3: El docente cierra el juego de roles e interviene aclarando sobre cuestiones que generaron dificultad para entender algún tema, luego abre un espacio para que los estudiantes opten por una conclusión donde se hace énfasis en que es posible que ambos grupos puedan tener razón, porque la ciencia está mediada por los problemas que enfrenta una sociedad y el conocimiento científico no es ajeno a estos		
Potencial didáctico de la filatelia para estudiar Genética Mendeliana Rafael Navajas-Perez	2021	Proponer el uso de la filatelia como herramienta para la enseñanza de las leyes de Mendel.	-unidad temática: herencia genética y mendelismo. -actividad previa: aplicación de cuestionario (que puede ser al final también). -las preguntas están diseñadas para abordar los siguientes problemas: (1) ideas previas [IP], (2) términos básicos [TB], (3) conceptos básicos [CB], (4) significado biológico [SB], (5) base estadística [BE] y (6) material didáctico [MD].	En general, las respuestas aportadas por los estudiantes obtuvieron la calificación de mejorable (8 preguntas de 10), obteniendo las dos preguntas restantes la calificación de insuficiente y excelente, respectivamente	la actividad basada en un material filatélico temático tendría un potencial didáctico prometedor. Es destacable que los estudiantes sometidos a la experiencia obtuvieron calificaciones altas (con únicamente 17,8% de media de preguntas no contestadas o	Constructivismo	Resolver N3 Identificar N1 Recordar N1 Relacionar N2 Analizar N4 Comprender N2 Construir N3-N6

				. Esta primera evaluación fue la base para detectar las carencias del estudiantado Ideas previas y material didáctico: en líneas generales, el estudiante conoce la figura de Gregor Mendel y su importancia. Asume, imprecisamente, que el guisante fue su único material de estudio pero no aporta detalles y particularidades de las variedades usadas. no identifica correctamente todos los rasgos estudiados por Mendel y se limita a identificar los que de forma más evidente aparecen en el diseño de los sellos. Raramente,	erróneas). Aunque no de forma estadísticamente significativa, fueron las más altas en comparación con los estudiantes de cuatro cursos anteriores (incremento medio del 2,8%), cuyas características eran comparables. Además, a diferencia de la muestra control, los estudiantes objeto de estudio trabajaron el tema de forma completamente autónoma y usando un material innovador, cuyo uso en las aulas es aún muy limitado.		

				menciona otros materiales de estudio. Tiene dificultades para contextualizar históricamente sus investigaciones. Muestra fuerte tendencia a mantener ciertas ideas previas [IP] que son imprecisas. Otro error frecuente, es el de considerar el color de la flor como uno de los rasgos que Mendel analizó. Éste, probablemente, procede de la consulta de material didáctico [MD] sin contrastar con la fuente original. Por norma general, conoce el nombre de otras figuras importantes en el campo de la evolución. Términos y conceptos: uso correcto de			

				términos como homocigoto, heterocigoto, dominante, recesivo, gameto. se detectan algunos problemas en la comprensión de conceptos básicos [CB] relacionados. Así, es frecuente la confusión entre los términos gen y alelo (por ejemplo, son comunes expresiones del tipo gen dominante, gen recesivo) o rasgo/carácter y fenotipo. Significado biológico: el estudiante identifica la meiosis como un mecanismo crucial para la generación de variabilidad y el mantenimiento del nivel de ploidía a lo largo de las generaciones. Asimismo,			

				identifica el modelo semiconservativo de la replicación del ADN, aunque no menciona aspectos más específicos procedentes de estudios moleculares. Aplicación práctica: el estudiante muestra cierta destreza en la aplicación práctica de los conceptos teóricos. Sabe interpretar la simbología elemental de un pedigrí y usa correctamente la forma de notación genética más básica. Además, posee base estadística suficiente [BE] para la resolución de problemas Genética Mendeliana, reflejando correctamente			

				las proporciones más comunes obtenidas a partir de cruzamientos monohíbridos y sucesivos (1:2:1, 3:1) y a partir de cruzamientos dihíbridos y sucesivos (9:3:3:1). Además, suele emplear correctamente los cuadros de Punnett.			
Uso de infográficos como herramienta didáctica para o processo de tradução gênica no ensino médio em aulas relacionadas à biologia molecular Virginia Teodoro da Silva, João Paulo Cunha de Menezes.	2021	Evaluar el uso de infográficos en soportes digitales basados en los principios de la TCAM para la enseñanza de la traducción en estudiantes de 3° medio.	-3 etapas: i)elaboración de infográficos: Se buscó información de libros (La célula de Albert, bioquímica de Lehninger). Uso de CorelDraw. , ii)presentación de infográficos a estudiantes: Se les mostró infográficos a estudiantes y se realizó cuestionario para levantar información sobre sus percepciones al respecto. iii)aplicación en clases dialógicas: Se realizó una clase de 100 minutos y luego se aplicó un segundo cuestionario para evaluar la	34 estudiantes mencionaron que infográfico puede ser considerado un instrumento informativo. Estudiantes citaron de forma generalizada las vías metabólicas sin especificar traducción o transcripción génica. Al analizar las respuestas con las explicaciones de los 41	Los infográficos fueron estéticamente atractivos y claros en la transmisión del contenido El uso de la clase dialógica permitió que los estudiantes integraran y retuvieran los conceptos relacionados a procesos bioquímicos. Los elementos pictóricos deben ser de alta calidad y contextualizados.	Teoría Cognitiva del aprendizaje multimedia (TCAM)	Comprender N2 Interpretar N2 Analizar N4 Relacionar N2 Inferir N3 Integrar (Unir) N3

		comprensión de los estudiantes sobre el tema. -Colecta de datos: mediante los 2 cuestionarios aplicados y entrevistas semiestructuradas -Aspectos a analizar de los infográficos: i) lectura, interpretación y aprendizaje; (ii) dudas y dificultades; (iii) atractivo de la infografía; (iv) aspectos positivos y negativos de elementos gráficos y (v) facilitador del aprendizaje. Estos ejes de análisis fueron estructurados en forma de preguntas discursivas en los instrumentos de recolección y analizados cualitativamente. Análisis de datos: siguientes fases: pre-análisis o lecturas flotantes; exploración y categorización de materiales; y tratamiento, interferencias e interpretación de resultados. En la primera fase, el pre-análisis, se realizó una lectura flotante, que implicó conocer inicialmente los instrumentos respondidos y crear familiaridad con ellos, además de organizar el material que se investigaba.	estudiantes sobre los procesos bioquímicos representados en las infografías, cuando tuvieron el primer contacto con el material, se obtuvieron las siguientes categorías: comprensión e interpretación adecuada de las infografías (20), en las que se las respuestas presentan las explicaciones de las etapas del proceso de traducción; comprensión e interpretación parcial de las infografías (20), en las que las explicaciones de los participantes requerían mayor detalle de los pasos de traducción; finalmente, la incompreensión de la infografía (1).	La tipografía debe usarse con guías y los subtítulos deben estar lo más cerca posible espacialmente de la ilustración y estar preparados con términos clave y concisos. No debe colocar elementos que distraigan, como imágenes y efectos decorativos, para llamar la atención de los alumnos. En la infografía, la información contenida en las etapas de traducción debe mostrarse en unidades secuenciales de forma progresiva, con subtítulos, en lugar de una unidad continua, ya que esta modalidad de presentación facilita la asimilación y el procesamiento cognitivo de palabras e imágenes por parte del aprendiz. Pese al número creciente de investigaciones		

			El material fue organizado por aspectos en común.	Después e la clase, nuevamente los estudiantes debían explicar procesos bioquímicos. Hubo un incremento del 30% en el rendimiento. Los infográficos en aulas dialogadas contribuyeron a un aprendizaje significativo. Por lo tanto, las infografías presentadas trajeron beneficios y practicidades durante la enseñanza en el aula, mostrando que son recursos didácticos potenciados en las actividades de enseñanza y facilitan el aprendizaje. la representación de información mediante	acerca el uso de infográficos, aun hay carencia de investigaciones acerca de su efectividad. Se concluye que la aplicabilidad de la infografía digital en la secuencia didáctica es una propuesta interesante y accesible que vislumbra el aprendizaje multimedia en el contexto de la Educación Básica.		

				imágenes son un buen aliado para el docente. 19 estudiantes tuvieron dificultades en la lectura e interpretación de la infografía mientras que 8 entrevistados, no las tuvieron. Las mayores dificultades se presentaron por la terminología empleada. En la presentación de las infografías, no hubo contextualización ni tratamientos previos. Las etapas de la traducción también representaron dificultades para los estudiantes. No hubo evidencia de que las infografías reduzcan las dificultades en la síntesis de			

				proteínas, otra señal positiva entre el uso de infografías y el aprendizaje sobre el tema.			

ANEXO 12

CÉLULA PROCARIONTE. APRENDIZAJE DE LA MICROBIOLOGÍA

Título y Autor	Año	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusiones	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales M. López García, J. Morcillo	2007	Recopilación de ejemplos de uso de laboratorios virtuales como recurso para la enseñanza de las Cs Naturales.	Uso de Laboratorios virtuales, simulaciones, realidad virtual en la implementación de trabajo experimental.	La universidad de Cornell, laboratorios virtuales para el aprendizaje de la microscopía. El Brooklyn College (http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/BioWeb/BioWeb.Lab3.main.html) ofrece un laboratorio de Microbiología que permite trabajar conceptos de Ecología como población, factores bióticos y abióticos, factores limitantes o capacidad de carga del ecosistema a partir del estudio del crecimiento de poblaciones de bacterias en presencia o ausencia de factores limitantes, así como el registro de datos y la elaboración de curvas de crecimiento exponencial y sigmoidal.	Pocos programas disponibles para la enseñanza de la biología. Interacción limitada, muy pocos en español. Carencia de materiales curriculares en versión digital. Una de las posibles vías de incorporación de las TIC al trabajo experimental la constituyen los laboratorios virtuales, los cuales pueden no sólo aportar nuevos enfoques para trabajar estos contenidos, sino que vienen a solventar algunos de los problemas que presenta el trabajo en el laboratorio tradicional (limitaciones de tiempo, peligrosidad, disponibilidad de material).	Constructivismo	Analizar. N4 Sintetizar (Simplificar) N4 Evaluar N5 (Según Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 24(1), 59-70)

				programa instruccional en el que el alumno maneja virtualmente un microscopio y observa algunas preparaciones (http://www.udel.edu/Biology/ketcham/microscope/). “Virtual Microscopy” de la página de la División de Microscopía Óptica del National High Magnetic Field Laboratory en colaboración con la universidad de Florida, la universidad estatal de Florida y el laboratorio Nacional de Los Álamos (http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html) 1800 imágenes clasificadas por categorías ; http://www.denniskunke.com/. “Laboratorio de Microbiología” del Departamento de Microbiología y Genética de la			

				facultad de Farmacia de la Universidad de Salamanca http://edicionmicro.usal.es/web/educativo/MBayC/f6.html) que permite la identificación de bacterias tanto por métodos tradicionales como por métodos moleculares			
La columna de winogradsky. un ejemplo de microbiología básica en un laboratorio de educación secundaria J López	2008	Enseñanza de la microbiología en secundaria a partir de estudio de ciclos biogeoquímicos mediante la elaboración de una columna de Winogradsky y la observación de los microorganismos.	Elaboración de columna y observación de microorganismos provenientes del lodo. Uso de microscopio y observaciones macroscópicas de los cambios que se detectan al interior de la columna.	Precipitación de sustancias provenientes del metabolismo de algunas bacterias relacionadas con el azufre. Utilización de metabolitos microbianos por otros microorganismos que se encuentra en sectores diferentes de la columna. Identificación de microorganismos, observación al microscopio.	Se puede analizar un ecosistema bacteriano y las interrelaciones entre sus componentes. Observar experimentalmente como ocurren los ciclos biogeoquímicos.	Sistémico	Planear N2-N6 Elaborar N6 Analizar N4 Explicar N2-N5 Hipotetizar N6 Modelar N6 Concluir (N5 síntesis)
Microbiología de la producción controlada de sulfuro de hidrógeno. una experiencia de trabajo en	2010	Mostrar las directrices para lograr la depuración de aguas residuales y estudiar el metabolismo de Clostridium.	Aislamiento y Enriquecimiento de Clostridium. Cultivo microbiológico. Observación de metabolitos producidos y estimación del N° de microorganismos.	Presencia de metabolitos relacionados con la remoción bacteriana de metales pesados en el agua. Recuento de microorganismos.	Actividad contemplada en un tiempo de 55 minutos. Preparación de material de trabajo, previo a la clase (medio de cultivo, por ej)	Sistémico Constructivismo.	Planear N2-N6 Elaborar N6 Analizar N4 Explicar N2-N5 Hipotetizar N6 Modelar N6 Concluir (N5 síntesis)

el laboratorio de educación secundaria P. López, J. Jiménez, A. Fabregat, J. Gutiérrez			Observación al microscopio Realización de diluciones				
El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria R. Boronar, J. P. López	2011	Mostrar las directrices para el estudio experimental de la fermentación de glucosa en <i>Saccaromyces cerevisiae</i> , en bachillerato	Elaboración de un fermentador. Preparación de una mezcla de harina de trigo, agua y levaduras frescas. Controlar la temperatura inicial, para que el proceso no se retrase. Observar, registrar, medir, relacionar con la elaboración de pan.	Obtención de etanol que puede detectarse mediante el olfato Obtención de CO ₂ , observable.	Aplicable al contenido ESO y su profundización Bachillerato. Se requiere tiempo de una clase y 2 horas previas para la construcción e implementación del fermentador Utilidad para la enseñanza del metabolismo celular. Relacionar el modelo de laboratorio que se ha estado trabajando con los procesos industriales, caso de la elaboración de un poco de masa de pan.	Sistémico	Elaborar N6 Analizar N4 Explicar N2-N5 Hipotetizar N6 Modelar N6 Concluir (N5 síntesis)
Historietas usadas en el proceso enseñanza-aprendizaje: el pensamiento de los niños de primaria con relación a la	2011	Discutir el uso de historietas en la enseñanza de las ciencias a partir de la enseñanza acerca de la hanseniasis. Ampliar conocimientos y disminuir preconceptos acerca de la	Lectura de la historieta en clases. Discusión colectiva, con entrevistas semiestructuradas y abiertas. .	Innovación en el uso de historietas para la enseñanza de problemas de salud pública. Efectividad de la aplicación de la historieta presentada en este trabajo, al observar el interés en	El uso de la historieta puede mejorar la construcción y la discusión de conocimientos. Las historietas pueden emplearse como medio de divulgación científica y enriquecer la educación formal y la construcción del conocimiento científico.	Constructivismo social	Comprender N2 Interpretar N3 Discutir N2 Defender N5 Argumentar N5 Construir N6

hanseniasis (lepra) K. Saavedra, L. de la Rocque, I. Cabral, M. Ozorio		enfermedad en estudiantes de 5° y 6°		el material y, sobretodo, la asimilación de los conceptos verdaderos contenidos en él.			
Microbiología de la producción de hidrógeno J. P. López	2011	Entregar directrices para la obtención de H a nivel de laboratorio escolar y repercusiones sociales como fuente de energía renovable.	Protocolo a seguir para práctico de laboratorio.	Viraje de color en la muestra y presencia de gas (H y CO2) aspectos visibles para los estudiantes. Estudiantes pueden observar muestras de microorganismos con microscopía de contraste de fase.	Se puede realizar como trabajo práctico en enseñanza secundaria con la previa preparación del material a utilizar.	Constructivismo Sistémico.	Planear N2-N6 Elaborar N6 Analizar N4 Explicar N2-N5 Hipotetizar N6 Modelar N6 Concluir (N5 síntesis)
Microscopio de Leeuwenhoek B. Garrido, M. Barcía	2011	Elaborar un microscopio y observación de células de cebolla y células sanguíneas.	Construcción de microscopio según indicaciones	Se pueden observar pared celular, límites celulares y núcleo de células de cebolla.	Al realizarlos con estudiantes de 4° año de secundaria, se aplican conocimientos de física (óptica), e introducir al contenido de biología celular	Constructivismo Integrador.	Construir N6 Explicar N2-N5
Observación de la actividad antimicrobiana del ajo (Allium sativum) en el laboratorio de Educación Secundaria J. López	2011	1) dar a conocer los aspectos básicos de la microbiología y el cultivo de microorganismos sobre placas de Petri que portan medios sólidos mediante el uso de agar, (2) la bioquímica de las reacciones que se van a presentar una vez analizada la experiencia e,	Preparación de placas de Petri donde se probará actividad antimicrobiana del ajo crudo y cocido y comparación con controles donde crecen microorganismos.	Las placas con ajo crudo presentan un halo que evidencia su actividad antimicrobiana, mientras que en el ajo cocido, no se observa propiedades antibióticas	Se demuestra experimentalmente las propiedades antibióticas del ajo. Se compara actividad del ajo crudo y cocido. Tiene un tiempo de duración de una clase, aunque se requiere de trabajo previo al práctico.	Constructivismo Integrador	Planear N2-N6 Elaborar N6 Analizar N4 Explicar N2-N5 Hipotetizar N6 Modelar N6 Concluir (N5 síntesis)

		indiscutiblemente, (3) el efecto antimicrobiano de algunos componentes del ajo, por difusión en el medio de cultivo, sobre las bacterias					
Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. Estudio en el laboratorio de educación secundaria J.P López	2016	Describir un protocolo para la observación de microorganismos fijadores de nitrógeno en nódulos de leguminosas.		Observación de microorganismos simbioses. Comprensión de los ciclos biogeoquímicos, del N. 2° y 4° de ESO.	Se puede realizar en una hora de clases, pero requiere de preparación previa.	Constructivismo Integrador	Planear N2-N6 Elaborar N6 Analizar N4 Explicar N2-N5 Hipotetizar N6 Modelar N6 Concluir (N5 síntesis)
Actividades prácticas que propician el aprendizaje del concepto de microbiología en el aula D. Zambrano, J.Alvarez	2017	Evidenciar la funcionalidad de las actividades prácticas como una herramienta elemental para el aprendizaje del concepto de microbiología a estudiantes de quinto grado de primaria en la I.E.D. Isla del Sol. Analizar el trabajo práctico como herramienta para el aprendizaje	Aplicación de una unidad didáctica acerca de los microorganismos, basada en prácticas de laboratorio. Esta unidad abarca tres aspectos: Conceptual, descriptiva y funcional. Cada una de ellas lleva implícita una pregunta guía u orientadora.	En el marco de la práctica de laboratorio, se propiciaron las habilidades manipulativas que favorecen el desarrollo personal y autónomo de cada estudiante, teniendo encuentros de participación activa en donde los estudiantes presentaron tanto la relación de los conceptos concebidos previamente y su asociación con los nuevos.	La elaboración de los alumnos acerca del concepto de microbiología a partir de estructuras de conocimiento cotidiano, cumple con el aprendizaje significativo donde se exponen los conocimientos previos en interacción con los materiales de aprendizaje, generando cambios en la estructura cognitiva. La construcción de dichas prácticas aportan	Constructivismo social	Reconocer N1 Describir N1 Relacionar N2

		significativo de concepto microbiología. Los objetivos de los prácticos de laboratorio son: El estudiante reconoce la microbiología como la ciencia que estudia los microorganismos, así como de su morfología y su importancia a nivel biológico, industrial y de salud. El estudiante describe los tipos de microorganismos y características morfológicas así como establece la relación entre éste y el medio donde se encuentra. El estudiante describe y reconoce la funcionalidad de las estructuras presentes en los microorganismos con relación al medio donde se desarrolla.		Estudiantes observan e identifican hifas y conidios de hongos, lo que demuestra que el trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje de las ciencias, pues le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad. Las actividades prácticas permiten un acercamiento a la comunidad científica de modo tal que evidencia la forma de hacer ciencia y su capacidad de analizar los fenómenos. Estas prácticas aportan a la construcción de una visión sobre la ciencia, en donde los estudiantes entienden y se sumergen en la disciplina reconociendo las posibles variables, incentivando la investigación científica de los estudiantes.	en la constitución y construcción de la ciencia desde el entorno social, así como “la validez de las prácticas experimentales en la constitución de la ciencia, su función independiente de la carga teórica o en equilibrio con ella, y no supeditado a ella solamente en el papel verificacionista o falsacionista” Desde las primeras etapas escolares los estudiantes deberían experimentar la ciencia de tal manera que les fomenta y comprometa a la activa construcción de ideas, de explicaciones y que aumente sus oportunidades para desarrollar la capacidad de 'hacer' ciencia, 'Sobre una realidad científica		

