

PLATAFORMA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN

Atrapanieblas: Agua, difusión e innovación tecnológica

IV región, Chile

Sarah Devetak Álvarez

Prof. guía: Jorge Iglesias



PLATAFORMA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN

Atrapanieblas: Agua, difusión e innovación tecnológica
IV región, Chile

Sarah Devetak Álvarez

Memoria presentada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo
para optar al título de Arquitecto

Profesor guía:
JORGE IGLESIS GUILLARD

Académicos consultados:
Luis Goldsack
Mario Torres
Jeannette Roldán

Santiago de Chile
Junio 2014

A mis padres, Walter y Cristina,
por su amor incondicional
y dedicación para enseñarme
la magia de la naturaleza.

A Santiago
por su ayuda, amor y entrega infinita.

A Domingo Arancibia,
Pilar Cereceda,
Nicolás Schneider,
Magdalena Valdivieso,
y a todos quienes, con su entrega, hicieron posible el desarrollo de este proyecto.



CONTENIDO

Imagen 1. Región de Coquimbo
Fuente: Flickr, 2013.

CAPÍTULO 01 Presentación del tema

11	1.1 Introducción
12	1.2 Motivaciones
13	1.3 Objetivos

CAPÍTULO 02 Problemática

15	2.1 Cúal es la problemática: DESERTIFICACIÓN
29	2.2 Qué hacer
39	2.3 Dónde radica el problema
47	2.4 Cómo abarcarlo desde la arquitectura

CAPÍTULO 03 Proyecto de arquitectura

65	3.1 Condicionantes de proyecto
66	3.1.1 Condicionantes del sistema atrapanieblas
71	3.1.2 Emplazamiento
78	3.1.3 Usuarios
80	3.2 Programa
81	3.3 Gestión y financiamiento
82	3.4 Referentes
86	3.5 Partido general
90	3.6 Sistema constructivo y estructural
92	3.7 Sustentabilidad

CAPÍTULO 04 Referencias

95	4.1 Bibliografía
96	4.2 Anexos



CAPÍTULO 01

PRESENTACIÓN DEL TEMA

*Imagen 2. Provincia del Limarí.
Fuente: Imagen propia, 2013.*

1.1 INTRODUCCIÓN

La presente memoria plantea los lineamientos que han dado origen al proyecto “Plataforma contra la desertificación”, el cual busca revertir in situ las consecuencias del avance de la desertificación hacia las zonas de producción agrícola pertenecientes a poblados rurales de Chile.

La **desertificación** es el proceso en el cual la tierra pierde su capacidad fértil y productiva, alterando la posibilidad de permanencia de poblados que dependen de la **agricultura** en el norte chico del país. Este fenómeno se produce principalmente por dos causas: la escasez de agua y las malas prácticas agrícolas. Es a partir de estas causas, que se descubre un potencial, el cual es impulsado por un grupo científico experto en el fenómeno y el compromiso de una comunidad afectada.

El resultado es una intervención arquitectónica en el paisaje o **landarch**, que mediante el uso de **atrapanieblas** da una alternativa de abastecimiento de agua a través de la captación de la **camanchaca**, una neblina costera típica del norte de Chile.

Dentro del dispositivo de captación de la niebla, se propone una base de difusión de la problemática y la agricultura sustentable, así como también la posibilidad de innovación y desarrollo de **tecnologías** que ayuden a amortiguar los efectos de la desertificación.

El lugar más propicio para llevar a cabo la propuesta es definido por el mapa de desertificación, el cual muestra que la IV región es el punto de inflexión entre la irreversibilidad y la reversibilidad del fenómeno. Esto se refiere a que, en ese punto, es posible dar un giro ante el desolador panorama que le espera si no se realiza una acción reivindicativa.

KEYWORDS

**DESERTIFICACIÓN | AGRICULTURA | CAMANCHACA
ATRAPANIEBLAS | TECNOLOGÍA**

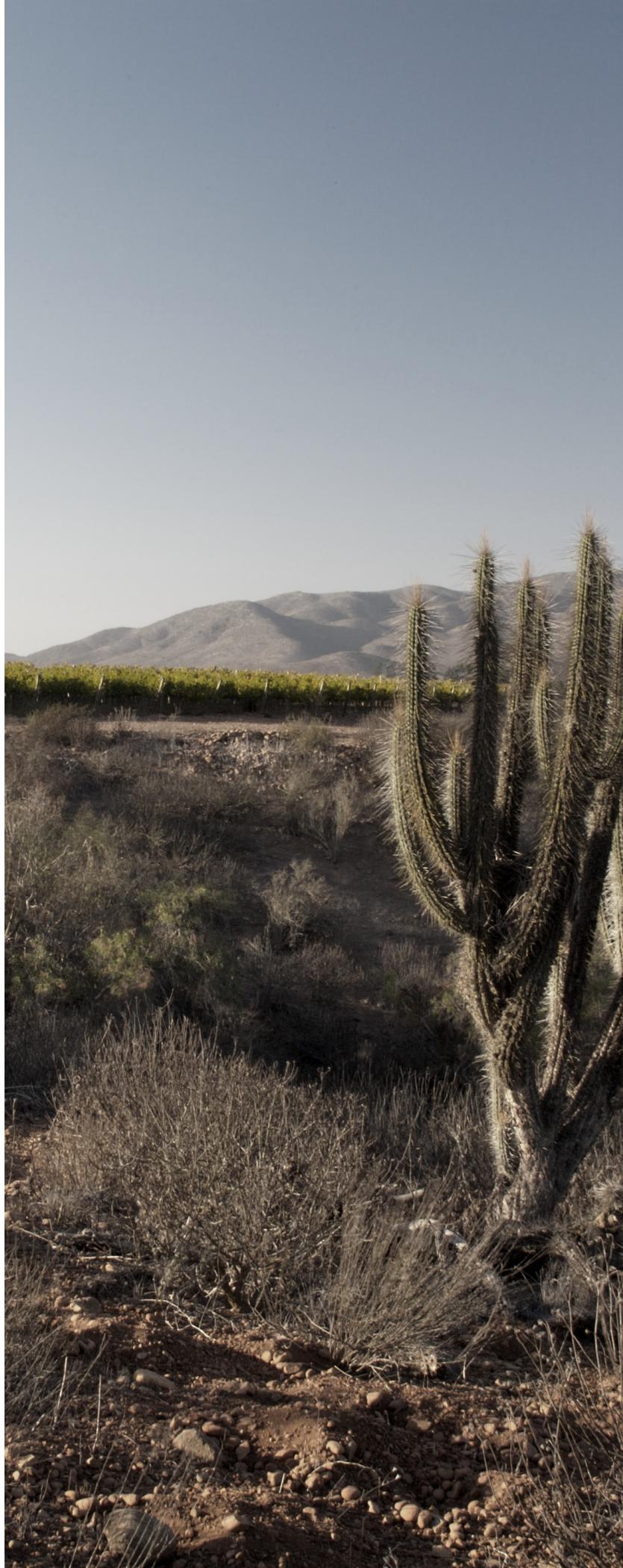
1.2 MOTIVACIONES

A lo largo de mi vida he formado un lazo incondicional con el norte chico de Chile. Es en ese clima semiárido donde tuve mis primeros acercamientos a la naturaleza, donde germinar una planta es un desafío, y la primera flor es una muestra de vitalidad ante tan hostil entorno. La arena y las piedras, que para cualquiera pudieran parecer elementos inertes, forman una simbiosis particular con las cactáceas, dedalitos de oro y los espinos, dando vida la una a la otra. Esto da cuenta de una atmósfera que parece desierta, pero está tan llena de vida, y más aún cuando poco a poco se comienza a fusionar con la vegetación más frondosa a medida que te acercas a la cuenca del río.

