



FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Industrial Y Gestión Organizacional

Carrera de Ingeniería Civil Industrial

**ALCANCES Y LIMITACIONES ANTE LA ESCASEZ HÍDRICA
POR MEDIO DE CONDENSADORES Y EVAPORADORES
SOLARES PARA ZONAS AGRICOLAS EN REGIONES
COSTERAS.**

Proyecto de Título II para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial y al
grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería

Luis Vicente San Martin Oyarce

Profesor guía: Dr. Luis Espinoza Brito

Profesora informante: Dra. Eva soto Acevedo

Valparaíso, Chile

2022

Índice

Índice.....	ii
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de Imágenes.....	viii
Resumen	ix
Introducción.....	xi
1. Capítulo I: Antecedentes Generales.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Contribución esperada.....	4
2. Capítulo II: Metodología.....	6
3. Capítulo III: Marco Teórico.....	9
3.1. Estudio demográfico	10
3.1.2. Población en Chile.....	10
3.1.3 Consumo de agua actual y proyectado por ciudad.....	12

3.1.4. Distribución del consumo de agua.....	17
3.1.5. Plantas desaladoras en Chile.....	18
3.1.6. Zonas protegidas.....	19
3.1.7. Desalinización y agricultura	20
3.1.8. Identificación de zonas a partir del sistema de información geográfico	20
3.1.9 Zonas que cumplen con el criterio de desarrollo agrícola	21
3.1.10. Selección inicial de zonas con factibilidad de implementación según demanda del recurso hídrico.....	21
3.2. Energía solar.....	22
3.2.1 Radiación solar	23
3.3. Funcionamiento de los evaporadores solares.....	24
3.3.1. Tipos de evaporadores solares (Sitio Solar, sf).....	25
3.4. Balances de materia y energía relacionados a un destilador solar.	31
3.5. Calidad del agua	31
Capítulo 4: Marco Jurídico.....	33
4.1. Ecología política de la propiedad del agua	33
4.2. Gobernanza del agua	34
Capítulo 5: Resultados.....	41
5.1. Localidades con escasez hídrica y/o sequia.....	42
5.2. Zonas pre-seleccionadas.....	50
5.3. Factores principales para medir la Radiación Solar.....	52
5.3.1. Radiación Terrestre.....	52
5.3.1.1. Radiación Total	52
5.3.2.Ángulos Básicos	53
5.3.2.1. Latitud $\varnothing$	53
5.3.2.2. Longitud λ	53
5.3.2.3. Altura solar α_s	55
5.3.2.4. Azimut solar γ_s	55
5.3.2.5. Declinación solar δ	55
5.3.2.6. Pendiente del plano β	57
5.3.2.7. Ángulo de Incidencia θ	57
5.3.2.8. Ángulo de Cenit θ_z	57
5.3.2.9. Ángulo horario ω_s	58
5.3.3. Número de horas de sol teóricas (N)	60
5.3.4. Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día	60
5.3.5. Índice de Claridad Horario	62
5.3.6. Factor de Corrección de la Excentricidad de la órbita terrestre (ϵ_0)	62
5.3.7. Radiación Solar Extraterrestre horaria en superficie horizontal	63

5.3.8. Irradiación Diaria Solar promedio terrestre sobre superficie horizontal	64
5.3.9. Irradiación Solar Difusa horaria	64
5.3.10. Radiación Solar Directa Horaria I_b	65
5.3.11. Radiación Solar en la superficie inclinada que capta el Destilador Solar	66
5.4 Balances de materia y energía involucrados en un destilador solar	67
5.4.1. Calor Perdido por Conducción	68
5.4.2. Calor Perdido por Radiación de la cubierta	70
5.4.3. Calor Perdido por Convección de la cubierta	71
5.4.4. Calor perdido por radiación del agua.....	72
5.4.5. Calor Perdido por Convección natural.....	74
5.4.6. Calor Perdido por Convección del agua	76
5.4.7. Calor Perdido por Evaporación	76
5.4.8. Calor almacenado por la cubierta	77
5.4.9. Calor Absorbido por el agua.....	78
5.4.10. Calor Absorbido por el sistema	78
5.4.11. Calor necesario para calentar la cubierta	80
5.4.12. Calor necesario para calentar el agua.....	80
5.4.13. Calor necesario para evaporar x porcentaje de agua	82
5.4.14. Energía Total almacenada por el sistema.....	83
5.4.15. Eficiencia del Destilador.....	84
5.5. Medición del recurso solar en zonas preseleccionadas.....	85
5.5.1. Villa Alemana.....	88
5.5.2. Valparaíso.....	89
5.5.3. Coquimbo	90
5.6. Diseño de prototipo de evaporador solar.....	93
5.7. Muestras y volumen de agua destilada.....	108
5.7.1. Producción de agua obtenida del prototipo.....	109
5.8. Alcances internacionales: El salvador	111
5.8.1. Volumen de agua.....	113
5.9. Estudio del comportamiento y adaptación de árboles nativos de zonas no costeras, en zonas costeras	117
5.9.1. Catastro frutícola V región	120
5.9.2. Hortalizas.....	121
5.9.4. Bosque nativo vs plantaciones forestales.....	124
5.9.5. Riego	125
5.9.6. Textura del suelo	126
5.9.7. Longitud de raíces	127
5.9.8. Evo transpiración.....	128
5.9.9. Demanda de cítricos	130
Capítulo 6: Costos	135

6.1. Mantención.....	137
6.2. Financiamiento	138
Capítulo 7: Conclusiones.....	140
Capítulo 8: Recomendaciones.....	144
Capítulo 9: Bibliografía.....	146

Índice de tablas

Tabla 1: Cifras demográficas por región	¡Error! Marcador no definido.
Tabla2: Consumo promedio mensual por región año 2017 y proyectado por planta sanitaria	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 :Contenido maximo de elementos y substancias quimicas¡	Error! Marcador no definido.
Tabla 4: Solicitudes temporales por región	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 5: Determinación de la Radiación Difusa Horaria.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6: Radiación anual en las ciudades preseleccionadas..	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7: Radiación máxima y mínima en las ciudades preseleccionadas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8: Volumen de agua diaria producida con el prototipo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9: Volumen de agua destilada producida	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10: Catastro frutícola V región ODEPA, 2020.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11: Superficie utilizada para el cultivo de hortalizas en la V región	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12: superficie utilizada en cereales y tubérculos en la V región	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13: superficie utilizada en plantaciones forestales V región.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14: Superficies regadas por provincias.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15: Agua total requerida para cultivo según su textura.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16: Longitud de las raíces de distintos cultivos.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17: Coeficientes de cultivos Kc.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18: Plantaciones de cítricos por región.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19: Superficie frutícola por región según su especie [ha].	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 20: Costos de materiales para construcción del prototipo	¡Error! Marcador no definido.

Índice de figuras

<i>Figura 1: Distribución del consumo de agua</i>	
<i>Figura 2: Radiación solar.....</i>	
<i>Figura 3: Destilador solar de una vertiente.....</i>	
<i>Figura 4: Destilador solar de dos vertientes</i>	
<i>Figura 5: Destilador solar de invernadero.....</i>	
<i>Figura 6: Destilador solar de cascada</i>	
<i>Figura 7: destilador solar esferico de barredera.</i>	
<i>Figura 8: Regiones con decretos de escasez en el 2021</i>	
<i>Figura 9: Distribucion espacial y temporal de la frecuencia de sequias.</i>	
<i>Figura 10:decretos de escasez hidrica entre los años 2009-2020</i>	
<i>Figura 11 : Viviendas sin acceso a red de agua a nivel nacional.....</i>	
<i>Figura 12: Viviendas sin acceso a red de agua potable en la zona norte</i>	

Figura 13: Latitud y longitud	
Figura 14: Ángulo horario.	
Figura 15: Balance de Calor en el Destilador Solar.	
Figura 16: Radiación global horizontal anual en Villa Alemana	
Figura 17: Radiación global horizontal anual en Valparaíso	
Figura 18: Radiación global horizontal anual en Coquimbo	
Figura 19: Relación de volumen de agua destilador de El salvador	

Índice de Imágenes

Imagen 1: Corte con cierra eléctrica	¡Error! Marcador no definido.
Imagen 2: Caras laterales	¡Error! Marcador no definido.
Imagen 3: Paredes laterales forradas con papel fieltro. ...	¡Error! Marcador no definido.

<i>Imagen 4: Base forrada con papel fieltro</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 5: Inicio de montaje</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 6: Proceso de forrado con tetrapack</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 7: Segunda capa de aislante</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 8: Forrado con material reflectante.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 9: Instalación de bandeja</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 10: Prototipo finalizado.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 11: Destilador en actividad.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 12: Termómetro digital.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 13: Canaleta</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Imagen 14: Bandeja receptora de agua destilada</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

Resumen

En el siguiente documento se registra la desigualdad que existe en Chile al punto de analizar estadísticamente donde implementar energías renovables

para poder tener agua en las poblaciones más alejadas de la ciudad, e incluso en algunas ciudades del país, aunque el mayor número de estas se encuentran ubicadas en zonas rurales donde la pobreza está relacionada directamente con la falta de agua. Para esto se realizó un estudio demográfico, señalando los sectores donde más preocupa la escasez hídrica y que además convine con una radiación solar optima con tal de proceder a la construcción e instalación de un prototipo de evaporador solar, el cual será comparado con un evaporador solar de El Salvador evaluando así su productividad y si es apta para el riego de cultivos. Finalmente para sensibilizar el informe se realizara un estudio sobre los árboles frutales, hortalizas y cereales que abundan en la V región y de sus características con el fin de identificar las necesidades y limitaciones que deben cumplir los árboles que no son de zonas costeras en un territorio donde el sodio, la acidez de los suelos y el ambiente en general es ajeno a su lugar de procedencia con el fin de descongestionar las zonas de más al sur del país que se encuentran en un proceso de sobreexplotación del bosque nativo.

Abstract

The following document registers the inequality that exists in Chile to the point of statistically analyzing where to implement renewable energies to be able to have water in the populations furthest from the city, and even in some cities of the country, although the largest number of these are found

located in rural areas where poverty is directly related to the lack of water. For this, a demographic study was carried out, pointing out the sectors where the scarcity of water is most worrying and which also agrees with optimal solar radiation in order to proceed with the construction and installation of a prototype of a solar evaporator, which will be compared with a solar evaporator. of El Salvador thus evaluating its productivity and if it is suitable for irrigation of crops. Finally, to raise awareness of the report, a study will be carried out on the fruit trees, vegetables and cereals that abound in the V region and their characteristics in order to identify the needs and limitations that the trees that are not from coastal areas in a territory must meet. where sodium, the acidity of the soils and the environment in general is alien to their place of origin in order to decongest the southernmost areas of the country that are in a process of overexploitation of the native forest.

Introducción

Chile es un país longitudinal que cuenta con 816 playas y zonas costeras las cuales se ven afectadas por la escasez hídrica que amenaza los cultivos y la ganadería de localidades como Valparaíso, Coquimbo, La Serena, Calama, etc. La escasez hídrica entre otros factores es producto de las bajas precipitaciones con respecto a años anteriores, “durante los últimos 20 años, 2020 es el segundo más seco, solo superado por 2019, la estadística de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), señala que se han acumulado 112,8 mm (lo ideal serían 160 mm). En 2019 sólo precipitaron 82 mm durante todo el año”. Montes, C. (2020, 30 de Junio). A raíz de esto los ganaderos no tuvieron otra opción que migrar a terrenos que quedan más al sur del país ya que no es factible la crianza de sus animales, “durante el año 2019 Según el ministerio de Agricultura, también hay 470.000 cabezas de ganado caprino, 170.000 de bovino y 150.000 de ovino que están en "mal estado", es decir, los animales están desnutridos y débiles sin contar los 34.000 animales muertos”. Paul, F.(2019,11 de octubre). Mismo caso ocurre con los cultivos, los agricultores han tenido que variar los vegetales que cultivaban antiguamente por otros que demanden una menor cantidad de agua, generando desabastecimiento y una menor producción de frutas y verduras.

En el siguiente informe se presentará un estudio con respecto a las zonas costeras de Chile donde la escasez hídrica se encuentra en una etapa de mayor preocupación, se establecerán los criterios para determinar donde es más factible la implementación de energías renovables según sus condiciones medioambientales. Para llevar a cabo el estudio se utilizarán

evaporadores y condensadores solares para la obtención de agua potable, donde además se analizará la productividad de estos para determinar la cantidad que se puede acaparar ya sea para su uso en cultivos, ganadería o para uso doméstico.

Del mismo modo también determinar el tipo de evaporador que se utilizará en las distintas zonas y predios donde sea más factible y donde el agua recolectada se pueda aprovechar de mejor manera.

El uso de evaporadores o condensadores solares es una herramienta para la desalinización del agua, ya que es posible obtener agua dulce del agua del mar, del agua embarrada e incluso de la contenida en los vegetales. Es de especial utilidad en zonas desérticas próximas al mar ya que cuenta con los dos elementos fundamentales como la abundancia de agua salada y de radiación solar, por lo que pueden llegar a ser una ayuda en las regiones costeras del país para dar una mejor calidad de vida a las más de 478.303 familias que no cuentan con agua potable según la casen 2017. Es por esto la necesidad solucionar este problema a estas personas que diariamente deben llevar agua a sus hogares ya sea recorriendo largos tramos día a día con la necesidad de alimentar a sus familias, bañarse, regar sus cultivos, dar de beber a sus animales, lavar la loza, lavar su ropa, actividades diarias que terminan siendo un fastidio y lo cual genera un gran estrés en padres y especialmente en las madres que se quedan en casa cuidando a sus hijos y además realizando todas estas tareas domésticas que se intensifican debido a la escases del agua. “Un hecho que coincide con lo expresado por Unicef.

De acuerdo a datos obtenidos por la entidad, en 8 de cada 10 hogares donde no existe un abastecimiento formal de agua son las mujeres y niñas las responsables de realizar las labores de recolección”. Rojas,T. y Collage:Valenzuela, S. (2021, 29 de abril).

1. Capítulo I: Antecedentes Generales

1.1. Planteamiento del problema

Chile lleva un periodo de alrededor 10 años secos consecutivos, lo cual no había sucedido anteriormente, si bien han existido años bastante secos en este caso el transcurso de 10 años ha provocado un incremento exponencial en cuanto a la sequía del país .

“Según la meteoróloga María Alejandra Bustos, si bien en Chile se han observado sequías comparables a la actual como las de los años 1998, 1988, 1968 y 1924, la gran diferencia es que la de ahora viene tras un período de 10 años secos consecutivos”. Paul,F.(2019,11 de octubre).

Un aspecto a considerar es primero que todo diferenciar los conceptos de escasez hídrica con el de sequía. La escasez hídrica respecta a relación entre la oferta y la demanda del agua, es decir que depende de las actividades diarias de las personas la cual al largo plazo se ve afectada y genera cambios climáticos, en cambio la sequía es un fenómeno natural que conlleva a la falta de agua de manera temporal con respecto a las condiciones normales. Zambrano-Bigiarini, M. (2019,13 de septiembre)

En el caso de estudio la escasez hídrica está afectando a las distintas regiones del país como Atacama, Antofagasta, Valparaíso, Coquimbo, Biobío y Los Lagos entre otras.

El problema de la falta de agua está relacionado directamente a la calidad de vida de las personas, afectando de manera considerable en el ámbito económico, social, físico y mental. Es un hecho que los sectores de mayor vulnerabilidad sean los que más sufren con la falta de agua o que solamente cuentan con agua de pozo o del abastecimiento por camiones aljibes, lo que les dificulta aún más la posibilidad de emprender o mejorar su calidad de vida ya que al no tener agua potable sus posibilidades de establecer un puesto de comida, hostel, vender frutas y/o verduras disminuyen radicalmente ya que no cuentan con la certificación sanitaria para operar (artículo 12 y siguientes del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud). Sin ir más lejos esto aumenta la desigualdad social del país donde algunos poseen de una enorme cantidad de privilegios y otros no cuentan con un recurso básico como lo es el agua.

Otro factor importante al momento de hablar de desigualdad es indudablemente el tipo de legislación que se lleva a cabo con respecto a este tema, como lo es el artículo 19 numeral 24 de los derechos y deberes constitucionales donde instituciones privadas cuentan con la aprobación del gobierno de turno para devastar territorios afectando negativamente en la calidad del agua en las zonas de sacrificio que cada vez más afectan a

pobladores de escasos recursos y que prácticamente han sido olvidados por sus gobernantes y sus partidarios. Fragkou, M. (2020, 22 de junio).

Una solución para estas personas que no cuentan con agua potable, ya sea para regar sus cultivos, animales o para el consumo diario, son las energías renovables, ya que estas afectan de manera menos invasiva en el medio ambiente como las energías convencionales y pueden llegar a ser una solución viable para estas personas que tanto necesitan de este vital recurso.

Las energías renovables no convencionales, utilizan fuentes primarias, renovables, limpias, no tienen emisiones, ni contaminantes locales y son altamente competitivas en el mercado y amigables con el medioambiente, reduciendo las emisiones de CO₂. Son fuentes nacionales y evitan, por ejemplo, la importación de combustibles fósiles. Generan empleo y democratizan el acceso a la energía (electricidad, 2019)

1.2. Objetivos

|

1.2.1. Objetivo general

Determinar los alcances y limitaciones de la capacidad de producción hídrica anual mediante el uso de evaporadores y condensadores solares en zonas costeras para contribuir al riego de zona agrícola y ganadera.

1.2.2. Objetivos específicos

- A) Estudiar el entorno de las posibles localidades costeras que presenten escasez hídrica para abastecer sus cultivos y/o a sus animales.
- B) Cuantificar el recurso solar existente en las distintas áreas geográficas del país con el fin de identificar las zonas de mayor factibilidad para el uso de los evaporadores.
- C) Comparar el rendimiento, la eficiencia y producción de los distintos evaporadores solares existentes a nivel nacional y/o internacional para establecer la viabilidad en cada caso.
- D) Establecer costos de la construcción de un evaporador solar, con el fin de evaluar su rentabilidad como proyecto de innovación.
- E) Evaluar la calidad del agua obtenida mediante los evaporadores, estableciendo si su uso es apropiado o excluyente para el consumo animal y/o a nivel de cultivos.

1.3. Contribución esperada

Los evaporadores solares son una herramienta que se utilizó por primera vez en Chile en 1874, en la ciudad de Las Salinas (Antofagasta) y fue diseñado por Charles Wilson. En ese momento de la historia la escasez

hídrica no era un tema relevante por lo que los avances en energías renovables no era una prioridad como lo es hoy en día. Si bien las energías renovables han avanzado considerablemente producto de la contaminación, la devastación de territorios y el excesivo uso de las energías convencionales por parte de las grandes industrias, aún existen maneras de mejorar la eficacia de esta útil herramienta. Es sabido que los evaporadores tienen la capacidad de desalar agua de mar mediante una representación en pequeña escala del ciclo natural del agua, pero hay otros factores que deben ser estudiados dependiendo de la finalidad para la cual sea destinada el agua recolectada.