O uso de sequências didáticas no ensino sobre microrganismos: uma revisão da literatura em periódicos e eventos nacionais Dayane Ferreira Santos y Christiana Andrea Vianna Prudêncio	2020	Comprender qué elecciones teóricas y metodológicas han guiado el desarrollo de las Secuencias Didácticas en la Enseñanza de la Microbiología.	-Revisión de publicaciones entre el 2009-2019 -técnica de análisis textual discursivo para identificar: 1) duración de la SD; 2) término más utilizado; 3) contenidos contemplados; 4) marco teórico-metodológico adoptado; 5) relación de las estrategias didácticas con los objetivos propuestos; 6) relación del proceso de evaluación con los aprendizajes a lograr. -se seleccionan y analizan 15 artículos y 12 trabajos (tesis)	-Se encontraron 18 estrategias pedagógicas en su mayoría orientadas a la enseñanza media. -Polisemia del término secuencia didáctica. -contenidos contemplados: virus, virus y bacterias, hongos, bacterias, hongos y bacterias, microorganismos en general, virus, bacterias y protozoarios. -No se encontraron trabajos acerca de las microalgas. -pese a que los m.o son importantes en aspectos médicos, económicos, industriales y ecológicos, hay una tendencia a considerarlos sólo como patógenos. -los estudios sobre SD son heterogéneos respecto al marco teórico y metodológico.	Estudios analizados son heterogéneos en cuanto a marco teórico o metodología por lo que se justifica la ausencia de una nomenclatura en común. Necesidad de mayor rigor en la planificación y estructuración de la secuencia didáctica.	Constructivista	Argumentar N5 Razonar N4 Experimentar N6 Construir N3-N6 Elaborar N6 Modelizar N6 Comprender N2 Justificar N5 Investigar N4 Hipotetizar N6
Aprendizaje por indagación en la enseñanza	2020	Desarrollo de una herramienta para la enseñanza de Microbiología en	Elaboración de una propuesta didáctica basada en la indagación (interinstitucionales:	El uso del MicroKit® estimuló la capacidad de formular preguntas de investigación, diseñar	El enfoque de aprendizaje en redes, participativo y colaborativo, que involucre al	Constructivismo sociocrítico	Indagar N4 Manipular N3 Probar N4 Hipotetizar N6 Diseñar N6

de la microbiología de suelos: diseño participativo de herramientas para la experimentación A, Montanez, T. Trasante, C. Silva, et al.		educación secundaria.	Universidad y colegio) <u>Etapas</u> 1: Evaluar necesidades de docentes y estudiantes de secundaria para abordar actividades prácticas de microbiología. Se realizó encuesta vía formulario Google <u>Etapas</u> 2: elaborar contenidos para realizar actividades prácticas. Permite la cuantificación de los diferentes microorganismos de una muestra de suelo y, al mismo tiempo, permite evidenciar las diferentes morfologías de colonias y su metabolismo. <u>Etapas</u> 3: Validación de herramienta mediante la puesta en práctica de actividades experimentales.	experimentos, interactuar con otros profesores y documentar e informar los resultados y conclusiones basados en la metodología científica. Profesores y estudiantes adquirieron nuevas perspectivas acerca de los microorganismos. Despertó la curiosidad de los estudiantes, fomentando la búsqueda de soluciones y el interés por las Ciencias.	personal docente de enseñanza secundaria y la Universidad, es un proceso valioso que permitió adecuar el diseño de una herramienta experimental aplicada al estudio de la Microbiología. A docentes les brindó la oportunidad de vincularse con una institución de investigación que les proporcionó una actualización en la disciplina y herramientas para orientar la indagación escolar, lo que favoreció transformar el modelo didáctico e incursionar en un enfoque socio-crítico, con la adopción de variadas estrategias de enseñanza y de aprendizaje, así como propender al desarrollo de competencias genéricas y científica, en las que el estudiantado fue protagonista.		Informar N2
Microorganismos y hábitos de higiene. Estudio longitudinal en los cursos	2021	Analizar las concepciones de los estudiantes de primaria acerca de los microorganismos y la higiene.	9 sesiones Grupo control Fase 1experimental: elaboración de pan Grupo control hizo dibujos acerca de microorganismos	Visión negativa de los estudiantes hacia los microorganismos. Presentan hábitos de higiene aceptables que mejoraron aún mas después de la	Pobre conocimiento de los niños sobre los microorganismos, Considerados como causante de enfermedades	Sistémico	Representar Hipotetizar N6

iniciales de Educación Primaria J. Molina, E. Paños			Fase 2 (control y experimental) enseñanza de lavado correcto de manos y dientes Fase 3: Crecimiento de m.o en placas Petri (manos limpias y sucias) observación al microscopio Fase 4: explicación del docente a preguntas y realización de ficha con 4 preguntas abiertas.	estrategia aplicada (manos y dientes). La intervención mejoran los conocimientos y se mantienen en el tiempo.	Trabajo aporta información sobre origen de perspectiva negativas (familia, TV, médico) Los libros proporcionan una perspectiva equilibrada		
Aprender de microbiología desde la importancia de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Una experiencia en la escuela primaria Amado Rodríguez, L.; Torres Merchán, N.; Galindo Guerra, D.	2021	Caracterización de cepas bacterianas involucradas en la germinación de la quínoa.	Desarrollo de un módulo de 6 sesiones para 5° año de educación primaria. fomentar una experiencia práctica para la enseñanza de la microbiología y sus aplicaciones en la agricultura con estudiantes de básica primaria, para facilitar la comprensión sobre el efecto positivo de los microorganismos en los ecosistemas y reconocer su contribución en aspectos como la regeneración (absorción) de nutrientes, la interacción de forma	Estudiantes consideraron hongos y bacterias como microorganismos. Crean que los hongos son animales, otros no logran identificar si son plantas o animal. Relacionan a los microorganismos como agentes nocivos causantes de enfermedades. Relacionan hongos con enfermedades a la piel. Poseen la imagen de los hongos macroscópicos. Se observó cómo los estudiantes clasificaron los microorganismos como animales, bichos,	El desarrollo del módulo les permitió a los estudiantes conocer que los microorganismos son hongos y bacterias, también se aclaró procesos de reproducción asexual y sexual, así como las condiciones necesarias para su reproducción. Se mostraron las utilidades de las bacterias en el crecimiento de las plantas en específico de la quínoa. Los estudiantes también aprendieron por observación directa que las bacterias no solo crecen	Sociocrítico	Indagar N4 Representar Relacionar N2 Comprender N2 Conceptualizar N5 Describir N1 Cuantificar N1 Hipotetizar N6

			dinámica en los ciclos biogeoquímicos, lo cual permitió abordar relaciones Ciencia Tecnología y Sociedad CTS, sobre el efecto de los cultivos microbiológicos en el contexto ambiental y biológico. Etapas 1: Diagnóstico de concepciones previas. Etapas 2: Implementación del módulo Etapas 3: Evaluar contribuciones didácticas del módulo	gérmenes, asociados a suciedad, y enfermedades. Se evidencia relación humanos-microorganismos, pero con una connotación negativa. Señalan reproducción binaria o por la contaminación (generación espontánea) Algunos señalaron que se reproducían como los humanos. Algunos identifican la quínoa como planta, otros como bacterias, algunos no responden. Los estudiantes reconocen formas, tamaños, texturas y número de colonias bacterianas. Los primeros que identificaron fueron los hongos. Relación quínoa-bacterias reconocidas como algo positivo para la planta.	en medio ambiente en los desperdicios y en la tierra, sino también pueden crecer en medios de cultivo. Los estudiantes reconocen que hay microorganismos beneficiosos. se considera necesario continuar con temas relacionados a la enseñanza de la microbiología desde los escenarios de educación primaria, dado que acerca a los estudiantes al conocimiento de la biotecnología y sus implicaciones en aspectos como fabricación de alimentos, medicamentos y mejoramiento de especies vegetales. Los estudiantes tienen la posibilidad de conocer la forma de trabajo de los microbiólogos aspecto importante para promover actitudes positivas en el desarrollo de carreras científicas		

				Reconocen el valor nutricional de la quínoa. El uso de las bacterias es bueno porque ayudan al crecimiento de las plantas y éstas ayudan a nuestro cuerpo. Reconocen que hongos y bacterias son microorganismos.			

ANEXO 13

NIVELES DE ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA

Título y Autor	Año	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusiones	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
El concepto de niveles de organización de los seres vivos en contextos de enseñanza Menegaz, A, Mengascini, A.	2005	Proponer un marco teórico interpretativo que favorezca la conceptualización acerca de las imágenes de los niveles de organización biológico que	Utilizar una nueva forma de analizar los niveles de organización basada en el organismo, de una forma no lineal, a partir de diferentes relaciones: morfofisiológicas, filogenéticas, coevolutivas, de	-Los textos plantean niveles de organización sin considerar las propiedades emergentes en cada nivel. Un nivel contiene a otro (Reduccionismo). -Equivalencias entre los niveles de organización de los	-Facilita el enfoque sistémico de la Biología. -enfaticar la importancia de las interacciones entre los componentes, -Rompe con la imagen de una única manera de ordenar lo biológico. -Caracterizar los niveles de organización biológicos a partir de los	Complejidad Sistémico Interpretativo	Proponer N6 Adaptar N6 Relacionar N2 Interpretar N3 Analizar N4

		poseen los estudiantes	intercambio de materia y energía (Propuesta modificada de Mc Mahon, 1978: Levels of biological organization: an organism centered approach. Bioscience, Vol. 28 (11), pp. 700-704.	seres vivos y niveles de organización de la materia. -Ordenamiento forzado de los sistemas biológicos en una jerarquía lineal. -Utilizar el mismo término para procesos biológicos de diferentes niveles (ej: respiración celular, respiración en organismos)	tipos de interacciones de los componentes y en consecuencia una forma de ordenamiento: Relaciones morfofisiológicas Relaciones filogenéticas Relaciones coevolutivas Relaciones de intercambio de materia-energía		
Uso de analogías para el "aprendizaje sustentable": El caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes (I.R Galagovsky-M. Greco	2015	Diseño de Modelo Didáctico Analógico (MDA) para la comprensión de la relación estructura-función y niveles de organización y el concepto "propiedades emergentes"	Desarrollo de un juego de naipes que representan estructura y función de fábricas de alimentos y uso de tablas de correlación conceptual (seres vivos con fábricas) Análisis y comparación de ideas previas y post actividad, uso de lenguaje. Último año ESO (4º Medio)	Los estudiantes correlacionan ser vivo-fábrica, representando en esquemas sus modelos mentales sobre sistemas biológicos. Algunos estudiantes presentan conocimiento reduccionista (asocian fábrica con sistema digestivo). Ideas previas de los estudiantes con respecto a la sangre y el corazón como fuente de energía ya que el cuerpo humano no genera	La analogía trabajada se constituyó como conocimiento analógico, presentó conceptos de sostén. El pensamiento analógico permitió a los estudiantes elaborar representaciones gráficas. La actividad permitió a los estudiantes comprometerse con su aprendizaje. Los procesos cognitivos y metacognitivos se ven favorecidos por la discusión grupal.	Pensamiento Sistémico von Bertalanffy, Mayr. Vygotsky, constructivismo social.	Correlacionar N4 Analizar N4 Comparar N2 Evaluar N5

				productos sino que consume ya elaborados. Visión antropocéntrica de los estudiantes acerca de los vegetales (para producir alimento para el hombre). Seres unicelulares no considerados como seres vivos. Entendían respiración como una función de los pulmones. Desconocimiento de los procesos bioquímicos en mitocondrias. Cambios en el lenguaje,			

ANEXO 14

CONCEPTUALIZACIÓN DE SER VIVO

Título y Autor	Año	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusiones	Paradigma Epistemológico	Nivel Taxonómico (Bloom)
Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria A.Gómez, N. Sanmartí, R.Pujol.	2007	El objetivo de la Unidad Didáctica es Integración de escalas de observación, como herramienta teórica para la construcción de un modelo de ser vivo, y en el uso de una maqueta dinámica, como herramienta mediadora para la gestión de la construcción de explicaciones causales en el aula.	Diseño de unidad didáctica a) la construcción del modelo teórico escolar de ser vivo en el marco de una ciencia escolar b) tres escalas de observación en el modelo y su uso como herramienta conceptual para transitar del fenómeno a la interpretación teórica y c) la utilización de una maqueta dinámica como mediador didáctico que permitiera negociar las representaciones de los escolares acerca del fenómeno.	-La integración de 3 funciones (nutrición, reproducción y relación) en el modelo de ser vivo es apropiado en este nivel, ya que los estudiantes han establecido estas ideas en cursos anteriores. El aspecto de relación es el menos desarrollado por los estudiantes. -La maqueta de bosque puede ser trabajada con ayuda de otras disciplinas. Fue importante como referencia de sistema complejo. -La visión escalar facilitó la planeación de la actividad y la dirección hacia qué nivel profundizar.	-La forma de planificar una actividad para modelar el concepto de ser vivo puede ser analizada desde niveles interrelacionados que permitan explicar las causas. Esta visión escalar permite la visión compleja del fenómeno. -La maqueta corresponde a un modelo analógico que posibilitó analizar las relaciones de los seres vivos con su medio.	Pensamiento Sistémico von Bertalanfy. Pensamiento complejo. Sociocnstructivismo .	Analizar N4 Integrar N5 Explicar N2 Argumentar N5 Modelar N6 Diseñar N6 Reflexionar N6
Construção de um perfil para o conceito	2007	Proponer categorías para la construcción de un	Construcción de un perfil conceptual de “vida”, mediante un juego dialógico entre	Se obtienen 5 categorías: -Agente -artificialismo	-Los perfiles conceptuales van cambiando a lo largo de la educación superior	Constructivismo	Resolver N3 Aplicar N3 Analizar N4 Explicar N2

biológico de vida Francisco Ângelo Coutinho, Eduardo Fleury Mortimer, Charbel Niño El-Hani		perfil conceptual para el concepto biológico de vida	estudios teóricos y empíricos. Se busca cubrir 3 dominios genéticos: -Sociocultural: mediante revisión bibliográfica. -Ontogénico: mediante la recopilación de estudios acerca de las concepciones alternativas de los estudiantes -Microgenéticos, mediante la aplicación de cuestionarios (de 4 preguntas) y entrevistas semi estructuradas basadas en situaciones problema (5: hipótesis de la Gaia, necesidad de tener conceptos universales para definir vida, Vida Artificial, un programa para estudiar la vida desde la perspectiva del cómo sería, concepto de vida basado en organismo como un todo, vida creada por Dios) a graduados de Biología y estudiantes de postgrado.	Esencialismo macro Esencialismo micro -finalismo Mecanismo Relacional. Finalmente se condensan en 3 categorías: Relacional, externalismo e internalismo	-Surgen 3 zonas de comprensión para el concepto de vida: -Internalista: Conjunto de propiedades y procesos inherentes a lo viviente. -Externalista Comprensión de la vida como algo externo y separado de lo viviente, algo que viene de afuera y que le proporciona una finalidad al ser vivo. -Relacional: la vida es concebida como las interacciones entre entidades o sistemas: -el perfil conceptual permite acompañar la evolución de ideas en los individuos.		Comprender N2 Razonar N4 Argumentar N5
Del Árbol al Cloroplasto:	2012	Indagar acerca de las concepciones	1º: Aplicación de cuestionarios como	Las bacterias, los plantas y los hongos no	Se requiere una enseñanza integradora	Sistémico Complejo	Se esperaría llegar al N6

concepciones alternativas de estudiantes de 9° y 10° grado sobre los conceptos «Ser vivo» y «Célula» Corina González-Ute Harms		de célula, ser vivo y la relación entre ambos, en estudiantes de 9° y 10° grado.	pre y post test en dos muestras de estudiantes (curso de mujeres y otro mixto) con enseñanza transmisión-recepción y constructivista, para indagar en las concepciones de los estudiantes. 2° Análisis de respuestas obtenidas, antes y después de una secuencia de enseñanza constructivista.	son seres vivos y tampoco se componen de células. Los alumnos suelen incorporar mucho más la idea de la estructura celular en los animales que en los vegetales. Los virus se componen de células. Plantas, hongos y bacterias serían los últimos organismos que los niños aprenden a distinguir como seres vivos. La enseñanza de la célula a nivel escolar está centrada en la célula animal, vegetal y con menos frecuencia se consideran hongos y bacterias. Persisten las siguientes concepciones: 1) Las células se encuentran en lugares específicos de nuestro cuerpo, o se encuentran «en mayor proporción» en lugares como sangre, cerebro. 2) Respecto a la imagen de célula, ésta es representada mayoritariamente como	entre estructura y función de las células y las características del organismo del que forman parte. Se debe dar mayor énfasis a la enseñanza de las funciones de la célula más que en su estructura. La enseñanza de la célula debe considerar lo que saben los estudiantes, desde lo macro a lo micro y observar objetos desde lo macro a lo micro, para visibilizar la célula.		(crear un modelo)

				dos círculos concéntricos (membrana y núcleo), sin organelos distinguibles. Si bien esta representación no es del todo errada, es bastante pobre. Dificultad de relacionar características y funciones de los seres vivos con características y funciones de la célula. Desconocimiento de las funciones de los organelos celulares. En conceptos tales como herencia, gen y genética, los estudiantes relacionan los niveles macro y microscópicos.			
El concepto de "ser vivo" en estudiantes de sexto grado Carolina Hernández	2015	Identificar ideas de "ser vivo" en estudiantes de 6°	Indagación dialógica acerca del concepto de ser vivo que poseen los estudiantes. Observar vídeo sobre la formación de cristales de sulfato de cobre Análisis y resolución de problema ¿son los cristales, seres vivos?	Se obtienen 4 categorías relacionadas con las respuestas de los estudiantes: Composición Procesos Organización Propiedades. Falta de claridad de los estudiantes frente a la organización de los seres vivos.	Estudiantes poseen distintos modelos para definir ser vivo. No se mencionan características morfológicas de seres vivos. Concepción vitalista, propia de la edad. Necesidad de ampliar el concepto de ser vivo desde ciclo de vida, procesos, estructuras y	Pensamiento Sistémico von Bertalanfy. Complejidad (perspectiva de Maturana y Varela: seres vivos como sistemas o redes auto-organizadoras, cuyos componentes están interconectados y son interdependientes, sus componentes	Analizar N4 Integrar N5 Resolver N3

				Vida surge por factor externo (presencia de agua, oxígeno, sulfato, botón) No perciben la complejidad de los seres vivos. Reconocen crecimiento pero no lo relacionan con los ciclos de vida.	funciones, interrelacionados.	están en continuo cambio; tienen un patrón de organización que configura las relaciones que determinan las características esenciales del sistema; su estructura es la corporeización física del patrón de organización del sistema, y el proceso vital es la actividad involucrada a la continua corporeización física del patrón de organización del sistema. Maturana y Varela encierran todas estas características de la organización de los seres vivos en el concepto de autopoiesis .	
*1) Enseñar y aprender sobre las funciones vitales desde el enfoque de la modelización . dos estudios de	2017	Fundamentar el proceso de modelización en la sala de clases. Pregunta de investigación: ¿Cómo evoluciona el modelo estudiantil inicial hacia el modelo	Diseño de una secuencia de aprendizaje de 4 fases: 1. Verbalización de los modelos iniciales. 2. Introducción de nuevos elementos, relaciones y variables.	1. Verbalización de los modelos iniciales: estudiantes no identificaron las características propias de los seres vivos. Esto pudo deberse a que usaban su cuerpo	Modelo de evolución ONEPSI es útil para determinar la evolución de los modelos. En ambas instituciones los estudiantes incorporan conceptos tales como ser vivo, célula, materiales,	Cognitivismo de Giere (Modelo cognitivo de la Ciencia)	Modelar N6

caso con estudiantes de quinto grado de primaria L. Alzate, S. Farley, F. Angulo 2) La modelización de las funciones vitales en quinto grado de primaria. A. Yuseli, F. Angulo.		científico escolar de arribo, en torno de la enseñanza de las funciones vitales, con estudiantes de quinto grado de primaria? Ejecutar una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre funciones vitales, mediante la modelización de la lombriz de tierra. pasando por las etapas de MEI (modelo escolar inicial), MD (modelo disciplinar), MCu (modelo curricular), MCEA (modelo curricular escolar de arribo) y MCEL (modelo científico escolar logrado)	3. Estructuración de los modelos en construcción y 4. Aplicación y regulación final del modelo elaborado) (basado en el comportamiento de la lombriz de tierra).	como referente para dar explicaciones- Adjudicaron a la lombriz, movimiento, respiración pulmonar, carencia de sist. Digestivo, flujo de sangre (desconociendo órganos del sist circulatorio) ovíparas. Daño al sol, se arrastran, se protegen frente a depredadores, ensuciaban la tierra nutriendo las plantas, cubierta corporal de baba. 2. Introducción de nuevos elementos, relaciones y variables: Presencia de funciones vitales, formadas de células que poseen las mismas funciones vitales que el organismo, aunque hay dificultad en verbalizar y relacionar las funciones vitales con el desarrollo y la sobrevivencia. Complejización del modelo, debe trascender para generalizar.	energía, medio, estímulo, respuesta, tejido e hijo. Para identificar un ser vivo debe tener funciones vitales y estar formado por células.		

			3. Estructuración de los modelos de construcción: Lombriz es ser vivo porque se nutre, reproduce y relaciona. Formada por células Intercambio con el medio a través de la piel. Baba con función protectora y posibilita desplazamiento. Características del hábitat (húmedo y fértil) evitar rayos del sol, protegerse de depredadores. Explican mecanismos de digestión, circulación y reproducción. Reconocen capacidad de autorregeneración y el hermafroditismo. 4. Aplicación y regulación final del modelo: Permanece el movimiento como característica de los seres vivos. Priorizan vivencias desde la propia corporalidad que lo empírico.			

				Relación con el medio como captación de estímulos para defenderse, nutrición como intercambio de materia y energía con el medio, se debe profundizar en reproducción es comprendida como el proceso de perduración de la especie y el de reparación de tejidos, aunque admiten que los seres unicelulares como las bacterias, también la cumplen. Evolución de un modelo escolar inicial (MEI) hacia un modelo escolar científico logrado (MECL) (basado en el concepto científico de modelo ONEPSI: Ontológico, Epistemológico, y psicológicos en la configuración de las representaciones tanto de los estudiantes, como de la ciencia y del currículo) Un ser vivo se caracteriza porque está formado por células, se mueve y cumple con las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. Necesita alimentarse para tener			

				energía, expulsa sus desechos como agua, baba, dióxido de carbono y recibe el aire con oxígeno. También se relaciona con el ambiente y con otros seres, necesita de un hábitat adecuado para vivir. Se reproduce cuando tiene hijos (autoperpetuación) y cuando repara alguna parte de su cuerpo dañada (autorregeneración).			
*Modelos explicativos del concepto de ser vivo en estudiantes de segundo de primaria de la institución educativa distrital francisco de miranda de Bogotá, Colombia. M. Miranda, A. Méndez.	2017	Indagar. categorizar modelo de ser vivo en estudiantes de 2° de primaria. Analizar las concepciones de vida de los estudiantes de la enseñanza Fundamental y proponer una discusión sobre puntos de vista teóricamente fundamentados del concepto.	implementación de la unidad didáctica Los seres vivos ¡Un mundo por descubrir! (Buscar) Al inicio de la unidad, indagación acerca de las representaciones que poseen los estudiantes.	Categorización de los resultados en los siguientes modelos explicativos en Biología: Animista, mecanicista, vitalista, organicista, neomecanicista y de pensamiento sistémico,	Predominancia de los modelos vitalista, animista y mecanicista. Importancia de conocer modelos de los estudiantes para diseñar la enseñanza hacia el aprendizaje significativo. Al implementar unidad, hubo 3 categorías de respuestas: trascendentalista, animista y organísmica	Interpretativo (Hermenéutico)	Explicar N2 Razonar N4 Argumentar N5 Justificar N5 Reconocer N1 Distinguir N4
La enseñanza de lo vivo y la vida desde las colecciones	2017	Transformar la manera de entender las colecciones biológicas al articularlas desde la	Desarticular los textos en sus temáticas centrales posibilitando agrupamientos.	2 nociones en la enseñanza de la biología: la enseñanza de la vida y de lo vivo.	Entender la vida y lo vivo permite configurar otras dinámicas que giran en torno a las colecciones, en dónde la vida, permite entrelazar la memoria y	Constructivismo sociocultural Complejo Sistémico	Analizar N4 Categorizar N3 Entender N2 Transformar N6

biológicas: una oportunidad para pensar las colecciones desde la complejidad Mendoza Elkin y Velandia Andrea		enseñanza de lo vivo y la vida		El concepto de lo vivo se configura desde la enseñanza integra órganos con sus funciones. La enseñanza de la biología basada en el organismo y su medioambiente, posibilitando una comprensión más allá de lo disciplinar. La enseñanza de la biología bajo un enfoque intercultural se permite reconocer otras formas de concebir la vida y lo vivo, otras nociones que se van configurando a partir de las prácticas en las comunidades.	la historia que conforma diversos saberes, las colecciones permiten relacionar la mirada polisémica de la vida y lo vivo, tejiendo su esencia desde el presente evocando al pasado.		