Sin embargo, este paisaje que me ha entregado innumerables recuerdos de infancia, ha ido decayendo con el tiempo, dando origen a localidades fantasma, que han desaparecido por la falta de agua que les permitía realizar sus cultivos. Hoy, observamos que ciudades como Ovalle y La Serena crecen descontroladamente, mientras pequeños pueblos van siendo sólo una memoria.

En una actitud por salvar este entorno, y permitir que futuras generaciones conozcan las particularidades de la zona, el clima de tránsito entre desierto rotundo del norte y el bosque del sur, es que me propuse indagar las causas que han impulsado la decadencia de pequeños poblados de la región de Coquimbo, que han estimulado la disminución de agua y limitado la producción de cultivos que alimentan a gran parte de esa zona.

La crisis medioambiental y social de la que es víctima el norte chico, es producida principalmente por un fenómeno: la desertificación.



1.3 OBJETIVOS

El desafío principal es dar origen a un proyecto que sea capaz de vincular arquitectura, desertificación y actividades humanas para que desde allí, se pueda desarrollar una solución que permita reivindicar las acciones que están dando origen a la problemática. Específicamente, y atendiendo a cada ámbito comprometido, los desafíos son los siguientes:

- 1. Proponer a Chile como un modelo ejemplar** de medidas contra la desertificación, dado sus condiciones de vulnerabilidad frente al fenómeno y potencial efecto de reversibilidad. Promover su replicación en contextos ecológicos de vulnerabilidad semejantes, así como entre entidades públicas y no gubernamentales del país, y de todo el mundo.
- 2. Proteger el suelo, el agua y la biodiversidad,** mediante la incorporación de tecnologías, formas de producción, conocimientos y habilidades que permitieran frenar y revertir el proceso de desertificación de las zonas afectadas.
- 3. Involucrar a profesionales expertos** comprometidos en la lucha contra la desertificación en un proyecto que les permita difundir el conocimiento hacia las localidades afectadas y a su vez, entregarles una base de trabajo para la innovación tecnológica, para contrarrestar los efectos del fenómeno de la desertificación.
- 4. Concientizar a los poblados rurales** del cuidado del medioambiente como una práctica que les permitirá su continuidad y asentamiento en el territorio.

*Imagen 3. Cultivos en el Valle del Limarí.
Fuente: Imagen propia., 2013.*



CAPÍTULO 02

PROBLEMÁTICA

*Imagen 4. Cerros con signos de desertificación de la cuenca del Limarí.
Fuente: Imagen propia. 2013.*

2.1 CÚAL es la problemática

DESERTIFICACIÓN

La desertificación es un fenómeno medioambiental en el cuál **la tierra pierde su capacidad fértil**, y con ello su productividad económica o biológica, especialmente en las zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas por diversas causas, tales como la acción humana o la variabilidad del clima, dando paso a problemas sociales y de desarrollo¹.

Entre las diversas causas que producen la desertificación se presentan dos de mayor importancia:

- **Escasez de agua**
- **Acción humana sobre el suelo**

Mientras el primer factor es una consecuencia de los cambios climáticos vinculados al calentamiento global que acentúa la aridez, tales como la disminución de las precipitaciones o el aumento de la temperatura; el segundo, es causada principalmente por actividades agrícolas inadecuadas y persistentes, sobrepastoreo y deforestación, lo cual se traduce en una degradación de la tierra en tasas superiores a las de reposición natural.

Es un proceso gradual, que tiene **consecuencias ambientales**, como la pérdida de flora y fauna y también **efectos socioeconómicos, como pobreza y migración**.

La desertificación constituye un problema de relevancia mundial ya que está presente en todos los continentes, afectando a un tercio de la superficie del planeta lo que significa cerca de 2.000 millones de personas². Sin embargo, se presenta más intensamente en la **mitad norte de Chile y el norte de África**, demostrado por la baja de sus precipitaciones en las últimas décadas y la grave degradación de sus suelos.

El amplio rango de condiciones climáticas presentes en Chile a través de su geografía, deja aún más en evidencia el fenómeno de la desertificación, lo cual altera radicalmente características sociales, de las actividades económicas, territoriales, de la flora y fauna nativa, etc. Por esta razón, es que **Chile presenta el caso más relevante dentro del mundo**, y puede ser el país modelo para el combate a la desertificación a nivel global.

1 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (2013). Desertificación. [www.onu.cl/onu/?s=desertificación] Revisada: 20 de diciembre 2013.

2 CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES. (2010). Informe Final: "Determinación de la erosión actual de los suelos de Chile".

EL CASO DE CHILE

como muestra crucial del problema

Aproximadamente un **62,3% del territorio nacional se ve afectado por algún grado de desertificación**, expresándose con mayor magnitud en las siguientes macro zonas agroecológicas: la precordillera de las I y II regiones, las áreas ocupadas por las comunidades agrícolas de la III a la IV Región (valles transversales), el secano costero de la V a la VIII Región, la precordillera andina de la VI a la VIII Región y las zonas degradadas de la XI a la XII Región.

La productividad agrícola en zonas de Chile sujetas a la desertificación, entre otras causas, disminuyó su crecimiento de 2,8% entre 1984-1997, a sólo 0,9% entre 1998 y 2005. Además, la desertificación hoy afecta en nuestro país a 1,5 millones de personas y contribuye a la migración anual del 3% de la población en las zonas afectadas.

En la escala nacional, como las exportaciones agropecuarias y forestales de Chile superan los 12.000 millones de dólares anuales, por cada 1% de disminución en la capacidad productiva del territorio, se pierde permanentemente unos 120 millones de dólares en el PIB, **pérdidas que recaen en las áreas rurales más pobres**³.