El aporte en el caso de estudio la desalación de agua mediante a evaporadores solares para el uso agropecuario en zonas costeras es primordial analizar, estudiar y verificar estadísticamente que árboles frutales, hortalizas, verduras, tienen una mayor factibilidad en cuanto a las condiciones costeras, para esto es necesario estudiar el volumen de agua necesario para el cultivo de “x”, árbol, hortaliza, verdura y el área que estas van a abarcar, además que las especies se adapten a la radiación propia de la zona costera es un factor fundamental que debe ser estudiado. Lo que se espera con este estudio es poder determinar específicamente cuales son las especies propicias para que su desarrollo se lleve de la manera más óptima posible, y así descongestionar las áreas de “interior” que se encuentran más agobiadas respecto a la sobreexplotación que conllevan esos territorios para poder cubrir la demanda de exportación de frutas y verduras.

2. Capítulo II: Metodología

A) Estudiar el entorno de las posibles localidades costeras que presenten escasez hídrica para abastecer sus cultivos y/o a sus animales.

1. Recopilar antecedentes de las localidades: habitantes, geomorfología, necesidades hídricas, cultivos, recurso solar, ganado etc. Fuentes a consultar: Oficina de Políticas Agrarias (ODEPA), Servicio Agrícola Ganadero (SAG), completar
2. Identificar localidades con escasez hídrica y sequía, fuentes a consultar: MOP, DGA, MMA; MINAGRI
3. Seleccionar zonas con mayor factibilidad desaladora y agropecuaria. fuentes a consultar: MMA, MINAGRI
4. Normativas y permisos para la implementación de evaporadores solares fuentes a consultar. Código civil, constitución 1980, normativa de la biblioteca del congreso.

B) Cuantificar el recurso solar existente en las distintas áreas geográficas del país con el fin de identificar las zonas de mayor factibilidad para el uso de los evaporadores.

1. Recopilar antecedentes de los lugares con mayor radiación solar, consultando fuentes: Ministerio de Energía, Agricultura, Atlas, etc.
2. Factores que influyen en el recurso solar (tipos de radiación) fuentes: Organismos gubernamentales, tesis evaporadores solares en Chile, etc.
3. Catastro de zona: cuantificar y priorizar la información recolectada para definir las mejores alternativas para la instalación de evaporadores solares.
4. Medir el recurso solar: radiación directa y difusa, más otras variables de interés, usando las herramientas del Ministerio de Energía, como explorador solar y atlas, etc.
5. Selección de las zonas más favorables en cuanto al recurso solar, mediante herramienta de decisión (estadística, vinculada a pobreza o necesidades del recurso hídrico)

C) Comparar el rendimiento, la eficiencia y producción de los distintos tipos de evaporadores solares existentes a nivel nacional y/o internacional para establecer la viabilidad en cada caso.

1. Recopilación de datos de la productividad de evaporadores en Chile y el mundo, consultando fuentes primarias y secundarias, artículos de

revistas indexadas, información de entidades oficiales de cada país, estadísticas, etc.

2. Estudiar los tipos de evaporadores solares existentes fuente: sitio solar, proveedores u otra fuente confiable.
3. Medir la producción hídrica del evaporador según la zona de estudio, mediante balances de materia, dimensionamiento, condiciones de diseño, etc., consultando fuentes oficiales como el estudio de implementación de evaporadores solares para la recuperación de agua desde piscinas de evaporación de Enaex Rio Loa.
4. Comparar la eficiencia y factibilidad del evaporador para su uso en riegos de cultivos.
5. Establecer el volumen de agua necesario según el área, tipo de cultivo y/o número de animales.

D) Establecer costos de la construcción de un evaporador solar, con el fin de evaluar su rentabilidad como proyecto de innovación.

- 1.-Diseñar y dimensionar el tamaño del evaporador
- 2.-Cotizar materiales para la construcción del evaporador, conforme a un análisis de proveedores
- 3.-Analizar costos, mantenimiento y vida útil del evaporador
- 4.-Analizar posible financiamiento, ya sea en fondos concursables (CORFO, Ministerio de Energía u otro) o préstamo bancario

E) Evaluar la calidad del agua obtenida mediante los evaporadores, estableciendo si su uso es apropiado o excluyente para el consumo animal y/o a nivel de cultivos.

1. Recopilar datos de agua obtenida en otros países, rendimiento según condiciones operacionales, fuentes primarias y secundarias.
2. Recopilar datos del agua obtenida/estimada en cada zona estudiada, conforme a las condiciones de operación y diseño establecidas
3. Diferenciar si es apta para riego y/o consumo animal, comparando los parámetros ambientales según normativa hídrica: NCh 1333/78, NCh 409.

3. Capítulo III: Marco Teórico

El marco teórico utilizado como base principal de esta investigación parte tomando las proposiciones del texto “Identificación de zonas para el desarrollo de proyectos integrales de agua y energía”, con el fin de

identificar de manera eficiente los lugares donde la escasez hídrica es un problema que afecta a los pobladores de las distintas zonas costeras del país y además cerciorarse de la eficacia del recurso solar en cada una de estas ciudades.

3.1. Estudio demográfico

La escasez hídrica es producto de diversos factores como la oferta y demanda de agua según la población de cada ciudad ya sea para el riego de sus cultivos, dar de beber a sus animales y/o para el consumo humano, además de la sequía que es un proceso propio de la naturaleza que se ha visto acelerado por el calentamiento global que si es un problema ocasionado por la especie humana debido a la poca conciencia para con la naturaleza incrementando las industrias y las energías convencionales como el petróleo, la bencina, energía eléctrica, el uso del plástico, el no reciclaje y la devastación de territorios con flora y fauna nativa.

3.1.2. Población en Chile

Según el INE (2019) en el año 2017 87,8% de la población vivía en la ciudad (es decir que cuenta con más de 5000 habitantes). Entre los años 2002 y 2017 la población urbana aumento en más de 2.000.000, un crecimiento de 12.750 habitantes por ciudad.

Para el análisis se consideraron las ciudades definidas por el ministerio de vivienda y urbanismo cercanos al área metropolitana y conurbaciones, de

las cuales se reconocen 172 ciudades. El mayor aumento se experimentó en las áreas metropolitanas de Santiago, Valparaíso y en la conurbación La Serena-Coquimbo, con 822.691, 216.512 y 103.197 habitantes, respectivamente. Los mayores aumentos se dieron en ciudades más pequeñas, como San Pedro de Atacama o Mirasol-El Yeco, que tuvieron aumentos mayores al 100%, duplicando la población del año 2002.

En cuanto a la población rural o pueblos (menos de 5000 habitantes y más de 2000) según el INE al año 2017 se contaban 289 pueblos en Chile con un total de 606.420 habitantes. Entre los años 2002 y 2017 hubo un incremento en la población de 185.199 habitantes, lo que representa un aumento del 44% aproximadamente.

Tabla 1: Cifras demográficas por región

Región	Superficie (Km ²)	% en la superficie	Población (hab)	% población región/país	Densidad (hab/km ²)	Sexo		Ruralidad INE (%)	Ruralidad OCDE (%)
						H	M		
Metropolitana	15.403,2	2,0	7.112.808	40,5%	461,8	48,7%	51,3%	3,7%	4,0%
Biobío	23.890,2	3,2	1.556.805	8,9%	65,2	48,2%	51,8%	11,4%	32,0%
Ñuble	13.178,5	1,7	480.609	2,7%	36,5	48,4%	51,6%	30,6%	62,0%
Valparaíso	16.396,1	2,2	1.815.902	10,3%	110,8	48,5%	51,5%	9,0%	29,0%
Maule	30.296,1	4,0	1.044.950	5,9%	34,5	49,0%	51,0%	26,8%	56,0%
Araucanía	31.842,3	4,2	957.224	5,4%	30,1	48,6%	51,4%	29,1%	65,0%
O'Higgins	16.387,0	2,2	914.555	5,2%	55,8	49,6%	50,4%	25,6%	53,0%
Los Lagos	48.583,6	6,4	828.708	4,7%	17,1	49,4%	50,6%	26,4%	51,0%
Coquimbo	40.579,9	5,4	757.586	4,3%	18,7	48,7%	51,3%	18,8%	26,0%
Antofagasta	126.049,1	16,7	607.534	3,5%	4,8	51,9%	48,1%	5,9%	13,0%
Los Ríos	18.429,5	2,4	384.837	2,2%	20,9	49,1%	50,9%	28,3%	57,0%
Tarapacá	42.225,8	5,6	330.558	1,9%	7,8	50,8%	49,2%	6,2%	9,0%
Atacama	75.176,2	9,9	286.168	1,6%	3,8	50,5%	49,5%	9,0%	46,0%
Arica y Parinacota	16.873,3	2,2	226.068	1,3%	13,4	49,8%	50,2%	8,3%	2,0%
Magallanes	132.297,2	17,5	166.533	0,9%	1,3	51,2%	48,8%	8,1%	21,0%
Aysén	108.494,4	14,3	103.158	0,6%	1,0	52,0%	48,0%	20,4%	44,0%
Total	756.102,4	100,0	17.574.003	100,0%	23,2	48,9%	51,1%	12,2%	

Fuente: elaborado por ODEPA con información de INE Censo, 2017.

3.1.3 Consumo de agua actual y proyectado por ciudad

El estudio con respecto al consumo de agua fue realizado con los datos entregados por el SISS (2019), ya que no existe una base de datos disponible por ciudad y fue calculado a partir de la información entregada por las empresas sanitarias con respecto al consumo promedio mensual de agua potable por cliente. En primer lugar, se cruzó la información de territorios operacionales con las ciudades para identificar la empresa sanitaria encargada de proporcionar agua potable a cada una de ellas. Luego, se multiplicó el consumo promedio mensual en m³ por cliente por el número de viviendas al año 2017. Para obtener el consumo proyectado, se repitió el procedimiento, pero esta vez con la información del total de población proyectada para el año 2035.

Tabla2: Consumo promedio mensual por región año 2017 y proyectado por planta sanitaria

Región	Empresa Sanitaria	Promedio consumo mensual cliente (en m3)	Consumo total promedio mensual 2017	Consumo total promedio mensual 2035
De Arica y Parinacota	Aguas del Altiplano	18,5	1.228.991	1.452.029
De Tarapacá	Aguas del Altiplano	18,5	1.876.808	2.478.079
De Antofagasta	Aguas de Antofagasta	18,5	3.086.700	3.738.473
	Aguas del Altiplano	18,5	235.735	270.349
De Atacama	Aguas Chañar	16,6	1.480.189	1.589.330
	Aguas del Valle	15,2	64.798	62.188
De Coquimbo	Aguas del Valle	15,2	3.371.852	4.277.218
De Valparaíso	COOPAGUA	26,9	117.446	145.754
	ESVAL	14,8	9.864.947	11.377.999
Metropolitana de	Aguas Andinas	20,1	37.292.547	44.189.862

Santiago	Aguas Chacabuco	23,7	627.549	945.448
	Aguas Cordillera	32,2	5.749.415	6.750.280

Región	Empresa Sanitaria	Promedio consumo mensual cliente (en m3)	Consumo total promedio mensual 2017	Consumo total promedio mensual 2035
	Aguas Manquehue	84,6	508.093	771.242
	Novaguas	20,1	130.767	211.832
	SEMBCORP Aguas Lampa	22,6	264.709	428.808
	SEPRA	44,4	158.756	177.746
	MAPA	21,9	3.486.259	3.738.795
Del Libertador Gral. Bdo O'Higgins	ESSBIO	15,5	3.405.871	3.965.898
Del Maule	ANSM	13,7	3.352.666	3.869.161
Del Biobío	ESSBIO	15,5	7.239.788	7.580.832
De Ñuble	ESSBIO	15,5	1.655.669	1.818.955
De La Araucanía	Aguas Araucanía	15,1	3.303.607	3.550.997
	ESSI	12,9	114.486	124.229
De Los Ríos	Aguas Decima	17,6	949.242	1.065.943
	ESSAL	14,3	538.198	552.419
De Los Lagos	ESSAL	14,3	2.966.310	3.297.628
De Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aguas Patagonia	16,5	465.712	483.167

De Magallanes y de la Antártica Chilena	Aguas Magallanes	18,2	1.045.175	1.172.512
Total			94.582.282	110.087.173
Promedio		17,4		

Fuente: SISS, (2019).

El consumo promedio mensual por cliente a nivel nacional es de 17,4 (m³/mes) y en general oscila entre 12 y 20 m³. No obstante, los mayores consumos por cliente se observan en la zona central.

Respecto del consumo total, se prevé un aumento de un 16% en el consumo total mensual de agua potable para el año 2035, considerando la población

proyectada para cada ciudad y de un 12,5% al considerar la población proyectada para los pueblos.

3.1.4. Distribución del consumo de agua

Según el DAAC la actividad productiva que registra el uso más intensivo a nivel nacional es la agricultura (presentada en color verde), seguida por Bebida/Uso doméstico/Saneamiento. La categoría Nulo corresponde al consumo en que el tipo de uso no está definido (no existen datos).

Figura 1: Distribución del consumo de agua



Fuente: Elaborado por GIZ, (2020) con datos DGA/MOP

3.1.5. Plantas desaladoras en Chile

Al año 2020, en Chile se han instalado 83 plantas desalinizadoras, las cuales se encuentran operativas a lo largo de todo el territorio nacional, desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Aysén. Estas plantas desalinizadoras tratan agua de mar o agua subterránea. De ellas, 42 corresponden a proyectos APR, 18 a proyectos mineros y 12 a sanitarias. Adicionalmente, se han identificado 28 proyectos futuros de desalinización, 22 de ellos relacionados a la minería (nuevos o expansiones) y 6 a empresas sanitarias. También se han incluido 3 sistemas de impulsión de agua de mar como parte del catastro. Para las operaciones mineras e industriales se estima que la capacidad de desalinización aumentará de 5,6 m³/s a 12 m³/s

y para el sector sanitario, ésta crece de 4,6 m³/s a 11,2 m³/s (Ministerio de energía y GYZ, 2020).

Según la página web de la fundación española “Fundación Aquae” los tres principales países desalinizadores de mundo son Arabia Saudita, con el 17% de la producción mundial, Emiratos Árabes Unidos con un 13,4% y los Estados Unidos con 13%. Además, existen alrededor de 15.000 plantas de producción de agua desalada, la mayoría en el Medio Oriente y África del Norte, la más grande está en Arabia Saudita, la planta de Jebel Ali en los Emiratos Árabes Unidos puede producir 564 millones de galones gracias a la desalinización del agua de mar.

Dubai abastece más del 98% de su suministro de agua potable a partir de la desalación. En Israel 80% del consumo doméstico de agua en las ciudades proviene de agua desalada.

3.1.6. Zonas protegidas

Las zonas de interés turístico poseen una base de datos de las zonas protegidas, restricciones de acceso por ley de pueblos originarios, parques nacionales, entre otras. Lugares como parques nacionales, infraestructura de transporte (MOP), caleta de pescadores (concesiones de uso de borde costero), límites de cuenca, subcuenca, sub-subcuenca (DGA), línea de costa derivada de límites administrativos (IDE, Chile), humedales (MMA), salares (Sernageomin) y derechos de agua (DGA) son lugares que están protegidos o más bien exentos de proyectos de cualquier tipo.

3.1.7. Desalinización y agricultura

Una buena forma de descongestionar los terrenos del sur seria habilitar terrenos en zonas costeras con el fin de cultivar árboles frutales, hortalizas y verduras dentro de lo posible en cuanto al clima costero, ya que los suelos en la costa y en el aire se perciben partículas de sal las cuales afectan a algunos frutos los cual impiden su desarrollo.

Para realizar la implementación de evaporadores solares en predios costeros (interior también) los campesinos son escépticos con temas de energías renovables por lo que se dificulta la masificación de los evaporadores.

El tema de los evaporadores es una posibilidad real de conseguir agua a bajo costo y así aprovechar esta agua para cultivos y el ganado.

3.1.8. Identificación de zonas a partir del sistema de información geográfico

Para poder identificar las zonas de estudio es necesario tener en cuenta una base de datos con respecto a la población de cada ciudad y a la demanda de agua que se necesita en cada caso, a partir de esto se realizara una selección donde se le dará mayor importancia a las ciudades que se encuentren con

una mayor escasez hídrica, es decir en los lugares donde el recurso hídrico este en mayor peligro.

Otros aspectos importantes son las características del terreno, áreas ambientales sensibles e infraestructura.

3.1.9 Zonas que cumplen con el criterio de desarrollo agrícola

En este punto es importante el recurso solar, la cercanía del terreno con el borde costero, la cercanía de pueblos poblados y la cercanía con los suelos de alta y/o baja productividad agrícola.

Estos cuatro factores son fundamentales en la investigación, ya que de estos dependerá donde es factible la desalación de agua, para así producir la cantidad que demande cada predio con sus respectivos árboles frutales, hortalizas, verduras y/o para beber (personas o ganado según cada caso).

3.1.10. Selección inicial de zonas con factibilidad de implementación según demanda del recurso hídrico.

Dentro de los posibles lugares a investigar se considera la conurbación Coquimbo-La Serena, la región de Valparaíso, zona costera de la región del Maule, región de la Araucanía y región de los Lagos. Estos lugares son

preseleccionados ya que la escasez hídrica esta mas avanzada que en otros sectores, y en ellas es donde se han proclamado una mayor cantidad de decretos de escasas hídrica según

3.2. Energía solar

La energía solar es una fuente de energía natural e inagotable que se obtiene a través de la radiación electromagnética solar. La energía solar se puede captar a través de células fotoeléctricas (paneles fotovoltaicos), heliostatos o colectores solares, que posteriormente la transforman en energía solar térmica (a través de la temperatura) o energía solar fotovoltaica (a través de la luz). También puede aprovecharse de forma pasiva con técnicas de arquitectura bioclimática y sostenible (Factorenergia, (2020)).

La energía solar es la energía renovable que menos contamina con respecto a las demás energías renovables, ya que no causa impacto negativo a las especies como las aves o peces que se ven afectadas producto de la energía eólica e hidráulica respectivamente.