ANEXO 15: Codificación de publicaciones por categorías emergentes

CODIFICACIÓN DE PUBLICACIONES, SEGÚN CATEGORÍAS EMERGENTES							
Dimensiones	Categorías	Subcategorías	Nº	Año	Enfoque	Tipo de Investigación	Paradigma
Conceptualización de ser vivo	-----	-----	1	2007	Q	SD	Sistémico
			2	2007	M	EC	Constructivismo
			3	2012	M	CP/SD	Sistémico/Constructivismo
			4	2015	Q	IP	Sistémico
			5	2017	Q	SD	Cognitismo de Giere
			6	2017	Q	IP/SD	Hermenéutico
			7	2017	Q	PP	Complejidad/Sistémico/Constructivismo
Niveles de organización biológica	-----	-----	1	2005	Q	MC	Sistémico/Complejidad
			2	2009	Q	SD	Sistémico/Constructivismo
Célula Procarionte. Aprendizaje de la Microbiología	-----	-----	1	2007	Q	R	Constructivismo
			2	2008	Q	PL	Constructivismo
			3	2010	Q	PL	Constructivismo
			4	2011	Q	PL	Constructivismo
			5	2011	Q	PP	Constructivismo
			6	2011	Q	PL	Sistémico
			7	2011	Q	PL	Constructivismo
			8	2011	Q	PL	Constructivismo
			9	2015	Q	PL	Constructivismo
			10	2017	Q	PP	Sistémico
			11	2020	Q	PP	Sociocrítico
			12	2021	M	IP	Sistémico
			13	2021	Q	R	-----
			14	2021	I-A	PP	Sociocrítico
Formación el profesorado			1	2001	Q	MC	Constructivismo
			2	2008	Q	PP	Sistémico
			3	2009	Q	IP	Sistémico/Complejidad
			4	2009	Q	DH	-----
			5	2012	Q	EC	Sistémico

			6	2012	M	IP	-----
			7	2013	M	PP	Complejidad
			8	2013	Q	PP	Constructivismo
			9	2013	Q	PP	Constructivismo
			10	2014	M	IP	Constructivismo/Complejidad
			11	2014	Q	MC	Constructivismo
			12	2014	Q	IP	Cognitismo/ Modelos mentales Johnson Laird, Campos conceptuales
			13	2015	Q	EC	Constructivismo
			14	2014	Q	IP	Sistémico/Constructivismo
			15	2016	Q	SD	Constructivismo/sistémico
			16	2017	Q	PP	Constructivismo
			17	2017	Q	IP	Constructivismo/Sistémico
			18	2017	Q	PL	Constructivismo
			19	2017	Q	IP	Constructivismo
			20	2018	C	PP	Constructivismo
			21	2021	Q	IP/MC/DH	Complejidad/Sistémico/Sociocrítico
			22	2021	Q	PP/IP/DH	Constructivismo
			23	2017	Q	PP	Constructivismo /Sistémico
Didáctica	Material didáctico	-----	1	2006	Q	IP	-----
			2	2008	M	R	Interpretativo
			3	2009	Q	EC	-----
			4	2009	Q	R	Interpretativo
			5	2012	Q	EC	-----
			6	2015	Q	R	Interpretativo
			7	2015	M	R	Interpretativo
			8	2016	Q	IP/R	Cognitista Multimedia (TCAM)
			9	2017	Q	R	Interpretativo
			10	2017	M	R	Interpretativo
			11	2017	M	SD	Constructivismo
			12	2018	M	R	Interpretativo
			13	2019	Q	SD	Constructivismo (Vygotsky)
			14	2019	Q	PL	Constructivismo/Sistémico
			15	2019	Q	IP/R	-----
			16	2020	M	R	Interpretativo

			17	2020	Q	R	Interpretativo
			18	2021	Q	PP	Constructivismo **
			19	2021	Q	R	Interpretativo
	Modelización	-----	1	2001	M	IP	Modelos mentales Johnson-Laird
			2	2002	M	IP	Modelos mentales Johnson-Laird
			3	2003	Q	MC	Ap. significativo
			4	2012	M	IP	Cognitivismo de Giere
			5	2013	C	DH	Constructivismo
			6	2016	Q	SD	Ap significativo
			7	2016	Q	IP	Interpretativo
			8	2017	Q	PP	Constructivismo
			9	2019	Q	EC	Constructivismo **
			10	2020	Q	R	Interpretativo
			11	2020	Q	PP	Constructivismo
			12	2020	Q	EC	Holístico
	Aportes varios	-----	1	2005	Q	PP	Constructivismo
			2	2007	Q	IP	Interpretativo
			3	2009	Q	PP	Interpretativo
			4	2013	Q	IP	Interpretativo
			5	2014	M	SD	Interpretativo
			6	2014	Q	PP	Interpretativo
			7	2014	Q	DH	-----
			8	2015	Q	EC	Interpretativo
			9	2017	C	SD	-----
			10	2018	Q	DH	Complejidad
			11	2019	C	PP	Constructivismo
			12	2019	Q	EC	Interpretativo
			13	2020	Q	PP	Sistémico
			14	2020	---	R	-----
	Conceptualización de célula	-----	1	2009	I-A	IP	Constructivismo
			2	2009	Q	PP	-----
			3	2012	M	IP	Interpretativo
			4	2014	Q	IP	Interpretativo
			5	2015	M	IP	-----
			6	2015	Q	SD	Aprendizaje Significativo

			7	2015	Q	IP	Constructivismo
			8	2016	Q	PP	Constructivismo
			9	2018	Q	IP	Constructivismo
	Estrategias pedagógicas		1	2009	-----	PP	Constructivismo
			2	2011	Q	IP	Constructivismo
			3	2012	Q	PP	Cognitivismo
			4	2013	Q	SD	Interpretativo
			5	2013	Q	IP	-----
			6	2013	-----	PP	-----
			7	2014	-----	SD	Campos Conceptuales
			8	2017	Q	PP	Constructivismo
			9	2018	C	PP	Constructivismo
			10	2019	Q	PP	Constructivismo
			11	2020	Q	EC	Descriptivo
			12	2020	Q	PP	Constructivismo
			13	2021	-----	PP	Constructivismo
			14	2021	Q	PP	-----
			15	2021	Q	SD	Constructivismo
Célula Eucarionte	Célula Animal	División celular	16	2021	-----	SD	Constructivismo
			17	2021	-----	PP	Constructivismo
			1	2016	M	PP	Constructivismo
			2	2020	M	IP	Interpretativo
			3	2021	M	IP	Interpretativo
		Síntesis de proteínas	4	2021	Q	R	Interpretativo
			5	2021	Q	SD	Constructivismo
			1	2005	Q	PP	Constructivismo
			2	2013	Q	PP	Constructivismo
		Genética	3	2020	Q	R	-----
			4	2020	----	PP	Constructivismo
			1	2000	Q	PP	Constructivismo
			2	2000	M	IP	Constructivismo
			3	2002	Q	PP	Constructivismo
			4	2005	Q	R	-----
			5	2006	----	SD	Constructivismo
			6	2006	I-A/Q	PP	-----

			7	2006	Q	R	-----
			8	2008	-----	MC	-----
			9	2009	Q	IP	Constructivismo
			10	2009	Q	R	-----
			11	2010	Q	PP	Constructivismo
			12	2011	----	PP	Constructivismo
			13	2012	Q	R	Constructivismo
			14	2013	Q	IP	Aprendizaje Significativo
			15	2013	Q	DH	Aprendizaje Significativo
			16	2013	Q	SD	Constructivismo
			17	2013	Q	R	-----
			18	2013	C	IP	Constructivismo
			19	2014	Q	IP	Constructivismo
			20	2014	Q	R	-----
			21	2014	Q	PL	Constructivismo
			22	2015	----	SD	Constructivismo
			23	2015	Q	DH	-----
			24	2015	Q	R	-----
			25	2015	Q	IP	Constructivismo
			26	2016	Q	SD	-----
			27	2017	Q	IP	-----
			28	2017	C	IP	-----
			29	2017	Q	PP	Constructivismo
			30	2017	Q	R	----
			31	2017	----	PP	Constructivismo
			32	2017	Q	SD	Argumentación Toulmin
			33	2018	Q	DH	-----
			34	2019	Q	ID/PP	----
			35	2019	Q	ID	Constructivismo
			36	2019	Q	DH	-----
			37	2020	----	PP	Constructivismo
			38	2020	C	PP	-----
			39	2020	----	SD	Aprendizaje Significativo
			40	2020	C	PP	Constructivismo
			41	2021	M	PP	Constructivismo

			42	2021	Q	EC/SD	Constructivismo
			43	2021	Q	DH/SD	Constructivismo
			44	2021	Q	DH	Constructivismo
			45	2021	----	PP	Constructivismo
			46	2021	----	SD	Constructivismo
			47	2021	----	SD	Teoría Cognitiva de Aprendizaje Multimedia
	Célula Vegetal	Fotosíntesis	1	2006	Q	R	-----
			2	2010	Q	PL	Constructivismo
			3	2011	Q	IP	Constructivismo
			4	2012	Q	EC	Constructivismo
			5	2014	Q	IP	Constructivismo
			6	2016	Q	EC	Constructivismo
			7	2021	Q	EC	Constructivismo
		Modelación de procesos fisiológicos	1	2002	Q	DH	Sistémico
			2	2021	Q	IP	Hermenéutico

ABREVIATURAS: M: mixto; I-A: Investigación-acción; C: cuantitativo; Q: cualitativo.

SD: Secuencia didáctica; DH: Desarrollo histórico; R: Review; EC: Estudio de caso; IP: Ideas previas (concepciones, modelos, representaciones); PP: Propuestas pedagógicas; MC: Marcos conceptuales; PL: Protocolos de laboratorio

ANEXO 16: Análisis de contenido Resultados/Conclusiones y Objeto de estudio

Dimensión/ Categoría	Año		Resultados/conclusiones importantes	Abreviatura	Objeto de estudio
Niveles de organización biológica	2005		-Facilita el enfoque sistémico de la Biología	E	Representaciones de los estudiantes
			-Enfatizar la importancia de las interacciones entre los componentes,	OD	
			Rompe con la imagen de una única manera de ordenar lo biológico.	E	
			Caracterizar los niveles de organización biológicos a partir de los tipos de interacciones de los componentes y en consecuencia una forma de ordenamiento: <u>Relaciones morfofisiológicas,</u> <u>Relaciones filogenéticas,</u> <u>Relaciones coevolutivas,</u> <u>Relaciones de intercambio de materia-energía.</u>	OD	
	2015		La analogía trabajada se constituyó como conocimiento analógico, presentó conceptos de sostén.	C	Modelos didácticos analógicos
			El pensamiento analógico permitió a los estudiantes elaborar representaciones gráficas.	C	

Conceptualización de ser vivo			La actividad permitió a los estudiantes comprometerse con su aprendizaje	C	
			-Los procesos cognitivos y metacognitivos se ven favorecidos por la discusión grupal	C	
	2007		-La forma de planificar una actividad para modelar el concepto de ser vivo puede ser analizada desde niveles interrelacionados que permitan explicar las causas. Esta visión escalar permite la visión compleja del fenómeno.	OD	Modelo explicativo
			-La maqueta corresponde a un modelo analógico que posibilitó analizar las relaciones de los seres vivos con su medio.	C	
	2007		-Los perfiles conceptuales van cambiando a lo largo de la educación superior	C	Perfil conceptual
			Surgen 3 zonas de comprensión para el concepto de vida	E	
			Internalista: Conjunto de propiedades y procesos inherentes a lo viviente.	E	

			Externalista Comprensión de la vida como algo externo y separado de lo viviente, algo que viene de afuera y que le proporciona una finalidad al ser vivo.	E	
			Relacional: la vida es concebida como las interacciones entre entidades o sistemas	E	
			-el perfil conceptual permite acompañar la evolución de ideas en los individuos	C	
	2012		-Se requiere una enseñanza integradora entre estructura y función de las células y las características del organismo del que forman parte.	OD	Concepciones y sus relaciones
			Se debe dar mayor énfasis a la enseñanza de las funciones de la célula más que en su estructura.	OD	
			La enseñanza de la célula debe considerar lo que saben los estudiantes, desde lo macro a lo micro y observar objetos desde lo macro a lo micro, para visibilizar la célula.	E	
	2015		-Estudiantes poseen distintos modelos para definir ser vivo.	C	Ideas previas

			No se mencionan características morfológicas de seres vivos.	E	
			Concepción vitalista, propia de la edad.	C	
			Necesidad de ampliar el concepto de ser vivo desde ciclo de vida, procesos, estructuras y funciones, interrelacionados	OD	
	2017		Modelo de evolución ONEPSI es útil para determinar la evolución de los modelos.	C	Evolución de modelos
			En ambas instituciones los estudiantes incorporan conceptos tales como ser vivo, célula, materiales, energía, medio, estímulo, respuesta, tejido e hijo.	E	
			Para identificar un ser vivo debe tener funciones vitales y estar formado por células	O	
	2017.		-Predominancia de los modelos vitalista, animista y mecanicista.	OA	Modelos y concepciones
			Importancia de conocer modelos de los estudiantes para diseñar la enseñanza hacia el aprendizaje significativo.	OD	
			Al implementar unidad, hubo 3 categorías de respuestas: trascendentalista, animista y organísmica	O	

	2017		-Entender la vida y lo vivo permite configurar otras dinámicas que giran en torno a las colecciones, en dónde la vida, permite entrelazar la memoria y la historia que conforma diversos saberes	O	Recurso didáctico
			Las colecciones permiten relacionar la mirada polisémica de la vida y lo vivo, tejiendo su esencia desde el presente evocando al pasado.	C	
Células Procariontes: Aprendizaje de la Microbiología	2007		-Pocos programas disponibles para la enseñanza de la biología. Interacción limitada, muy pocos en español.	E	Recurso didáctico
			Carencia de materiales curriculares en versión digital.	E	
			Una de las posibles vías de incorporación de las TIC al trabajo experimental la constituyen los laboratorios virtuales, los cuales pueden no sólo aportar nuevos enfoques para trabajar estos contenidos	E	
			solventar algunos de los problemas que presenta el trabajo en el laboratorio tradicional (limitaciones de tiempo, peligrosidad, disponibilidad de material).	OA	

	2008		-Se puede analizar un ecosistema bacteriano y las interrelaciones entre sus componentes.	E	Elaboración y uso de recurso didáctico
			Observar experimentalmente como ocurren los ciclos biogeoquímicos.	OD	
	2010		-Actividad contemplada en un tiempo de 55 minutos.	E	Modelo de proceso
			Preparación de material de trabajo, previo a la clase (medio de cultivo, por ej.)	E	
	2011		-Aplicable al contenido ESO y su profundización Bachillerato.	E	Relación de modelo con un proceso
			Se requiere tiempo de una clase y 2 horas previas para la construcción e implementación del fermentador	OD	
			Utilidad para la enseñanza del metabolismo celular.	OD	
			Relacionar el modelo de laboratorio que se ha estado trabajando con los procesos industriales, caso de la elaboración de un poco de masa de pan.	OD	
	2011		-El uso de la historieta puede mejorar la construcción y la discusión de conocimientos.	E	Recurso didáctico

			Las historietas pueden emplearse como medio de divulgación científica y enriquecer la educación formal y la construcción del conocimiento científico.	OD	
	2011		-Se puede realizar como trabajo práctico en enseñanza secundaria con la previa preparación del material a utilizar.	OD	Modelo de un proceso
	2011		-Al realizarlos con estudiantes de 4° año de secundaria, se aplican conocimientos de física (óptica), e introducir al contenido de biología celular	E	Elaboración y uso de recurso didáctico
	2011		-Se demuestra experimentalmente las propiedades antibióticas del ajo.	O	Modelo de un proceso
			Se compara actividad del ajo crudo y cocido.	O	
			Tiene un tiempo de duración de una clase, aunque se requiere de trabajo previo al práctico	E	
	2016		-Se puede realizar en una hora de clases, pero requiere de preparación previa.	E	Modelo de proceso

	2017		-La elaboración de los alumnos acerca del concepto de microbiología a partir de estructuras de conocimiento cotidiano, cumple con el aprendizaje significativo donde se exponen los conocimientos previos en interacción con los materiales de aprendizaje, generando cambios en la estructura cognitiva.	C	Recurso didáctico
			La construcción de dichas prácticas aporta en la constitución y construcción de la ciencia desde el entorno social	O	
			así como “la validez de las prácticas experimentales en la constitución de la ciencia, su función independiente de la carga teórica o en equilibrio con ella, y no supeditado a ella solamente en el papel verificacionista o falsacionista”	E	
			Desde las primeras etapas escolares los estudiantes deberían experimentar la ciencia	OD	

			de tal manera que les fomente y comprometa a la activa construcción de ideas, de explicaciones y que aumente sus oportunidades para desarrollar la capacidad de 'hacer' ciencia, 'Sobre una realidad científica	C	
	2020		-Estudios analizados son heterogéneos en cuanto a marco teórico o metodología por lo que se justifica la ausencia de una nomenclatura en común.	O	Review de secuencias didácticas
			Necesidad de mayor rigor en la planificación y estructuración de la secuencia didáctica.	E	
	2020		-El enfoque de aprendizaje en redes, participativo y colaborativo, que involucre al personal docente de enseñanza secundaria y la Universidad, es un proceso valioso que permitió adecuar el diseño de una herramienta experimental aplicada al estudio de la Microbiología.	OD	Recurso didáctico
			A docentes les brindó la oportunidad de vincularse con una institución de investigación	O	

			que les proporcionó una actualización en la disciplina y herramientas para orientar la indagación escolar, lo que favoreció transformar el modelo didáctico	OD	
			e incursionar en un enfoque socio-crítico, con la adopción de variadas estrategias de enseñanza y de aprendizaje, así como propender al desarrollo de competencias genéricas y científica, en las que el estudiantado fue protagonista.	E	
	2021		-Pobre conocimiento de los niños sobre los microorganismos,	O	Ideas previas
			Considerados como causante de enfermedades	O	
			Trabajo aporta información sobre origen de perspectiva negativas (familia, TV, médico)	O	
			Los libros proporcionan una perspectiva equilibrada	O	
	2021		-El desarrollo del módulo les permitió a los estudiantes	E	(caracterización m.o para) desarrollo de un modelo

			conocer que los microorganismos son hongos y bacterias, también se aclaró procesos de reproducción asexual y sexual, así como las condiciones necesarias para su reproducción.	C	
			Se mostraron las utilidades de las bacterias en el crecimiento de las plantas en específico de la quinua.	O	
			Los estudiantes también aprendieron por observación directa que las bacterias no solo crecen en medio ambiente en los desperdicios y en la tierra, sino también pueden crecer en medios de cultivo.	C	
			Los estudiantes reconocen que hay microorganismos beneficiosos	C	
			Se considera necesario continuar con temas relacionados a la enseñanza de la microbiología desde los escenarios de educación primaria, dado que acerca a los estudiantes al conocimiento de la biotecnología y sus implicaciones en aspectos como fabricación de alimentos, medicamentos y mejoramiento de especies vegetales.	OD	

			Los estudiantes tienen la posibilidad de conocer la forma de trabajo de los microbiólogos aspecto importante para promover actitudes positivas en el desarrollo de carreras científicas	O	
Célula Eucarionte: Aprendizaje sobre la Célula Vegetal	2002		-Se observó que ciertos modelos lograron permanecer en el tiempo presentando variantes pero conservando siempre su esencia explicativa. Tal es el caso del modelo analógico planta-animal. El modelo del humus fue reemplazado progresivamente por el de la nutrición mineral	C	Modelo de procesos
			pero en esencia, se seguía conservando la idea de que las plantas toman su alimento de algo exterior a ellas y palpable a nuestros sentidos, la tierra	E	
			Didáctica de la FS vista desde la multidisciplinariedad y secuencias ascendentes de abstracción.	OD	
			Los trabajos sobre la combustión permitieron agregar nuevas luces sobre la comprensión de este fenómeno. Luego, con la aparición de la química de Lavoisier, la apertura al modelo de síntesis de los materiales como proceso de la	E	

			nutrición vegetal y la importancia de los gases del aire en este proceso comenzaron a abrirse paso		
			Reflexionar acerca de maduración de estudiantes y estrategias didácticas que sean acordes	OD	
	2006		-Serias dificultades en la construcción de los conceptos de respiración y fotosíntesis.	OA	Conceptualización
			Conceptos complejos difíciles de enseñar y aprender.	OA	
			Argentina, Brasil, España, Estados Unidos, Francia, Israel, Nueva Zelanda, Portugal, Reino Unido y Turquía han mostrado la universalidad de las concepciones alternativas, así como la permanencia de las mismas a lo largo de todo el período de escolarización. Las concepciones aparecen en la escuela primaria y	E	

			en muchos casos se extienden hasta la universidad.		
			Errores aumentan a nivel que se avanza de curso o se sustituyen por nuevas concepciones, que son nuevos obstáculos de aprendizaje	OA	
			F.S y respiración se enseñan juntas, se comparan a nivel de reacciones químicas y el intercambio gaseoso.	OA	
			Los estudiantes conceptualizan la respiración como intercambio gaseoso y la F.S como respiración inversa.	C	
			muchos autores (Smith y Anderson 1984; Cañal 1990) mencionan al profesorado como una posible causa de los errores conceptuales que presentan los estudiantes	OA	
			Es necesario analizar las concepciones que presenta el profesorado activo	OD	
			La unidad didáctica de nutrición en las plantas debe ser reformulado en cuanto a selección, jerarquización	E	