En efecto, la pérdida de fertilidad de los suelos se traduce en menores cosechas y producción. La precarización de la vida campesina potencia la migración campo-ciudad, con lo que se **engrosan las filas de trabajadores no calificados y los cordones de pobreza en torno a las grandes ciudades** (PNUD, 2013).

El aumento de situaciones de escasez de agua –ya sean naturales o causadas por el hombre– provoca que se desencadenen y exacerben los efectos de la desertificación a través de los impactos directos y a largo plazo en la calidad del suelo. Las técnicas de gestión del suelo pobres e insostenibles empeoran la situación. El sobrecultivo, el sobrepastoreo y la deforestación añaden presión sobre los recursos hídricos, reduciendo la capa superficial fértil del suelo y la cubierta vegetal⁴.

3 UNIDAD DE DIAGNÓSTICO PARLAMENTARIO. (2012). Informe de la cámara de diputados "Desertificación en Chile".

4 CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. (2012). Serie de documentos temáticos N°2 "La escasez de agua y la desertificación".

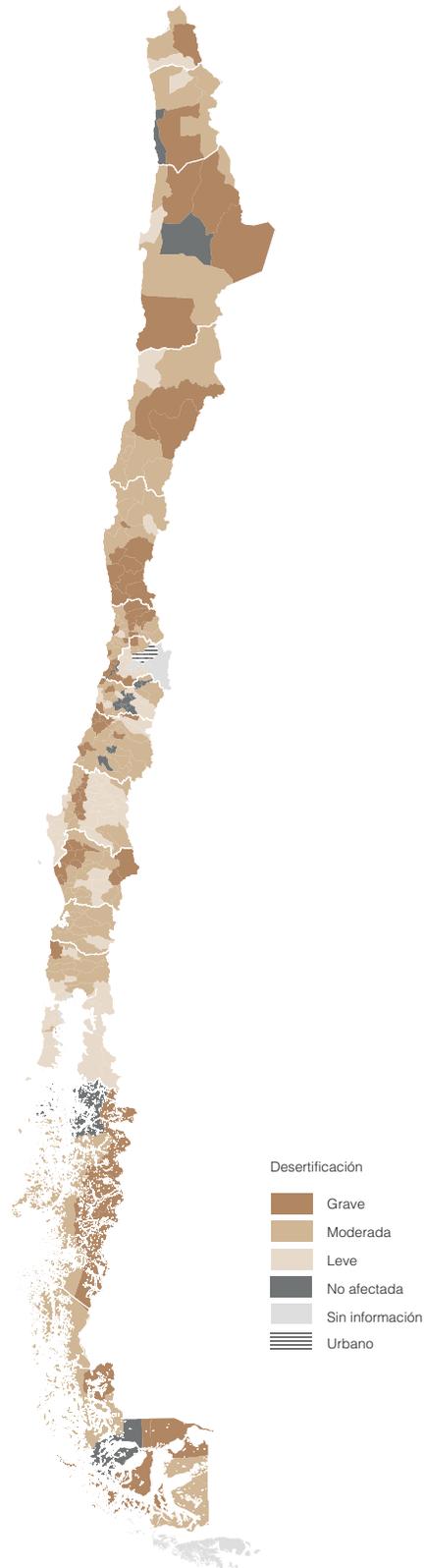


Figura 1. Mapa de la desertificación en Chile.
Fuente: CONAF, Ministerio de Agricultura, 1999.

ESCASEZ DE AGUA

Chile es un país con abundantes recursos hídricos. Si consideramos el total de la escorrentía por precipitaciones en el país que es de 53.000 m³/habitante/año, la cifra supera con creces a lo que se considera mundialmente como necesario para el desarrollo sostenible que corresponde a 2000 m³/habitante/año (Banco Mundial, 2010).

Sin embargo, hay un **fuerte desequilibrio geográfico entre la localización de los recursos y la población**. La región central y norte, deficitarias en agua, concentran el 65% de la población del país⁵. Sumado esto al sostenido crecimiento económico y desarrollo social de las últimas décadas ha generado demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos por parte de los diferentes tipos de usuarios, dando origen a la **imposibilidad de permanencia** de poblados en zonas de escasez de agua.

Una política de gestión integrada de los recursos hídricos y del suelo traería, en última instancia, beneficios medioambientales y socioeconómicos globales. Tanto las poblaciones rurales como las urbanas se beneficiarían de las prácticas de gestión sostenible del suelo, que servirían además para mantener significativamente la biodiversidad global de la agricultura y los ecosistemas agrícolas resistentes, incluyendo los pastizales y los recursos forestales.

AGRICULTURA vs MINERÍA

consumo hídrico y productividad económica

En la última década, la producción agrícola del norte de Chile ha decaído al ser víctima del incremento de la producción minera, la cual es 8 veces más rentable en términos de aporte económico para el país.

Según la comparación hecha por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas⁶, la minería, si bien se compone de varias faenas, concentran su producción en un 90% en dos grandes empresas: Minera Los Pelambres y Andacollo, ambas operan en la IV región. El consumo hídrico estimado del sector es de 1,7 m³/seg que, desde el punto de vista económico, generan un PIB de 1.105 miles de millones de pesos (2008).

Los antecedentes son muy diferentes para el sector de la agricultura, el cual tiene asociada 85 mil hectáreas de riego en la IV región, con una demanda hídrica que asciende a 30 m³/seg, y tiene asociado un PIB de 139,8 miles de millones de pesos (2008).

Por esta razón, es que los planes de desarrollo regional se han enfocado en el **desarrollo de la minería como eje productivo primordial** para el sustento de las localidades, **postergando a un plano inferior las tradicionales actividades agrícolas**.

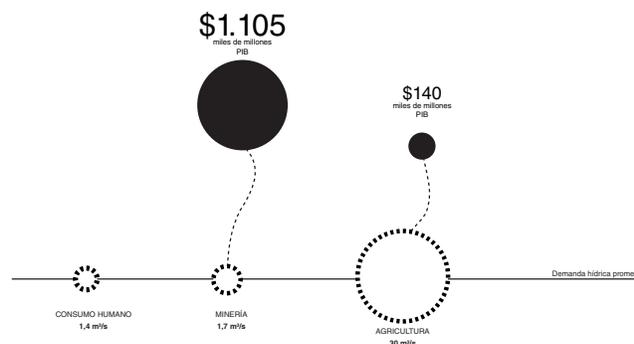


Figura 2. Relación del consumo hídrico por sector económico y su aporte al PIB (2008)
Fuente: Elaboración propia, 2014

5 UNIDAD DE DIAGNÓSTICO PARLAMENTARIO. (2012). Informe de la cámara de diputados "Desertificación en Chile".

6 DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, Ministerio de Obras Públicas. (2012). "Análisis de vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos, IV región".