La energía solar es la energía que se obtiene mediante la captura de la luz y el calor que emite el sol, por medio de una variedad de sistemas receptores, convirtiéndola en energía útil. La intensidad de esta energía disponible en un punto determinado del planeta tierra dependerá del día del año, la hora y

la latitud, aunque también incidirá en la cantidad de energía que pueda acumularse y la orientación que disponga el dispositivo receptor.(Rufes Martínez, P.(2010) citado en Pallante Rojas, P. (2015))

3.2.1 Radiación solar

El flujo de Radiación Solar sobre una superficie horizontal terrestre depende de varios factores, los más relevantes son: latitud, época del año, momento del día y estado de la atmósfera. La radiación solar sufre un proceso de debilitamiento de dispersión (debido al aerosol), reflexión (debido a las nubes) y absorción (debido a las moléculas de gas y partículas en suspensión) al atravesar la atmósfera. Por lo tanto, la radiación solar es reflejada o absorbida por la superficie terrestre (océano o continental) menor que la parte superior de la atmósfera. Esto depende de la longitud de onda de la energía transmitida y del tamaño y naturaleza de la sustancia que cambia la radiación. La superficie de la tierra, el suelo, el océano y la atmósfera absorben la energía solar y la irradian en todas direcciones nuevamente en forma de calor (Ideam, sf)

Figura 2: Radiación solar



Fuente: Sitio solar, (sf)

3.3. Funcionamiento de los evaporadores solares

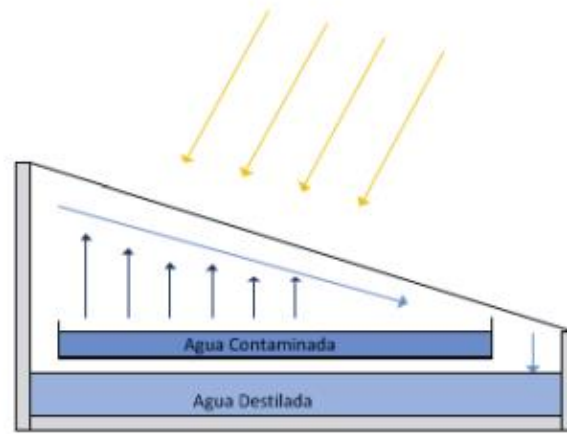
Su principio de funcionamiento reproduce la circulación natural del agua en un área pequeña, independientemente de su tipo. Esto incluye un espacio de caja o contenedor en el que se dispone un contenedor o estanque con fondo negro para almacenar el agua salada o el agua contaminada que se destilará. En la parte superior y cerrando este espacio, se coloca una superficie transparente para permitir el paso de la radiación solar. Debido al efecto invernadero se consigue el calentamiento del agua manteniendo la humedad en la superficie transparente. La radiación solar en contacto con el recipiente negro elevará la temperatura del agua en el recipiente de pintura negra y promoverá la evaporación.

Luego, el vapor de agua asciende por convección hasta llegar a la superficie transparente porque está en contacto con el exterior y por lo tanto tiene una temperatura más baja que el resto del destilador. En esta superficie, el agua se condensa para formar pequeñas gotas de agua. La superficie transparente está dispuesta de forma adecuada para favorecer las gotitas y, a medida que avanza el proceso, su tamaño aumenta y fluye hacia el recipiente donde se recoge toda el agua destilada. Mientras persista la radiación solar y haya agua para destilar, el proceso permanecerá (Sitio solar, sf)

3.3.1. Tipos de evaporadores solares (Sitio Solar, sf)

3.3.1.1 Destilador solar de una vertiente: Se trata de una caja cubierta por un cristal inclinado. La caja está dividida en dos compartimentos: uno con el fondo de color negro donde se coloca el agua a evaporar y que ocupa la mayor parte de la caja y el otro donde se recoge el agua destilada y que se encuentra en el lado de menor altura.

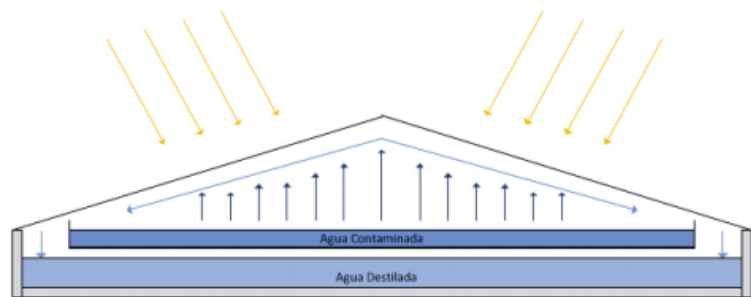
Figura 3: Destilador solar de una vertiente



Fuente: Sitio Solar, sf.

3.3.1.2. Destilador solar de dos vertientes: Este modelo consta de un “tejado” dos aguas de material transparente. Las gotas de agua que se han condensado en el panel transparente se deslizan por los lados y precipitan a un depósito situado bajo la bandeja donde se dispone el agua para destilar. Desde el depósito de almacenamiento se extrae el agua por medio de un grifo.

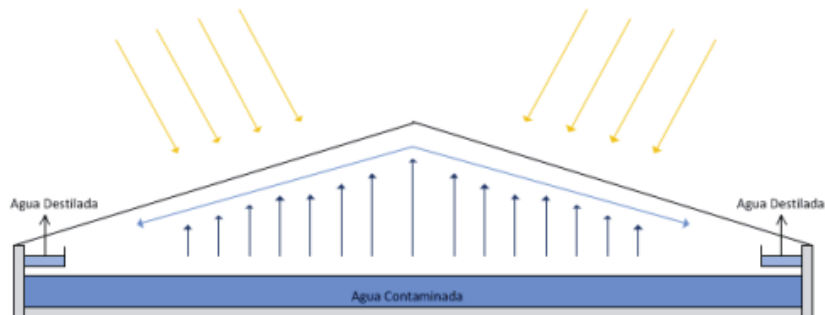
Figura 4: Destilador solar de dos vertientes



Fuente: Sitio solar, sf.

3.3.1.3. Destilador solar de invernadero: Este es un modelo de destilador solar de gran tamaño. Se trata de estructuras de invernadero. En esencia es el mismo modelo que el destilador solar de dos vertientes pero de grandes proporciones.

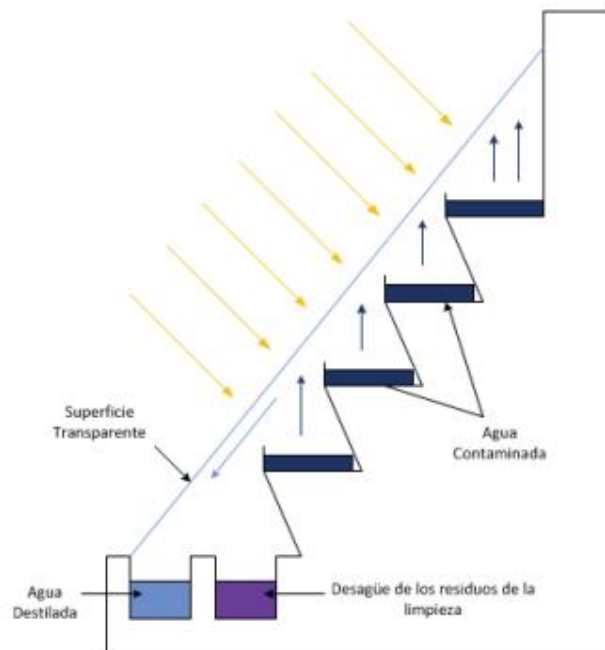
Figura 5: Destilador solar de invernadero



Fuente: Sitio solar, sf.

3.3.1.4 Destilador solar de cascada: Posee forma de escalera o terrazas. En la parte superior de cada escalón se colocan los depósitos de color negro donde se coloca el agua a destilar. Cuando la radiación solar incide en el destilador comienza la evaporación y el vapor de agua se condensa en una superficie transparente inclinada sobre las terrazas, este termina en un recipiente que permite recoger el agua ya destilada.

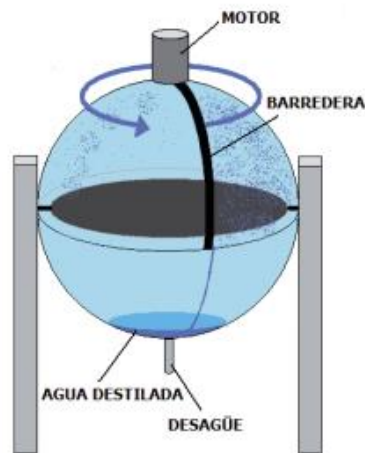
Figura 6: Destilador solar de cascada



Fuente: Sitio solar, sf.

3.3.1.5. Destilador solar esférico de barredera: Este tipo de destilador posee forma esférica del material transparente y una barredera que recorre su cara interna accionada por un pequeño motor. En una bandeja con fondo de color oscuro situada en la parte central de la esfera se deposita el agua a destilar.

Figura 7: destilador solar esferico de barredera.



Fuente: Sitio solar, sf.

3.3.1.6. Destilador solar multietapa: Este modelo es más complejo pero a la vez más eficiente, emplea sistemas de colectores solares complejos (concentradores parabólicos, tubos de vacío, e incluso sistemas de placa plana de alta eficiencia), por lo que alcanza altas temperaturas. El vapor de agua se condensa con ayuda de un refrigerante y el calor se recupera y se almacena en depósitos. Este sistema requiere ya de inversiones mayores que los anteriores.

3.4. Balances de materia y energía relacionados a un destilador solar.

Los destiladores solares cumplen con la primera ley de la termodinámica la cual dice que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Esto ocurre luego del proceso de separación del agua limpia con la desalación efectuado producto del ciclo del agua, en este proceso es cuando se pierde calor ya sea por convección, evaporación, radiación, conducción desde la cubierta, el agua misma, el policarbonato, etc.

3.5. Calidad del agua

Norma Chilena NCh1333.Of78

Esta norma fija un criterio de calidad del agua de riego de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado.

Estos criterios tienen como objetivo preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por la contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

El valor del pH es un parámetro de gran importancia para determinar la calidad del agua residual.

El agua para el consumo humano debe tener un pH comprendido entre 6,0 y 8,5. El agua para riego debe tener un pH comprendido entre 5,5 y 9,0.

Tabla 3 :Contenido maximo de elementos y sustancias quimicas

SUBSTANCIA	EXPRESADO COMO	LIMITE MAXIMO
Amoniaco	N	0,25
Arsénico	As	0,05
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN-	0,2
Cloruros	Cl	250*
Cobre	Cu	1,0*
Compuestos fenólicos	Fenol	0,002
Cromo hexavalente	Cr	0,05
Detergente	SAAM	0,5
Flúor	F-	1,5
Hierro	Fe	0,3*
Magnesio	Mg	125
Manganeso	Mn	0,10*
Mercurio	Hg	0,001
Nitratos	N	10*
Nitritos	N	1
Plomo	Pb	0,05
Residuos sólidos filtrables	-	1 000*
Selenio	Se	0,01
Sulfatos	SO ₄ -2	250*
Zinc	Zn	5,0*

Fuente: Norma Chilena para agua potable NCH 409/1

Capítulo 4: Marco Jurídico

4.1. Ecología política de la propiedad del agua

La ecología política, en tanto prisma de análisis de las relaciones entre naturaleza y sociedad, destaca el carácter híbrido del medio ambiente. Ello en la medida que el medio ambiente se constituye, simultáneamente, como algo social y ecológico (Blaikie, 1985; Bryant y Bailey, 1977; Castree y Braun, 2001; Robbins, 2004 citados en Prieto, 2015).

Si bien los flujos hídricos se reconocen como algo estrictamente natural, existe un trasfondo oculto a través de las relaciones de poder, según swyngedouw (2004, p.28) el agua posee una ontología socio natural, en el sentido de que “es una cosa “híbrida” que captura y encarna procesos que son simultáneamente materiales, discursivos y simbólicos”. Ante esta perspectiva, el ciclo del agua es presentado como un proceso metabólico, en el que sus aspectos biofísicos están indisolublemente ligados a diversas tecnologías de poder que intentan controlar las relaciones sociales entorno a la distribución y calidad del recurso. Esta visión destaca como los flujos de agua forman paisajes hídricos, los cuales, lejos de ser puros paisajes naturales que preceden de poder, son paisajes híbridos y, en tanto tales, por

excelencia politizados. Así, los paisajes hídricos serán entendidos como ciclos sociohidrológicos conformados por las relaciones de integración e interdependencia entre la naturaleza y las relaciones sociales (swyngedouw, 2004 citado en Prieto, 2015).

La “propiedad” emerge de procesos históricos donde la lucha de poder cumple un rol central (Thompson, 1975 citado en Prieto 2015) y se articula como una institución instrumental al proceso de acumulación capitalista (Horwitz, 1977 citado en Prieto 2015). De este modo los derechos de propiedad deben ser entendidos dentro de los contextos históricos e institucionales que definen sus características (Bromley, 1982, 1989 citado en Prieto 2015).

Dicho todo esto el sentido de propiedad vista como una institución neutral y apolítica, es puesta en tela de juicio al develarse los procesos históricos y arreglos institucionales que hacen evidentes las relaciones de poder detrás de la misma.

4.2. Gobernanza del agua

El concepto de Gobernanza, nace a partir del cambio de paradigma dentro del quehacer de la política pública. Este proceso se gesta a fines del siglo XX, momento en que se producen importantes tensiones políticas a causa

de la dificultad de los gobiernos centralizados (Estado de Bienestar) para gestionar y administrar la totalidad de conflictos de cada territorio (Serna de la Garza, s/f). Tomando como base la definición de la OCDE (2015) citado en (Muller et al., 2017), se establece que la Gobernanza del agua desde una perspectiva normativa, hace referencia al “conjunto de normas, prácticas y procesos políticos, institucionales y administrativos (formales e informales) a través de los cuales se toman y aplican las decisiones, donde los interesados pueden expresar sus intereses y tener en cuenta sus preocupaciones” (p.15). De acuerdo a lo mencionado por Muller et al. (2017) sería el marco general que fija objetivos, guía las estrategias de gestión y supervisa resultados respecto al manejo hídrico. (p. 226)

Sin embargo, es preciso destacar que este concepto tiene enfoques y narrativas diferenciadas de acuerdo a los objetivos de desarrollo que cada territorio pudiese vislumbrar. En Chile los objetivos son pensando en la economía del país, hoy en día con la escasez hídrica debido al extractivismo desmesurado por parte de las autoridades el cual ha llevado a diferentes comunidades a ser llamadas zonas de sacrificio donde en algunos casos se ha perdido por completo el suministro de agua o incluso provocar daños en salud de los habitantes como ha ocurrido en Tocopilla, Mejillones, Huasco, Quintero-Puchuncavi, Coronel, Tiltil zonas de sacrificio reconocidas por la OSC e INDH (2018), son ejemplos claros de que en el país la prioridad es satisfacer la demanda de materias primas mayoritariamente para la

exportación dejando de lado las necesidades básicas de la población e incluso pasándolos a llevar contaminando el agua, el aire y la tierra.

El principal cuerpo legal de Chile es la Constitución Política de 1980, refundido en el Decreto 100 promulgado el 17 de septiembre de 2005. Esta señala lo siguiente en relación a los derechos y el agua: (Lobos, V. 2021)

Art. 19. La Constitución Política asegura a todas las personas: [...] 24° – El derecho de propiedad en sus diversas especies sobre toda clase de bienes corporales o incorporeales. Sólo la ley puede establecer el modo de adquirir la propiedad, de usar, gozar y disponer de ella y las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social [...] Nadie puede, en caso alguno, ser privado de su propiedad, del bien sobre que recae o de alguno de los atributos o facultades esenciales del dominio, sino en virtud de ley general o especial que autorice la expropiación por causa de utilidad pública o de interés nacional, calificada por el legislador [...] Los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos.

Un segundo nivel normativo son las leyes orgánicas que se catalogan según su materia. En relación al agua se destaca el Código Civil y el Código de Aguas, que señalan lo siguiente:

Código Civil (DFL 1/2000)

Art. 589. Se llaman bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda. Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el de calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas, se llaman bienes nacionales de uso público o bienes públicos. Los bienes nacionales cuyo uso no pertenece generalmente a los habitantes, se llaman bienes del Estado o bienes fiscales.

Art. 595. Todas las aguas son bienes nacionales de uso público.

Código de Aguas (DFL 1.122/1981, 2018)

Art. 2. Las aguas terrestres son superficiales o subterráneas. Son aguas superficiales aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas. Son aguas corrientes las que escurren por cauces naturales o artificiales. Son aguas detenidas las que están acumuladas en depósitos naturales o artificiales. [...]

Art. 4. Atendida su naturaleza, las aguas son muebles, pero destinadas al uso, cultivo o beneficio de un inmueble se reputan inmuebles.

Art. 5. Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código.

Art. 6. El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código [...] Si el titular renunciare total o parcialmente a su derecho de aprovechamiento, deberá hacerlo mediante escritura pública que se inscribirá o anotará, según corresponda, en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente.

Art. 8. El que tiene un derecho de aprovechamiento lo tiene, igualmente, a los medios necesarios para ejercitarlo. Así, el que tiene derecho a sacar agua de una fuente situada en la heredad vecina, tiene el derecho de tránsito para ir a ella.

Art. 181. El titular de un derecho de aprovechamiento [...] que estimare estar siendo perjudicado en el aprovechamiento de las aguas, por obras o hechos recientes, podrá ocurrir ante el Juez competente a fin de que se le ampare en su derecho.

Otras leyes orgánicas chilenas relacionadas con el agua y la agricultura son las siguientes:

Ejecución de Obras de Riego Fondos Fiscales (DFL 1.123/1981)

Art. 1. Todas las obras de riego que se ejecuten con fondos fiscales [...] deberán haber sido previamente evaluadas y aprobadas por la Comisión Nacional de Riego.

Art. 3. La Dirección de Riego podrá ordenar la confección del proyecto definitivo si los interesados que representen a lo menos el 33% de los nuevos terrenos por regar o el 33% de los derechos de aprovechamiento cuando se trate de obras de uso múltiple manifiesten por escrito que aceptan el anteproyecto a que se refiere el artículo anterior.

Art. 4. Sólo se podrá ejecutar el proyecto cuando el precio de los terrenos, más el costo de las obras por construir no sea superior al valor comercial de terrenos regados similares de la misma región.

Art. 11. Las obras de riego construidas con arreglo al presente decreto con fuerza de ley, podrán ser administradas por el Estado durante el plazo no mayor de cuatro años contado desde la terminación de ellas, que se denominará de explotación provisional y que será fijado por la Dirección de Riego. El costo de la explotación por el Estado será de cargo de los usuarios en la forma que establezca el Reglamento.

Ley Fomento del Riego (Ley 18.450/1985)

Art. 1. El Estado, por intermedio de la Comisión Nacional de Riego, bonificará el costo de estudios, construcción y rehabilitación de obras de riego o drenaje, así como de proyectos integrales de riego o drenaje que incorporen el concepto de uso multipropósito [...] cuyos proyectos sean

seleccionados y aprobados en la forma que se establece en esta ley [...]
Asimismo, se bonificarán los gastos que involucren la organización de
comunidades de aguas y de obras de drenaje [...] La Comisión considerará
objetivos ambientales en los proyectos de riego bonificados por la ley,
siendo susceptibles de bonificación

Las inversiones cuyos sistemas productivos impidan la degradación del
suelo, de la biodiversidad o cualquier tipo de daño ambiental.

Ley de Servicios Sanitarios (DFL 382/1988)

Art. 1. Están comprendidas [...] Las disposiciones relativas al régimen de
explotación de servicios públicos destinados a producir y distribuir agua
potable y a recolectar y disponer aguas servidas, servicios denominados en
adelante, servicios sanitarios [...] Las disposiciones relativas al régimen de
concesión para establecer, construir y explotar servicios sanitarios [...] La
fiscalización del cumplimiento de las normas relativas a la prestación de los
servicios sanitarios [...] Las relaciones entre las concesionarias de servicios
sanitarios y de éstas con el Estado y los usuarios.