			Se requiere modificar el marco curricular, el material empleado en el desarrollo curricular, formación docente y profundizar en las concepciones de los estudiantes.	OD	
	2010		-Las relaciones que se establecen entre los contenidos teóricos de la guía	E	Conceptos y sus relaciones
			requiere que los estudiantes se hayan apropiado anticipadamente de conceptos relacionados con la F.S y la estructura de la célula vegetal.	C	
	2011		-La actividad investigativa, en la cual también fue utilizado un texto y una figura de fotosíntesis, proporcionó la reorganización en la estructura cognoscitiva del alumno en cuanto a la relación establecida entre cadena alimentaria, microorganismos y plantas.	E	Conceptos y sus relaciones
			La actividad de investigación favoreció la construcción de algunos significados coherentes con el conocimiento científico	C	
			fue posible percibir que la lectura de texto e imagen, las cuales fueron utilizadas en la actividad de investigación, puede favorecer la	OA	

			construcción de significados erróneos por los estudiantes.		
			Diferenciación que algunos significados presentaron en el transcurso de ambas actividades,	E	
			además de señalar la posible organización jerárquica que los significados de fotosíntesis adquirieron en la estructura cognoscitiva del alumno.	C	
	2016		-La comprensión de un concepto depende de la apropiación del mismo para aplicarlo en otro contexto, por lo tanto, el cambio conceptual está determinado por el grado de estabilidad de sus concepciones y los factores socioculturales,	C	Evolución conceptual
			puesto que las creencias con las que llegan al aula de ciencias obstaculizan la comprensión sobre la relación entre fotosíntesis y respiración, o contribuyen a la coexistencia de dos concepciones: cultural y científica.	OA	

			Las actitudes hacia la ciencia dependen de las actitudes hacia el aprendizaje.	O	
			El lenguaje científico permite incorporar nuevos conceptos a las explicaciones de los estudiantes, siempre y cuando estos sean comprensibles, traducidos en explicaciones descriptivas.	OD	
			El aprendizaje procedimental fue progresivo.	O	
			Los estudiantes llegan con baja experiencia en este tipo de estrategia; en consecuencia, presentan menor nivel de abertura y, por ende, dependencia del profesor	C	
			Se establece entonces que el aprendizaje de los procedimientos está sujeto a la dinámica y el protagonismo de sus actores y al nivel de dificultad del problema, y la evolución del aprendizaje procedimental está determinada por el nivel de dificultad del problema experimental.	E	

			La estrategia de enseñanza y aprendizaje diseñada promueve actitudes positivas de aprendizaje hacia la biología y hacia la ciencia	C	
	2021		-Realizar una mayor cantidad de test gráficos y experimentos mentales en estos procesos de enseñanza, en donde los individuos puedan poner a prueba como se ha transformado su entendimiento de los procesos.	OD	Modelo de proceso
			estos deben ser aplicados a situaciones cotidianas o cercanas al aula, para establecer un puente de relación entre la teoría con lo real contextual del sujeto, modelando su pensamiento, con ello se puede desarrollar una mayor pertenencia no solo del conocimiento sino también que es una herramienta implícita para ligar atributos relacionados al proceso, como la afectación del ambiente, la relación de los vegetales, animales y vegetales, el descubrimiento de especies de importancia, entre otras	OD	

			Articular la enseñanza con la vida diaria, por medio de la didáctica y los modelos explicativos, que más que una herramienta, es la manera en que los docentes podemos redefinir las metodologías de la enseñanza y el análisis del aprendizaje, tan necesarios en la actualidad	OD	
	2021		-El laboratorio vivo permite la construcción de conceptos asociados al proceso fotosintético: fototropismo y nutrición del suelo, definiciones clave para comprender los mecanismos de desarrollo óptimo de las plantas, su crecimiento y su supervivencia en el planeta.	E	Conceptos y sus relaciones desde un modelo de proceso
			Los estudiantes mostraron indicios de un aprendizaje significativo crítico a partir de su experiencia adquiriendo una mayor conciencia de las necesidades de protección, dedicación y cuidado de las plantas; y reconociendo el rol de los humanos en el mantenimiento y conservación de las mismas a través de la responsabilidad	C	

			individual y colectiva que conlleva cuidarlas y protegerlas		
Célula Eucarionte: Célula Animal: División celular	2016		-Hubo un incremento en el nivel de interés de los estudiantes	C	Modelo de proceso
	2019		-Después de todo el análisis de la cantidad y calidad de las respuestas de los dos instrumentos, se concluye que los estudiantes aprenden a reproducir lo que está en el libro, pero tienen niveles insatisfactorios para correlacionar temas interconectados, no relacionados con aspectos de la vida cotidiana u otras materias y/o asignaturas. De esta forma, el aprendizaje no se incrementa, se fragmenta de manera impactante para los procesos cognitivos.	OD	Conceptualización

			-La fijación de contenidos debe ser reforzada por la búsqueda de articulación con otras disciplinas, el reforzamiento de los aspectos cuantitativos y por el desarrollo de herramientas pedagógicas que faciliten la comprensión de los procesos involucrados en la meiosis.	OD	
	2021		-Predominan preguntas de baja demanda cognitiva, tendencia en aumento.	E	Demanda cognitiva
			Situación similar de la prueba PISA.	E	
			Parece, por tanto, que la demanda cognitiva de las preguntas ha disminuido con los cambios legislativos, posiblemente para facilitar su corrección, lo que podría repercutir en una mejor calificación en los exámenes de Biología de la EvAU	E	
			Asimismo, la presencia de preguntas con errores y la ausencia de imágenes reales podrían estar dificultando el proceso de enseñanza-aprendizaje de la división celular	OA	

		El conocimiento preuniversitario sobre división celular se está evaluando, sobre todo, con preguntas de relato y de producto; repitiéndose algunas de ellas con relativa frecuencia en los exámenes EvAU. Se ha observado una tendencia a aumentar las preguntas de producto hasta 2016, donde su frecuencia se iguala a las de proceso. Además de predominar las preguntas sobre mitosis de células animales, en estas pruebas se da excesivo protagonismo al material genético y a etapas como la anafase, en detrimento de otras estructuras y momentos del proceso igualmente esenciales, como el huso mitótico o la prometafase (Esquivel-Martín et al. 2021).	E	
	2021	-El concepto de ciclo celular es presentado de forma simplificada en 2 textos.	E	Modelo de proceso
		Antes de 1986, la visión descontextualizada del ciclo celular favoreció que este proceso se entendiera como algo permanente de la célula.	OA	

	2021		-El aprendizaje virtual permite una gran interactividad entre pares y docentes, promoviendo la motivación y la mejora del conocimiento en un entorno flexible.	OD	Recurso didáctico
			Se evidenció la eficacia del uso de animaciones para potenciar el aprendizaje significativo de temas abstractos, como lo es la mitosis. El éxito también dependerá del contexto formativo en el que se utilizan y la forma en la que el docente orienta su uso.	OD	
			Por último, se observó que los estudiantes fueron participantes activos durante la práctica pedagógica. Los mismos, durante las entrevistas focales realizadas, dieron una valoración positiva sobre la utilización de animaciones durante la clase	C	
Célula Eucarionte: Síntesis proteica	2005		-La posibilidad de trabajar con analogías es amplia.	O	Uso de analogías (Modelo analógico)
			Debe ser presentada en una forma sistemática y con límites bien definidos	OD	

			ya que han podido identificar fallas en los límites de aquellas y no en la analogía en sí, que es usada por el docente	OA	
			La analogía debe poseer estructura similar a lo que se está enseñando y contar con un número similar de elementos.	OD	
			La analogía es una valiosa herramienta didáctica, muchas veces utilizada en forma intuitiva	E	
			pero es necesaria elaborar con cuidado para que cumpla con los objetivos deseados	OD	
	2013		-El uso del MDA favoreció la participación de todos los estudiantes.	E	Modelo didáctico analógico
			-Promovió la metacognición, siendo los estudiantes más conscientes de las actividades realizadas para aprender, y el conocimiento del proceso de aprendizaje propio.	C	
			El estudiante como sujeto agente y no objeto del proceso de enseñanza-aprendizaje	O	
			Adquisición de autonomía en el aprendizaje	C	

			La reflexión ayuda a aprender	OD	
			Se evidenció aprendizaje significativo, al cumplirse con los principios y características que este aprendizaje posee.	E	
			La capacidad de modelizar de los estudiantes no está, necesariamente asociada a la profundidad o extensión de los conocimientos a nivel molecular	C	
	2020		-No todos los libros incorporan los mismos conceptos ni en la misma secuencia.	E	Modelización /evolución conceptual
			La construcción de un modelo se forma por la aglutinación de nuevos conceptos, pero con una base sólida que permite la incorporación de nuevos contenidos sobre los ya existentes.	C	
			Los textos de secundaria muestran una evolución progresiva del concepto de proteína en la que se van incorporando conceptos más complejos.	E	

			Los libros de texto no se muestran de manera explícita las relaciones entre los aminoácidos que se digieren, la célula y las nuevas proteínas.	E	
			Esto quiere decir que no queda claro que los aminoácidos incorporados a través de la dieta (y que son los que se utilizan en la traducción) son los que forman parte de las proteínas que se sintetizan.	OA	
			En el caso de un enfoque didáctico basado en el uso de libros de texto, la cantidad de contenidos y la secuencia planteada para trabajarlos dependerá del libro concreto que se esté utilizando en un curso determinado, ya que los contenidos no son equivalentes.	E	
			Perspectiva antropocéntrica.	OA	
			La explicación de estos conceptos debe utilizar referentes cercanos a los estudiantes	OD	
	2020		-Este método, facilitó el desarrollo en los estudiantes de competencias como: el uso	C	Secuencia didáctica

			adecuado del conocimiento científico, indagación y explicación de fenómenos.		
			Estudiantes con motivación e interés.	O	
			Desarrolló el trabajo colaborativo, la creatividad	O	
			Favorece el desarrollo de habilidades científicas.	O	
Célula Eucarionte: Genética	2000		mejorar el desarrollo de procesos cognitivos poniendo mayor énfasis en la resolución de problemas de genética de tipo efecto-causa (frente a los de tipo causa-efecto) para favorecer el desarrollo de destrezas cognitivas de alto nivel. 1) Favoreciendo la explicitación, por parte del alumno, de la topología del sistema (objetos, estados y procesos) para evitar en lo posible errores de etiquetado. 2) Facilitando el proceso de proyección al aportar esquemas específicos claros que puedan servir de plantillas. 3) Cuestionando la robustez de los modelos generados por los alumnos para provocar la reflexión y facilitar la selección y adopción	OD	Evolución de modelos mentales

			de modelos científicamente válidos. 4) Finalmente, proporcionando al alumno relaciones limitantes o definitorias de un determinado esquema para incitarle a postular factores causales adicionales y a explorar las implicaciones de cambios en la topología del sistema.		
	2000		-El programa permite a los estudiantes iniciarse en el método científico y comprender conceptos elementales de genética.	O	Conceptualización
			El computador y el uso de programa favorecen un rápido aprendizaje	O	
	2002		-La propuesta debe ser aplicada de forma gradual. -Este carácter progresivo favorecerá el entrenamiento de profesor y estudiantes, proporcionando mayor seguridad y confianza, permitirá profundizar en los procesos de cambio y generará competencias para llevar a cabo una gestión del aula que responda a nuevos planteamientos educativos (trabajo en grupo, mayor	OD	Secuencia didáctica

			participación de los estudiantes en la enseñanza)		
			La necesidad de prestar una mayor atención educativa a la formación	OD	
			que apunten hacia la calidad de los aprendizajes más que a su cantidad, y que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de niveles obligatorios de enseñanza.	OD	
			Seleccionar los contenidos de enseñanza de manera más crítica y fundamentada, con criterios	OD	
			-proporcionar a los estudiantes oportunidades de aprender significativamente,	OD	
	2005		-Nuestra idea principal al proponer este estudio fue contribuir a la labor docente. en el sentido de que los docentes ejercen una mirada crítica en relación al libro de texto para percibir la representación de diferentes discursos que ciertamente	OA	Recurso didáctico

			condicionan (intencionalmente) la inserción de contenidos y la adopción de ciertos enfoques.		
			Además, percibir las diferentes imágenes de autores y estudiantes que impregnan el texto y que se asocian más a menudo con la persuasión del profesor responsable de elegir las colecciones didácticas.	E	
			Estos aspectos contribuyen a la reflexión de que el libro es un texto que transmite intereses e ideologías y, en última instancia, para la deconstrucción del uso mecánico del libro de texto por el profesor en el aula.	C	
	2006		-Los textos requieren de una reformulación.	OD	Recurso didáctico
			Ampliar temas como células tronco, proyecto genoma, paternidad por ADN	OD	
			Es notable observar que, en lo que se refiere al ADN, hoy en día las nuevas tecnologías ya marcan definitivamente nuevas relaciones en biología.	O	
			Podemos ver que el estudio evolutivo se realiza con la presencia de marcadores de ADN	E	

			y se identifican nuevas especies, reformulando conceptos y clasificaciones en Botánica y Zoología, incluida la Sistemática		
	2006		Dificultades presentadas por los estudiantes: -La imagen de una célula procariota vacía. La fotografía con la que trabajamos es la de una célula de una bacteria fotosintetizadores, con complejos repliegues de membrana conteniendo pigmentos fotosintéticos. Así, esta imagen dista mucho de la tradicional célula vacía.	OA	Secuencia didáctica
			-En el material didáctico, la presencia de núcleos no esféricos y desplazados del centro de la célula (lo que es habitual en una célula vegetal con una gran vacuola central) hace cuestionar la visión de célula como huevo frito.	OA	
			-La discriminación de escalas y tamaños relativos de los organoides	OA	

	2006		-La MRPI (Metodología de Resolución de Problemas de Investigación) es una buena estrategia para cambiar las actitudes relacionadas con las ciencias.	OD	Actitudes frente a la ciencia
			-Los estudiantes que han trabajado con esta metodología en el aula modifican sus actitudes hacia otras más críticas y favorables respecto al progreso científico, más acordes con las características de la actividad científica, y más motivadoras hacia su estudio.	OD	
			-No se manifiestan cambios en el grupo control	O	
	2008		-La transgénesis se diferencia de otros tipos de manipulación genética en que traspasa límites taxonómicos, pudiendo aplicarse con organismos filogenéticamente alejados.	E	Modelo de proceso
			-La prohibición genérica de los OMG es arbitraria porque la mayoría de los alimentos que ha consumido la humanidad durante siglos han sido modificados genéticamente por mutación accidental, cruzamiento o	O	

			selección sin más consecuencias que su contribución al bienestar y humano y de nuestro propio mantenimiento		
	2009		Estudiantes presentan un conocimiento fragmentario, incompleto e inconsistente en la conceptualización de gen, con frecuencia confunden un concepto con otro.	OA	Ideas previas
			- no relacionan a los cromosomas con la información genética ya que consideran que algunos organismos pueden tener cromosomas sin tener información genética desconociendo, además, que ésta se encuentra en todos los seres vivos.	OA	
			-escasa comprensión de la mitosis y meiosis.	OA	
			cromosomas. Otras dificultades se observaron en la comprensión y la finalidad de la mitosis y la meiosis	OA	

	2009		-Este estudio permitió considerar que hay un número incipiente de investigaciones dirigidas a la enseñanza de la Genética y Biología Molecular, en relación a la Enseñanza Media en la Escuela Básica Brasileña.	O	Recurso didáctico
			-Se observó que se está incorporando la biología molecular en la práctica docente en enseñanza media. Es posible que con el tiempo se incorpore al curriculum de ciencias.	E	
			-Es necesario llevar a cabo más investigaciones sobre genética y biología molecular en la enseñanza media.	OD	
			-Es relevante poner a disponibilidad de la comunidad la lectura y el posicionamiento crítico de estas investigaciones así como diversas reflexiones para el enriquecimiento sustancial de la enseñanza-aprendizaje.	OD	
	2010		-La Webquest presentó actividades atractivas para los estudiantes (lectura, experimentación y elaboración de origami del ADN.	O	Recurso didáctico

			-durante el montaje del origami, alumnos hicieron asociaciones entre el contenido presentado en las actividades de la Webquest y contenidos presentados.	C	
			-La participación voluntaria demostró ser una excelente opción para este trabajo, ya que cumplía dos propósitos: no interferir en la horario escolar y planificación y detectar el nivel de curiosidad de las clases en relación con el trabajo propuesto	O	
			-dificultades presentadas fueron sobre administración de red, mantener los enlaces y página no disponible en algunos momentos.	OA	
	2011		-La producción de un modelo dinámico e interactivo de ácidos nucleicos, a partir de material de bajo coste y de fácil manipulación, se presenta como un recurso de fácil construcción y de simple aplicación y uso en contextos de enseñanza.	C	Elaboración de modelos explicativos
			-gran potencial para la enseñanza de tópicos como: la replicación semiconservadora de la molécula de ADN, transcripción,	E	

			recombinación genética y terapia genética, entre otros		
			-Mayor interacción, participación y entusiasmo de los estudiantes con relación a los modelos de los ácidos nucleicos ADN y ARN. Por lo tanto, eso indica el aumento de motivación y de interés por el tema	O	
	2012		-Las actividades didácticas son la clave del uso educativo.	O	Recursos didácticos
			-proponer actividades de práctica o evaluación es crucial para dotar al recurso TAC de valor didáctico, y para fomentar su uso por parte del profesorado.	OD	
			-considerar las posibilidades y requerimientos de los diferentes lenguajes web.	OD	
			-La participación de los usuarios puede ser una herramienta importante en el enfoque constructivista del aprendizaje.	OD	
			-La colaboración como vía de calidad en la creación de recursos TAC. intentar que los proyectos, además de interdisciplinarios, sean interprofesionales, buscando	OD	

			aliados en profesionales que actúen desde otros ámbitos en el campo de estudio sobre el que deseamos crear el recurso.		
			-estandarización de los formatos de las TAC.	OD	
			-Es necesaria una formación del profesorado sobre cómo usar los recursos en el aula, ya que a menudo las TAC son practicadas como un añadido, en lugar de una oportunidad para cambiar la dinámica de aula.	OD	
	2013		Mapas conceptuales sirven para obtener información acerca de la jerarquización conceptual que el estudiante presenta en su mente.	C	Conceptos y sus relaciones
			Los mapas conceptuales de los estudiantes 1, 4 y 5 muestran deficiencias persistentes en la relación ADN-ARN-proteínas.	C	
			Los links de GenBank representan una oportunidad de exploración e integración de conceptos.	OD	
			Se requiere nuevas herramientas didácticas diversificadas, principalmente aquellas amparadas en la informática.	OD	

	2013		-Se puede asegurar que el abordaje de forma relacional nada se ha agregado a la historia de la doble hélice en los libros, en términos de elementos historias constituyentes. Solo se agregó una forma de usar y organizar dichos elementos.	E	Review recurso didáctico
			-Este modo está justificado (aunque, con tal justificación, ni siquiera se pretende sugerir que esta manera es superior a otras) desde un punto de vista filosófico, desde un punto de vista histórico y, fin, desde el punto de vista de constituir una concepción de la ciencia.	E	
			-Lo que se observa es que estas propuestas ya traen su potencial; se encuentran presentes en las oraciones que componen los textos de los manuales,	E	
			sin embargo, podrían ser elaborado, discutido, reflejado en un proceso de diálogo entre el autor -con su planificar y desarrollar secuencias de aprendizaje inherentes a los procedimientos didácticos – y el	OD	

			investigador – con sus habilidades teórico-interpretativas.		
			-una concepción de la ciencia basada en un enfoque relacional, aunque puede considerarse una reivindicación filosófico-historiográfica, ya tiene condiciones de viabilidad en los libros de texto, ya que, están los elementos históricos indispensables para la presentación de una historia de problemas	E	
	2013		-Después de usar el modelo didáctico mostró que la misma pudo haber sido eficiente en lo que respecta a los grupos relacionados con las estructuras cromosómicas, genotipo y fenotipo y cariotipo, lo que confirma que el uso de modelos y prácticas educativas diferenciales son herramientas importantes para la consolidación del aprendizaje.	OD	Modelos explicativos

	2013		- antes o después de la educación formal, estudiantes mantienen ideas previas acerca de conceptos de genética.	C	Ideas/concepciones previas
			-los significados transmitidos por las películas se centran en la secuencia de nucleótidos, una secuencia de letras, sin relacionarlo con genes o cromosomas. Podría relacionarse con la visión que tienen los estudiantes del ADN como un código de barras.	OA	
			-localización de ADN en pelo o gota de sangre, podría formar en los estudiantes, ideas acerca de que los organismos inferiores carecen de ADN. En la subcategoría “Función” se difunde la idea de que el material genético “sirve para” fabricar o producir nuevos individuos con determinados caracteres. Es decir, los significados transmitidos por las películas con respecto al material genético: i) fomentan la idea de que el DNA es algo abiótico; ii) no relacionan el DNA con genes y/o cromosomas; iii) no	OA	

			aclaran la localización exacta del DNA		
	2013		1. Las concepciones del alumnado sobre la naturaleza del material hereditario detectadas en el Pre test coinciden en gran medida con las halladas por otros investigadores.	C	Secuencias didácticas
			2. Las ideas del alumnado de los grupos Experimentales se han podido modificar en gran medida tras recibir la instrucción.	C	
			Esto no está en contradicción con el hecho de que el modelo de enseñanza tradicional también ha sido eficaz en la transformación de algunas ideas del alumnado.	E	
			3. El conocimiento de la naturaleza, localización y mecanismos de transmisión de la información hereditaria en los grupos que recibieron nuestra propuesta didáctica, es más profundo	O	

			4. El modelo innovador de enseñanza de la genética al que se ha sometido el grupo experimental ha permitido que las concepciones del alumnado sobre la naturaleza del material hereditario, su localización y estructura se modifiquen y se orienten hacia una mayor corrección científica, verificando así nuestra primera hipótesis.	C	
			5. Las agrupaciones Experimentales alcanzan valores más elevados del índice de mejora, confirmando así nuestra segunda hipótesis	O	
	2014		-Se evidencia la invasión del conocimiento científico en el saber popular.	E	Representaciones sociales
			-“Mutación” significa monstruosidad, deformidad o anormalidad, para los profesores en Biología resulta difícil provocar un cambio representacional que tienda hacia que cada estudiante se asuma como producto de una inconmensurable cantidad de estos cambios genéticos causados por una gran variedad de factores.	C	