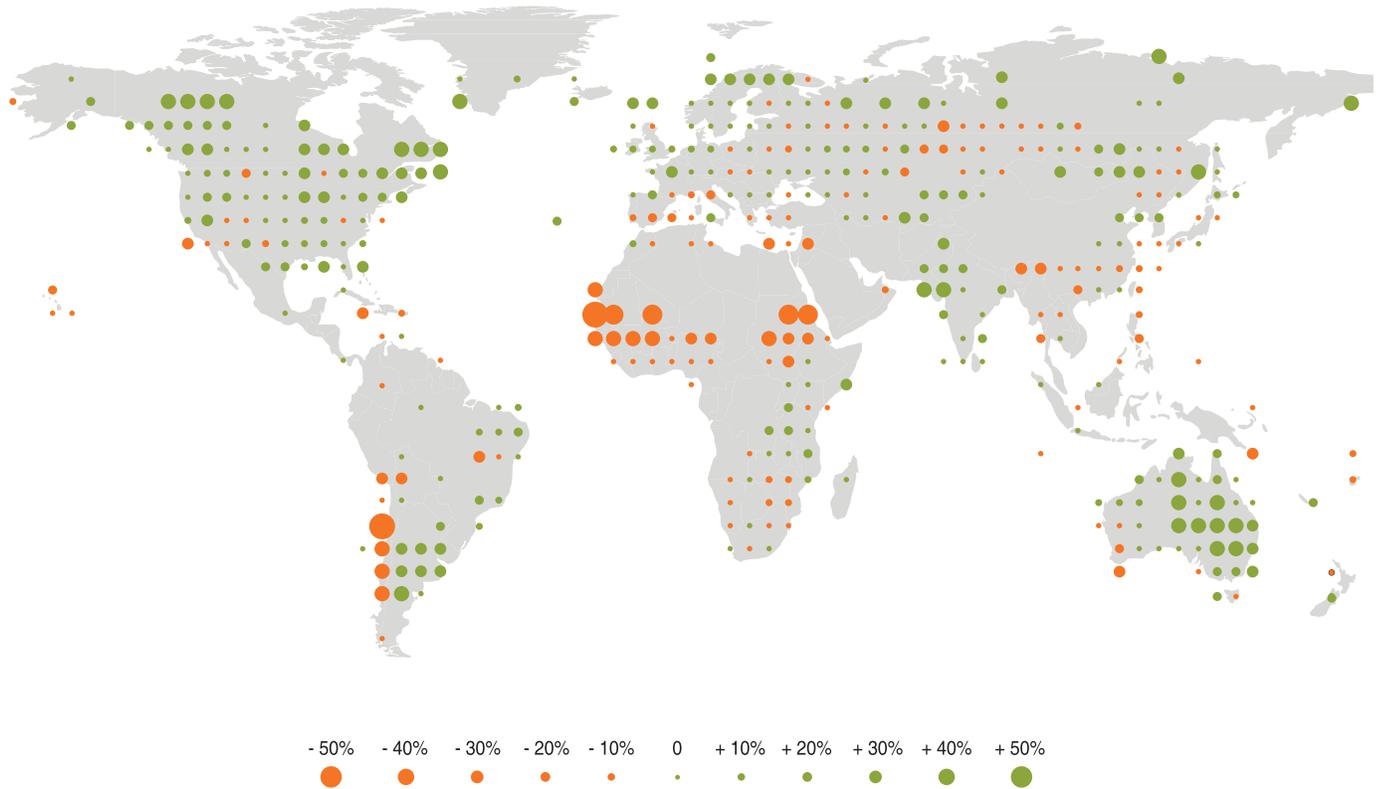


Figura 3. Tendencia de precipitaciones anuales: 1900-2000 (%)
Fuente: REKACEWICZ, P., UNEP/GRID-Arendal. 2005.

DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

La degradación de los suelos corresponde a la alteración de sus propiedades, debido a causas naturales o actividades humanas siendo su principal consecuencia la disminución de la productividad agrícola. Esto trae como consecuencia la inseguridad de las poblaciones que habitan las zonas más áridas con mayor dificultad para obtener alimentos.

Según el Ministerio del Medioambiente, la degradación puede ser de tipo física, biológica o química⁷:

- **DEGRADACIÓN FÍSICA:** La principal causa es la erosión que, si bien en general tiene causas naturales, puede ser generada por actividades humanas asociadas a **prácticas agrícolas inadecuadas, deforestación y sobrepastoreo**.
- **DEGRADACIÓN BIOLÓGICA:** Los microorganismos juegan un rol importante en el ciclo de carbono, del nitrógeno y otros elementos para mantener la fertilidad y el crecimiento de las plantas. La disminución de los microorganismos es, en gran parte, el resultado de la utilización que el hombre hace de los suelos para diferentes actividades. La degradación biológica, es decir, la alteración de la flora microbiana, es causada por **riego con aguas contaminadas, el abuso de agroquímicos y el uso excesivo del fuego para limpiar los campos**, factores que se adicionan a los efectos de la erosión.
- **DEGRADACIÓN QUÍMICA:** La degradación química es una consecuencia de la salinización, alcalinización, acidificación y contaminación de suelos, problemas que frecuentemente se pueden asociar a las descargas no tratadas de **residuos industriales líquidos de la industria y de la minería en el norte del país**, como también a la contaminación por agroquímicos y por la deposición de emisiones atmosféricas.

EROSIÓN

como consecuencia de la acción humana

La erosión se define como “el arrastre del suelo productivo por efecto del agua (erosión hídrica) o del viento (erosión eólica), desde su origen a esteros, ríos y mares u otros lugares, transformándolos en sustancia inerte, sin utilidad alguna y provocando daños por embarcamiento de ríos y puertos, formación de dunas, sedimentación de tranques, etc.”⁸

Para la formación de un suelo se requieren decenas de miles de años, no obstante lo cual, el mal uso de estos puede llevarlos a la degradación total en unas pocas decenas de años⁹.