Art. 5. Es un servicio público de producción de agua potable, cuyo objeto es
producir agua potable para un servicio público de distribución. Es servicio
público de distribución de agua potable, aquel cuyo objeto es prestar dicho
servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización

conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación. Es servicio público de recolección de aguas servidas, aquel cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación. Es Servicio público de disposición de aguas servidas, aquel cuyo objeto es disponer las aguas servidas de un servicio público de recolección.

Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley 19.300/1994)

Art. 1. El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

Capítulo 5: Resultados

La realidad al año 2021 con respecto al recurso hídrico es preocupante debido a que es un problema global. En Chile la realidad no está alejada a la del resto del mundo, ya que el país está sufriendo un periodo de más de 20 años en decadencia con respecto a los volúmenes de agua tanto de lluvia como caudales de ríos. Las bajas precipitaciones en todo el país es un factor más que se suma a tantos otros como la contaminación, devastación y el abuso de las grandes empresas. Un reflejo de esto es que Chile fue el primer

país en agotar sus recursos naturales a la fecha del 17 de mayo 2021.
(Anadolu Agency, 2021) Andrea Aguilar Córdoba).

5.1. Localidades con escasez hídrica y/o sequia

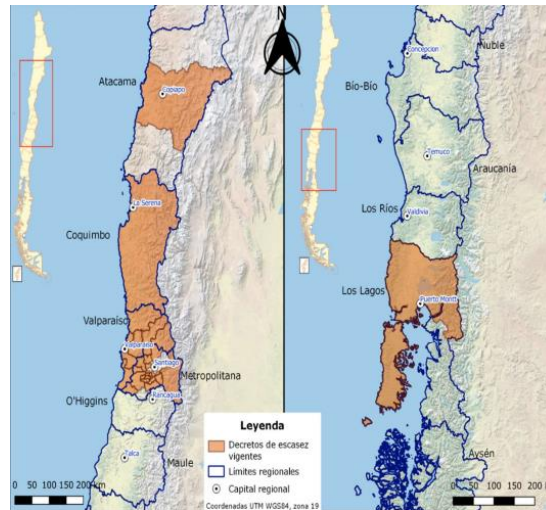
En Chile hasta el año 2020 el 50% de las ciudades (137 de 270) tenían al menos un decreto de escasez hídrica. Los decretos ante la escasez hídrica por parte del gobierno a ciudades (sectores) con falta de agua para el consumo diario tiene una fecha de vencimiento, lo cual no trae mejoras ante el problema con el recurso hídrico, si bien se da descanso al sector por un periodo de años estimados por el ministerio de obras públicas, esto no soluciona el problema de raíz ya que luego de eso la extracción del recurso se realiza de una manera industrial socavando toda el agua “recuperada”.

Los decretos de escasez hídrica tienen una vigencia de seis meses y entregan varias herramientas a la autoridad para disminuir los efectos ocasionados por la sequía y focalizadas especialmente para los sectores rurales que en estos momentos suman 775.796 personas que no cuentan con agua, 36% del total nacional (MOP, 14.05.2021)

El mayor número de decretos de escasez se solicita en ciudades ubicadas en las regiones de Coquimbo y Valparaíso, sectores los cuales están constantemente expuestas al extractivismo consecuente de la contaminación

de ríos aledaños a las desembocaduras del océano pacifico haciendo aún más difícil la disputa de recuperar el agua en territorios con escasez.

Figura 8: Regiones con decretos de escasez en el 2021



Fuente: MOP, 2021.

En la figura 8 se puede observar que las regiones de atacama, Coquimbo, Valparaíso y los lagos es donde más decretos de escasez existen hasta el 2021, así mismo como se menciona anteriormente las regiones de Valparaíso y Coquimbo es donde además de tener la mayor cantidad de decretos de escasez ambas son las que tienen el mayor número de solicitudes de estos.

Tabla 4: Solicitudes temporales por región

Región	Total	Aprobadas	Rechazadas	Pendientes	Desistidas
Atacama	11	11	0	0	0
Coquimbo	323	280	25	13	5
Valparaíso	461	333	83	45	0
R. M.	40	26	7	7	0
O'Higgins	41	27	14	0	0
Maule	2	0	2	0	0
Total	878	677	131	65	5

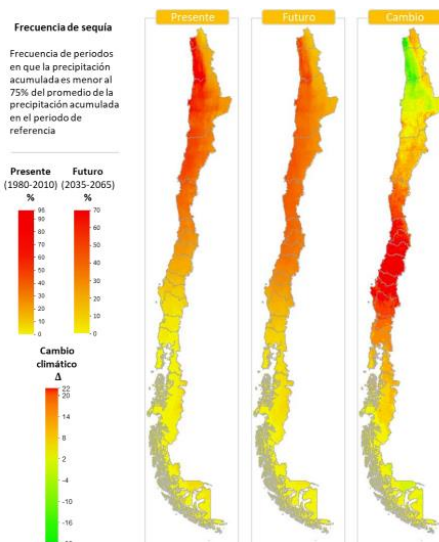
Fuente: DGA/MOP 2021.

A nivel nacional se ven rechazadas 131 solicitudes, una cifra preocupante ya que si bien el 85% de las solicitudes son aprobadas, el hecho de negarse a la solicitud de un territorio el cual se esta viendo afectado por la falta de agua, negarse a proteger a un numero por mas pequeño que sea es una falta grave a los derechos humanos de cualquier persona.

Un factor de la escasez hidrica es la sequia, la cual se da de forma natural en cada territorio debido a un ciclo propio que esta viviendo. En muchos de estos lugares se han visto intervenidos por el ser humano ya que cada vez son mas frecuentados por deportistas e incluso como lugar turistico acelerando asi algunos de estos procesos.

En la figura 9 se ve como la sequia proyectada en base al consumo de las precipitaciones acumuladas en la subcuenca se desplaza desde la zona norte del país hasta la zona centro sur en un estudio de la DGA 2017 donde se proyecta desde el año 2015 hasta los años 2030 y 2040.

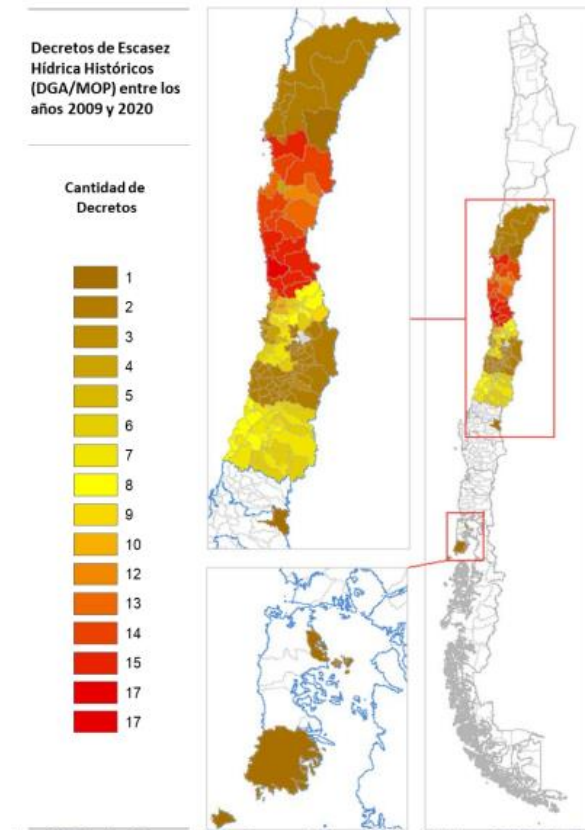
Figura 9: Distribucion espacial y temporal de la frecuencia de sequias.



Fuente: ARCLIM, MMA, GIZ, 2020

En la figura 10 se pueden observar las regiones donde historicamente existen decretos de escasez en Chile desde el 2009 al 2020 (MOP, 2020), donde el color rojo indica las ciudades con una mayor cantidad de decretos acumulados, para ser mas exactos 17 decretos se pueden apreciar entre la III y V región. El color café nos indica las ciudades que tienen almenos un decreto de escasez hidrica.

Figura 10:decretos de escasez hidrica entre los años 2009-2020

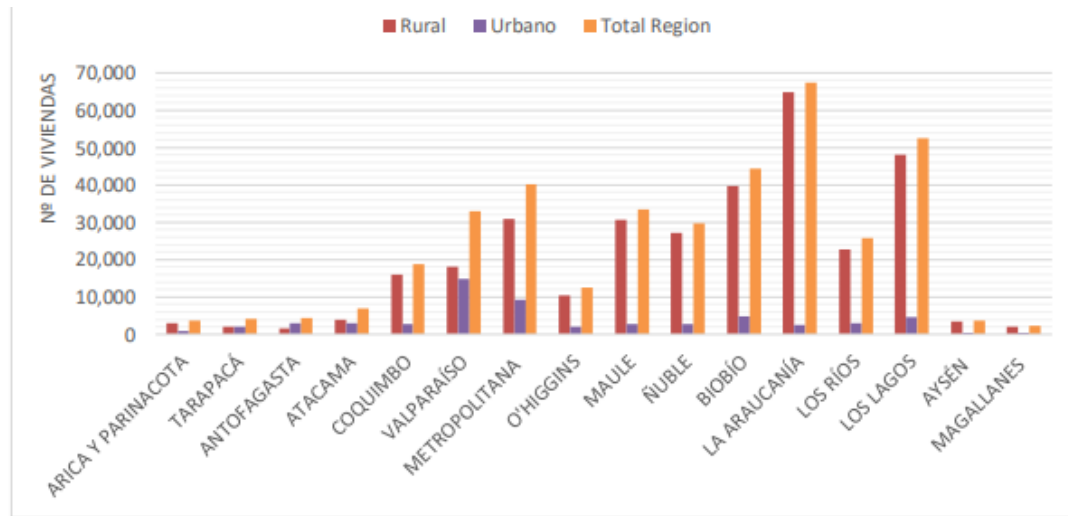


Fuente: MOP, 2020.

En la figura 11 se observa que curiosamente en las zonas más al sur del país donde existen ríos con caudales de mayor volumen que en la zona norte que existe una mayor cantidad de viviendas sin acceso a agua potable por

cañería. Desde la región del Maule hasta la región de los lagos existen más de 25.000 viviendas por región que no cuentan con agua por medio de red de cañería, también se puede observar que la mayor parte de estas viviendas son de las zonas rurales de esas regiones. En la región de la Araucanía el número de viviendas que no cuentan con agua potable por red sobrepasa las 60.000 si consideramos que en esas viviendas viven en promedio 4 personas se registra una población de 240.000 personas, en la región de la Araucanía según el censo 2017 contaba con 938.626 habitantes, es decir que un 25% de la población en la región de la Araucanía no cuentan con agua potable por cañería.

Figura 11 : Viviendas sin acceso a red de agua a nivel nacional

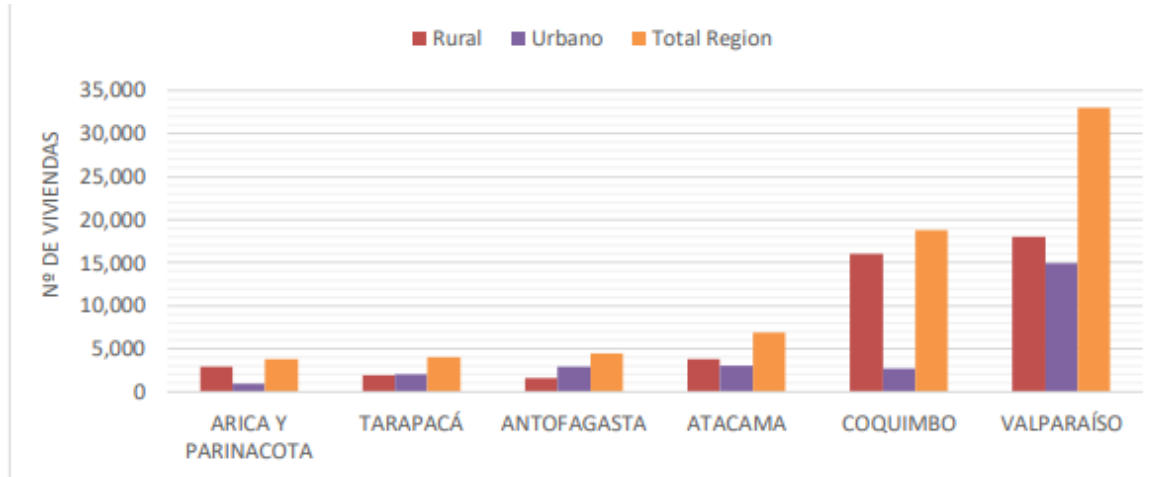


Fuente: Censo 2017

En el caso de la zona norte los sectores más afectados por la falta de agua son las regiones de Coquimbo y la región de Valparaíso, dos regiones turísticas por sus playas, cerros y su diversidad.

En Valparaíso más de 30.000 viviendas no cuentan con red de cañería.

Figura 12: Viviendas sin acceso a red de agua potable en la zona norte



Fuente: Censo 2017

5.2. Zonas pre-seleccionadas

Las regiones de atacama, Coquimbo y Valparaíso son dos ciudades que cuentan con una infinidad de lugares maravillosos y recónditos por su atmosfera de paz y conexión con la naturaleza, por lo que en este momento son las dos ciudades más expuestas a sufrir una crisis hídrica y si la ciudadanía no toma conciencia del problema no será posible emparejar la balanza la cual está cargada para el sector contrario, es por esto que las

energías renovables son una opción viable para poder dar vuelta el panorama actual.

Estas dos regiones cuentan con un clima ideal para la implementación de energías renovables que si bien existen y ya son un hecho, este es el momento de masificar su uso para así no depender cien por ciento de las energías convencionales como el petróleo y la electricidad; Así poder descongestionar o al menos estancar el proceso de escasez que afecta a comunidades enteras dentro de un país (36% del total de personas en Chile).

La región de Valparaíso y la de Coquimbo al ser lugares costeros los hogares de las personas en su mayoría viven en los cerros de sus respectivas ciudades. Muchas de esas casas son construidas en sectores del cerro por lo que no todas tienen suministro de agua por cañería, más bien se sustentan con camiones aljibes que abastecen de agua cada dos semanas en un estanque general y los estanques de cada familia (si tiene uno propio) del sector.

El lugar donde se observará el desempeño del evaporador solar se encuentra ubicado en la región de Valparaíso, en la ciudad de Villa alemana, exactamente en la población los ríos, lugar donde el agua es adquirida por medio de camión aljibe 1 vez a la semana.

La ciudad de villa alemana cuenta con veranos calurosos, de altas temperaturas lo que es uno de los factores principales para llevar a cabo este proyecto.

5.3. Factores principales para medir la Radiación Solar

5.3.1. Radiación Terrestre

Es la que proviene de objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco o un lago, etc.

5.3.1.1. Radiación Total

Es la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie. Por ejemplo, sobre una pared o una ventana, incide la radiación directa del sol, la difundida por

las nubes, por el cielo y además, puede entrar la luz reflejada por algún otro objeto frente a la pared o ventana.

5.3.2.Ángulos Básicos

Los parámetros básicos que intervienen cuando se estudia la posición relativa del Sol y de la Tierra. Es necesario conocer estos parámetros si se desea calcular la radiación solar que incide sobre una superficie con una determinada inclinación y orientación.

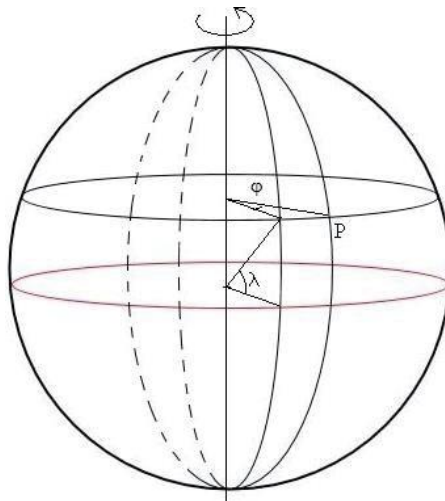
5.3.2.1. Latitud $\varnothing$

Es la distancia angular (Figura 2.7), medida sobre el meridiano, entre una locación terrestre y el plano del Ecuador. Varía de 0 a 90°, siendo positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur.

5.3.2.2. Longitud λ

Es la distancia angular, medida sobre el plano del Ecuador, entre el meridiano correspondiente y el meridiano origen. Dicho meridiano origen es el de Greenwich (meridiano 0). Los puntos situados al Este del meridiano de Greenwich tienen valor positivo, mientras que los situados al Oeste tienen valor negativo.

Figura 13: Latitud y longitud



Fuente: Energía solar térmica: Técnicas para su aprovechamiento, Rufes
Martinez, P. (2010)

5.3.2.3. Altura solar α_s

Es el ángulo formado por la recta que une el Sol con el punto considerado (rayo incidente) y el plano tangente a la superficie terrestre que pasa por dicho ángulo punto. En el ocaso y al alba, $\alpha=0^\circ$; al mediodía, $\alpha=90^\circ$. El ángulo complementario de α_s se representa por ξ_s y se denomina Cenit solar.

5.3.2.4. Azimut solar γ_s

Es el ángulo que forma la proyección del rayo solar incidente sobre el plano tangente a la superficie terrestre, con la dirección Norte-Sur. Al mediodía, $=0$; por la mañana el valor es positivo, y por la tarde, negativo.

5.3.2.5. Declinación solar δ

Permite mediante coordenadas geocéntricas, localizar la posición angular del sol, yes el ángulo formado por la línea Sol Tierra y el plano del ecuador terrestre (norte positivo).

La declinación solar es cero en las fechas de los equinoccios, (21 de marzo y 22 de septiembre variando cíclicamente de

$+23,45^\circ$ que corresponde al solsticio de verano a $-23,45^\circ$ que corresponde al solsticio de invierno y viene dada por la ecuación 1:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360 \cdot (284+n)}{365} \right] [^\circ] \quad \text{ec.1.}$$

Donde:

n: Numero de día del año, desde el 1 de enero, $1 < n < 365$

5.3.2.6. Pendiente del plano β

Pendiente sobre el cual incide la radiación, esto es, sin inclinación respecto de la horizontal. Para los valores en los que $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$ se diría en cambio que la superficie se encuentre mirando hacia abajo.

5.3.2.7. Ángulo de Incidencia θ

Esto es, el ángulo de la radiación directa sobre la superficie y la normal a la superficie.

5.3.2.8. Ángulo de Cenit θ_z

Ángulo entre la radiación directa sobre la superficie horizontal y la normal de la superficie o cenit. Se calcula $\beta=0^\circ$ en la ecuación del ángulo de incidencia.