			-Para los estudiantes un “Clon” es una copia exacta del individuo que lo origina, dicha creencia puede transformarse en un obstáculo para el aprendizaje de la Genética escolar. En primer lugar, porque dicha creencia está relacionada con la opinión general de que un clon “nace” o “aparece a la vida” de la misma edad y con las mismas características de su progenitor. En segundo lugar, porque desecha radicalmente la influencia del ambiente en la conformación de características propias del clon	OA	
			-La dimensión cultural debe ser considerada en toda intervención educativa, asumiendo que las personas no son totalmente idiosincráticas en el momento de construir su conocimiento, sino que en su bagaje intelectual es posible detectar ideas regulares y convencionales que configuran sus RS.	OD	

			-Importante dar el espacio para que los estudiantes compartan sus RS. Una intervención educativa debe favorecer la integración y la diferenciación de ambas representaciones, significando cada una en el contexto de acción.	OD	
	2014		-es natural que el profesor adopte estrategias de la enseñanza con el fin de facilitar el aprendizaje del alumno, sin embargo, muchos de ellos, con analogías, metáforas, imágenes, modelos y entre otras propuestas pedagógicas deben ser fuentes de reflexión sobre sus implicaciones.	OD	Conceptualización a partir de un modelo de proceso
			-Realizar una investigación previa acerca de los conocimientos que poseen los estudiantes con respecto al tema o a los elementos a abordar.	OD	
			-La experimentación es importante para el aprendizaje de la biología, pero se debe cuidar que la “magia” de la experimentación lleve a los estudiantes a concepciones distorsionadas acerca de lo que se está experimentando.	OD	

	2014		-Se sugiere articular la experimentación con la fundamentación teórica y epistemológica de los conocimientos a ser explicados.	OD	Recurso didáctico
			-los textos dedican pocas páginas a los OMG y sus implicancias.	OA	
			-sólo 3 de los 9 textos presenta un concepto de OMG científicamente correcto	OA	
			-pocas relaciones establecidas entre OGM y cotidianeidad de los estudiantes.	OA	
			-OGM vegetales, no se habla de aquellos que son de tercera generación.	OA	
			-actividades repetitivas y de refuerzo.	OA	
			-sólo 2 manuales hacen alusión a la responsabilidad de la sociedad de ser más activa en monitorear los riesgos e los OGM.	O	
	2015		-Biotecnética estimuló la interacción entre los participantes, demostrado por el intenso intercambio de información entre el grupo. Estamos aprendiendo a la vez de desarrollar relaciones sociales.	C	Recurso didáctico

			-el juego fue un mediador en el aprendizaje de genética.	OD	
			-el juego estimula a los estudiantes a estudiar el contenido previamente.	OD	
			-el mayor aporte del juego es mostrar la gran cantidad de relaciones establecidas entre las cartas.	OD	
	2015		-gran parte de los alumnos realizan los ejercicios de genética de una forma mecánica y algorítmica pero sin comprender significativamente un modo cualitativo/abstracto la herencia de caracteres.	OA	Enseñanza de un modelo
			-Se revelan carencias muy rotundas en todos los indicadores de comprensión del modelo de herencia mendeliano, confirmando la hipótesis que ha vertebrado este trabajo así como la relevancia didáctica potencial del cambio propuesto basado en la planificación de la enseñanza del tema desde el modelo de investigación guiada.	C	
			-Existe un gran margen de mejora (mucho por hacer para mejorar el	O	

			proceso de enseñanza-aprendizaje)		
			-no hemos desarrollado con detalle los obstáculos y/o razonamientos erróneos más frecuentes en nuestros alumnos. Este conocimiento es imprescindible para concretar la enseñanza en una estructura problematizada. este estudio puede utilizarse en cursos de formación de profesores de Biología (inicial y en activo), para que tomen conciencia de las carencias de la enseñanza habitual y aprecien modelos de enseñanza alternativos que mejoren la alfabetización científica de nuestros alumnos.	OD	
	2015		Un libro desarrolla un apartado para explicar la influencia del ambiente en la expresión de los genes, presentando dos ejemplos, mientras que el resto se limitan a presentar ejemplos, pero no se desarrollan.	E	Recurso didáctico
			-4 de los 5 libros definen la noción de fenotipo de acuerdo con la perspectiva actual de interacción	O	

			-Respecto a las actividades de los libros, identificamos ocho tareas sobre el modelo de expresión de los genes, pero sólo una de ellas requiere entender la influencia del ambiente en la expresión de los genes.	C	
			-Los resultados de una actividad sobre el aumento de estatura en las últimas generaciones, realizada con alumnado de secundaria dentro de una unidad sobre el modelo de expresión de los genes, muestran que aunque la estatura es un ejemplo familiar, que está presente en la mayoría de los textos, resulta difícil de entender por una proporción del alumnado. Un 17% de los estudiantes interpretaron el aumento de estatura como una prueba de la evolución, lo que ha llevado a la revisión de la actividad por parte de las investigadoras	C	

			-Dada la complejidad del modelo de expresión de los genes, consideramos necesario que los textos dediquen más espacio a explicar la influencia del ambiente mediante ejemplos concretos, e incorporen tareas que requieran que el alumnado movilice sus ideas acerca de la expresión de los genes.	OD	
			-El análisis del determinismo muestra que los libros de texto no abordan esta cuestión de manera explícita. Dos libros mencionan las “razas”, aunque sin relacionar éstas con el modelo de expresión de los genes.	OA	
			Podemos concluir que existe coherencia entre el currículo de ciencias de secundaria y los libros de texto en la ausencia de tratamiento del determinismo dentro de las implicaciones sociales de la genética.	E	
	2015		-Elaborar argumentos escritos es uno de los 4 factores para el desarrollo de habilidades argumentativas.	OD	Secuencia didáctica

			-Como herramienta de análisis, TAP nos resultó útil para identificar las respuestas de los estudiantes y observar de manera más crítica el contenido transmitido por los estudiantes en las respuestas analizadas. Del mismo modo que en el análisis de las respuestas en este trabajo, entendemos que dicho modelo analítico puede convertirse en una herramienta auxiliar para que el profesor corrija ejercicios	OD	
	2017		-Se logró evidenciar que la existencia de ideas previas que tienen los estudiantes acerca de genética es producto del lenguaje común no científico o datos,	C	Cambios conceptuales
			cuando se implementan talleres en el aula respecto a genética y problemas de la vida cotidiana, estos logran pasar de datos a conceptos ya que generan redes conceptuales en torno a cambios fenotípicos	OD	
			-es necesario el diseño e implementación de diferentes estrategias para el desarrollo de los contenidos en el aula de clase que son inherentes a la vida	OD	

			cotidiana del estudiantado, es por ello que a través de los talleres horizontales se pudo demostrar que a través de ellos, se logra generar cambios conceptuales en los estudiantes y la construcción de nuevos conceptos en el aula,		
	2017		- algunos como tienen que ver con: las causas que determinan los caracteres fenotípicos, los seres vivos que tienen o no estructuras relacionadas con la información genética, la localización de la información hereditaria, las diferencias entre los distintos tipos de división celular, las causas y consecuencias de las mutaciones)	O	Ideas previas
			-Estos puntos de vista podrían ser contruidos por influencias extraescolares (medios de comunicación, nociones intuitivas) y algunos conocimientos desarrollados en el ámbito educativo (la célula, por ejemplo).	C	
			Las principales implicaciones educativas nos llevan a enfocar el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Genética de manera que las	OD	

			actividades tengan en cuenta las ideas de los alumnos.		
			-Se ha podido comprobar cómo la mayoría de ideas identificadas antes de abordar, por primera vez, el estudio de Genética, se mantienen después de la enseñanza de estos contenidos	OA	
			- resultados muestran que aunque algunas de las ideas analizadas coinciden con las correctas, muchas de las identificadas en el pretest se alejan del pensamiento científico.	OA	
	2017		-La NOS presenta a la ciencia como una actividad humana que está permeada por factores sociales, políticos económicos y culturales.	E	Unidad didáctica
			-debate, fue posible alcanzar que los estudiantes de grado séptimo entendieran cómo se logró llegar al conocimiento del ADN, como una construcción cooperativa que se ve afectada por el contexto en el cual se desarrolla.	E	

			-Potenciar la habilidad cognitivo lingüísticas de describir.	OD	
			También fue un espacio donde los estudiantes hablaron de los reconocimientos y la injusticia e intereses personales en la ciencia, lo hicieron a partir de lo sucedido con Franklin.	E	
			-Mayor interés y curiosidad en los estudiantes.	E	
	2017		-Definiciones básicas: se aprecia tensión entre la genética clásica o molecular.	E	Secuencia didáctica
			-La investigación didáctica remarca la necesidad de no acudir a definiciones simple	OD	
			-Complejidad de los contenidos: Esta ausencia ha sido descrita, en la bibliografía didáctica, como una de las causas de la falta de comprensión del significado real de los resultados en la resolución de problemas. Todos los textos hacen referencia a proporciones o frecuencias pero no al sentido probabilístico de los resultados.	OA	

			-Resolución de problemas: necesidad de combinar problemas tipo causa-efecto y problemas efecto-causa además de instrucciones específicas en el trabajo con árboles genealógicos y pedigrís humanos.	OD	
			-La tendencia observada al cambio, siguiendo los consejos de la investigación didáctica, es muy leve en los textos analizados. Si bien la muestra analizada es reducida, apreciamos que la inercia editorial tiende a ser conservadora y no traslada fácilmente las recomendaciones derivadas de la investigación didáctica.	OA	
			-en su conjunto los cambios apreciados en los textos son mayoritariamente moderados; siendo evidente la tensión entre una presentación de contenidos mendeliana o clásica y una presentación de la nueva genética molecular.	E	

	2017		se observó que el uso de la pregunta como estrategia para el aprendizaje significativo en la enseñanza de la herencia biológica, fomentó a la discusión y al debate, aumentando la calidad del discurso y la participación en el aula.	OD	Unidad didáctica (resultados de su implementación)
			-Inicialmente los estudiantes poseían un escaso conocimiento respecto a conceptos básicos, como cromosomas, genes, alelos o mutaciones y no alcanzaban a comprender el significado de procesos importantes, como la meiosis, o los mecanismos que se llevan a cabo en la transmisión de los caracteres hereditarios. Pero estas concepciones pasaron de ser meras afirmaciones erróneas a un verdadero aprendizaje significativo, gracias al uso de preguntas que promovieron a la búsqueda de información, investigación, formulación de hipótesis y problematización	OD	

			-Se evidencia que las preguntas formuladas por los docentes en formación, contribuyeron a que los estudiantes expusieran sus conocimientos previos, a partir de las intervenciones didácticas. Por lo tanto, la pregunta docente-estudiante, en la enseñanza de la herencia biológica, abordó las perspectivas principales que se emplean en el aprendizaje significativo.	C	
	2017		Integrar las prácticas de modelización y de argumentación al aprendizaje de temas de salud relacionados con la genética implica utilizar un enfoque de enseñanza que prime los procesos de razonamiento frente a los resultados	OD	Modelización y argumentación
	2018		-Al analizar los libros de texto brasileños para verificar cuánto las características se mencionan las humanidades y si su enfoque proporciona o no al estudiante la comprensión de la complejidad de la expresión de sus características, los resultados aquí obtenidos demuestran que aún se dedica poca importancia a	OA	Recursos didácticos

			la enseñanza de la genética humana dentro de la enseñanza de genética.		
			-Por lo tanto, concluimos que los libros todavía necesitan asociar más ejemplos genéticos a la complejidad de la expresión génica y la influencia del medio ambiente, para evitar un determinista genético. Debemos prestar atención al hecho de que la mayoría de las características humanas no es de origen monogénico, es decir, no se determina por la acción de uno solo gen	OD	
			Presentar solo esta visión reduccionista de la genética en las escuelas evita que el estudiante tener una visión general de los conceptos genéticos, lo que dificulta la toma de decisiones individuales y colectivamente conscientemente	OA	

	2019		-útiles para determinar desde qué punto de partida se pueden abordar los temas conceptuales, en este caso referente al fenómeno de la herencia de caracteres.	OD	Concepciones o ideas previas
			-La categorización de las respuestas de los estudiantes, permite observar que puede haber asociaciones del estudiante con su contexto para explicar el fenómeno, o puede haber ideas alrededor del concepto pero sin comprender realmente su significado	OD	
			-Conocer el contexto del estudiante, como las ideas previas sobre un fenómeno, va a permitir al docente tener herramientas, sobre como comenzar a lograr la construcción del aprendizaje	OD	
			-También es necesario aproximar la cotidianidad del estudiante al fenómeno que se quiere explicar, para que el estudiante pueda crear relaciones con el fenómeno y a su vez su propia interpretación del mismo.	OD	

			-La pregunta ¿por qué te pareces a tus papás? es una herramienta útil para identificar las ideas previas de los estudiantes sobre la herencia de caracteres, como también la comprensión conceptual del mismo.	OD	
	2019		-El docente debe emplear diferentes metodologías y herramientas que orienten el conocimiento previo del estudiante, enriqueciéndolo con conceptos nuevos que están relacionados directamente con este, estos conceptos pueden abordarse desde la fisiología celular, división celular, características estructurales y funcionales del ADN.	OD	Ideas previas
			-Se puede afirmar que el uso de mapas conceptuales favorece la identificación de ideas previas de los estudiantes y también puede ser una estrategia de enseñanza y aprendizaje al permitir ampliar y profundizar sobre el concepto actualizado de ADN.	C	

			-las ideas previas que tienen los estudiantes a través de los mapas conceptuales presentan varias dificultades conceptuales.	C	
	2019		-El fundamento ontológico del cuerpo teórico que expone Mendel se basa en unidades denominadas elemento, término que acuña para explicar ese algo que se pasaba de generación en generación en la manifestación de un carácter.	E	(Profundización histórico y epistemológico) Concepciones y su enseñanza
			-El desarrollo de la teoría de la herencia como se ha mostrado en este documento, ha presentado cambios evidentes tanto en las formas de construcción de las explicaciones e interpretaciones, así como, en los conceptos que se exponen; cada intervención muestra la existencia de entidades abstractas o concretas que se definen a partir de su cuerpo teórico, estas corresponden a los elementos sobre los cuales se realizan las teorías o se formulan leyes	E	

			-Johannsen en 1909 presentó la palabra 'gen' como una versión corta adecuada de 'pangene', que había sido utilizada por De Vries, las partículas hereditarias existían dentro de una célula. La palabra gen, surgió como un concepto análogo para resumir lo que consideraba De Vries sobre los factores de Mendel.	E	
			-Los años siguientes, el área de la bioquímica será la encargada de precisar la naturaleza física del gen morganiano. Para Avery y sus colaboradores, el haber tenido la influencia de Dobszansky determinó que la biología y la química convergieran en la búsqueda de la composición de los genes, permitiendo afirmar que el soporte físico a los genes es el ADN es el que modifica a los organismos.	E	
	2020		-Se observó que los métodos estimularon el trabajo en equipo y permitió la difusión del conocimiento y la asimilación de contenidos.	C	Propuesta didáctica mediante modelo

			Además, podrían comprender la importancia de la contextualización para el aprendizaje de la Biología.	OD	
			el aprendizaje, es importante que el alumnado comprenda los procesos biológicos y no solamente reproduzcan los contenidos	C	
			-observó que las actividades ayudaron en el proceso de contextualización, en el que estudiantes vieron que los contenidos están directamente relacionados con la vida cotidiana y que son muy importantes para la comprensión de la vida.	E	
			-Finalmente, se enfatiza que el uso de metodologías y estrategias alternativas para la enseñanza de la Biología es de fundamental importancia, ya que proporcionan un aprendizaje significativo al mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.	OD	
	2020		Es necesario que los docentes utilicen estrategias didáctico-pedagógicas alternativas de acuerdo al contenido que imparten en un intento de que sea	OD	Recursos y estrategias didácticas

			más fácil y sencillo para los estudiantes su comprensión, no siendo necesario exclusivamente el uso de laboratorio para clases prácticas y experimentales para la enseñanza y aprendizaje de la genética		
	2020		-El organismo necesita ser estudiado en su totalidad, como un ente activo en la interacción con el ambiente, y no sólo como algo pasivo que sufre la acción de factores evolutivos y genético-moleculares. El organismo necesita recuperar su condición de objeto de estudio de la biología, tanto en el campo de la investigación científica como en el contexto de la enseñanza. Retomar el concepto de organismo permite situar o delimitar la biología como una ciencia autónoma, con objeto de estudio propio, trazando contornos en relación con otros dominios, como la química.	OD	Secuencia didáctica
			-dificultad en comprender la relación entre ADN, cromosoma y gen.	OA	

			-Se observaron algunas respuestas confusas e incoherentes.	OD	
			- para algunos alumnos, el origen de las dificultades en el aprendizaje de las Leyes de Mendel es la ausencia de recursos o materiales didácticos y creativos, que hagan las clases más interesantes y creativas. Por lo tanto, el uso de recursos didácticos interactivos, como videos y animaciones, es crucial en la enseñanza de la genética.	OD	
			- se encontró que los estudiantes tenían poco conocimiento previo sobre la estructura y función del material genético, divisiones celulares y nociones básicas de citología, además de tener conceptos erróneos sobre la relación entre fenotipo, genotipo, organismo y ambiente	OA	
			Se concluye que el ED presentado puede insertarse como una actividad diferenciada que ayude tanto al docente como al alumno, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la genética	OD	

	2020		-esta investigación verificó que la mayoría de los libros de texto analizados se acercan a la bibliografía de referencia al observar que el color de los ojos, el color de la piel y la estatura humana son características determinadas por varios genes	E	Secuencia didáctica
			-a mayoría de las ocurrencias de distancias se refieren a la categoría de contenido no actualizado, ya que es el uso del término "rasgo cuantitativo" y no "rasgo complejo". Sin embargo, en cuanto a la implicación, la mayoría de las ocurrencias de este tipo fueron consideradas como manteniendo la esencia del conocimiento, ya que, aun no utilizando el término más actualizado, trae información que ayuda a comprender la complejidad, como la acción de varios genes. y la influencia del medio ambiente.	E	
			Sin embargo, como este hecho no ocurre en todos los materiales analizados, parte de las ocurrencias fueron consideradas	OA	

			como obstáculos para la comprensión del saber central.		
			-hubo mayor detalle en el abordaje de las características analizadas y mayor preocupación con la mención de la influencia del medio ambiente en los materiales de Brasil.	E	
			-En esta investigación pretendemos contribuir a alertar que no todos los materiales analizados se preocupan por brindar a los jóvenes la posibilidad de comprender que las características fenotípicas humanas son complejas, y que los genes no son los únicos determinantes de la expresión fenotípica.	OD	
	2021		todo lo relacionado con los procesos fundamentales de la genética molecular y mendeliana son los más rechazados en su comprensión por este grupo de estudiantes.	OA	Ideas previas analogías

			dando como resultado 8 conceptos claves en esta investigación: ADN, ARN (mensajero, transferencia y ribosómico), gen, alelo y proteína, estos no solo se asocian a lo teórico, también se involucran con lo algorítmico, pero en el caso de este artículo sólo se vincula con lo teórico.	E	
			La diferencia entre el posttest y pretest en cuanto al promedio de acierto fue de +46,25% dando una notable ventaja en cuanto al análisis de la información una vez ha sido adquirida a partir de analogías.	O	
			-Todas las categorías e análisis tuvieron un aumento	O	
	2021		-Momento 1: formación de grupos, presentación del podcast y respuestas a dudas. -Momento 2: juego de roles en el que un grupo mencione las ventajas de la tecnología CRISPR y defienda su patente en cuanto a distintas temáticas abordadas en el video, mientras que el otro va a	OD	Secuencia didáctica

			destacar la contraparte de la patente. Al iniciar el debate se partirá de lo que propongan los estudiantes como ventaja y desventaja. En este punto el docente es únicamente un mediador entre los argumentos propuestos. Se tienen las siguientes preguntas como eje conductor del debate. • ¿Existe algún impacto negativo en que la tecnología CRISPR logre eliminar virus o enfermedades que hasta ahora no tenían cura, cómo el VIH? Si es así, ¿Cuál sería? • ¿Cuáles son las posibles consecuencias de que se implemente en humanos inmediatamente este tipo de tecnología? ¿Es necesario hacer una pausa antes de implementarlo? • ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la experimentación animal en esta patente, teniendo en cuenta que han permitido el desarrollo de este tipo de tecnologías? ¿Que podría suceder si la experimentación de		

			la tecnología fuera en humanos desde un principio? • Esta tecnología permite crear humanos con características que posiblemente prolonguen el promedio de vida ¿Cuál es el impacto de prolongar la vida de los seres humanos? • ¿Cuál es la importancia de que los científicos piensen en otros campos de la ciencia y evalúen el impacto social del conocimiento científico? -Momento 3: El docente cierra el juego de roles e interviene aclarando sobre cuestiones que generaron dificultad para entender algún tema, luego abre un espacio para que los estudiantes opten por una conclusión donde se hace énfasis en que es posible que ambos grupos puedan tener razón, porque la ciencia está mediada por los problemas que enfrenta una sociedad y el conocimiento científico no es ajeno a estos		
	2021		la actividad basada en un material filatélico temático tendría	OD	Recurso didáctico

			un potencial didáctico prometedor.		
			Es destacable que los estudiantes sometidos a la experiencia obtuvieron calificaciones altas (con únicamente 17,8% de media de preguntas no contestadas o erróneas). Aunque no de forma estadísticamente significativa, fueron las más altas en comparación con los estudiantes de cuatro cursos anteriores (incremento medio del 2,8%), cuyas características eran comparables.	O	
			-Además, a diferencia de la muestra control, los estudiantes objeto de estudio trabajaron el tema de forma completamente autónoma y usando un material innovador, cuyo uso en las aulas es aún muy limitado.	C	
	2021		-Los infográficos fueron estéticamente atractivos y claros en la transmisión del contenido .	E	Recurso didáctico

			-La tipografía debe usarse con guías y los subtítulos deben estar lo más cerca posible espacialmente de la ilustración y estar preparados con términos clave y concisos. No debe colocar elementos que distraigan, como imágenes y efectos decorativos, para llamar la atención de los alumnos. En la infografía, la información contenida en las etapas de traducción debe mostrarse en unidades secuenciales de forma progresiva, con subtítulos, en lugar de una unidad continua, ya que esta modalidad de presentación facilita la asimilación y el procesamiento cognitivo de palabras e imágenes por parte del aprendiz	OD	
			-El uso de la clase dialógica permitió que los estudiantes integraran y retuvieran los conceptos relacionados a procesos bioquímicos	OD	
			-Los elementos pictóricos deben ser de alta calidad y contextualizados.	OD	