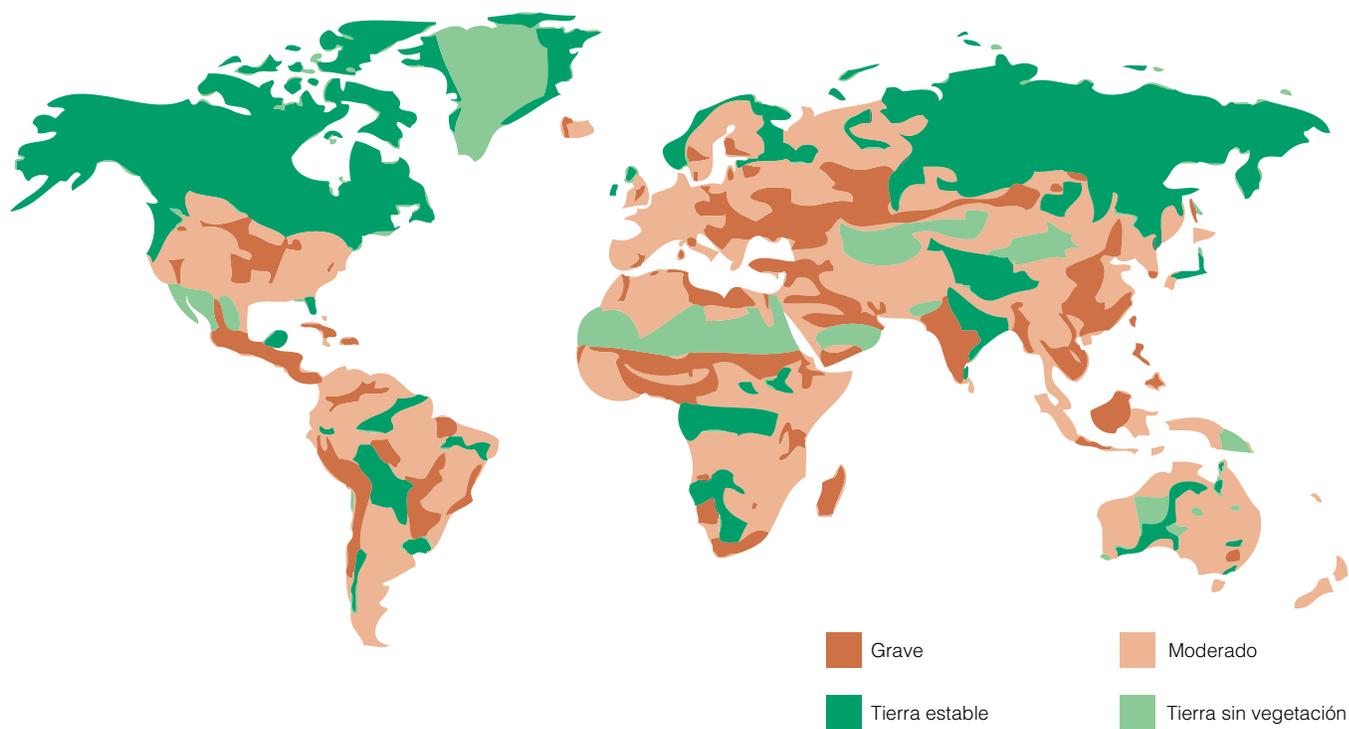
Según el Informe de la Cámara de Diputados¹⁰, de la cantidad de suelo disponible en Chile, un **64%, es decir, aproximadamente 36,8 millones de hectáreas, presentan algún tipo de erosión**. En tanto, los suelos que muestran niveles de erosión mayores, entre moderada y muy severa, alcanzan un 49% del total, abarcando alrededor de 28,5 millones de hectáreas.

A nivel regional, el problema de la erosión se concentra en el territorio norte del país, con porcentajes superiores al 90% de los suelos regionales. En tanto, si se consideran sólo los niveles mayores de erosión, entre moderada a muy severa, estos porcentajes disminuyen, situándose entre un 70% y 80% de los suelos regionales.

Específicamente en la IV Región de Coquimbo, la deforestación fue intensa, para proveer de combustible a la minería a fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Posteriormente la actividad cerealera y ganadera terminaron de agotar la capa vegetal de esta zona. Esta región es una de las más afectadas también por el descenso en los niveles pluviométricos experimentado durante todo el siglo XX.

7,8,9 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (2011). Informe del estado del medio ambiente, capítulo 9: Suelos para uso silvoagropecuario.

10 UNIDAD DE DIAGNÓSTICO PARLAMENTARIO. (2012). Informe de la cámara de diputados “Desertificación en Chile”.



“Los esfuerzos mundiales por detener y revertir la degradación de la tierra son parte integrante de la construcción del futuro que queremos. La utilización sostenible de la tierra es un requisito para hacer salir a miles de millones de personas de la pobreza, facilitar la seguridad alimentaria y nutricional, y salvaguardar las existencias de agua; además, constituye la piedra angular del desarrollo sostenible.

Además, es necesario que para 2050 la cantidad de tierras productivas sea suficiente para alimentar a alrededor de nueve mil millones de personas con niveles de consumo per cápita superiores a los de hoy, lo que será imposible si el suelo se sigue destruyendo al ritmo actual, es decir, a razón de 75 mil millones de toneladas por año. Es necesario que se adopten decisiones importantes en relación con la utilización de la tierra (...). Sin un suelo saludable, la vida en la Tierra es insostenible.”

(Ban Ki-Moon, secretario general de la ONU. 2012)

Figura 4. Áreas de preocupación por la degradación del suelo.
 Fuente: WRI/UNEP, 1990.

MALAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

La erosión del suelo está íntimamente relacionada con las técnicas de manejo del suelo, en materia de deforestación excesiva, sobrepastoreo, deterioro de la capa leñosa y, el más controvertido, las **malas prácticas agrícolas**, lo que ha generado pérdidas irrecuperables para algunos territorios.

Esto ha ocasionado efectos con las siguientes implicaciones¹¹:

- **Formación de costra superficial:** Impide la formación de las plantas y la infiltración del agua.
- **Incremento de la erosionabilidad del suelo:** Las partículas más finas fácilmente pueden ser transportadas por el agua de escorrentía.
- **Formación de suelas de arado en profundidad:** Tierra endurecida por los procesos de desestructuración.
- **Salinización y solidificación de los suelos:** Acumulación excesiva de sales solubles donde se desarrollan las raíces de los cultivos.
- **Compactación:** Aumento de la densidad aparente del suelo, en las capas superficiales o profundas, resultante del deterioro gradual de la materia orgánica y la actividad biológica.
- **Pérdida de nutrientes:** Empobrecimiento gradual o acelerado del suelo por sobreexplotación o monocultivo, lo que trae como consecuencia la baja fertilidad y productividad de los suelos.
- **Conflicto de usos:** Las tierras agrícolas se pierden o transforman en tierras para la urbanización.

¹¹ KUNKEL, M. (2012). "Deterioro del suelo por malas prácticas agrícolas".

Imagen 5. Suelo erosionado y cultivos de reforestación para detener el avance de la desertificación en la IV región.
Fuente: CERECEDA, P. 2013.





MIGRACIÓN CAMPO-CIUDAD SOSTENIDA

La desertificación es una cuestión mundial, con graves **consecuencias para la seguridad de las personas y los ecosistemas, la erradicación de la pobreza, la estabilidad socioeconómica y el desarrollo sostenible.**

Las personas pobres que viven en zonas de tierras secas tienen que hacer frente a múltiples problemas de pérdidas de ingresos, inseguridad alimentaria, deterioro de la salud, mayor deterioro de los recursos naturales, y falta de acceso a los mercados. A menudo, las escasas oportunidades de subsistencia los obligan a **migrar a zonas no afectadas por la desertificación** en busca de una vida mejor¹².