5.3.2.9. Ángulo horario w_s

Es el ángulo formado por las proyecciones, sobre el plano del Ecuador, del meridiano del punto considerado y la recta que une los centros de la Tierra y el Sol en aquel momento (Figura 2.8). Cada hora equivale a 15° de longitud. Al mediodía solar,

$w=0^\circ$; por la mañana el ángulo horario es negativo, por la tarde es positivo. Por ejemplo, para las 09:00 horas (hora solar), $w=-45^\circ$, y para las 17:00 horas (hora solar), $w=75^\circ$. Se puede calcular mediante la ecuación 2:

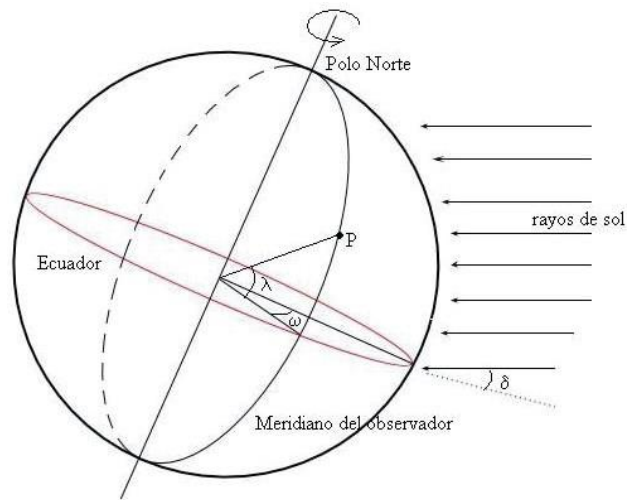
$$w_s = \arccos[-\tan(\delta) \cdot \tan(\varnothing)] [^\circ] \quad \text{ec.2.}$$

Donde:

$\varnothing$: Latitud $[^\circ]$.

δ : Ángulo de declinación solar [$^{\circ}$].

Figura 14: Ángulo horario.



Fuente: Energía solar térmica: Técnicas para su aprovechamiento, Rufes
Martínez, P. (2010)

5.3.3. Número de horas de sol teóricas (N)

Se puede calcular por medio de la ecuación 3:

$$N = (2/15) * (ws) \text{ [hr]}$$

ec.3.

Donde:

ws: Ángulo del ocaso [°].

5.3.4. Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día

Se puede calcular con la ecuación 4:

$$R_b = \frac{\sin(\delta) \cdot \sin(\theta - \theta_s) \cdot (t_2 - t_1) + \frac{12}{\pi} \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\theta - \theta_s) \cdot (\sin(15 \cdot t_1) - \sin(15 \cdot t_2))}{\sin(\theta_s) \cdot (\sin(15 \cdot t_1) - \sin(15 \cdot t_2))} \quad \text{Ec. 4}$$

$$s = \delta \cdot \sin(\theta) \cdot (t_2 - t_1) + \frac{12}{\pi} \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\theta) \cdot (\sin(15 \cdot t_1) - \sin(15 \cdot t_2))$$

Donde:

θ : Angulo de inclinación de la cubierta [°].

t_1 : Tiempo Inicial medido a partir de la media noche, 09:00 hr, horario militar.

t_2 : Tiempo Final medido a partir de la media noche, 16:00 hr, horario militar.

5.3.5. Índice de Claridad Horario

Se calcula el índice de claridad horario por la ecuación 5:

$$k' = \frac{I}{I_0} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

I_0 : Radiación Solar Extraterrestre horaria en superficie horizontal.

I : Radiación Global horaria.

5.3.6. Factor de Corrección de la Excentricidad de la órbita terrestre (ϵ_0)

Se utilizará la ecuación 6:

$$\epsilon_0 = \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \quad r = 1 + 0,033 \cdot \cos(2 \cdot$$

$\Pi \cdot$

$$\frac{dn}{365}$$

365

Ec. 6

5.3.7. Radiación Solar Extraterrestre horaria en superficie horizontal

Se calcula con la ecuación 7 en $[w \cdot h]$:

$m \cdot \text{dia}$

Ec. 7

$$I_0 = G_{sc} \epsilon_0 (\sin(\delta) \sin \varnothing (t_2 - t_1) + (12/\Pi) * \cos \delta \cos \varnothing (\sin 15 * t_1 - \sin 15 * t_2))$$

Donde:

ϵ_0 : Corrección por excentricidad.

δ : Angulo de declinación solar $[\circ]$.

5.3.8. Irradiación Diaria Solar promedio terrestre sobre superficie horizontal

Se obtiene con la ecuación 8:

$$I = I_0 \cdot [a + b \cdot (nr/N)] \frac{W \cdot h}{m^2 \cdot dia} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

nr: Numero de horas solar real [hr].

a: Constante de Angstrom.

b: Constante de Angstrom.

5.3.9. Irradiación Solar Difusa horaria

Para determinar I_d se utiliza el Índice de claridad horario (Ecuación 5), y así se debe verificar en la Tabla 5 y elegir su relación a utilizar de acuerdo al valor de K'_T .

Tabla 5: Determinación de la Radiación Difusa Horaria.

Relación a utilizar	Criterio
$\frac{I_d}{I} = 1,0 - 0,249 \cdot K_T'$	$0 \leq K_T' \leq 0,35$
$\frac{I_d}{I} = 1,577 - 1,84 \cdot K_T'$	$0,35 \leq K_T' \leq 0,75$
$\frac{I_d}{I} = 0,177$	$K_T' > 0,75$

Fuente: Energía solar térmica: Técnicas para su aprovechamiento, Rufes
Martínez, P. (2010)

5.3.10. Radiación Solar Directa Horaria I_b

Se obtiene a partir de la ecuación 9:

$$I_b = I - I_d \quad [(\text{W h}) / (\text{m}^2 \text{ dia})]$$

Donde:

I_d : Radiación Solar Difusa Horaria $[\text{W h} / \text{m}^2 \cdot \text{dia}]$.

I : Radiación Global horaria $[\text{W h} / \text{m}^2 \cdot \text{dia}]$.

5.3.11. Radiación Solar en la superficie inclinada que capta el Destilador Solar

Una vez determinada las variables anteriores se puede obtener la radiación solartotal mediante la ecuación 10:

Ec. 10

$$I_T = I_b \cdot R_b + I_d \cdot \left(\frac{1 + \cos \theta}{2} \right) + I \cdot \left(\frac{1 - \cos \theta}{2} \right) \cdot \rho_d \left[\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot día} \right]$$

Donde:

I_b : Radiación Solar Directa Horaria [Wh].
 $\text{m}^2 \cdot \text{día}$

I_d : Radiación Solar Difusa Horaria [Wh].
 $\text{m}^2 \cdot \text{día}$

R_b : Factor de medición de pérdida por el cambio de ángulo de incidencia de radiación solar en el transcurso del día.

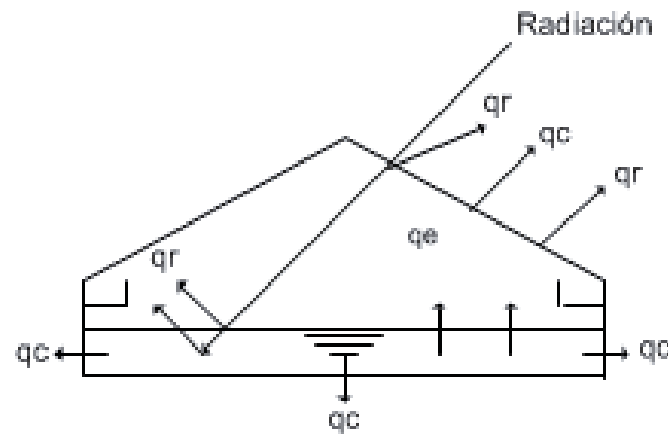
ρ_d : Albedo o Coeficiente de Reflexión del suelo.

I : Radiación Global Horaria [Wh].
 $\text{m}^2 \cdot \text{día}$

5.4 Balances de materia y energía involucrados en un destilador solar

Este tipo de dispositivos de diseños simples y de ciclos sencillos de funcionamiento, se toman en cuenta los términos más relevantes que intervienen en el proceso de transferencia de calor y masa (Figura 15) y se detallaran a continuación:

Figura 15: Balance de Calor en el Destilador Solar.



Fuente: Energía solar térmica: Técnicas para su aprovechamiento, Rufes Martínez, P. (2010)

5.4.1. Calor Perdido por Conducción

Se establecerá que el modelo experimental se encuentra sobre una estructura, por lo cual sufrirá pérdidas de calor por conducción a través de la base y de las paredes del destilador. Considerando el área de transferencia de calor de las paredes con respecto a la base se asume que la cantidad de calor que el sistema perderá a través de las paredes es relativamente despreciable con respecto a aquel calor que pierde a través de la

base.

Se determina mediante la ecuación 11:

$$q_c = Kb \cdot (T_w - T_a) \left[\frac{1}{l} \right]$$

Donde:

K_b : Resistencia térmica equivalente del aislante.

T_w : Temperatura media del agua [K].

T_a : Temperatura ambiente [K].

5.4.2. Calor Perdido por Radiación de la cubierta

De la cubierta del destilador se pierde calor por radiación y esta se puede calcular mediante la siguiente formula cuya ecuación está dada por la Ley de Stefan Boltzman:

$$q_{r \text{ cubierta}} = \epsilon_{\text{cubierta}} * \sigma * (T_{\text{cubierta}}^4 - T_s^4)$$

Donde:

$\epsilon_{\text{cubierta}}$: Emitancia de la cubierta

σ : Constante de Stefan Boltzman $5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K}^4]$.

T_s : Temperatura del Cielo [°K].

T_{cubierta} : Temperatura de la cubierta [°K].

5.4.3. Calor Perdido por Convección de la cubierta

Si existe una diferencia de temperatura en el interior del líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento en el fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes

de la mecánica de fluidos. Debido a la velocidad del viento y a la diferencia de temperatura de la cubierta y el aire existe pérdida de calor por el efecto combinado de la conducción y la convección que viene a estar dado por la ecuación 13.

$$q_{\text{cubierta}} = h_{\text{cubierta}} \cdot (T_{\text{cubierta}} - T_a) \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

h_{cubierta} : Coeficiente de Transferencia de Calor Convectivo de la cubierta [(w)/(m² * K)].

T_{cubierta} : Temperatura de la cubierta [°K].

T_a : Temperatura Ambiente [°K].

5.4.4. Calor perdido por radiación del agua

Es un tipo de energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones), como resultado de los cambios en las 57 configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. En lo que respecta a la transferencia de calor es de interés la radiación térmica o forma de radiación emitida por los

cuerpos debido a su temperatura. La radiación térmica suele corresponder a la banda de frecuencias del infrarrojo. Todos los cuerpos a una temperatura por encima del cero (0) absoluto emiten radiación térmica. La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o reflejan radiación en diversos grados. Sin embargo la radiación térmica suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que la radiación emitida por las regiones interiores de un material de este tipo nunca puede llegar a la superficie y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia dentro en dichos sólidos.

A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no necesita un medio de transmisión y puede ocurrir en el vacío. La transferencia de calor por radiación es la más rápida, a la velocidad de la luz. No sufre atenuación en el vacío.

El agua radia calor hacia la cubierta y la expresión para evaluar esta transferencia se obtiene de la Ley de Stefan-Boltzman, considerando que las placas entre las que hay

radiación (superficie del agua y placa) son planas y paralelas, se considera la siguiente ecuación para determinar el calor perdido por radiación del agua:

$$q_{rw} = \frac{\sigma}{\frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_{cubierta}} - 1} \cdot (T_w^4 - T_{cubierta}^4)$$

Donde:

ϵ_w : Emitancia de agua.

$\epsilon_{cubierta}$: Emitancia de la cubierta.

T_w : Temperatura de agua [°K].

$T_{cubierta}$: Temperatura de la cubierta [°K].

σ : Constante de Stefan Boltzman $5,6697 \times 10^{-8} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)]$.

5.4.5. Calor Perdido por Convección natural

Entre el agua y la cubierta hay un espacio ocupado por aire, y conforme el agua se va calentando y la cubierta también, pero en menor grado debido al efecto refrigerante del aire, empieza a

haber corrientes de aire caliente de la superficie del agua hacia la cubierta, que provoca la pérdida de calor por convección natural. El coeficiente de transferencia de calor por convección natural puede calcularse de la siguiente manera:

Donde:

$$h_c = 0,884 \cdot \left(T_w - T_{cubierta} + \frac{P_w - P_{wcubierta}}{268,9 \cdot 10^3 - P_w} \cdot (T_w + 273) \right)^{\frac{1}{3}}$$

T_w : Temperatura del agua [°K].

$T_{cubierta}$: Temperatura de la cubierta [°K].

P_w : Presión de vapor del agua a la temperatura del agua [Pa].

$P_{wcubierta}$: Presión de vapor del agua a la temperatura de la cubierta [Pa].

5.4.6. Calor Perdido por Convección del agua

$$q_{cw} = h_T \cdot (T_w - T_{\text{cubierta}}) \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

h_T : Coeficiente Total de Transferencia de Calor por Convección del agua [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$].

T_w : Temperatura del agua [$^{\circ}K$].

T_{cubierta} : Temperatura de la cubierta [$^{\circ}K$].

5.4.7. Calor Perdido por Evaporación

$$q_e = h_e \cdot (p_w - p_{\text{cubierta}}) \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

h_e : Coeficiente de Transferencia de calor de evaporación ($W/m^2 \cdot K$)

p_w : Presión de vapor del agua a la temperatura del agua [Pa].

P_{cubierta} : Presión de vapor del agua a la temperatura de la cubierta
[Pa].

5.4.8. Calor almacenado por la cubierta

$$q'_c = q_{rw} + q_{cw} + q_e + \alpha \cdot g \cdot I_T - (q_{rcubierta} + q_{ccubierta}) \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

q_{rw} : Calor Perdido por radiación del agua $[\frac{w}{m^2 \cdot día} \cdot h]$.

q_{cw} : Calor Perdido por convección del agua $[\frac{w}{m^2 \cdot día} \cdot h]$.

q_e : Calor Perdido por evaporación $[\frac{w}{m^2 \cdot día} \cdot h]$

$q_{rcubierta}$: Calor Perdido por radiación de la cubierta $[\frac{w}{m^2 \cdot día} \cdot h]$.

$q_{ccubierta}$: Calor Perdido por convección de la cubierta ($w\ h/ m^2\ dia$)

I_T : Radiación Solar en Superficie inclinada ($w\ h/ m^2\ dia$)

5.4.9. Calor Absorbido por el agua

$$q'_a = I_T \cdot (1 - \alpha \cdot g) \cdot (1 - \alpha \cdot a) - (q_{rw} + q_{cw} + q_e + q_c) \quad [\text{Ec. 19} \\ \underline{w/m^2}].$$

Donde:

I_T : Radiación Solar en Superficie inclinada (w/m^2)

q_{rw} : Calor Perdido por radiación del agua (w/m^2)

q_{cw} : Calor Perdido por convección del agua (w/m^2)

q_e : Calor Perdido por evaporación (w/m^2)

q_c : Calor Perdido por conducción (w/m^2)

5.4.10. Calor Absorbido por el sistema

$$q_t = q'_c + q'_\alpha \quad [\text{ w/m}^2]. \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

q'_c : Calor Almacenado por la cubierta (W/m^2)

q'_α : Calor Absorbido por el agua (W/m^2)

Con el resultado de la ecuación 20 se puede calcular la capacidad del calor almacenado por el dispositivo utilizando el área de captación de la energía solar.

$$Q_T = q_t \cdot A \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

A: Área de Captación de la Energía Solar [m²].

q_t: Calor Absorbido por el sistema (W/m²)

5.4.11. Calor necesario para calentar la cubierta

El calor necesario para calentar la cubierta se obtiene a partir de la ecuación 22:

$$Q_{\text{cubierta}} = m_{\text{cubierta}} \cdot C_{p\text{cubierta}} \cdot (T_{\text{cubierta}} - T_a) \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

C_pcubierta : Capacidad Calorífica de la cubierta [J/(Kg*K)].

T_a: Temperatura Ambiente [K].

M_{cubierta}: Masa de la cubierta [Kg].

5.4.12. Calor necesario para calentar el agua

$$Q_{ca} = m_s \cdot C_p \cdot (T_w - T_a)$$

Ec. 23

Donde:

m_s : Masa de agua (Kg)

C_p : Calor Específico del agua (J / Kg*K)

T_w : Temperatura del agua [K].

T_a : Temperatura Ambiente [K].

5.4.13. Calor necesario para evaporar x porcentaje de agua

Calculo de Calor Necesario para evaporar un porcentaje del total de la masa de agua.

$$Q_{ev} = x \cdot m_s \cdot \lambda \quad \text{Ec. 24}$$

Donde:

x: Fracción de agua a evaporar.

λ : Calor Latente de evaporación del agua (J(Kg)

La cantidad necesaria para calentar la cubierta, el agua de la piscina de evaporación y evaporar la misma, viene dada por la ecuación siguiente:

$$Q_N = Q_{ccubierta} + Q_{ca} + Q_{ev} \quad \text{Ec. 25}$$

Donde:

$Q_{ccubierta}$: Calor Perdido por convección por la cubierta [W].

Q_{ca} : Calor necesario para calentar el agua [W].

Q_{ev} : Calor necesario para evaporar el agua [W].

5.4.14. Energía Total almacenada por el sistema

$$Q = Q_T + Q_N$$

Ec. 26

Donde:

Q_T : Calor Absorbido por el sistema [W].

Q_N : Calor necesario para calentar y evaporar [W].

5.4.15. Eficiencia del Destilador

La Eficiencia del Destilador Solar es la cantidad de energía utilizada en la vaporización de agua en el destilador sobre la cantidad de incidencia de energíasolar en el destilador.

Lo que puede expresarse de la siguiente manera:

$$EFICIENCIA_{TEÓRICA} = \left(\frac{Q}{I_T \cdot A_{bandeja}} \right) \cdot 100 \quad \text{Ec. 27}$$

Donde:

A_{bandeja} = Área de la bandeja contenedora del agua a destilar [m^2].

Q = Energía Total almacenada por el sistema [W].

I_T = Radiación Solar en la superficie inclinada que capta el Destilador Solar (W/m^2)

5.5. Medición del recurso solar en zonas preseleccionadas

Dentro de las energías renovables un factor primordial es el recurso solar, ya que gracias al sol es posible dar vida al ciclo del agua el cual es un fenómeno natural que nos enseña cómo funciona el proceso de transformación y circulación del agua en la tierra. Es por esto que gracias al explorador solar de la página del ministerio de energía se obtuvieron los datos de radiación anual del año 2021 en las ciudades de Valparaíso, Villa Alemana y Coquimbo.