			Pese al número creciente de investigaciones acerca el uso de infográficos, aún hay carencia de investigaciones acerca de su efectividad.	O	
			-Se concluye que la aplicabilidad de la infografía digital en la secuencia didáctica es una propuesta interesante y accesible que vislumbra el aprendizaje multimedia en el contexto de la Educación Básica.	OD	
Formación del profesorado	2001		-Los expertos utilizan representaciones explícitas e implícitas, con una movilidad entre las mismas (saltos de una a otra) que los alumnos pueden no percibir fácilmente. Además, y con fines didácticos, se utilizan simplificaciones de modelos complejos, que se alejan de éstos,.	E	Modelo de proceso de modelización (metamodelo)
			siendo esta diferencia clara para el experto y no evidente para el que aprende	OA	
			Los alumnos construyen su propio modelo de representación del fenómeno en cuestión	C	

			-La utilización de diferentes tipos de representación del conocimiento tiende a favorecer la visualización de conceptos abstractos. Estas representaciones, a menudo analógicas, pueden ser utilizadas de diversas formas en la clase, con variados niveles de efectividad en el aprendizaje.	OD	
			-Nuestra concepción de la didáctica de las ciencias naturales, en relación con el desarrollo de una ciencia escolar apunta al	C	
			diseño de interacciones sociales que faciliten tanto el alcance de nuevos aprendizajes significativos como la toma de conciencia sobre lo aprendido y las estrategias cognitivas empleadas	OD	
	2008		-Dificultad de representar los seres vivos de forma compleja.	OA	Representaciones de modelos mentales
			Se recomienda trabajar simultáneamente las representaciones de los modelos mentales de los estudiantes junto con su aplicación en las	OD	

			actividades propuestas en las unidades didácticas del programa.		
			-Plantear a los estudiantes situaciones que impliquen pensar en la evolución de los sistemas vivos en el tiempo.	OD	
	2009		-Los estudiantes presentan visiones parcializadas de los procesos bioquímicos y no logran integrar procesos moleculares a los fisiológicos.	OA	Obstáculos de aprendizaje en metabolismo de C.H.
			-La enseñanza de estos contenidos debe ser en un contexto sistémico	OD	
	2012		-En una perspectiva constructivista es básico indagar las ideas y trabajar sobre ellas.	OD	Conocimiento didáctico sobre a F.S.
			-Con respecto a lo que deben saber los estudiantes antes de la enseñanza de este concepto,	E	
			ambas profesoras coinciden en que es necesario además de contar con un buen conocimiento biológico, tener bases químicas y físicas.	OD	
			-Respecto al conocimiento acerca del contenido disciplinar, las dos profesoras tienen razones teleológicas respecto de la	OA	

			importancia de la fotosíntesis, ya que asumen causas finales, la primera para los demás organismos y la segunda para abastecer la economía		
			-Las profesoras tienen poco conocimiento de los hechos históricos que han acontecido en cuanto a las investigaciones relacionadas con el proceso	OA	
			-En la evaluación prevalece la memorización y el recuerdo de los conceptos, minoritariamente la aplicación, contextualización e interrelación con situaciones cotidianas.	C	
			-Uso de modelos o simulaciones que le exigen al estudiante hacer representaciones de conceptos abstractos con los que no tienen familiaridad. Por eso se debe usar un vocabulario acorde con el científico y unos modelos que se acerquen a lo que realmente ocurre en la naturaleza.	OD	
			-En cuanto al conocimiento experiencial de las profesoras, se puede decir que a las dos les falta conocer el proceso cognitivo que	OA	

			tienen los estudiantes en el proceso de aprendizaje		
			-la labor del profesor debe estar encaminada a trabajar en equipo para propender por la comprensión de conceptos y la mejora de la enseñanza.	OD	
	2013		-Las actividades propuestas lograron una mayor comprensión del contenido de genética.	E	Modelos didácticos
			-Los estudiantes propusieron otras actividades con los modelos.	C	
			-Se requiere modificar la secuencia didáctica para que los estudiantes logren una mayor comprensión de la variación genética en los gametos	E	
			-La actividad permite la reflexión sobre el origen de las dificultades en la comprensión de los procesos de combinación del material genético.	E	

	2014		-Conceptos inherentes al MFCCHet no han sido comprendidos por estos estudiantes, a pesar de que son generalmente enseñados desde la escuela secundaria, y que fueron particularmente intensificados en este curso universitario de biología.	OA	Errores de conceptualización (Conceptualización)

			-En el cuestionario, se encuentran 2 tipos de obstáculos epistemológicos: a) los de brecha, Consiste en la falta de construcción de modelos mentales que funcionen como estructuras de conocimiento previamente formadas, tales que resulten organizadoras de los nuevos contenidos que deben ser aprendidos. durante su búsqueda cognitivo-reflexiva el sujeto tomaría conciencia de que no ha construido un modelo mental funcional para encontrar una respuesta adecuada. Sin embargo, la actitud del sujeto podría ser diferente y responder mediante heurísticos, aunque este mecanismo generalmente conduce a errores. b) Los de puente, se origina en ideas cerradas y erróneas que funcionan como un modelo mental idiosincrásico –diferente del modelo mental del experto–, que da certezas a los sujetos sobre sus conocimientos acerca de un tema. Permite al sujeto contestar desde un modelo mental	OA	

			idiosincrásico funcional, pero, por este motivo, no se da cuenta de sus fallos en la construcción de un modelo mental experto adecuado.		
			-A partir de la gran cantidad de obstáculos epistemológicos detectados en este trabajo, cabe reflexionar sobre los criterios de selección de contenidos y sobre las metodologías de enseñanza aplicadas en los diferentes niveles educativos acerca del tema MHC.	OD	
			-Los estudiantes carecen de modelos mentales abarcadores que funcionen como conocimientos previos sobre los cuales engarzar comprensiva y sustentablemente los nuevos	OA	

			contenidos, por lo que no es recomendable un aprendizaje memorístico		
	2014		-muestran que el conocimiento fenoménico determina en gran medida las representaciones que los estudiantes construyen sobre los fenómenos de la respiración; en otras palabras, la experiencia de los estudiantes, sus modos de pensar, los lenguajes que emplean en nuestro caso sobre la respiración, se ubican de manera específica en la esfera óptica, distanciándose de explicaciones en los ámbitos celular y molecular, modelos explicativos alejados de la experiencia directa de ellos. 1. Asignar funciones purificadoras a la respiración y al oxígeno. 2. Considerar que el oxígeno es fuente de energía. 3. Desarticular la respiración de otros procesos celulares y del organismo.	C	Modelos explicativos/obstáculos de aprendizaje

			4. Considerar que la respiración es cuestión de naturaleza 5. Considerar la respiración como intercambio de gases. 6. Imposibilidad de distanciamiento del mundo de lo concreto. 7. Génesis del dióxido de carbono y del agua en el proceso de la respiración. 8. Uso de analogías en la explicación de la respiración.		
			-Se detectó que el determinismo biológico y los niveles de representación constituyen obstáculos de aprendizaje.	OA	
			-Uso de lenguajes cotidianos para referirse a procesos bioquímicos y dificultad en el uso del lenguaje especializado.	OA	
			-Para la enseñanza de las ciencias la descripción de los modelos explicativos de los estudiantes se constituye en un punto de partida para pensar y planear la enseñanza.	OD	

	2015		El desarrollo del CDC de los docentes universitarios en un contexto de enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos se perfila como una estrategia posible para reorientar la enseñanza del tema mitosis	OD	Representaciones del contenido (CDC)
			hacia modalidades basadas en la construcción de andamiajes que faciliten el aprendizaje de los estudiantes	C	
	2017		-La mayoría de los modelos mentales explicativos de los casos en estudio sobre fotosíntesis, están anclados a la fase dependiente de la luz y a la circulación de nutrientes en las plantas verdes.	C	Modelos mentales
			-Hay confusiones en las propiedades asignadas a algunas entidades y no se evidencia el nivel deseable como modelo escolar de referencia para la enseñanza del concepto fotosíntesis.	OA	
			-Concepto abstracto difícil de enseñar y aprender.	OA	

			-Docentes formados en el área de ciencias naturales, al explicar la fotosíntesis, no establecen en profundidad los cambios químicos que suceden en las reacciones propias de la fase dependiente de la luz.	OA	
			-Los modelos mentales explicativos, distan de las conceptualizaciones de los maestros para modelar el concepto de forma adecuada.	OA	
	2017		-Se pudo notar que los profesores utilizan tanto la cartilla como el kit microbiológico en sus escuelas.	O	Material didáctico
			-Se concluye que la enseñanza de la microbiología experimental en el contexto de la educación continua, además de ser un recurso didáctico importante, puede colaborar en la superación de obstáculos inherentes al proceso mismo de construcción del conocimiento de esta disciplina y así cualificar la enseñanza de los microorganismos en aspectos básicos. educación.	OD	

			-La formación continua es el medio propicio para que las metodologías de enseñanza sean aplicadas por los docentes.	OD	
	2017		-Se pudo establecer lo que propone la Teoría de los Campos Conceptuales, donde hay un orden en los procesos cognitivos: identificación de situaciones, conceptos, proposiciones, representaciones y reglas de acción donde el sujeto participó de forma activa, movilizando los fundamentos de sus esquemas para potenciar los procesos de conceptualización y alcanzar la evolución cognitiva y el desarrollo de competencias en Ciencias Naturales.	C	Invariantes operatorios

			En relación a la propuesta de enseñanza, los estudiantes lograron elaborar vínculos entre conceptos, establecer jerarquías, semejanzas y diferencias entre éstos, permitiendo observar cuestiones a nivel estructural y de procesos celulares, siendo posible deducir interacciones entre los esquemas generados a partir del desarrollo cognitivo de los estudiantes y la búsqueda de solución a diversas situaciones, expresando una acomodación nueva en sus invariantes operatorios	C	
	2017		Si bien los obstáculos epistemológicos se presentan en los dos grupos de estudiantes y tienden a ser muy similares, en los estudiantes que ya han cursado la asignatura fisiología vegetal se evidencia un mayor enriquecimiento de tipo conceptual observado en el manejo de lenguaje científico.	C	Obstáculos epistemológicos para el aprendizaje de la F.S.

	2017		-grandes ideas con los estudiantes, a partir de pequeñas grandes ideas que emergen de ejemplos concretos.	E	Secuencia didáctica
			-Las pequeñas grandes ideas se fueron vinculando hasta la gran idea, produciendo un andamiaje para la comprensión de la gran idea.	E	
			-Las Grandes Ideas ofrecen un sistema poderoso de explicaciones científicas sobre el mundo a nuestro alrededor, mientras que las progresiones de aprendizaje desarrollan la sofisticación del entendimiento de esa Gran Idea como una red interconectada	C	
			-Los estudiantes lograron una comprensión más integrada del ser vivo y los sistemas que lo hacen viable.	C	

	2018		.Los resultados indicaron que los estudiantes que utilizaron el videojuego acompañados de una estrategia de interacción colaborativa, mejoraron su desempeño significativamente en todas las habilidades necesarias para solucionar problemas de genética, porque además de contar con los recursos didácticos propios del videojuego, tuvieron la oportunidad para reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, discutir sus conceptos con otros miembros del grupo, aclarar dudas y replantear sus conceptos a partir de la interacción con sus pares.	C	Comparación de estrategias de enseñanza
			-Un contenido tan difícil y abstracto como es la teoría sobre la herencia y su aplicación en la solución de problemas de genética, se vuelve más enseñable en la educación a distancia cuando se utilizan recursos interactivos como es el caso del videojuego Genogenios	OD	

			-El diseño de estrategias didácticas asociadas a recursos tecnológicos interactivos potencian las habilidades cognitivas y procedimentales de los estudiantes de ciencias naturales	OD	
	2018		-Aplicación respondió a las necesidades de estudiantes y docentes en el contenido de Ciclo celular y Biotecnología.	E	Recurso didáctico
			-Animaciones, vídeos e imágenes complementaron las clases teóricas.	E	
			-La AH contribuyó en la mejora y actualización de los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema dentro de la asignatura Biología Celular concediendo una valoración muy positiva a esta experiencia innovadora mediada por tecnología	O	
	2021		-Se propone que la biología escolar se construye desde la integración de por lo menos tres referentes: la epistemología de la biología, la didáctica de las ciencias y los desarrollos de la didáctica de la biología, la historia y sociología de las construcciones	E	Biología escolar

			discursivas acerca de la inserción del currículo en biología, en el sistema educativo.		
			-La biología escolar como una disciplina que aporta a los procesos de transformación social (transformaciones en los discursos, en las prácticas y en las condiciones de producción) y del respeto a la diversidad epistémica, biológica y cultural, desde una perspectiva política de emancipación, en razón del compromiso político del acto educativo y de reconocer al profesor de biología como un sujeto de saber, que produce un conocimiento propio derivado de la integración de conocimientos académicos y experienciales	O	
Didáctica "Aportes varios"	2005		Se desarrolló un proceso de aprendizaje comprensivo, conducente a un cambio conceptual significativo.	C	Enseñanza para la comprensión

			-Posibilitó al profesor detectar algunas ideas erróneas persistentes generalizadas, así como expresiones de pensamiento insuficientes que pudieron ser modificados durante el proceso.		
			-El cambio en las ideas previas se convirtió en una meta de comprensión gestionada por los propios alumnos al ser conscientes de que identificaron no solamente los contenidos que no conocían bien, sino también los procesos cognitivos que tenían que desarrollar para superar las falencias autodetectadas en la evaluación diagnóstica.	C	
			-El ejercicio condujo a los alumnos más allá del conocimiento sobre las propias capacidades cognitivas implicando también la regulación de las mismas a lo largo del proceso de aprendizaje y, posteriormente, al evaluar la calidad del aprendizaje de cada tópico.	C	

			-importancia de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias, motivada en este caso por una forma particular de explicitar las ideas previas	C	
			y por una modalidad de distribución de los contenidos que los aproxima a la vida real del estudiante.	E	
	2007		-La escuela debe gestionar el flujo de conocimiento a fin de que puedan utilizarse en la resolución de problemas y el entendimiento de situaciones de la actualidad.	OD	Ideas previas
			-Muchas veces los profesores presentan dificultad para comprender, acompañar y mediar el aprendizaje de contenidos relacionados con novedades científicas y biotecnológicas.	OA	
			La escuela continúa siendo una mediadora cultural.	O	
			-Es imprescindible dotar al profesorado de capacitaciones en lo teórico y en la psicología del aprendizaje y del desarrollo	OD	
	2009		-Reflexionar acerca de los objetivos que están planteados en la enseñanza de las ciencias.	OD	Conceptos estructurantes

			Estrategias de enseñanza para la comprensión y la enseñanza de conceptos estructurantes orientan la planificación, ejecución y evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje en estudiantes como en docentes.	OD	
	2013		. -Al considerar que la construcción del conocimiento en el aula es, en un principio, interpersonal o social, el uso de TDC (texto de divulgación científica) como recurso didáctico alternativo requiere que diferentes factores ser analizados, como la diversidad estructural del lenguaje y del contenido textual, los diferentes enfoques considerados por los divulgadores, el interés de los estudiantes, la relación entre la complejidad del tema abordado y conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema	OD	Conceptualización a partir de textos irónicos.
			Estas emanar, por parte del docente, un papel activo, tanto en la selección del material como en su uso con los estudiantes en el salón de clases.	E	

			-Así, el uso de una TDC irónica requiere una planificación de actividades y una mediación didáctica, como preguntas, análisis y síntesis de información y uso de recursos visuales, con el fin de estimular interés por la lectura, la participación más significativa de los estudiantes	OD	
			y, principalmente, la percepción y comprensión de la ambigüedad provocada por la ironía con respecto a la desviación de la lógica del lenguaje y el sentido denotativo de la expresión.	C	
	2014		-El referente histórico permite identificar ensayos que contribuyeron a responder a cuestiones de especial importancia en el desarrollo del conocimiento.	E	
			Estos ensayos resultan útiles para el profesorado en la medida de que pueden ser reproducidos o analizados en el aula.	OD	
			-El alumno podrá identificar las distintas tareas involucradas en el trabajo científico.	C	

			el análisis/realización de las experiencias históricas permite conocer el problema que guía la investigación, las primeras hipótesis, la coherencia entre estas y el ensayo, así como el uso de las pruebas obtenidas para elaborar conclusiones argumentadas	OD	
			-posibilita que el estudiante valore tanto el rigor y la audacia del trabajo científico, como su contribución al desarrollo de nuevos saberes y la repercusión socioeconómica de los mismo	ODC	
	2014		-Se evidencia que en 6° y 8°, los mapas conceptuales contribuyen al aumento de nivel de aprendizaje.	C	Review de modelos sobre la F.S a lo largo de la historia.
			-Al reconocer palabras claves, estudiante demuestra comprensión del contenido.	C	
			-Enseñanza, aprendizaje e investigación, son actividades indisociables.	E	
			. La elaboración y presentación del MC desafió al estudiante a plantear nuevos problemas y demandó un posicionamiento frente a su realización,	C	

			constituyendo un medio eficaz de exteriorización de significados denotativos y connotativos.		
			-Las debilidades y potencialidades presentes en el proceso de razonamiento del estudiante tuvieron su origen en la enseñanza centrada en la negociación de significados al utilizar el MC	E	
			-Compartir los aprendizajes en las presentaciones, fue motivador.	O	
			La mayoría de los estudiantes fueron capaces de reorganizar sus conocimientos previos, estableciendo una línea de razonamiento coherente a la propuesta didáctica.	C	
	2014		-El uso del diagrama mejoró los aprendizajes de HIC.	E	Recurso didáctico
			-La propuesta de indagación guiada con diagrama en V, desde la reflexión de los profesores, permitió analizar críticamente su práctica, apoyar al profesor en formación inicial, mejorar sus procesos de evaluación centrados hacia los procesos, promover el aprendizaje de habilidades de indagación científica y discutir	OD	

			sobre los cambios que ésta genera en dinámica de aprendizaje en el aula.		
	2015		-El desarrollo del CDC de los docentes universitarios en un contexto de enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos se perfila como una estrategia posible para reorientar la enseñanza del tema mitosis hacia modalidades basadas en la construcción de andamiajes que faciliten el aprendizaje de los estudiantes.	E	Secuencia y recursos didácticos Conocimiento Didáctico del contenido
			-Las diferencias encontradas en el CDC de los docentes resultan coincidentes con las características de este constructo: el CDC es específico para un tema, un docente y un contexto.	E	
			Ante un constructo como el CDC resultan reducidos los estudios sobre este aspecto del conocimiento profesional de los docentes universitarios, situación que es particularmente notoria para la mitosis	E	

	2017		Hay una mejora de los conocimientos y la competencia científica a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria en relación a la biología celular.	C	Evolución del conocimiento en biología
			Sin embargo, el rendimiento de los alumnos está significativamente condicionado por las condiciones socio-culturales de las familias de los estudiantes.	OA	
			-el contexto familiar es un pilar fundamental para la formación de los alumnos y deben buscarse nexos entre familias y centros educativos con el fin de conseguir un mejor rendimiento escolar en todos los cursos de la E.S.O.	O	
			-Es responsabilidad del profesorado y la administración educativa el mejorar las condiciones para un mejor aprovechamiento pedagógico por parte de los alumnos, y para que nuestro sistema educativo sea más equitativo, en lugar de serlo cada vez menos según apunta el último informe PISA	OD	
	2018		-Biología de los biólogos no es la misma que la Biología Escolar.	E	Didáctica de la biología

			-Retraso en el desarrollo de una didáctica específica de la Biología debido al retraso en consolidarse como una ciencia con epistemología propia.	E	
			-El conocimiento particular de la Biología es el CDCB (conocimiento didáctico del contenido biológico).	E	
			-Es evidente un distanciamiento de la biología con las otras ciencias de la naturaleza, entre otras cosas, porque sus objetos de conocimiento difieren de la bioorganización sistémica. Si se nos pidiera definir, en una palabra, cuál es la principal característica del objeto biológico, diríamos: complejidad.	E	
			-El objeto de la didáctica de la biología es la complejidad de enseñar cuestiones biológicas	E	
	2019		-En el análisis de los resultados, tendencias, carencias y, principalmente, posibilidades esbozadas en cuanto al uso de estos elementos en la Enseñanza de la Biología Celular.	O	Elementos de historia y filosofía de las ciencias incorporados en la enseñanza de la célula

			-La historia y filosofía de la ciencia aparece. en todos los capítulos de los libros analizados	E	
			-Ciencia representada como un conjunto de aciertos, exclusivamente acumulativa, indefectible, individualista y anacrónica.	OA	
			- la necesidad de actualizar no sólo los contenidos teóricos de los libros didáctica, con el objetivo de erradicar la propagación de una pseudohistoria de la ciencia, pero también: modernizar los recursos accesorios como las imágenes y pies de foto adoptados; diversificar las propuestas ejercicios, proyectos y otro tipo de materiales complementarios, fomentando el debate en salón de clases.	OD	
	2019		-Existen similitudes en las concepciones alternativas sobre célula que poseen docentes como estudiantes. .	C	Concepciones alternativas

			-Concepciones alternativas adquiridas en la formación inicial de profesores, lo que tiene un efecto directo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.	C	
			-La reflexión sobre la acción docente durante la formación, como acompañamiento de la práctica pedagógica contribuye a ser sujetos activos en la enseñanza y aprendizaje de la célula	OD	
			-Incluir como eje estructurante de la formación, los saberes pedagógicos y un diálogo permanente con redes de enseñanza.	OD	
			-Reflexionar acerca de las representaciones que posee el profesor durante su formación. .	OD	
			--incorporar, en las políticas de formación, la valorización del trabajo del docente, expresado por condiciones de remuneración y desempeño con la diversidad de alumnos matriculados en las Escuelas.	OD	