Varios estudios apuntan que el cambio medioambiental mundial podría hacer migrar a entre 50 y 700 millones de personas antes del 2050. La relación causa/efecto entre la desertificación y la migración ha sido recientemente reconocida por distintos actores y su evidencia empírica está ya al alcance de todos gracias a las investigaciones intergubernamentales, de la ONU y de los institutos de política¹³.

AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES COMO CAUSA DE POBREZA

Desde el punto de vista social, **la sequía y la desertificación incrementan la pobreza** al romper las estructuras sociales y familiares, y provocar inestabilidad económica. Estas restricciones dan lugar a procesos migratorios de magnitud, que son característicos de las zonas áridas, semiáridas y tierras degradadas, y forman parte de un ciclo de agotamiento de los recursos naturales. En estos casos, la migración hacia nuevas tierras es la alternativa de sobrevivencia que tienen a mano las poblaciones afectadas.

En efecto, cada año millones de hombres migran a las ciudades en procura de nuevas oportunidades, dejando a mujeres y niños expuestos a una mayor vulnerabilidad. En estas condiciones, los productores de las zonas afectadas por estos procesos deben intensificar la explotación de los escasos y pobres recursos naturales disponibles, causando una mayor desertificación del ecosistema¹⁴.

De esta manera, **pobreza, desertificación y migración son fenómenos que coexisten y que son causa y efecto al mismo tiempo.**

12 PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. (2013). Presentación: "Instrumentos y herramientas de mitigación y reducción de la desertificación: La experiencia de 62 proyectos comunitarios exitosos e innovadores".

13 CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. (2012). Documento "Migración y desertificación".

14 COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (2005). "Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales".



Figura 5. Efecto migratorio en zonas desertificadas.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

CARACTERÍSTICAS DEL EFECTO MIGRATORIO

Las zonas desertificadas se caracterizan por tener **escasa dotación de recursos naturales de baja calidad y una abundante disponibilidad de mano de obra familiar**¹⁵. Para las familias, se hace absolutamente necesario aprovechar todas las posibilidades de incrementar, aunque sea marginalmente, el ingreso requerido para asegurar su subsistencia.

- Fuerza laboral de baja productividad: ancianos y niños.
- Uso de tierras marginales.
- Venta de trabajo fuera de la unidad productiva campesina: envío de remesas.

A veces estos recursos no son suficientes por lo que se buscan otras alternativas. En la información emanada de los censos de población, se confirma que **las corrientes migratorias provenientes de las áreas desertificadas son sustantivamente mayores** que las de aquellas no afectadas por estos procesos.

El análisis revela también que los emigrantes son principalmente personas **jóvenes y no familias**, lo que es consistente con el propósito de complementar los deteriorados ingresos factibles de obtener por medio de recursos naturales degradados. También se atribuye a una necesidad de diversificación del riesgo de los hogares.

El principal destino de éstos jóvenes son los centros urbanos, para dedicarse a actividades distintas de la agricultura, que por lo general son de remuneraciones bajas dado la escasa educación que les permita desarrollar otro trabajo.



15, 16 COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (2005). "Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales".



MIGRACIONES IV REGIÓN

La migración es una variable de ajuste que permite aliviar la presión sobre los limitados recursos naturales disponibles, especialmente la tierra, y al mismo tiempo posibilita la generación de ingresos adicionales que ayudan a la sobrevivencia del grupo familiar.

Una de las regiones más afectadas es la IV región de Coquimbo, donde la migración más importante se produce **desde las áreas rurales a las ciudades y centros poblados de la propia región y del Norte Grande del país**, en busca de actividades generadoras de empleo e ingresos superiores a los dejados.

La mayor parte de los emigrantes tienen entre 15 y 29 años, constituyen gran parte de la fuerza laboral y el futuro de la región, que originalmente sus actividades están ligadas a la agricultura, la silvicultura, la pesca y caza. Respecto de las ramas de actividad a las que se dirigen los emigrantes, **la mayor parte se ocupa en la minería**, seguida del comercio y la construcción, la agricultura y, bastante más atrás, el servicio doméstico¹⁶.

TASA ANUAL DE EMIGRACIÓN E INMIGRACIÓN
IV Región de Coquimbo

Ciudad	Tasas anuales de migración por cada mil habitantes.		
	Inmigración	Emigración	Migración neta
La Serena	31,76	29,18	2,57
La Higuera	22,18	37,78	-15,59
Coquimbo	31,89	17,28	14,61
Andacollo	31,93	-17,83	14,11
Vicuña	25,60	25,47	0,13
Paihuano	20,03	43,32	-23,30
Ovalle	21,02	28,20	-7,18
Río Hurtado	17,19	30,98	-13,78
Monte Patria	18,42	22,92	-4,49
Combarbalá	13,83	38,52	-24,70
Punitaqui	21,77	40,59	-18,82
Illapel	18,91	33,06	-14,15
Salamanca	18,01	27,06	-9,05
Los Vilos	26,12	27,26	-1,14
Canela	12,33	33,63	-21,30
Total	25,42	26,67	-1,24

Tabla 1. Tasa anual de migración en la IV Región, Censo 1992.
Fuente: CEPAL, 2005.

Imagen 6. Relaciones interregionales entre las capitales y pueblos.
Fuente: Imagen propia, 2014.



2.2 QUÉ hacer

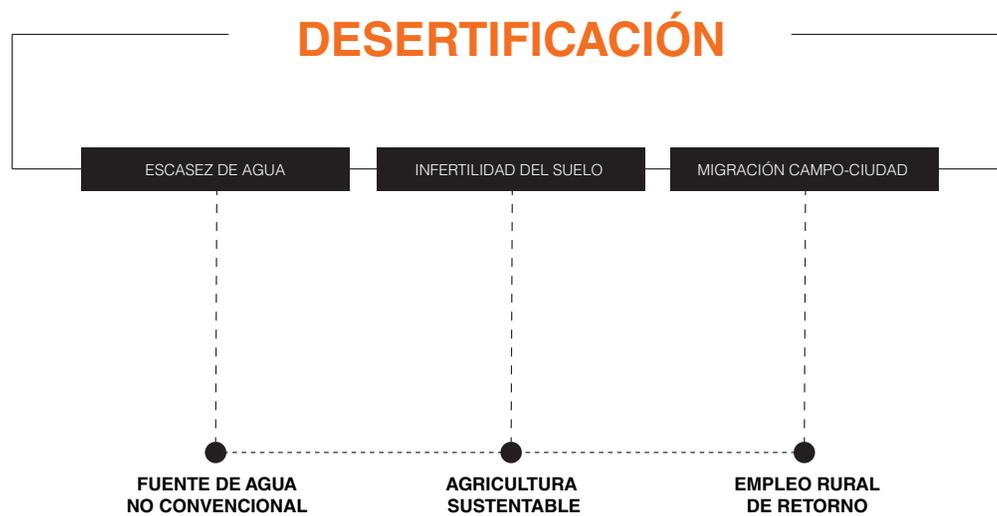


Figura 6. Esquema de problemática, causas y posibilidades.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 7. Vida campesina en el norte chico de Chile.
Fuente: Imagen propia, 2014.