Tabla 6: Radiación anual en las ciudades preseleccionadas

RESULTADOS SEGÚN CIUDAD			
Radiación Anual	Valparaíso	Villa Alemana	Coquimbo

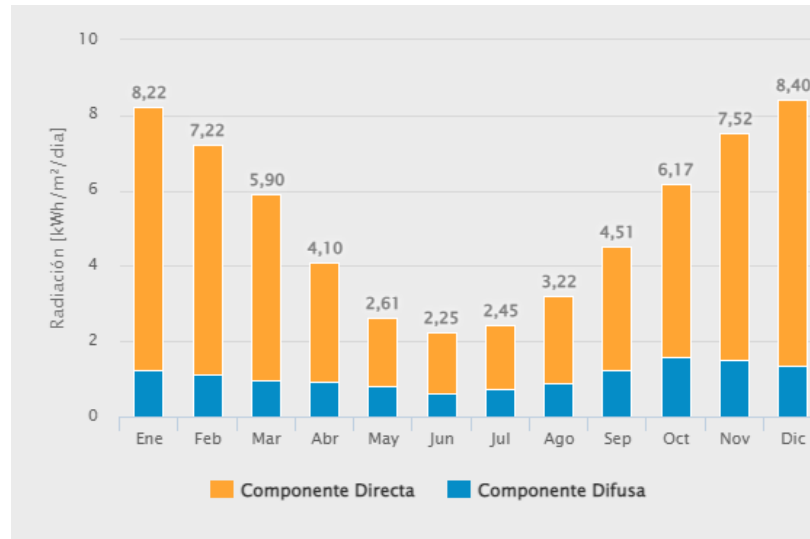
Global Horizontal (KWh/m2/dia)	4,98	5,21	5,09
Global Inclinado 33°(KWh/m2/dia)	5,4	5,65	5,49
Directa Normal (KWh/m2/dia)	6,23	6,96	5,96
Difusa Horizontal (KWh/m2/dia)	1,28	1,08	1,19
Frecuencia de Nubes (%)	20	17	19
Temperatura Ambiental (°C)	14	13,9	13,9
Velocidad del viento (m/s)	3,3	1,3	1,9
	VALORES MAS OPTIMOS		
	VALORES MENOS OPTIMOS		

Fuente: Elaboración propia con datos del ministerio de energía, 2021.

5.5.1. Villa Alemana

En villa alemana la radiacione maxima se ve reflejada en los meses de enero y diciembre con 8,22 (kW h/ m²dia) y 8,40 (kW h/(m²dia) respectivamente. En cuanto a los meses con menor radiacion fueron junio y julio con una radacion total de 2,25 y 2,45 (Kw h/m² dia).

Figura 16: Radiacion global horizontal anual en Villa Alemana



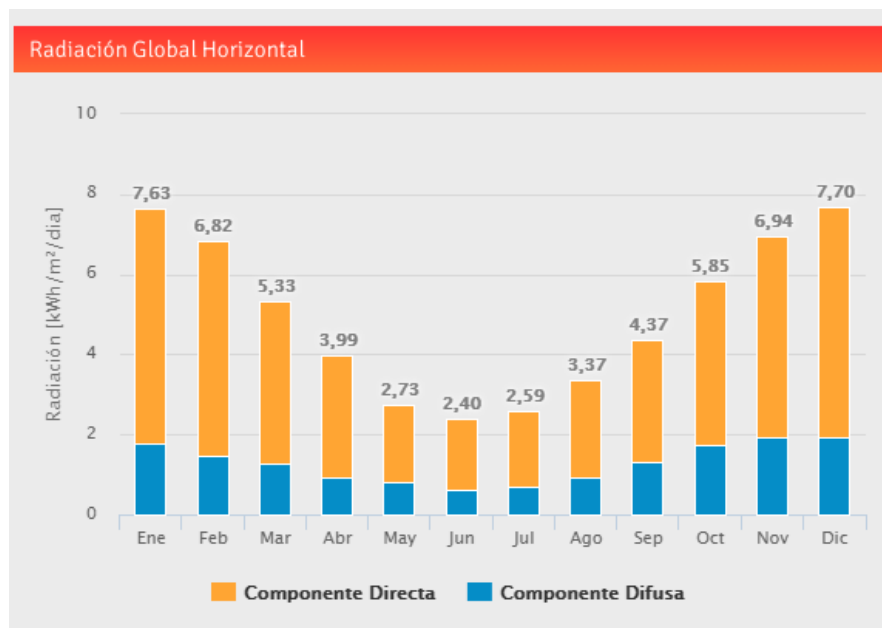
Fuente: Ministerio de energia, 2021.

5.5.2. Valparaíso

En la ciudad de Valparaíso, la mayor radiación se obtuvo en los meses de diciembre y enero con 7,70 y 7,62 (kW h/m² día) y la menor radiación se

detecto en los meses de junio y julio con 2,40 y 2,59 (kW h/m² día) respectivamente.

Figura 17: Radiación global horizontal anual en Valparaíso.

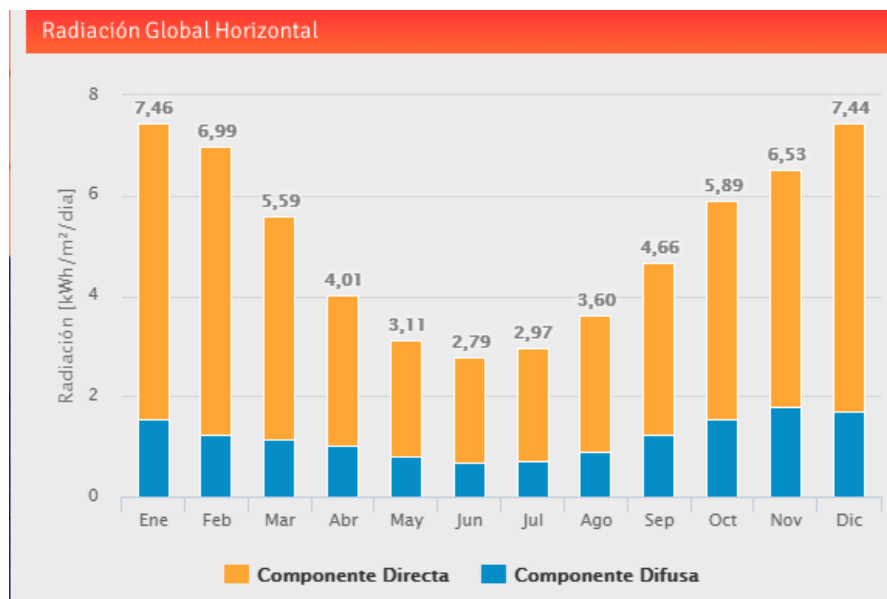


Fuente: Ministerio de energía, 2021.

5.5.3. Coquimbo

En la ciudad de Coquimbo, la mayor radiación se obtuvo en los meses de enero y diciembre con 7,46 y 7,44 (kW h/m² día) y la menor radiación se detectó en los meses de junio y julio con 2,79 y 2,97 (kW h/m² día) respectivamente.

Figura 18:Radiacion global horizontal anual en Coquimbo



Fuente: Ministerio de energía, 2021.

Una tendencia que podemos notar en estas tres ciudades estudiadas es que las tres tienen su periodo de menor radiación en el mes de junio, siendo Villa Alemana (2,25 (kW h/ m² día)) la ciudad con menor radiación en dicho mes. Por el contrario también la ciudad de Villa Alemana es la que alcanza una mayor radiación (8,4 (kW h/ m² día)) durante el año sobre la ciudad de Valparaíso que es quien le sigue.

Tabla 7: Radiación máxima y mínima en las ciudades preseleccionadas.

Tabla Resumen de Radiación (kW h/m ² día)		
Ciudad	Máxima Radiación	Minima Radiación
Valparaíso	7,7	2,4
Villa Alemana	8,4	2,25
Coquimbo	7,46	2,79

Fuente: Elaboración propia con datos del ministerio de energía, 2021.

Una conclusión que podemos sacar de esta tabla es que Villa alemana en el periodo de invierno es una ciudad con bajas temperaturas y una baja radiación lo que dificultaría el cultivo de algunas especies de plantas que son vulnerables ante las bajas temperaturas y las potenciales heladas. Ahora bien en época de verano la radiación es perfecta para la implementación de evaporadores solares. Dejando en claro que el evaporador solar puede seguir funcionando de la misma manera en verano y en invierno, aunque

evidentemente que su mayor rendimiento se puede obtener en las temporadas con altas temperaturas.

5.6. Diseño de prototipo de evaporador solar

El tipo de evaporador a utilizar es el de una vertiente el cual fue seleccionado debido a que al ser un prototipo de baja escala (uso doméstico) su eficiencia es mayor que uno tipo invernadero, diferente sería si el objetivo de construir un evaporador solar sea considerado para una mayor demanda.

5.6.1. Descripción de partes y materiales

A continuación se realiza una breve descripción de las partes que constituirán el prototipo a diseñar, además de los posibles materiales para ello.

i. Cubierta

El material utilizado es Policarbonato transparente con un espesor de 3 mm.

Se utilizará Policarbonato, debido a que sus propiedades son significativas para el proyecto que se va a realizar, las cuales son: Alto Índice de Refracción, Alta resistencia a la intemperie, posee una difusión casi nula y índice de transmisión lumínica está comprendida en un 90% $\pm$ 1%, por lo que deja atravesar casi todos los rayos UV.

ii. Bandeja

La bandeja tendrá forma geométrica rectangular, cuyas medidas son de 47.5 cm por lado por 35cm, con una profundidad de 5 cm. Con una área de calentamiento de 8312 cm³.

iii. Canal Recolector: Para el canal colector se utilizara una cañería cortada de manera transversal por la mitad de su diámetro.

iv. Corchetera 4-14mm: Utilizado para la unión del policarbonato y aislante con la estructura.

v. Tornillos con punta: Utilizado para la unión de la estructura de madera

vi. Estructura de madera: para la base rectangular 41 Cm x 53 Cm, paredes laterales triangulares con un ángulo de $45,58^\circ$ y de medidas 41 Cm de base, 45 Cm de altura y 63 Cm de hipotenusa y el respaldo rectangular con medidas 45 Cm x 53 Cm.

vii. Material Reflectante: El material reflectante cumple con la finalidad de reflejar los rayos solares beneficiando así que aumente la temperatura dentro del evaporador.

viii. Aislante: Se utilizará papel metálico, papel fieltro y material reciclable (tetrapack) para aislar la humedad de la madera ya que esta se verá expuesta constantemente con el fin de dar una mayor vida útil al evaporador.

ix. Plancha de aluminio: La plancha de aluminio de 3 mm de grosor se pintara negra y se ubicara dentro de la bandeja con el fin de aumentar la temperatura dentro del evaporador y así aumentar su rendimiento.

5.6.2. Paso a paso

- i.- Construir la estructura: Tomar las medidas acordes a la bandeja y cortar la madera con una cierra eléctrica.

Imagen 1: Corte con cierra eléctrica



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Imagen 2: Caras laterales



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- ii. Luego de realizar los cortes de las paredes del evaporador estas deben ser forradas con papel fieltro.

Imagen 3: Paredes laterales forradas con papel fieltro.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Imagen 4: Base forrada con papel fieltro



Fuente: Elaboración propia, 2021.

iii. El siguiente paso es unir las paredes laterales (triangulares) con la base y el respaldo del evaporador.

Imagen 5: Inicio de montaje



Fuente: Elaboración propia, 2021.

iv. Se le aplicara una segunda capa de aislante con papel metalico y un tercera capa, esta vez realizado con material reciclado (tetrapack).

Imagen 6: Proceso de forrado con tetrapack



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Imagen 7: Segunda capa de aislante



Fuente: Elaboración propia, 2021.

v.- Luego de realizar la instalacion del material aislante se procede a instalar el material reflectante, en este caso se utilizo el tipico protector para parabrisas de autos.

Imagen 8: Forrado con material reflectante



Fuente: Elaboración propia, 2021.

vi.- Introducir al interior del evaporador la bandeja (con agua de mar o sucia) y dentro la plancha de aluminio para aumentar la temperatura.

Imagen 9: Instalación de bandeja



Fuente: Elaboración propia, 2021.

vii.- Finalmente se realiza la instalación del plástico transparente (polietileno) y cortar la cañería para imitar una canaleta que lleva el agua recolectada hasta un envase plástico.

Imagen 10: Prototipo finalizado



Fuente: Elaboración propia, 2021

Luego de aproximadamente 1 hora después de terminar la construcción del evaporador, ya se podía apreciar claramente como transpiraba el plástico, provocando a través de la gravedad y la osmosis dos vectores que generan

un tercero a través de la interacción de 45° aproximadamente, logrando que corran gotas hasta la canaleta para finalmente ser acumuladas en el recipiente de plástico.

Imagen 11: Destilador en actividad



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el momento de ver que ya estaban corriendo las gotas se tomo la temperatura de la cubierta de plástico por medio de un termómetro digital el cual marco $41,8^\circ\text{C}$ como se observa en la imagen 12.

Imagen 12: Termómetro digital.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Imagen 13: Canaleta



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 14: Bandeja receptora de agua destilada



Fuente: Elaboración propia.

5.7. Muestras y volumen de agua destilada

El agua obtenida tiene un ph de 6,64 por lo que se puede determinar que se encuentra dentro de los rangos estimados de calidad de agua para riego exigida por la norma Chilena. El agua que fue utilizada para destilar fue obtenida del Océano Pacífico en la ciudad de Valparaíso, Chile.

En cuanto a la producción en el mes de Diciembre 2021 se obtuvieron registros aleatorios en días no continuos.

5.7.1. Producción de agua obtenida del prototipo

Tabla 8: Volumen de agua diaria producida con el prototipo

Volumen de agua (L)				
Día	Producción 9 am 16:00 pm	Volumen de 16:00pm 9:00 am	Volumen total diaria	Volumen Alimentado
1	0,3	0,1	0,4	10
2	0,8	0,5	1,3	10
9	2,3	0,6	2,9	10
10	2,5	0,6	3,1	10
19	2,3	0,4	2,7	10
20	2,9	0,5	3,4	10
25	2,8	0,6	3,4	10
7 Días	13,9	3,3	17,2	70

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Con estos resultados obtenidos no es suficiente poder realizar un estudio de estadística, ya que es necesario tener un mayor número de muestras, es decir que se debe analizar el evaporador por una cantidad mayor de tiempo para así identificar de manera empírica cuál es su condición como evaporador, ya sea en cuanto a su rendimiento y eficacia.

Si proyectamos el volumen de agua obtenido por un periodo estimado de un año, es prácticamente imposible estimar la cantidad de agua destilada, debido a que en la época de invierno la radiación baja considerablemente,

ahora bien si proyectamos el mes de diciembre para enero y febrero el resultado sería que en 7 días se obtuvieron 17, 2 litros, en 90 días es decir diciembre enero y febrero sería posible recolectar 221 litros de agua aproximadamente.

5.8. Alcances internacionales: El salvador

En El salvador los alumnos en ese entonces Jazmín Moran y Francisco Hueso (2012, pp.122-123; 129-130) de la universidad de El Salvador realizaron su tesis de grado el diseño, construcción y validación de un destilador solar para usos en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química.

Dentro de sus resultados se pueden observar los siguientes datos:

Se observa la variación en las temperatura interna de la cubierta que recibe inicialmente la radiación solar, a medida que avanza en el día la misma va en aumento desde los 27.6°C hasta temperaturas tan altas como 72.9°C como podemos ver para el día 11 de validación que corresponde al día calendario 11 de febrero del año en curso, a medida que se va acercando la tarde, esta temperatura tiende a disminuir hasta alrededor de las 4:00pm cuando alcanza temperaturas tan altas como 54.4°C y tan bajas como 34.7°C, no siendo necesariamente las temperaturas máximas o mínimas

alcanzadas por el sistema durante las siete horas, lo que indica que aun a altas horas de la tarde, existe una buena cantidad de calor dentro del sistema de destilación, además las temperaturas máximas fluctúan entre las 12:30 y 2:30pm e incluso existe un dato a las 3:00 donde se alcanzó el mayor valor, curiosamente a las 12:00m, cuando el sol se encuentra en el Zenit no tenemos ningún máximo, a esta hora la temperatura aún continúa subiendo.

La cara que recibe la radiación solar en el turno de la tarde muestra sus valores máximos entre las 11:30am y 2:15pm, teniendo un máximo para el día 11 de febrero a las 12:45pm, coincidiendo con la temperatura máxima para la otra cara, podemos afirmar que fue el día 11 de febrero de 2012 cuando se alcanzó la mayor temperatura

En la superficie interna del vidrio. En este caso cuando el sol se encuentra en el Zenit, se tuvo un máximo solamente para el día 1 que coincide con el día calendario 1 de febrero con el valor de 47.2°C. Contrario a la T1 la cual no presento ningún máximo a las 12:00m.

Se puede apreciar en las temperaturas observadas en la bandeja de cerámica fluctúan durante todo el día alrededor de los 23.5°C, 76.8°C e incluso los

80.2°C, lo que nos indica que una gran parte de la radiación que ha logrado ingresar a través de las planchas de vidrio ha logrado que la cerámica alcance altas temperaturas, contribuyendo así a que el proceso se lleve a cabo a altas temperaturas y que esta temperatura se mantenga constante por un buen periodo de tiempo tal como lo podemos apreciar desde las horas de la mañana, cuando la temperatura comienza a subir y podemos observar que aun a altas horas de la tarde, los datos de temperatura continúan siendo mayores, 55.8°C para el día 2 de febrero a las 4:00pm y 59.9°C para el día 9 de febrero, lo cual indica que el sistema continua funcionando hasta altas horas de la tarde.

5.8.1. Volumen de agua

De acuerdo a la tabla 9, se puede apreciar que la contribución del volumen recolectado desde las 16:00 horas hasta las 9:00am.