			-Estimular la reflexión sobre los aspectos afectivos que intervienen en la formación del profesorado	OD	
			-Cambios de esta naturaleza pueden ayudar al proceso de formación de los futuros docentes.	O	
			articular saberes complejos relacionados con la labor docente, el desarrollo profesional y el fortalecimiento de la opción por ser docente.	E	
			-Es necesario proponer alternativas para mejorar la práctica pedagógica de los docentes y optimizar la calidad de los contenidos de enseñanza y aprendizaje en el área de Biología, especialmente en la Biología Celular.	OD	
	2020		-Escasa investigación didáctica de las Ciencias Naturales a nivel inicial.	OA	Review de enseñanza de las ciencias naturales nivel inicial
			-Cabe señalar que, aunque las revistas españolas tengan más artículos publicados que las latinoamericanas, consideramos que la diferencia más relevante se	O	

			da entre los niveles educativos y no entre las revistas.		
			-La mayor parte de las investigaciones apuntan hacia la formación docente. Bajos niveles de investigaciones en aulas.	OA	
			-La mayoría de las publicaciones sobre NI en aula apuntan hacia la indagación.	O	
			-Se requiere que las ciencias naturales prioricen el desarrollo de habilidades científicas, más que en contenidos específicos.	OD	
Didáctica "Conceptualización de célula"	2009		Complejización del conocimiento. Sus respuestas a las situaciones problemáticas planteadas reflejan no sólo un buen manejo de conceptos nuevos, sino que expresan una transformación de sus saberes, porque lograron interpretar, desde la perspectiva de la ciencia escolar, hechos científicos de su vida cotidiana, ya sea realizando observaciones, leyendo libros, realizando experimentos, en un contexto de interacción permanente entre pares y con la guía de la profesora.	C	Evolución de representaciones mentales

	2009		importancia inequívoca de la metáfora como herramienta didáctica en la enseñanza de la biología, así como nuevas inferencias sobre ella, tales como sus límites en la construcción de conceptos, implicaciones gnoseológicas para la recepción, la necesidad de buscar proposiciones -asociaciones de imágenes a conceptos- en la construcción del discurso científico	O	Uso de metáfora
	2012		a pesar de que los estudiantes ya habían cursado asignaturas relacionadas con las proteínas, todavía poseen rastros de concepciones alternativas, que proporcionaron información valiosa sobre posibles fallas en el proceso de aprendizaje.	OA	Concepciones alternativas
	2014		-En gran medida, los estudiantes no pueden elaborar un concepto más concreto con respecto a la célula, sino que manejan algún tipo de analogía, comparándola con otras cosas y una funcionalidad, pero sin determinar que puede llegar a ser una célula para ellos.	OA	Aproximaciones al concepto de célula

			-pocos estudiantes tuvieron la noción de poder asociar la célula con otros grupos de seres vivos como los animales y las plantas, lo que evidencia que no se ha puesto énfasis de que la célula es un componente estructural de la diversidad de seres vivos.	E	
	2014		-Los docentes de Ciencias deben tomar decisiones en cuanto a la selección y secuenciación de actividades que favorezcan los procesos de aprendizaje en los estudiantes, en los que el estudiante participe al construir su propio conocimiento y aplicarlo a diferentes situaciones problema y a nuevos contextos lo que conlleva a planear y diseñar una estrategia de enseñanza-aprendizaje-evaluación que contribuya a la construcción de aprendizaje en relación con la temática, sin recurrir en el aprendizaje de conceptos, fases de los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la célula para poderse reproducir, de manera memorística, sino a la comprensión del significado de	OD	Ideas previas y concepciones

			cada uno de estos a nivel biológico.		
			-Las dificultades de aprendizaje sobre la reproducción celular en secundaria se deben a la no comprensión de conceptos básicos y a la falta de competencias en ciencias que les permitan a los estudiantes conocer y actuar con relación al contexto o el entorno.	OA	
			-Se requieren de estrategia que ayude a que los estudiantes diferencien y reconozcan los procesos de ciclo celular, mitosis, meiosis.	OD	
			-enfaticar en el proceso de identificar y diferenciar algunos conceptos básicos como cromosoma, haploide, diploide, célula somática y sexual, y la aplicación de estos conceptos a situaciones problema, por medio del diseño de actividades que favorezcan la comprensión de estos.	OD	

			-se deben desarrollar las competencias en ciencias, ya que se evidencia la necesidad de fortalecer en los estudiantes la lectura comprensiva e interpretación de gráficas en la aplicación de los conceptos a situaciones problema, y las relaciones efecto-causa de un cambio dado en la situación.	OD	
			-La implementación de esta evaluación diagnóstica permitió evidenciar las concepciones de los estudiantes frente a la temática	C	
			, lo que se convirtió en la base para determinar los contenidos que se deben incluir en el diseño de la estrategia de enseñanza-aprendizaje-evaluación sobre la célula y la reproducción celular.	E	
			-El diseño de este OVA se debe adaptar a las características propias, las necesidades y los intereses de la población a la cual va dirigido.	OD	

			-Debe ser motivador, facilite el aprendizaje autónomo, y que permita evidenciar sus ventajas como recurso didáctico para la enseñanza-aprendizaje-evaluación, con la finalidad de preparar al estudiante para entender los avances biotecnológicos y su impacto en la vida actual	OD	
	2015		-La nutrición se puede utilizar para el aprendizaje de la célula, mediante la pregunta, sin que el estudiante deba memorizar conceptos.	E	Propuesta didáctica
			-En el proceso logran identificar las funciones y relacionarlas con los organelos.	C	
			-el docente debe asumir un papel de facilitador de los procesos de aprendizaje, dejando de lado la forma tradicional sin preocuparse por el progreso individual de los estudiantes.	OD	
	2015		-Las ideas previas tienen una tendencia a referirse al proceso de intercambio gaseoso.	C	Ideas previas
			-Dificultad para explicar procesos a nivel celular y la asociación de estructura-función.	OA	

			-el maestro debe partir de dichas ideas previas para la explicación y construcción del concepto, permitiéndole a los estudiantes crear una conexión entre la información que se está aprendiendo y la que se tenía con anterioridad.	OD	
			-es posible conocer, comprender y categorizar las ideas previas de los estudiantes sobre un concepto específico, esto con el propósito de diseñar e implementar unidades didácticas o cualquier otro tipo de propuesta de trabajo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.	OD	
			-categorizar las ideas previas resulta ser una acción significativa al momento de planear y diseñar la unidad didáctica; de igual manera, en la enseñanza de las ciencias aumenta su importancia si se pretende revisar la evolución del concepto en los estudiantes después de la aplicación.	OD	
	2016		-Los conceptos de fotosíntesis y respiración celular se caracterizan por su alto grado de generalización	E	Mediación pedagógica

			por lo que requiere de una acción mediadora compleja por parte del docente.	OD	
			-Es primordial que los agentes en interacción y las herramientas culturales utilizadas, como la experimento y el desarrollo de una historia científica.	O	
			-El experimento se utilizó como herramienta de cultura para la observación y formulación de hipótesis sobre dos situaciones problema, así como para la introducción de los conceptos de fotosíntesis y respiración celular en el aula.	C	
			Esta acción mediada indica un camino explicativo para el proceso de formación del concepto. fotosíntesis y respiración celular en el aula, con el fin de iniciar el proceso de apropiación de estos conceptos por parte de los estudiantes.	OD	
	2018		-Los estudiantes presentan dificultades en procesar la información.	OA	Construcción de modelos explicativos

			-Lo estudiantes frente a conceptos de unidad y vital, desarrollaron sus propios modelos (idiosincráticos) para comprender el discurso docente.	OA	
			-Estos modelos serían futuros obstáculos de aprendizaje en secundaria porque la construcción de representaciones en las que se establece que todas las células tienen núcleo, que los hongos o las plantas no son seres vivos (y que carecen de células) o que o que una célula puede estar formada por otras células,	OA	
Didáctica: Estrategias pedagógicas	2009		-La enseñanza de las ciencias en la educación media, se enfoca en el desarrollo de habilidades que permitan al estudiante conocer, explicar y describir fenómenos de la naturaleza, y relacionar la teoría con vivencias de su cotidianidad.	E	Recurso didáctico
			La interdisciplinariedad entre las ciencias naturales y la tecnología buscan generar redes conceptuales que faciliten la comprensión y aprendizaje de conceptos fácilmente aplicables.	C	

			.		
			-Esta propuesta permitirá a los estudiantes aprendizaje con recursos no convencionales que aumente su motivación y rendimiento.	C	
			-Se puede concebir este MEC como contenidos libres ya que facilita la articulación del aprendizaje con el desarrollo de los materiales educativos, en la medida que los MEC no sólo son construcciones colectivas fruto de un trabajo de acercamiento a la realidad de los problemas, sino que también son flexibles	E	
	2011		-Como material potencialmente significativo, los insectos permitieron activar el interés y la motivación de los estudiantes, se garantizó de acuerdo a los resultados, el aprendizaje de dicha relación	C	Conceptualización y relaciones entre conceptos a través de un recurso didáctico
			-Los insectos permiten desarrollar actividades llamativas y divertidas, facilitando la	E	

			interrelación entre temáticas, el diálogo entre diferentes disciplinas del saber y facilita un conocimiento significativo.		
			-Existe un progreso conceptual en los estudiantes sobre célula, ecosistema e insectos desde su interrelación; progreso que se hace evidente a partir de los argumentos que se acercan a lo establecido por la enseñanza de las ciencias	C	
	2011		evidencia que los libros de texto, sólo enseñan conceptos sobre la estructura y función de la célula, relacionados principalmente con aportes del Siglo XIX y que poco se promueven conceptos para la comprensión de la célula como unidad hereditaria de origen, estructuras y funciones de los organelos celulares, cuyas propuestas se consolidaron durante el S.XX.	OA	Evolución histórica de conceptos en biología
	2012		se identificó que existe dificultad en comprender la relación entre medio interno-externo de la célula especialmente, por lo que podemos decir que los modelos estudiantiles tienen algunas	OA	Propuesta didáctica

			relaciones de similitud en determinados aspectos de la Teoría Celular, particularmente en función de la célula como unidad estructural y funcional, no hay evidencias que permitan comprender la célula como unidad de origen. es posible contribuir a la enseñanza y aprendizaje de la Biología a través de diseños didácticos innovadores que promuevan la explicación científica en las/los estudiantes durante su proceso de aprendizaje científico escolar. La secuencia didáctica propuesta, permitió evidenciar cambios en los modelos explicativos, además de promover el desarrollo de la competencia científica de explicar hechos o fenómenos, ya que, en todas las actividades los estudiantes debían construir explicaciones a través del lenguaje oral y escrito		

	2013		-Los resultados de demuestran la eficacia formativa de esta metodología basada en el aprendizaje colaborativo. Pone el énfasis en la responsabilidad individual y grupal en el aprendizaje y prepara a los estudiantes para su futuro académico y profesional.	OD	Aprendizaje basado en problemas y colaborativo
			-Hay limitaciones tales como: 1) conseguir que el alumno aprenda por sí mismo sin que la carga de trabajo aumente hasta límites inasumibles. Ello implica que se deben escoger con mucho cuidado las actividades formativas que se proponen; 2) el desarrollo de herramientas de evaluación eficaces y objetivas.	OA	
			-Al estar acostumbrados a la metodología tradicional, el alumnado es reacio a participar en tareas que requieren más tiempo y modalidades diferentes de trabajo. La falta de habilidad en estas tareas le hace sentir inseguro y desconfiar de prácticas a las que no está habituado.	OA	

			-el alumnado confía en los conocimientos transmitidos por el profesor y desconfía de su capacidad y la de sus compañeros en la adquisición del conocimiento. Además, invierte menos tiempo en la memorización de contenidos estructurados y organizados por el profesor.	OA	
			-El alumnado considera que aprende en función de la cantidad de apuntes tomados en clase, temas y capítulos de libro que deben leer.	OA	
			-Finalmente, el hecho de que los estudiantes más aventajados deban trabajar con otros compañeros menos responsables o la necesidad de adaptar su forma de trabajar a la del grupo, puede crear disconformidad con esta forma de aprender.	OA	
	2013		-La lectura en la clase de D2 logró tener sentido, en el que se evidencia un propósito genuino y que se hizo de forma recurrente.	C	Secuencia didáctica
			-la lectura es una práctica ineludible para enseñar y aprender biología, aún más si queremos que nuestros alumnos	OD	

			puedan recurrir a ella fuera de los contextos del aula, cuando el docente está ausente, con autonomía.		
			-D2 invita a sus estudiantes a validar sus interpretaciones con ayuda de los textos, no erigiéndose como una fuente de conocimiento.	OD	
			-La secuencia desarrollada propuso a los estudiantes comprender y apropiarse del discurso disciplinar al utilizar el lenguaje en las clases, integrar los conceptos y construir significado mediante sus propias palabras y la de los textos.	C	
	2013		Las Actividades Investigativas pueden favorecer ampliamente el trabajo de educadores y el aprendizaje significativo de sus alumnos, ya sea en	OD	Construcción de significados y su transferencia a nuevas situaciones
			el beneficio inmediato de estructuras cognitivas previas o posibilitando aproximaciones diagnósticas de las estructuras de aquellos que no se benefician directamente, culminando en planteamientos de enseñanza más adecuados.	C	

	2013		-Las concepciones previas de los estudiantes tuvieron un rol importante en la elaboración de situaciones problemáticas.	C	Campos conceptuales
			-La invariante operativa “la ruptura de las moléculas orgánicas libera energía” que se relaciona con el concepto de enzimas presenta continuidad con el conocimiento de la estructura molecular de la materia.	C	
			-Se percibe como dificultades para el aprendizaje de estos conceptos, la identificación de estos invariantes en la resolución de las situaciones propuestas.	OA	
			-Hay una continuidad de esta concepción con la idea de las moléculas orgánicas, siendo fuente de energía para el coacervado.	C	
			-La introducción del concepto de enzima en la situación problema, posibilita la conceptualización de célula.	OD	
	2017		-El uso de la realidad virtual, para la construcción del concepto ecosistema, les permitió a los estudiantes comprender las dinámicas propias de las	OD	Recurso didáctico

			interacciones biológicas que ocurren en los ecosistemas.		
			-entender la vida y los ecosistemas implica integrar los diferentes sistemas que la conforman.	E	
			-Construir conceptos en biología mediante el uso de la realidad virtual como una alternativa didáctica, puede llegar a potencializar la interiorización de conceptos biológicos por parte de los estudiantes, sin	C	
			embargo para desarrollar propuestas como estas hay que desarrollar una actitud flexible respecto al ritmo de trabajo de cada estudiante, para poder desarrollar en su toda la propuesta con todos y cada uno.	OD	
			-La realización de esta propuesta permitió conocer las posturas y dinámicas propias de los estudiantes, de los profesores, y de las directivas del colegio, las cuales tienden a ser tradicionalistas.	E	

			-una de las cuestiones que hace que los estudiantes no aprendan o creen una barrera respecto a lo que se les enseña es a causa de que la mayoría de las temáticas abordadas nunca son contextualizadas, ni confrontadas respecto a las distintas realidades y contextos singulares de cada estudiante, pues estas solo son abordadas según el contexto, si algún estudiante hace alguna pregunta respecto a su experiencia.	OA	
	2017		- En función de los resultados obtenidos a partir de su implementación con tres grupos de estudiantes de escuela secundaria, se puede concluir que representar la mitosis mediante un video realizado por el propio estudiante podría contribuir a la construcción de significados y la modificación de aquellas ideas que asocian al proceso de división celular con la pérdida del número de cromosomas en las células hijas.	C	Secuencia didáctica

			-Generar espacios para la explicación de conceptos por parte del docente, la reflexión conceptual entre los estudiantes y, la emergencia de posibles confusiones que requieren de la intervención docente	OD	
	2018		-La clase expositiva no siempre es apropiada para la consolidación de los contenidos.	OD	Estrategias pedagógicas
			-Es importante identificar estrategias metodológicas efectivas con las que los docentes se sientan cómodos enseñando y los estudiantes puedan aprender en un ambiente agradable y distendido.		
			-Juegos cooperativos y representaciones no lingüísticas son estrategias eficientes para la enseñanza de la biología celular.	OD	
	2020		.En el aprendizaje, se captura nueva información del entorno a través de sentidos que, a través de intrincados procesos neurobiológicos, se almacenan en la memoria y se convierte en conocimiento. -Siempre que sea necesario, esta información puede	C	Elaboración de modelo

			recuperarse, capacitando al individuo para guiar sus acciones mentales y conductual.		
			-La complejidad en la enseñanza de la biología celular se debe a que las células son unidades fenómenos microscópicos y biológicos que ocurren a nivel celular, en gran parte no son perceptibles ni manipulados por los estudiantes	E	
			-El docente organiza su práctica pedagógica con el fin de estimular circuitos trastornos neurológicos, actuando como agentes capaces de promover	C	
			cambios cerebros que conducen al aprendizaje de los estudiantes En este sentido, métodos adecuados, como las artes visuales con el uso de modelos didácticos, permiten que la realidad se presenta de forma esquematizada y su manipulación activa sensorial, estimulando los circuitos neurológicos destinados al aprendizaje.	OD	

			-Fundamental en este proceso es que la información tenga sentido para el estudiante, motivándolo a aprender y, a partir de este principio, los modelos celulares fueron desarrollado en base a lo que es familiar, real, tu cuerpo.	OD	
			-Finalmente, se destaca que, si bien se han desarrollado modelos didácticos de células eucariotas de H. sapiens desarrollado para educación básica, secundaria, el recurso puede ser utilizado en la enseñanza fundamental, así como en la superior	OD	
			porque el contenido de biología celular se presenta en la los planes de estudio de los diferentes niveles educativos y la profundización teórica estarán a cargo de la propuesta pedagógica del maestro.	E	
	2021		el uso de Stop Motion brindó a los estudiantes la oportunidad de reestructurar constantemente sus concepciones y conceptos sobre el tema, en el curso que surgieron dudas y alcanzaron nuevos entendimientos, culminando en la	C	Recurso didáctico

			socialización de animaciones listas para nuevos aprendizajes y reorganización de sus representaciones mentales en el tema de la respiración célula aeróbica.		
	2021		-Una representación en 3D facilita el aprendizaje de la célula.	OD	Recurso didáctico
			-El desarrollo de las 3 clases permitió conocer las posibilidades y limitaciones del uso de la aplicación.	O	
			-También hay algunas descripciones efectos negativos, como dificultades en la usabilidad, perturbaciones en la atención de estudiantes, injerencia en la integración de los estudiantes.	OA	
			Por lo tanto, el maestro debe ser siempre atentos a identificar posibles situaciones que no son beneficiosas y que interfieren negativamente en el transcurso de la actividad. Además, tenga cuidado con los estudiantes. que tienen dificultades visuales, neurológicas, de coordinación motora u otras que prevenir o dificultar el uso de teléfonos	OD	

			inteligentes y AR para evitar efectos adversos en salud y situaciones embarazosas.		
			-No debe considerarse el uso exclusivo de la aplicación, también son importantes los laboratorios en el aprendizaje de la célula.	OD	
			-La falta de recursos en la educación pública plantea el desarrollo de diversas metodologías de enseñanza.	O	
	2021		-Los videojuegos educativos de manera individual no contribuyen al desarrollo de todas las competencias digitales y se focalizan en las disciplinas y específicamente en el contenido conceptual. Requieren de recursos adicionales (internet, blog, redes sociales) que permitan el trabajo en equipo.	OD	Recurso didáctico
			-En algunos casos, deben adaptarse la terminología adoptada.	OD	

			-Las competencias digitales se desarrollan en un nivel básico.	C	
Didáctica "Material Didáctico"	2006		-Los contenidos sobre permeabilidad que aparecen en los libros de texto de Educación Primaria son muy diversos y en algunas editoriales ni siquiera aparecen.	E	Review recurso didáctico
			-las conexiones entre la permeabilidad y los materiales y fenómenos de la vida cotidiana que presentan tanto los libros como los estudiantes son también muy similares.	O	
			-De 72 libros analizados, aparecen contenidos relacionados con la permeabilidad, concentrados en el segundo y tercer ciclo de Primaria.	O	
			-No se pretende decir con esto que los libros de texto sean los únicos responsables de las ideas alternativas de los estudiantes sino simplemente se destaca una realidad existente en la sociedad.	OA	
			-Queda en manos del maestro explicar o hacer reflexionar sobre algo que, en ocasiones, apenas ocupa una sola frase de un libro	OD	

			de texto en toda una etapa educativa.		
			-En algunos casos, una vez asentadas estas ideas alternativas, difícilmente se producirá una evolución de las mismas, ya que, dependiendo de las vías educativas que sigan en un futuro, nunca más volverán a trabajar el concepto en los contextos escolares.	C	
			-en Secundaria y/o Bachillerato se podría plantear la siguiente cuestión: ¿cómo se puede superar el salto conceptual existente entre la frase citada anteriormente y el papel de la permeabilidad en los procesos de circulación freática o en la ósmosis?	OD	
	2008		-Para el abordaje de la respiración celular, en la mayoría de los libros de textos analizados, se presentan escasas actividades e ilustraciones.	OA	Review recurso didáctico
			-En general las actividades planteadas están orientadas a la	OA	

			repetición de conceptos y a la aplicación de la teoría.		
			Ciertos conceptos que resultan fundamentales para la comprensión de la respiración celular, no son abordados por la mayoría de las editoriales.	OA	
			Son escasas las propuestas curriculares que planteen el abordaje de los contenidos en orden creciente de complejidad.	E	
			-En la mayoría de los libros analizados, no se incluye a la historia de la ciencia y no se hacen referencias sobre la evolución histórica de las principales nociones sobre respiración celular.	OA	

	2009		-trabajo conjunto entre investigadores del lenguaje y l@s maestr@s de ciencias a fin de que se tome conciencia del lenguaje presente en los textos escolares en el aula, y las formas de tratarlo para el logro de aprendizajes significativos. es esencial identificar las nominalizaciones presentes en el escrito para evaluar si en el texto mismo, o en los conocimientos previos de los estudiantes, es posible rescatar la información que se pierde cada vez que estamos ante este tipo de metáfora, como por ejemplo el agente del proceso, las condiciones, el tiempo en que se realiza represente como una isla, debe evidenciarse su posición en la célula, no solo de forma gráfica, sino que el docente, al ejercer su papel de mediador, también debe manifestarlo abiertamente a sus alumnos.	OD	Análisis de recurso didáctico

			-La idea es tratar de mejorar la interpretación de las ilustraciones por parte de los alumnos y mejorar la comprensión de este contenido. En este sentido, proponemos unos lineamientos didácticos para la selección y el manejo en el aula de las ilustraciones como estrategia de enseñanza.	OD	