ALTERNATIVAS ANTE LA ESCASEZ DE AGUA

SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Prevenir la escasez de agua implica generar una estrategia global de sustentabilidad ya que es efecto del cambio climático, lo que se vuelve un proyecto de largo plazo y con múltiples focos de interés, pero se podría asumir estrategias de reemplazo del recurso hídrico perdido. Desde este enfoque, la aplicación de los sistemas no convencionales de abastecimiento de agua, serían una **alternativa ante la disminución del caudal de agua** proveniente de las fuentes que se utilizan actualmente en la agricultura (ríos, embalses, napas, etc.).

- **Tratamiento de aguas servidas**¹⁷: consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano, proveniente de residencias, locales comerciales, instituciones, etc. Estas pueden ser tratadas in situ, o llevadas mediante tuberías a una planta de tratamiento municipal.
- **Aguas claras de relave**: Las aguas residuales de los procesos de la minería se acumulan en los “tranques de relave”, donde se produce la sedimentación de los compuestos finos y gruesos, quedando a flote las aguas claras. Debido al alto contenido de minerales y sulfatos, no siempre estas aguas pueden ser utilizadas para fines agrícolas, sin embargo, estudios han demostrado que dependiendo de la concentración y variedad de elementos podría ser apta.
- **Aguas residuales de la agroindustria**: Los procesos agroindustriales utilizan agua de forma intensiva en procesos como el lavado y la desinfección post-cosecha, entre otros. Esta agua puede ser reutilizada al ser sometida a un proceso de tratamiento de remoción de agroquímicos presentes y purificación.
- **Desalinización del agua**¹⁸: La desalinización es un proceso mediante el cual se elimina la sal del agua de mar a través de una “planta desalinizadora”, y se obtiene agua dulce apta para el abastecimiento y el regadío. Sin embargo, en el proceso de extracción de la sal se producen residuos salinos y sustancias contaminantes que pueden perjudicar a la flora y la fauna, además de un elevado consumo eléctrico.
- **Cosecha de lluvia**: La cosecha de agua de lluvia es la recolección de la escorrentía superficial para propósitos

de producción agropecuaria y forestal. Las prácticas de captación de lluvia además disminuyen el riesgo de erosión al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras. Por lo general, se capta la lluvia en rampas que conduce a un estanque de acumulación.

- **Estimulación en la producción de lluvia**: Este método, consiste en sembrar las nubes con yoduro de plata lo que estimula la formación de gotitas de agua de mayor tamaño de las que existen en las nubes, mediante la generación de cristales de hielo en lugares y momentos oportunos, para de esa manera desencadenar el proceso de lluvia.
- **Atrapanieblas**: Son estructuras para atrapar las gotas de agua microscópicas que contiene la neblina. Se usan en regiones desérticas con presencia de niebla. A lo largo del tiempo, esta tecnología se ha ido perfeccionando, dando origen a la estructura más utilizada hoy que consiste en la utilización de malla Raschel en altura como elemento de captación.

¹⁷ WIKIPEDIA. "Tratamiento de aguas residuales". [es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales] Revisada: 10 de marzo 2014.

¹⁸ WIKIPEDIA. "Desalinización". [es.wikipedia.org/wiki/Desalinizaci%C3%B3n] Revisada: 10 de marzo 2014.

Imagen 8. Tranque de relave en el norte de Chile.
Fuente: FLICKR, 2014.



AGRICULTURA SUSTENTABLE

"buenas prácticas agrícolas"

Para alcanzar el objetivo de la seguridad alimentaria en tierras desertificadas, resulta necesaria la adaptación a **políticas de agricultura sustentable** por la localidad afectada, especialmente la población rural y pobre, para que puedan beneficiarse y tomar conciencia de la importancia de la tierra para su propia subsistencia.

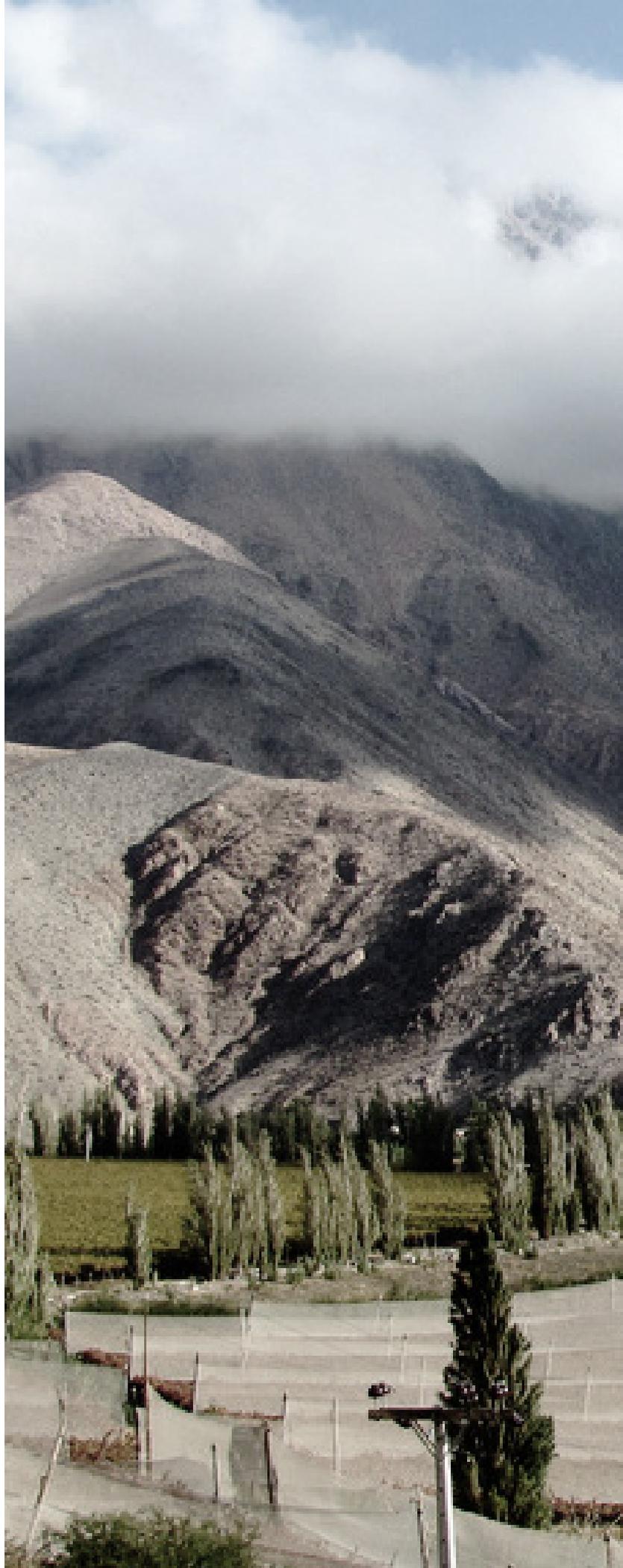
Para eso se debe intervenir en las actividades humanas que están deteriorando el suelo fértil. **Los cambios en el uso del suelo y en los patrones de cultivo** representan una opción. Otras alternativas pueden ser los **cultivos resistentes a las sequías o la disminución de la demanda de agua**.