Tabla 9: Volumen de agua destilada producida

Día	Volumen producido 9:00 a.m.- 16:00 p.m.(L)	Volumen producido 16:00 p.m.- 9:00 a.m.(L)	Volumen total producido (L)	Volumen alimenta do(L)/día
01- Feb	0.4 0	0.1 0	0.5 0	7.5 0
02- Feb	0.3 0	0.1 5	0.4 5	7.5 0
03- Feb	0.4 0	0.2 0	0.6 0	7.5 0
04- Feb	1.7 5	0.4 0	2.1 5	7.5 0
05- Feb	1.5 0	0.4 0	1.9 0	7.5 0
06- Feb	1.5 0	0.4 0	1.9 0	7.5 0
07- Feb	1.8 0	0.2 5	2.0 5	7.5 0
08- Feb	0.6 0	0.2 5	0.8 5	7.5 0

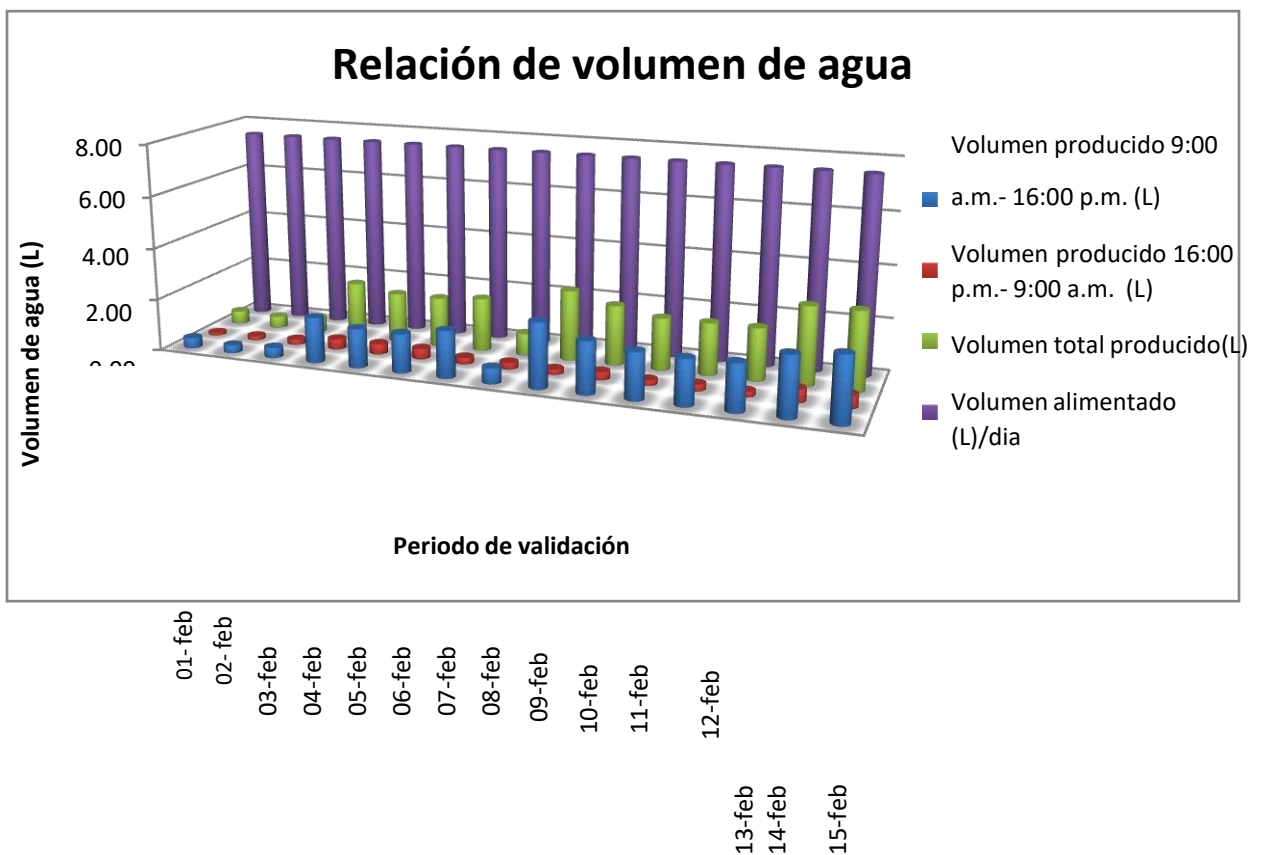
09- Feb	2.5 0	0.2 0	2.7 0	7.5 0
10- Feb	2.0 0	0.3 0	2.3 0	7.5 0
11- Feb	1.8 0	0.2 0	2.0 0	7.5 0
12- Feb	1.7 5	0.2 5	2.0 0	7.5 0
13- Feb	1.8 0	0.2 0	2.0 0	7.5 0
14- Feb	2.3 0	0.5 0	3.0 0	7.5 0
15- Feb	2.5 0	0.5 0	3.0 0	7.5 0

Fuente: Diseño, construcción y validación de un destilador solar para usos en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química. J. Morán y F. Hueso (2012)

En la tabla se pueden apreciar 15 días del mes de febrero donde se alimentó el destilador solar con 7.5 litros de agua salada, dando como resultado un mayor volumen de agua obtenido fue el día 15 de febrero en el horario de las 9:00 am hasta las 16:00 pm, periodo en el cual se logró obtener 2.5 litros de agua destilada y 0,5 litros en el horario desde las 16:00 pm hasta las 9:00 am completando así un día de 24 horas.

Desde el día 9 al 15 de febrero se recolectaron 17 litros de agua destilada, 2,4 litros en promedio. En 7 días como podemos ver se puede recolectar una cantidad considerable de agua para realizar tareas domésticas como lavar loza, regar plantas, lavar ropa, etc.

Figura 19: Relación de volumen de agua destilador de El salvador



Fuente: Diseño, construcción y validación de un destilador solar para usos en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química. J. Morán y F. Hueso (2012)

Si bien en relación al volumen de agua con el que se alimenta el evaporador y el volumen de agua destilado es menor al 50% la opción de tener agua diariamente aunque sean 2 litros diarios alivia la situación en sectores donde el agua escasea de manera preocupante.

5.9. Estudio del comportamiento y adaptación de árboles nativos de zonas no costeras, en zonas costeras

En Chile es uno de los primeros exportadores de frutas de la zona y existe una gran variedad de árboles frutales entre las que destacan los árboles de cerezo, kiwi, limones, mandarinas, naranjas, manzanas, ciruelos, peras, arándanos y palta.

El desplazamiento de las zonas agro climáticas a causa del cambio climático, sumada al déficit hídrico al norte de Santiago, ha abierto la posibilidad de nuevas alternativas de frutales rentables en la zona centro sur

y sur de Chile. La diversificación de cultivos es una idea que hace eco desde hace un par de años y que bien implementada podría convertirse en una excelente oportunidad de negocio. El Vivero y Laboratorio Convento Viejo, especialista hace más de 12 años en el cultivo de cerezos in vitro, se anticipó a la realidad actual y está desarrollando alternativas para cultivos frutales creados en laboratorio, lo que asegura correspondencia varietal y sanidad. Para esta temporada 2021, ya están disponibles los cultivos de arándanos, avellanos, kiwis, carozos, paltos y cítricos.

La mayor introducción para esta temporada son los kiwis. Esta apuesta se realiza a partir de la última alza del precio de este fruto. Se proyecta una producción de 200 mil plantas de kiwi para el 2022. Y para el 2023 se planifican 300 mil plantas desarrolladas in vitro. Los arándanos también son una buena oportunidad de negocio dado el alza de precio que han tenido. Además, en el sur de Chile se están dando buenos potenciales productivos, especialmente de la variedad Duke, que Convento Viejo ya habilitó stock para el 2021.

El árbol del limón es exigente en cuanto al clima y el suelo. En Chile se han establecidos proyectos en regiones no tradicionales como las zonas de Atacama y Coquimbo.

En Chile, el Limonero es uno de los frutales de hoja persistente más importantes a nivel de superficie en producción, estimándose en 170 mil toneladas. Se cultiva en las regiones IV, V, Metropolitana y VI y las variedades más importantes son Fino 49, Génova, Eureka y Lisboa. El árbol

del limonero requiere de suelos permeables y poco calizos, siendo el clima más adecuado el mediterráneo, libre de heladas.

Chile es el primero en cuanto a la producción y exportación de las furatas del ciruelo. La fruta posee una pulpa jugosa. Entre las variedades producidas en el país están la Laroda, de cáscara rojo intenso, la Black Beaut, cuyo color es más marrón rojizo y la Red Beaut, que es roja oscura.

Este es un árbol de tamaño mediano que puede alcanzar una altura de entre 5 a 6 metros y es uno de los árboles frutales más fáciles de cultivar. Es resistente a las bajas temperaturas y se da bien en climas templados perfecto para zonas de la III, IV y V región.

El granado es un frutal que está experimentando un auge de plantaciones en Chile debido a una creciente demanda del mercado por sus frutos y subproductos ricos en antioxidantes beneficiosos para la salud que debiera ampliarse con la pronta apertura del mercado de Estados Unidos.

Este frutal es un arbusto altamente ramificado con madera flexible y espinosa y frutos de gran tamaño (400-500 g) provenientes de una floración prolongada. El granado se adapta especialmente a climas semiáridos de veranos calurosos y primaveras y otoños secos, condiciones encontradas en las zonas interiores de las regiones de Atacama, Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana. En zonas con otoños lluviosos se deben tomar recaudos para

evitar partidura de frutos y en zonas de baja suma térmica estival se corre el riesgo de que una alta proporción de la fruta no alcance a madurar.

El uso de variedades tempranas permitiría evitar ambos problemas en dichas zonas. Si bien este frutal es muy resistente a condiciones extremas de salinidad y sequía; y tolera suelos pobres y pedregosos, su producción comercial requiere de un alto grado de tecnificación.

Según el Censo Silvoagropecuario (2007) son 506.806 ha. de uso Silvoagropecuario en la región de Valparaíso donde 30.208 ha. Corresponden a superficies de praderas mejoradas (intervenidas con maquinaria) y 297.038 ha. Correspondientes a superficies de praderas naturales. Todos estos valores son sin incluir la superficie del bosque nativo de la región.

5.9.1. Catastro frutícola V región

La oficina de estudios y políticas agrarias (ODEPA) realizó una estadística según el catastro frutícola de la región de Valparaíso, 2020.

Tabla 10: Catastro frutícola V región ODEPA, 2020.

CATASTRO FRUTICOLA V REGION ODEPA 2020						
Especie	Superficie ha.	% Región/ país	producción promedio regional (ton/ha.)	Exportación %	Mercado Interno %	Agroi
Palto	20317	67,4		67,2	32,7	
Vid de Mesa	9969	21,9	10	70,8	14,5	
Nogal	7003	16,2	26,4	17,3	3,9	
Mandarino	2321	27,5	4,4	81,4	16,9	
Limonero	2121	27,4	33,4	54,8	45,1	
Durazno	1990	28	45,2	1,5	6,1	
Naranja	1186	13,9	30,3	16,9	4,9	
Otros	2984	18,7				
TOTAL REGIONAL	49051,4	14,2	Superficie Nacional: 344281,5 hectáreas			

Fuente: Elaboración propia con datos de la ODEPA, 2020.

La Región de Valparaíso es reconocida por su gran cantidad de plantaciones de palto y no solamente por producir una gran cantidad sino que también por el exceso de agua que se gasta en producir esas cantidades que son verdaderamente elevadas y no compensadas a los suelos de dichas plantaciones. Deteriorando y mal utilizando el recurso hídrico en un negocio devastador y sin ningún afecto por la vida silvestre e incluso humana, llegando a contaminar el agua de poblados enteros como lo es en Petorca; lugar conocido mundialmente por su escaso recurso y por el descaro de las empresas privadas de aprovecharse de la redacción de las legislaciones hídricas.

5.9.2. Hortalizas

Una opción que no es tan considerada dentro de la región son las hortalizas. Estos vegetales al igual que los limoneros deberían ser considerados como una potencial inversión en cuanto a superficie para así generar una mayor cantidad de frutos, descongestionando territorios de la zona sur, dando una mayor importancia en la región.

Los tomates “Limachinos” y otros son conocidos a nivel nacional por lo que se podría aprovechar ese nombre y masificar su producción en toda la V región.

Tabla 11: Superficie utilizada para el cultivo de hortalizas en la V región.

Hortalizas		
Especie	Superficie	% Región/País
Lechuga	1309,3	20,2
Tomate	1020,3	19,1
Choclo	980,8	9,7
Poroto Granado	805,8	20,7
Zanahoria	801,9	20,3
Repollo	562,6	24,9
cebolla de guarda	291,1	5,8
Ajo	288,6	18,5
Cebolla temprana	258,7	9
Apio	256,5	27,3
Otros	2098	
Total Regional	8673,9	11,2
Superficie Nacional	77243,4 ha.	

Fuente: Elaboración propia con datos de ODEPA/INE, 2019.

5.9.3. Cereales y tubérculos

Los cereales en la V región se encuentran al debe ya que no alcanzan a cubrir el 1 % de la superficie nacional siendo el trigo harinero el cereal principal en la región. En esta sección sería ideal aumentar la superficie de para poder cultivar una mayor cantidad porotos, papas, maíz y trigo.

Tabla 12: superficie utilizada en cereales y tubérculos en la V región

Cereales y Tuberculos		
Especies	Superficie (ha.)	% Región/País
trigo Harinero	1589	0,9
Maiz consumo	643	1,2
Papa	513	1,2
Poroto	128	1,8
Trigo Candeal	93	0,4
Total Regional	2966	0,5
Superficie Nacional	576415 ha.	

Fuente: Elaboración propia con datos de ODEPA/ INE, 2019.

5.9.4. Bosque nativo vs plantaciones forestales

Según el anuario forestal 2020 el bosque nativo (484116 hectáreas) que corresponde a 3,28% de la superficie nacional (14745110 hectáreas).

Tabla 13: superficie utilizada en plantaciones forestales V región.

Plantaciones Forestales		
Tipo Forestal	Superficie	% Region/ País
Eucaliptus Globulus	36825	6,3
Pinus Radiata	6592	0,5
Otras Especies	1190	1,7
Total Regional	44607	1,9
Superficie Nacional	2303886 ha.	

Fuente: Elaboración propia con dato del Anuario Forestal 2020.

5.9.5. Riego

Según la ODEPA a través del censo silvoagropecuario 2007 de las 448435 hectáreas correspondientes al total de la superficie agrícola sólo 86887,6 hectáreas son regadas (sembrada/plantada y praderas) en la V región, sin incluir bosques nativos ni plantaciones forestales.

Tabla 14: Superficies regadas por provincias

Hectáreas Regadas por Provincia	
Provincias	hectáreas regadas
San Felipe	25690,1
Quillota	17457,7
Petorca	14149
Los Andes	12295,7
Valparaiso	8379,2
San Antonio	4901,5
Marga Marga	4002,2
Isla de Pascua	12,2
Total Regional	86887,6

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo Silvoagropecuario 2017.

5.9.6. Textura del suelo

Un punto importante al momento de hablar del riego es el suelo en el que se va a realizar el cultivo ya que no todos tienen las mismas características en cuanto a lo que es drenaje, absorción, evotranspiración, etc.

Como vemos en la tabla según el ministerio de agricultura en el año 2000 determinaron la cantidad de agua necesaria según la textura del suelo.

Tabla 15: Agua total requerida para cultivo según su textura.

Textura	Agua total utilizable por el cultivo (mm/m de suelo)	Agua fácilmente utilizable por el cultivo (mm/m de suelo)
Arenoso	80	40
Franco arenoso	120	60
Franco	170	85
Franco arcilloso	190	95
Arcilloso	230	115

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Agricultura, 2017.

5.9.7. Longitud de raíces

Dependiendo de el tipo de cultivo es muy importante considerar las longitud que pueden llegar a alcanzar las raíces de las diferentes plantas que se vayan a sembrar. Para así considerar también que es por las raíces donde las plantas obtienen sus nutrientes con los cuales se alimenta y logra dar los mejores resultados reflejado en los frutos de aquella planta.

Profundidad efectiva de las raíces en el caso de diversos cultivos en la fase de maduración, en suelos profundo y homogéneos.

Tabla 16: Longitud de las raíces de distintos cultivos.

Cultivos	cm
Alfalfa	90 - 180
Porotos	50 - 90
Cítricos	120 - 150
Crucíferas (repollo, brócoli, coliflor)	30 - 60
Cucurbitáceas (pepino ensalada, melón)	75 - 125
Frutales	100 - 200
Cereales	60 - 150
Uva	75 - 180
Leguminosas	50 - 125
Maíz	75 - 160
Olivo	100 - 150
Cebolla	30 - 75
Pastos	60 - 100
Pimiento	40 - 100
Papa	30 - 75
Frutillas	20 - 30
Tomate	40 - 100
Hortalizas en general	30 - 60

Ac

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2017.

5.9.8. Evo transpiración

La evapotranspiración está compuesta de la transpiración del cultivo más la evaporación directa del agua de la superficie del suelo; por lo que depende del estado de desarrollo del cultivo. En los primeros estados fenológicos del cultivo el cubrimiento es menor por tanto la evapotranspiración es también

menor.

Para obtener la cantidad aproximada de agua que se va a necesitar dependiendo de el cultivo que sea es necesario calcular la evotranspiracion. Para esto es necesario utilizar la siguiente formula:

$$ET_c = EB \times K_p \times K_c$$

(mm/día)

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

EB = Evaporación desde la bandeja en mm/día.

K_p = Coeficiente de bandeja.

K_c = Coeficiente de cultivo.

K_p = Es un factor característico del evaporímetro (o Bandeja de Clase A) y depende de las condiciones donde esté instalado. Varía normalmente entre 0,6 y 0,8.

K_c = Es un factor que varía según el tipo de cultivo y según las distintas etapas de desarrollo. En la Tabla 3 aparecen los valores utilizados para los cultivos establecidos en la UVAL.

Tabla 17: Coeficientes de cultivos K_c

	CULTIVO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	PALTO	0.77	0.71	0.63	0.54	0.43	0.3	0.27	0.42	0.58	0.7	0.78	0.81
2	HIGERA	0.75	0.75	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75	0.75	0.75
3	MANDARINA	0.71	0.71	0.7	0.68	0.67	0.64	0.63	0.66	0.68	0.7	0.71	0.71
5	DAMASCO	0.95	0.82	0.54	0.3	0.19	0.15	0.17	0.25	0.4	0.63	0.88	0.96
6	DURAZNO	0.95	0.82	0.54	0.3	0.19	0.15	0.17	0.25	0.4	0.63	0.88	0.96
7	PACANO	0.9	0.9	0.8	0.75	0.65	0.35	0.25	0.2	0.5	0.7	0.85	0.9
8	NOGAL	0.98	0.88	0.69	0.49	0.31	0.15	0.09	0.13	0.23	0.44	0.69	0.92
9	ALMENDRO	0.61	0.61	0.61	0.54	0.38	0.23	0.07	0.22	0.33	0.42	0.52	0.56
10	VID	0.8	0.76	0.61	0.5	0.35	0.23	0.2	0.24	0.33	0.5	0.71	0.8
11	OLIVO	0.55	0.55	0.55	0.6	0.65	0.5	0.5	0.5	0.65	0.6	0.55	0.55

Fuente: Ministerio de agricultura, 2017.

5.9.9. Demanda de cítricos

Chile es conocido mundialmente por la cantidad de cobre y fruta fresca que exporta. Toda esa fruta que sale de la V región del país deja un ingreso aproximado de 692,3 millones de solares según el servicio nacional de aduanas.

Como los cítricos vienen bien en los mercados y con la posibilidad de ingresar a otros como China, donde se espera concretar la apertura este año se abre el apetito por plantar más hectáreas. Sin embargo, encontrar nuevas zonas para el cultivo no es fácil.

“Donde hay buen clima, hay escasez de agua, pero donde hay mucha agua, el clima no favorece a los cítricos”, explica Horacio Merlet, jefe de la Unidad de Estudios Hídricos del Centro de Información de Recursos Naturales (Ciren).

Sin embargo, un software creado por este servicio del Ministerio de Agricultura, permite identificar los lugares con mejores condiciones para estos cultivos a partir de información meteorológica, características de los suelos y disponibilidad de agua.

Cerca de La Serena

De acuerdo con el programa de Ciren, en la IV Región las mejores zonas para cítricos están en las cercanías interiores de La Serena y Coquimbo.

Allí, varios sectores tienen aptitud 1 -la calificación máxima otorgada por el programa-, lo que significa condiciones meteorológicas idóneas, con

temperaturas que pueden llegar a los 30 °C o más y que, al descender, no llegan a los grados bajo cero, es decir, las posibilidades de que se registren heladas son muy bajas.

En relación al área norte de La Serena, existe una zona de 3 kilómetros con suelos muy benéficos para mandarinas y naranjas; sin embargo, los expertos advierten que está muy cerca de la costa, por lo que la capacidad de acumular temperatura será menor.

Limones en Valparaíso

En la V Región, las opciones de plantación se restringen a la costa, a grandes rasgos esto abarca desde la Quebrada Los Ciruelos por el sur hasta Algarrobo por el norte. Merlet reitera que en las zonas costeras las condiciones meteorológicas no favorecen a mandarinas, naranjas o clementinas, debido a que el océano facilita la llegada de corrientes más heladas.