	2012		PROPUESTA DIDÁCTICA: 1)Selección de la imagen: Debe seleccionarse siguiendo criterios científicos, identificando las fuentes, corroborando que exista congruencia entre la ilustración y los conceptos emitidos por la ciencia, y no contenga en sí errores que conlleven la formación de representaciones mentales en los alumnos alejadas de las teorías y los modelos más aceptados por la ciencia. Investigaciones señalan que las dificultades que tienen los alumnos para construir representaciones mentales acerca de la estructura y organización celular, quizá por el uso de ilustraciones simplificadas. De ahí la importancia de esta reflexión en el momento de hacerse la selección. 2)Manejo de la ilustración en el aula: Deberá ser colocada en un lugar accesible a la vista, con un tamaño adecuado para que todos los estudiantes tengan la oportunidad de distinguir los elementos de esta. Al estudiar un	OD	Recurso y orientaciones didácticas

			orgánulo celular, aun cuando se utilice una ilustración donde se		

			-Sugerimos que la ilustración sea explicada en detalle y se contextualice espacialmente, ya que en algunas imágenes de las estructuras y los procesos celulares, por ser tan puntuales, el alumno no logra discernir el conjunto de la célula, así como ubicar en el espacio los distintos compartimentos celulares 3) Estrategia evaluativa: El docente debería, por el mecanismo que crea más conveniente, verificar en el aula si la ilustración fue comprendida de forma adecuada, y con ello la estructura y organización de la célula, no intentando que el alumno memorice la ilustración, sino solicitando de él la propia interpretación de esta. que el alumno imagine estar dentro de algún orgánulo o en el citosol de la célula, y que desde allí describa verbalmente lo que ve, la forma en que puede trasladarse y los obstáculos que encuentre	OD	

			Por otro lado, en el caso de tener a mano otros recursos, como las TIC, vídeos, modelos o maquetas, estos resultarían de gran utilidad, buscando mejorar la construcción de las representaciones mentales de la célula.	OD	
			-Se evidencia coherencia entre lo que establece el programa de la asignatura y la práctica docente en relación al uso de ilustraciones	E	
			.Los docentes utilizaron ilustraciones pertinentes, pero descuidando otros aspectos como color, nitidez y claridad.	OA	
			-Las ilustraciones fueron utilizadas con el propósito de memorizar, no favoreciendo otros procesos cognitivos importantes como la comprensión.	OA	
			-Se descuida la explicación precisa de las ilustraciones.	OA	
			-En la mayoría de las ocasiones no se hace explícita la relación de estas con el discurso. descuidando la función del docente como mediador entre la imagen y el alumno, que orienta su percepción hacia los objetivos establecidos	OA	

			.-El manejo de las ilustraciones durante el desarrollo de las clases no se corresponde con lo recomendado por los teóricos actuales	OA	
	2015		-Varios autores consideran la enseñanza de la Botánica como algo desalentador y enfocado únicamente al aprendizaje de nomenclaturas, definiciones y reglas.	E	Análisis de recurso didáctico
			-al analizar comparativamente los libros de texto de 1974, 1999 y 2011, se pueden ver innumerables formas de presentar los contenidos de Botánica en los libros de texto. Entre estos, el más claro es la compresión de contenidos que culminó en una información más directa, pero sin pérdida de calidad.	E	
			-Está claro que en el libro de 2011 se valoraba la integración entre los contenidos dentro de la disciplina Botánica, y también con otras áreas, no solo introduciendo los contenidos relevantes a otras ramas de la Ciencia, sino haciéndolos más atractivos y menos densos. Se advierte que	E	

			algunas de las dificultades y problemas presentados en otros trabajos, como la distancia entre el conocimiento científico producido y el conocimiento que se difunde.		
			-Los problemas sociales de nuestro tiempo, y aquí podemos incluir la política y los avances tecnológicos, están íntimamente relacionados con el hacer y el cómo hacer científico. La transmisión de conocimientos a través de instrumentos didácticos está cargada de esta influencia y se actualiza de acuerdo a la demanda social.	E	
	2015		-Como se discutió anteriormente, los textos de DC pueden configurar una estrategia importante en la Enseñanza de las Ciencias contextualizando los contenidos desarrollados en el aula, haciendo que la clase más atractivo, participativo y dinámico.	OD	Review recurso didáctico

			La presencia de textos de CD en materiales didácticos para la enseñanza de la Biología es relevante	O	
			-Es imprescindible realizar una comparación entre los textos de DC extraídos directamente revistas y periódicos con textos DC presentes en los libros de texto, entendiendo de qué manera un material de DC se convierte en un material educativo	OD	
	2016		-Se señala la necesidad de instituir criterios para la aceptabilidad e inclusión de imágenes en los libros, ya que las imágenes representan un recurso potencial para reducir la abstracción y facilitar el aprendizaje conceptual.	OD	Análisis de recurso didáctico
			se sugiere aumentar la cantidad de imágenes organizacionales y explicativas.	OD	
	2017		-Por lo tanto del análisis de los Textos escolares licitados en Chile del año 2016 de Enseñanza básica y media, podríamos afirmar que a pesar de algunos intentos de acercarse a un enfoque	E	Análisis de recurso didáctico

			sistémico como lo plantea Bunge (2003),		
			se desarrolla de una manera desvinculada, en especial en los años donde el foco no es este contenido, se observa que se pierde el rol de la célula para comprender los procesos vitales, quedando meramente en la idea estructural y funcional desvinculada.	OA	
			Solo se aprecia un mayor esfuerzo de desarrollar esta vinculación en los años donde los objetivos de aprendizajes es el concepto célula, estos son 5º básico, 8º básico y 1º medio.	E	
			-Considerar un desarrollo de contenidos a través de un paulatino abordaje de “pequeñas ideas”, que ofrezcan oportunidades efectivas a los estudiantes para que construyan la o las grandes ideas científicas.	OD	
	2017		-La mayoría de las analogías eran del tipo simple,	C	Uso de analogías

			siendo que las discusiones sobre las limitaciones y el alcance rara vez se notaron en el manual del maestro y en el libro de texto, dejando este análisis al profesor y al alumno.	OA	
	2017		-Los alumnos no diferencian necesariamente entre la modelización de una estructura o fenómeno y su visión al microscopio	C	Análisis de recurso didáctico
			Los nuevos contextos requieren de la alfabetización científico visual.	OD	
			-El uso de diversos modelos y la mediación docente adecuada podrían fortalecer el desarrollo y modificación de los modelos mentales de los alumnos.	OD	
			-También se concluye que será necesario que los profesores comprendan que el razonamiento basado en modelos es una habilidad altamente deseable	OD	
			pero requiere de práctica y capacitación, así como que ninguna representación por sí sola puede llegar a dar cuenta de todas las facetas de un fenómeno	OD	

	2019		-En el relevamiento de la apropiación del conocimiento, luego de la investigación, se pudo analizar que el estudiante fue capaz de diferenciar los seres formados por células, así como sus partes básicas, los tipos de células animales y vegetales, la terminología y denominaciones de las estructuras internas de la célula y las características de los virus.	C	Construcción de secuencia didáctica
			-Se concluye que la construcción de los modelos concretos hizo posible la interacción del estudiante con el material, creando espacios de diálogo entre alumno y docente, favoreció el intercambio de saberes y promovió mayor aprendizaje sobre contenidos biológicos.	C	
	2019		El montaje de la microesfera en un soporte rígido como el del sistema de enfoque, requieren un trabajo cuidadoso; no obstante, a pesar de que el dispositivo funciona satisfactoriamente, es posible que puedan encontrarse otras soluciones mecánicas más sencillas.	O	Elaboración de recurso didáctico

			-Con todo esto, se pone de manifiesto que el microscopio simple no es solo un instrumento curioso carente de utilidad real; su calidad puede igualar o superar a la de los microscopios compuestos más básicos	O	
			-La elección de una esfera de vidrio de tan pequeño diámetro hace posible que el microscopio supere los 400 aumentos; más que los microscopios simples tomados como referencia histórica (de 20 a 160 aumentos en los microscopios de Bancks o 266 aumentos en el más potente microscopio de Leeuwenhoek conservado).	O	
	2019		ausencia de representación en otros organismos, predominando la representación fisiológica de la fotosíntesis, debido a que probablemente es la manera más sencilla de representar el concepto a partir de los orgánulos y órganos involucrados en este proceso,	C	Uso didáctico de representaciones visuales
			careciendo de un aspecto fundamental que es el ecosistémico, es decir, la relación	OA	

			con los factores del biotopo y la biocenosis.		
	2020		La virtualidad plantea desafíos similares a lo largo del país tales como la falta de conectividad.	O	Recurso didáctico
			Es a partir de esto que se propone como contenedor la plataforma Scratch de fácil programación (sin necesidad de conectividad permanente) y de acceso gratuito.	OD	
	2020		-En el documento general del Proceso de Cambio Curricular en Educación Secundaria, 2015, los contenidos se presentan como tópicos muy generalizados, sin desarrollo de los mismos	E	Contenidos conceptuales
			-Los libros de texto presentan un incremento de contenidos conceptuales en los temas analizados, que en ocasiones superan el 50%. prevalecen en las cuatro editoriales analizadas, con una tendencia marcada hacia los datos o hechos	E	
			Se hace mención de la presencia de éstos, ya que al integrarse y vincularse facilitan la producción y comprensión de los conceptos.	C	

			Entre otros hallazgos se observa una reiterada presencia de información alusiva al ciclo celular en algunos temas previos al mismo y una falta de secuencia respecto al tema de la división celular, ya que éste, a pesar de que corresponde a los procesos funcionales del núcleo celular, se encuentra precedido por temas correspondientes a la Genética.	E	
			Así mismo se evidenciaron errores conceptuales, ortográficos y en las imágenes presentadas en las editoriales,	OA	
			los cuales merecen una mayor atención; por lo cual se recomienda a los docentes ser críticos al utilizar los libros de textos y sus ilustraciones.	OD	
			Se sugiere la revisión y reestructuración de los recursos curriculares con inclusión de estrategias innovadoras.	OD	
	2021		-Encontramos tres aplicaciones que no ocupan mucho espacio en la memoria de los celulares, con diferentes funciones y formatos. Abordan en distinta profundidad	O	Recurso didáctico

			contenidos también disímiles entre sí. Fluctúan entre una enciclopedia, un simulador de genoma y un visualizador esquemático en realidad aumentada (3D).		
			-cada aplicación presenta potencialidades para su integración en diseños didácticos. Genética puede utilizarse como punto de partida para la discusión y construcción de conocimientos.	E	
			Promisorio como fuente de información para realizar diferentes tipos de actividades que por ejemplo impliquen búsqueda de contenidos.	C	
			-Genomapp permite conocer cómo el genoma humano se puede decodificar en ciertos rasgos o caracteres, teniendo en cuenta probabilidades como por ejemplo de tener una enfermedad genética.	C	
			Podría integrarse en diseños didácticos enfocados a cuestiones de salud. -División Meiótica 3D podría resultar útil para construir	OD	

			actividades como desafíos para los estudiantes,		
			ya que permite esquematizar en 3D procesos microscópicos y su material complementario funciona como un eje organizador	C	
	2021		-El conocimiento científico como producto acabado, elaborado por mentes privilegiadas, desprovistas de intereses político-económicos e ideológicos	OA	Contenidos conceptuales
			-Construcción del conocimiento científico sin el sustento epistemológico.	OA	
			-La mayoría de los trabajos no hacen referencia a la historia de la formación del concepto de célula, caracterizando una visión aproblemática, ahistórica, dogmática y cerrada de la Ciencia	OA	

Didáctica "Modelización"	2001		-A lo largo del curso se observa que lo que más se desarrolla es un modelo mental dual según el cual se opera independiente y separadamente con la estructura y con el comportamiento celular lo que supone, como muestra la evidencia, un avance en la conceptualización del ente "célula"	C	Representaciones de estudiantes
			-Es también una tercera parte de la población la que termina operando mentalmente con un modelo mental global, integrado, causal, de la célula, un modelo que es suficientemente explicativo y predictivo.	C	
			No todos éstos operan mentalmente con imágenes, no razonan o deducen apoyándose en ellas, pero han adquirido la comprensión global y compleja de la célula.	C	
			-Se ha producido una evolución en lo que a la adquisición y comprensión del contenido trabajado se refiere y, por lo tanto, aprendizaje.	C	

			Aprender significativamente es construir un modelo mental.	C	
			-Según Barquero 1995: los modelos mentales “se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante	C	
			Las situaciones ofrecidas a los estudiantes no fueron significativas para todos ellos o, al menos, lo suficientemente eficaces como para que todos ellos reestructuraran su concepto de célula en el sentido deseado.	OA	
			estos modelos son dependientes de las situaciones en las que se generan y no tendrán esa posibilidad de reestructuración si se construyen sólo puntualmente o si no obligan a incorporar nuevos elementos que puedan constituirse en invariantes operatorios.	OD	

			-Los modelos mentales favorecen la formación de esquemas de asimilación y, al mismo tiempo, éstos condicionan los modelos mentales que se construyan. Cabe aun una consecuencia más: no será posible modificar los esquemas si no se reestructuran los modelos mentales de los que se nutren;	C	
	2003		Se requiere una contrastación empírica.	OD	Organización del contenido mediante 2 modelos
	2012		-La construcción de conocimiento científico escolar, corresponde principalmente a las características cognitivas de cada persona involucrada, por lo que se sustenta la importancia de los procesos de modelización en la actividad científica escolar.	E	Modelos explicativos
			-Los modelos explicativos del estudiantado identificados en la etapa de exploración se caracterizaron por ser simplificados e incompletos.	OA	

			-La intervención didáctica favorece la construcción de modelos explicativos dinámicos y flexibles, que se caracterizan por poseer un lenguaje más especializado, establecer nuevas relaciones entre los organelos y funciones celulares, así como la capacidad de incorporar nuevos elementos para enriquecer el modelo de célula escolar, demostrando así que estos modelos se transforman progresivamente.	C	
	2013		por lo que se sustenta la importancia de los procesos de modelización en la actividad científica escolar.	OD	Construcción de modelos concretos
			-La construcción de conocimiento científico escolar, corresponde principalmente a las características cognitivas de cada persona involucrada	E	
			-Los modelos explicativos del estudiantado identificados en la etapa de exploración se caracterizaron por ser simplificados e incompletos	C	

			Nuevos modelos explicativos de los estudiantes en la etapa de aplicación, los que se caracterizaron por incorporar un lenguaje especializado	C	
			-La intervención didáctica favorece la construcción de modelos explicativos dinámicos y flexibles, que se caracterizan por poseer un lenguaje más especializado, establecer nuevas relaciones entre los organelos y funciones celulares, así como la capacidad de incorporar nuevos elementos para enriquecer el modelo de célula escolar,	C	
			demostrando así que estos modelos se transforman progresivamente.	E	
			-A través de esta investigación se evidencia que la construcción de conocimiento científico escolar, corresponde principalmente a las características cognitivas de cada persona involucrada,	C	
			por lo que se sustenta la importancia de los procesos de modelización en la actividad científica escolar.	OD	

			--La riqueza de modelos explicativos del estudiantado, permitió conformar 4 familias de modelos en la etapa de exploración y 7 familias de modelos en la etapa de aplicación, de las cuales 4 eran nuevas y se caracterizaban por presentar relaciones más dinámicas, complejas y flexibles.	O	
			Existe relación entre los modelos explicativos que el estudiantado construye y los modelos teóricos de los científicos.	E	
			De esta manera, es posible concluir que los modelos explicativos del estudiantado en general, presentan relaciones de similitud sólo en algunos aspectos con el Modelo Teórico de célula.	C	
			Particularmente, estas relaciones se centran en la célula como unidad estructural y no se hace mención de la célula como unidad funcional y/o de origen, relaciones que fundamentan la Teoría Celular actual.	E	

			El análisis del post test y mapas conceptuales indicaron que los modelos didácticos contruidos por los estudiantes, como parte de la propuesta, presentaron elementos esenciales que se caracterizan como material potencialmente significativo.	C	
			-Hubo una apropiación significativa que favoreció a los estudiantes en la internalización de conceptos de biología celular y una construcción de significados.	C	
			-Nuevos modelos explicativos de los estudiantes en la etapa de aplicación, los que se caracterizaron por incorporar un lenguaje especializado	C	
	2016		-La relación o integración. entre los componentes del CDC es diferente en cada profesional. Estos antecedentes nos llevan a afirmar que el CDC tiene un carácter personal, propio e idiosincrático como lo advirtieran otros autores.	E	Mapear representaciones del contenido didáctico

			-Como ya hemos señalado, el CDC es una construcción propia del profesor que nace por la relación entre los conocimientos y creencias de otros núcleos de saber, que se vinculan en algún grado y por algún tipo de relación, para dar respuesta a una idea de enseñanza. Cuando relacionamos el mapa de CDC con las entidades de un modelo didáctico en particular apreciamos que el 75% de los profesores participantes del estudio manifiestan un modelo con enfoque tradicional. Cuestión que no nos preocupa si consideramos que un profesor con baja experiencia profesional.	C	
			Evidenciamos una fuerte influencia del currículo nacional en la estructura sustantiva del contenido a enseñar, estructura determinada por los Planes y Programa de Estudio del Ministerio de Educación y que el profesor no se atreve a modificar, ajustar o enriquecer por la fuerte presión que ejerce la unidad educativa sobre el cumplimiento de dicho currículo. En ese marco,	E	

			los estudiantes son objetos de enseñanza más que sujetos de aprendizaje.		
	2017		-Los resultados dan cuenta de sus escasas reflexiones epistemológicas con respecto a la tensión entre los conceptos de célula real y de modelo de célula.	OA	Analizar tensiones entre la célula real y la representación mediante videojuego
			Esta falta de cuestionamientos epistemológicos sobre el significado de por qué y para qué una entidad es modelizada por la ciencia, con sus alcances y sus limitaciones, generaría en los estudiantes la falsa idea de que sus representaciones estereotipadas son modelos	OA	
			La obliteración de todos los aspectos instrumentales que con el devenir histórico de la ciencia han permitido a la biología celular construir sus conceptos básicos	OA	

			sobre estructura y función de las células y sus organelas.		
	2019		-Se concluye que el uso de modelos concretos contribuyó a la construcción de conocimiento.	E	Construcción de modelos concretos como facilitadores de aprendizaje
			El levantamiento de información constata que estudiante distingue materia viva de inerte, que los seres vivos están formados de células, no puede citar 3 partes de la célula.	C	
			-Finalmente, se concluye que esta estrategia de enseñanza combinada con la construcción de modelos concretos por parte de los estudiantes permitió su interacción con el material,	C	
			creado oportunidades para el diálogo entre él y el maestro, favoreció el intercambio de conocimientos y promovió un mejor aprendizaje.	OD	

	2020		-La enseñanza tradicional mediante la comparación entre el modelo de combustión química y el modelo de respiración celular, que excluye una discusión epistemológica de sus alcances y limitaciones, podría conducir a fallas en el aprendizaje. Estas fallas estarían generando, a su vez, obstáculos que impidieran futuros aprendizajes sustentables.	OA	Análisis analogía entre respiración celular y combustión
			-Los resultados de la indagación con estudiantes universitarios revelaron que ellos y ellas operarían con elementos memorizados sin conexión y sin cabal comprensión del concepto de combustión	C	
			Por lo tanto, el discurso biológico que presenta a la respiración celular como ejemplo de combustión estaría sustentado en un gran problema de comunicación entre personas expertas y novatas	E	
			-La combustión de materia orgánica y la respiración celular - en ambos casos de glucosa- son dos procesos cuyos modelos científicos son muy distintos.	E	

			-Uso del lenguaje de reacciones químicas, con sus alcances y restricciones sobre estequiometría y balance de masa sumado a la utilización ambigua del lenguaje verbal, pueden convertirse en obstáculos de un aprendizaje conceptual correcto	OA	
	2020		-En el marco de la construcción de los modelos científicos escolares, la consideración del problema de la manipulación de células con micropipetas para la fertilización in vitro se constituyó como un caso que fue bien resuelto.	O	modelos de partida, intermedios y de arribo.
			-Con la modelización, se avanzó significativamente en la reconsideración teórica del fenómeno, en su construcción como hecho científico escolar y también en el desarrollo de la retórica que implicó interacciones dialógicas significativas y la comunicación de las ideas reformuladas.	C	

			-Se pudieron describir los modelos de partida (individuales) y de llegada (grupales) y la etapa de la modelización de las sesiones 1 y 2 constituye una unidad de sentido en sí misma, ya que permitió de manera razonable resolver el problema planteado y podría ser desarrollada en instancias formativas en las cuáles no sea necesario implicar el nivel molecular de organización.	C	
			-Es necesario avanzar en investigaciones en la perspectiva modelos y modelización que, tal como se ha propuesto en este estudio, integren el campo de la formación disciplinar y metacientífica e impliquen el diseño de nuevas unidades didácticas.	OD	

			-Estas deberían permitir a los estudiantes ampliar el campo de experiencias para pensar teóricamente diferentes fenómenos del mundo y, simultáneamente, a la propia ciencia. Creemos en el potencial de extender esta propuesta a la formación biológica en general, apuntando a la construcción de una identidad en la formación del profesorado en Biología	OD	
	2021		En el momento inicial se encontraron modelos explicativos representativos como el cotidiano, sin modelo, reproductivo y mendeliano general y en menor proporción el específico	C	Incidencia de procesos argumentativos en modelos explicativos
			Luego de la intervención didáctica, orientada a fortalecer los procesos argumentativos, los argumentos se ubicaron en su mayoría en el nivel 2 incluyendo más elementos en su estructura, así como el uso en su mayoría de modelos explicativos postmendelianos y mendelianos específicos y en menor proporción el molecular	C	

			Se observó un avance paralelo en la argumentación y el uso de modelos explicativos mendelianos y postmendelianos mediados por una intervención que promovió los procesos argumentativos individuales y colectivos a través de una unidad didáctica con tipologías de preguntas orientadas a la argumentación y por el acompañamiento docente.	C	
			Posibilitó superar obstáculos relacionados al papel del gen en la transmisión de caracteres hereditarios y la identificación de las relaciones alélicas, génicas, patrones de herencia y la interacción alelo-gen-expresión fenotípica.	C	
			Los procesos argumentativos promovidos desde la intervención didáctica aportaron al cambio de los modelos explicativos y, en este caso, implicó la movilización a modelos explicativos postmendelianos y mendelianos específicos, así como en los niveles argumentativos.	C	

ABREVIATURAS:

OD: Orientaciones Didácticas (azul)

OA: Obstáculos para el aprendizaje (verde)

C: Cognición, aspectos relacionados con el proceso de aprendizaje (morado)

E: Epistemológico (rojo)

O: Otros (naranja)