Por su parte, el consultor Julio Cornejo comenta que estas zonas son ideales para la plantación de limones, puesto que resisten y se desarrollan muy bien en climas con influencia costera.

Hay que considerar que son zonas con alta salinidad en los suelos, lo que implica utilizar grandes cantidades de agua para que el sodio se distribuya en toda la superficie y no en la plantación.

En el siguiente cuadro se puede ver que las regiones que tienen una mayor cantidad de plantaciones de árboles cítricos es la región metropolitana seguida de la región de O'Higgins, Coquimbo y Valparaíso respectivamente.

Tabla 18: Plantaciones de cítricos por región

Región	Naranja	Limonero	Mandarino	Pomelo	Lima	Total Región	%
I Tarapacá	96	28	23	21	66	234	1,11
II Antofagasta	4	4	1	0	0	9	0,04
III Atacama	129	185	87	5	0	406	1,93
IV Coquimbo	1.028	1.444	2.061	94	72	4.699	22,34
V Valparaíso	1.813	2.053	540	107	4	4.517	21,47
Región Metropolitana	2.354	2.997	364	53	3	5.771	27,43
VI O'Higgins	3.611	888	365	74	0	4.938	23,47
VII Maule	140	180	2	0	0	322	1,53
VIII Bio-Bio	24	39	0	0	0	63	0,30
IX Araucanía	2	37	0	0	0	39	0,19

Fuente: ODEPA/CIREN. Catastro frutícola 2017

En Valparaíso y la Serena lugares costeros que tienen buena relación con los árboles con frutos cítricos ya que estos son aptos para climas cálidos y donde no existan mayores heladas, si hay que estar al tanto de que consumen una mayor cantidad de agua que en otras partes ya que al estar cerca del mar la salinidad del aire y del suelo es mayor por ende el riego debe de ser abundante para no tener frutos pequeños y con excesos de sodio.

Como se muestra en la tabla x las regiones de Valparaíso Y Coquimbo son la segunda y tercera región que destina una mayor superficie para el cultivo de limones en el país con 1657,1 y 1244,7 hectáreas respectivamente

Tabla 19: Superficie frutícola por región según su especie [ha].

ESPECIES	XV 2016	I 2016	III 2015	IV 2015	V 2017	R.M. 2017	VI 2015	VII 2016	VIII 2016	IX 2016	X 2016	XIV 2016	XI 2016	TOTAL
Almendo	0,01		1,7	1.178,1	1.178,3	3.505,0	2.412,9	50,6	5,8	9,0				8.341,3
Cerezo				24,6	211,7	2.456,2	8.674,7	11.130,3	1.615,8	725,0	44,0	20,5	206,5	25.109,4
Ciruelo europeo			0,1	48,4	141,7	3.161,5	7.776,9	838,6	33,8				0,1	12.001,1
Ciruelo japonés	0,02			7,5	105,0	1.165,8	2.980,0	771,2						5.029,6
Damasco			0,6	263,2	244,2	186,1	56,9		0,6				1,0	752,6
Duraznero consumo fresco	0,03		0,5	23,4	303,6	697,8	967,3	5,6	1,3					1.999,6
Duraznero tipo conservero			0,2	38,5	2.959,9	773,6	5.074,8	311,3	0,9	13,8				9.172,9
Kiwi					95,8	389,0	3.054,4	4.609,3	528,9	14,1		28,1		8.719,6
Limonero	5,12	0,2	36,9	1.244,7	1.657,1	2.797,1	551,7	2,3	0,8	0,7				6.297,0
Manzano rojo	0,02			0,02	102,4	102,5	6.160,4	18.705,9	1.402,9	2.572,7		1,9	3,4	29.052,1
Manzano verde					47,4	32,0	3.082,8	3.362,4	158,3	194,3		6,4	0,9	6.884,4
Membrillo	0,87	0,2	3,7	3,9	23,6	53,5	168,2	59,2	4,5				0,1	317,6
Naranja	37,90	41,8	36,9	1.054,3	1.301,7	2.309,1	1.873,4	3,8	0,1					6.658,9
Nectarino			1,2	4,5	310,1	1.094,7	3.645,2	38,3	7,3					5.101,3
Nogal			4,5	2.466,1	6.786,1	14.120,4	5.527,0	4.367,3	1.744,5	252,6		9,0	0,01	35.277,5
Olivo	790,51		2.314,2	3.719,5	1.020,9	4.544,7	4.276,3	5.133,6	94,7	9,7				21.904,1
Palto	10,47	0,01	155,3	5.024,0	19.134,5	4.493,8	1.223,4	2,8	34,2					30.078,4
Peral asiático						4,2	37,1	51,3	40,6					133,2
Peral	0,27		0,3	42,7	102,7	738,3	4.795,0	2.742,9	98,1	17,1			0,4	8.537,8
Vid de mesa	0,91	1,0	7.746,1	8.721,6	11.190,3	7.971,7	12.363,8	206,9						48.202,2
TOTAL	846,1	43,2	10.302,1	23.865,1	16.917,4	50.597,0	74.701,9	52.393,6	5.773,1	3.809,0	44,0	65,9	212,4	269.570,6
Participación (%)	0,3	0,02	3,8	8,9	17,4	18,8	27,7	19,4	2,1	1,4	0,02	0,02	0,1	100,0

Fuente: ODEPA, 2017.

La región de Valparaíso tiene un amplio potencial para destinar más

hectáreas al cultivo de limones ya que es un producto que está pegando fuerte en la demanda mundial y la región esta apta en cuanto a las condiciones medioambientales que se dan en las zonas costeras y de interior teniendo las medidas preventivas adecuadas en cuanto las heladas, ya que este es el mayor problema que se podría presentar en cuanto a dificultades durante el proceso de crecimiento.

Sería una apuesta innovadora el poder llevar el limonero a un nivel mayor como lo está el nogal en la región para así darle una importancia de peso dentro de la región y no tan solo caracterizarse por el exceso de plantaciones de paltos el cual está secando territorios completos.

Capítulo 6: Costos

La construcción de un evaporador solar casero o más bien realizar un prototipo de evaporador no trae mayores costos sobre todo cuando se pueden reciclar algunos materiales. En este caso fueron recicladas las planchas de madera, el material aislante (tetra pack), la plancha de aluminio y el papel fieltro.

Los costos que se consideraron para la construcción del prototipo de evaporador solar fueron los siguientes:

Tabla 20: Costos de materiales para construcción del prototipo.

Materiales	Unidades	Precio Unitario	Total
Bandeja	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Plancha de Aluminio	RECICLADO		
Plastico Transparente	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Planchas de Madera	RECICLADO		
Tornillos	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Papel Metalico	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Papel Fieltro	RECICLADO		
Protector de Parabrisas	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Tubo de Cañería	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
Kit para medir ph	1	\$ 90.000,00	\$ 90.000,00
			\$ 105.500,00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Este prototipo es capaz de sustentar el lavado de loza diario para una casa con dos personas como máximo. Ahora bien si consideramos que en una toma de terreno se consideran 25 casas las cuales no todas son de 2 persona sino más bien en promedio viven 4 personas será necesario considerar dos veces la cantidad de algunos materiales.

Tener un prototipo casero en cada uno de los hogares solventaría la situación de las familias que no cuentan con mayores recursos hídricos que la entrega semanal o cada dos semanas del camión aljibe.

Muchas veces se tiene el concepto de que es necesario invertir una enorme cantidad de dinero para poder ayudar realmente a un territorio con escases de agua, pero lo que se necesita es dar comienzo con la instalación de energías renovables que dan resultados verídicos y que ayudan a poblados enteros a sobrevivir aunque sean 3 o 5 días más hasta que vuelva el camión aljibe con abastecimiento de agua ya que todo sirve en estos lugares que no cuentan con este recurso.

Si bien el costo de los materiales para construir un evaporador solar casero es aproximadamente de \$25.000 si no cuentas con ninguno de los materiales, en el caso del prototipo el precio es menor ya que se reciclaron algunos de los materiales y pensando en que la mano de obra será realizada por cada uno de los habitantes de esas casas, toda la inversión vendría siendo el gasto en materiales.

El presupuesto mínimo para poder realizar un proyecto social para una población sin recursos de agua sin contar el equipo para medir el ph, los distintos tipos de metales pesados, la concentración, etc serían aproximadamente 30.000 pesos chilenos, este monto multiplicado por el número de casas de la población, por ejemplo una población de 25 casas nos daría aproximadamente un costo de 750.000 pesos para la construcción de 25 evaporadores solares, los que ayudarían a una toma de terreno a sobrevivir unos días más del mes con agua para realizar sus tareas domésticas.

Además algunos de los artefactos fueron conseguidos, como el serrucho eléctrico, el termómetro digital y el medidor de ph.

6.1. Mantención

La vida útil de los evaporadores solares debe experimentarse. De modo que el cuidado es primordial para extender al máximo su durabilidad. Uno de los dos factores que hay que tener en cuenta es que la estructura no se

humedezca a tal punto de que llegue a podrir la madera y el otro es el plástico (polietileno) que también es un material propenso a fisuras.

Considerando estos dos factores, los principales y más propensos a deterioros, los costos de mantenimiento son mínimos y más que realizar un mantenimiento en caso de que la madera se deteriore sería recomendable montar un evaporador desde cero.

6.2. Financiamiento

Si bien es posible participar en fondos concursables tanto del ministerio de energía, ministerio del medioambiente o como proyecto social en la municipalidad de la comuna correspondiente, la cantidad de dinero no es un disparate y la solidaridad es una herramienta valiosa en un ambiente de abandono por parte de las autoridades, quienes son los que deberían hacerse responsables de las necesidades básicas de la comunidad. Veinticinco mil pesos por familia es un monto que puede lograrse organizando diferentes actividades en la misma comunidad como bingos, rifas, ferias, campeonatos de futbol, etc.

Además de lo mencionado anteriormente participar en fondos concursables no garantizan la obtención del dinero y genera falsas ilusiones en la gente, por lo mismo es que las personas no creen en políticos y no esperan ser ayudados por la autoridad. Es por esto que si el financiamiento es propio del lugar en base a la solidaridad, empatía, comprensión y más que cualquier otra cosa por necesidad de un recurso de primera necesidad la satisfacción de proyecto queda inmerso en la comunidad generando un ambiente apto para desarrollar nuevos desafíos territoriales que son contingentes a nivel nacional.

Capítulo 7: Conclusiones

Se ha demostrado la factibilidad técnica para la construcción del prototipo de destilador solar, destacándose lo simple y fácil de su operación y mantenimiento, prueba fehaciente de lo sencillo y robusta de la tecnología planteada. Además, todos los equipos y componentes pueden fabricarse en el país lo que garantiza una alta disponibilidad operativa.

Al investigar el entorno en cuanto a la escasez hídrica, abordar las regiones de Valparaíso y Coquimbo de manera principal, es producto de que son dos de las regiones con mayor cantidad de decretos de escasez según el MOP. Ambas regiones consideran aspectos como similares como ser regiones costeras, de gran diversidad en cuanto a la flora y fauna.

En ambas regiones el recurso solar ayuda para llevar a cabo la finalidad del proyecto de manera rentable en los meses de mayor temperatura ambiente, ya que en las fechas de menos calor el evaporador disminuye su eficiencia, sin dejar de lado que sigue funcionando pero con una menor producción.

En el salvador un evaporador solar construido de acero y vidrio tiene una producción de 2,4 litros diarios. Proyectando en una semana alrededor de 16 litros. Ambos resultados tanto el diario como el semanal se pueden

analizar por separado. Si el evaporador genera 2 litros de agua diarios aunque parezca insignificante, en tiempos de pandemia llegar a casa después del trabajo y poder lavar tus manos hace la diferencia entre contagiar a tu familia o no.

Ahora si puedes reunir agua durante una Semana con 16 litros es posible regar 4 plantas con 2 litros dos veces a la semana.

Con el prototipo ubicado en la población Los Ríos en la ciudad de Villa Alemana las cantidades recolectadas son parecidas aunque el rendimiento del evaporador de El Salvador es mayor ya que requiere una menor cantidad de agua para destilar la misma cantidad.

El prototipo de evaporador construido, en los días de mayor rendimiento se alcanzó un registro de 3,4 litros recolectados, lo cual es una cantidad diaria considerable y consistente para un prototipo básico, con materiales incluso reciclados.

Los primeros días de construido el evaporador se puede observar que las cantidades recolectadas son las más bajas del mes, debido a que aún no estaba aclimatado, por lo que el rendimiento era más bajo que a fin de mes, donde el comportamiento ha sido más considerable en cuanto al volumen diario recolectado.

Ahora bien en cuanto a los materiales el prototipo realizado es más económico que el proyecto salvadoreño. Si bien ambos proyectos son de bajo presupuesto ambos cumplen con el objetivo de destilar agua de manera fehaciente.

No se pudo realizar una observación diaria y continua del evaporador, del volumen recolectado, si bien se pudo observar ciertos días de manera aleatoria, los valores obtenidos dan una referencia del rendimiento del evaporador, en cuanto a la discontinuidad en los resultados no es posible dar conclusiones de manera absoluta ya que estadísticamente es necesario contar una muestra de al menos 30 días seguidos por lo que el objetivo está en vías de desarrollo.

Los costos relacionados a la construcción de un evaporador no son un impedimento importante, ya que muchos de sus materiales son de bajo costo, incluso algunos pueden ser reciclados.

El proyecto social es un buen incentivo para las distintas comunidades ya que aparte de sustentar de manera autónoma agua limpia, las familias del barrio obtienen información, unión vecinal y generan un vínculo en común abriendo espacios de conversación y discusión.

El resultado obtenido a través del agua recolectada es que su pH es de 6,64 por lo que está considerada para el uso en riegos para cultivos según la norma Chilena.

El evaporador solar actualmente se encuentra en funcionamiento, a diario se recolecta una cantidad considerable para el uso doméstico, para el lavado de loza, incluso en una semana de recolección el agua fue usada para el llenado de la lavadora lo cual permitió sacar una carga de ropa limpia.

El estudio realizado con respecto a las especies nativas que pueden darse en sectores costeros deja en claro que experimentar con cultivos que no son propios de la zona es un tema un tanto complejo y arriesgado. Ahora potenciar ciertos cultivos como los limoneros o almendros, ambos árboles que son resistentes a bajas temperaturas y veranos secos. Al estar cultivando en un ambiente donde en el suelo y en el aire el sodio está presente, se debe considerar que al momento de regar estos árboles el agua debe abundar de manera tal que no quede un exceso de sodio en los frutos.

El agua obtenida tiene un ph de 6,64 por lo que se puede determinar que se encuentra dentro de los rangos estimados de calidad de agua para riego exigida por la norma Chilena

Determinar los alcances y limitaciones de la capacidad de producción hídrica anual mediante el uso de evaporadores y condensadores solares en zonas costeras para contribuir al riego de zona agrícola y ganadera.

Capítulo 8: Recomendaciones

El resultado en cuanto a los alcances y limitaciones del uso de evaporadores, es el inicio de un proyecto social con el fin de sustentar un sector completo de agua destilada de manera auto gestionada en la población los ríos. Por lo que se recomienda medir parámetros con mayor exactitud, ya sea la obtención de la composición química del agua (metales pesados, concentración, etc), para así identificar de una manera más técnica el resultado obtenido.

Otra recomendación es analizar diariamente las cantidades de agua obtenida durante un año completo, Con el fin de obtener resultados y conclusiones con respecto a todo un año. Ya que sería interesante analizar el volumen de agua obtenido en época de invierno y otoño.

Para profundizar el tema de la inserción de árboles que no son propios de la zona costera, la experiencia es fundamental, ya que pueden existir miles de datos que indiquen la posibilidad de cultivar hectáreas de una especie ajena al entorno, sin embargo lanzar un proyecto para innovar en los cultivos de la zona es un riesgo muy alto. Es por esto que sería bueno cultivar a baja

escala estos árboles con el fin de tener una experiencia mayor, para así dar paso a que en un futuro no muy lejano llegar a cultivar a una mayor escala.

Volviendo al tema de los evaporadores, poder ubicar el destilador solar en el techo de las casas es una idea considerable, ya que la radiación estaría aún más latente, generando una mayor cantidad de agua, el problema sería el acceso para poder alimentar el equipo, pero es una buena forma de experimentar nuevas condiciones para así mejorar el rendimiento.

Otra opción para ver si mejora el rendimiento es aumentar la pendiente del evaporador de 45° a 30° para observar si existen una mayor recolección de agua.

Capítulo 9: Bibliografía

Ministerio de Energía, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2020, 30 de Diciembre). Identificación de zonas para el desarrollo de proyectos integrales de agua y energía. Descarbonización del Sector Energía en Chile

https://4echile-datastore.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/03/23170700/Informe_final-Agua-y-Energia-1.pdf

Montes, C. (2020, 30 de Junio). Pese a últimas lluvias, 2020 sigue siendo el segundo año más seco en 20 años en la Región Metropolitana y expertos pronostican una primavera seca. La Tercera.

Paul,F.(2019,11 de octubre). "Megasequía" en Chile: las catastróficas consecuencias de la mayor crisis del agua de los últimos 50 años. BBC Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-49825857>

Rojas,T. y Collage: Valenzuela, S. (2021, 29 de abril). Vivir sin agua: ¿Cómo la escasez hídrica profundiza las desigualdades de género en el mundo rural? La Tercera. <https://www.latercera.com/paula/vivir-sin-agua-como-la-escasez-hidrica-profundiza-las-desigualdades-de-genero-en-el-mundo-rural/>

Paul,F.(2019,11 de octubre). "Megasequía" en Chile: las catastróficas consecuencias de la mayor crisis del agua de los últimos 50 años. BBC Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-49825857>

Zambrano-Bigiarini, M. (2019,13 de septiembre) Sequía y escasez hídrica en Chile: parecidas, pero no iguales. Elmostrador. <https://www.elmostrador.cl/destacado/2019/09/13/sequia-y-escasez-hidrica-en-chile-parecidas-pero-no-iguales/>

Fragkou, M. (2020, 22 de junio). Una pandemia de privatización del agua: pobreza y falta de agua en Chile. Toxic News. <https://www.uchile.cl/noticias/164526/una-pandemia-de-privatizacion-del-agua-pobreza-y-falta-de-agua-chile>

Ministerio de Obras Públicas. (2021, Agosto). Segundo informe consolidado de solicitudes temporales amparadas en los decretos de escasez periodo 2020-2021. Ministerio de Obras Públicas.

https://dga.mop.gob.cl/DGADocumentos/segundo_reporte_escasez_agosto_2021.pdf

Ministerio de Energía. (2021). Explorador solar. Ministerio de energía.

<https://solar.minenergia.cl/exploracion>

Morán J. y Hueso F. (2012). Diseño, construcción y validación de un destilador solar para usos en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química.

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2021). Ficha Valparaíso Informativa.

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.

<https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/8974/FichaValparaisoInformativa.pdf>

Ministerio de Agricultura. (2017). Estimación de la demanda de agua en los cultivos. Ministerio de Agricultura.

Centro de información de recursos naturales. (2017). Catastro frutícola Principales resultados región de Valparaíso. Centro de información de recursos naturales.

<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/Valparaiso.pdf>