La transformación de un sistema agrícola marginal en otro sistema con alternativas adecuadas, como bosques o dehesas, contribuiría de sobremanera a prevenir la degradación del suelo y a regenerar el potencial de la agricultura a largo plazo¹⁹.

Las siguientes medidas de cultivos sustentables, entre otras, pueden ser introducidas en zonas en riesgo de desertificación:

- Restauración y tratamiento de la tierra constante, con fertilizantes naturales.
- Estabilización de terrenos con especies nativas.
- Construcción de barreras contra el viento.
- Reforestación.
- Sustitución de cultivos anuales por cultivos permanentes o semipermanentes.
- Promoción de la biodiversidad en la agricultura evitando los monocultivos.
- La correcta elección de especies a cultivar de acuerdo a las condiciones locales.

19 CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. (2012). Serie de documentos temáticos N°2 "La escasez de agua y la desertificación".



EDUCACIÓN como medio para modificar conductas agrícolas

**¿Cómo hacer conciencia en las comunidades agrícolas sobre la necesidad de practicar agricultura sustentable para evitar el agotamiento de la fertilidad de las tierras?
¿Qué recursos utilizar?**

En primera instancia, la problemática de la desertificación debe expandirse, para llegar a cada uno de los sujetos involucrados, ya sea directa o indirectamente.

Para esto, las personas comprometidas con la problemática deben **difundir la información**. Pueden ser agrónomos, agricultores, ecologistas, geógrafos, y profesionales de diversas áreas que estén trabajando en la lucha contra la desertificación, quienes formen parte de un **grupo interdisciplinario** promotor de la desertificación y la agricultura sustentable.

El aprendizaje es el proceso mediante el cual se adquieren o modifican habilidades, conocimiento, conductas, destrezas y valores. En psicología, el aprendizaje se refiere a la adquisición por la práctica de una conducta duradera. De todas maneras es mediante la enseñanza la manera en que las personas podrían modificar la conducta aplicada hasta hoy, de cómo hacer agricultura.

La acción misma de la enseñanza por parte del grupo interdisciplinario hacia las comunidades agrícolas se sustenta en una plataforma de difusión, donde se genera el traspaso del conocimiento de carácter técnico.

Imagen 9. Cultivos y niebla en el Valle del Limarí.
Fuente: FLICKR, 2014.

MODELO DE ACCIÓN

Este proyecto busca ser el detonador de una estrategia global de combate contra la desertificación, y una fuente de investigación para desarrollar tecnologías que puedan ser aplicadas a nivel internacional, y de esta forma alzarse como el portavoz en soluciones para la problemática y la difusión de ella para el mundo.

ORGANISMOS NACIONALES E INTERNACIONALES INVOLUCRADOS

Las acciones que se han tomado al respecto comienzan en 1977, cuando se lleva a cabo la “**Convención Internacional de lucha contra la desertificación**” en los países afectados por sequía grave o desertificación, donde participaron 186 países quienes establecieron el marco para todas las actividades encaminadas a combatir la desertificación y centrándose en el aumento de la productividad del suelo, su rehabilitación, la conservación y reordenación de las tierras y recursos hídricos. Asimismo insistió en la participación popular y en la creación de un entorno propicio que ayude a la población local a valerse de sus propios medios para remediar la degradación del suelo. También incluyó criterios para que los países afectados preparen programas nacionales de acción y asigna una función sin precedentes a las ONGs en la formulación y ejecución de esos programas (CINU, 2008).

A partir de esta convención, varios organismos internacionales han comenzado la lucha contra la desertificación, entre las cuales se destacan:

INTERNACIONALES

- **FIDA:** “Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola”, ha movilizado 400 millones de dólares, más otros 350 millones de cofinanciación, para ejecutar proyectos en 25 países africanos amenazados por la desertificación.
- **Banco Mundial:** Organiza y financia programas destinados a proteger las frágiles tierras áridas y aumentar su productividad agrícola de manera sostenible.
- **FAO:** “Food and Agriculture Organization”, reconoce que un elemento esencial para la seguridad alimentaria es la protección del medio ambiente que provea los recursos naturales necesarios para la producción alimentaria. Por lo tanto, el desarrollo rural y la agricultura sostenible en tierras áridas implican combatir

la desertificación. Así, la FAO promueve el desarrollo agrícola sostenible mediante una amplia gama de actividades de asistencia práctica a los gobiernos.

- **PNUMA:** “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente”, respalda los programas de acción regionales, la evaluación de datos, el fomento de la capacidad y la sensibilización de la opinión pública sobre este problema.
- **PNUD:** “Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo”, financia diversas actividades a través del Centro para el Desarrollo de las Zonas Áridas, con sede en Nairobi, que ayuda a elaborar políticas, presta asesoramiento técnico y apoya programas de control de la desertificación y gestión de las tierras áridas. Además, el PNUD está a la cabeza de las acciones de las Naciones Unidas encaminadas a fomentar la capacidad nacional para un desarrollo sostenible desde el punto de vista del medio ambiente, promoviendo las mejoras prácticas en todo el mundo y apoyando las acciones de efectos catalíticos.

NACIONALES

- **CORFO INNOVA:** Es la principal entidad financiera de los proyectos de combate contra la desertificación. Apuesta por estrategias de captación de agua en zonas secas, el uso eficiente del agua, instalación de prototipos atrapanieblas e incentivo para la eficiencia técnica de estos sistemas.
- **CONICYT** (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica): Es una institución estatal chilena que coordina, promueve y fomenta la investigación científica y tecnológica en sus distintos campos. Ha otorgado financiamiento a proyectos de difusión y educación para valorar el recurso agua, su uso sustentable y el desarrollo de una solución tecnológica alternativa: los atrapanieblas.

Imagen 10. Atrapanieblas del Cerro Grande financiados por CORFO INNOVA. Fuente: Imagen propia, 2014.



PLATAFORMA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN

Formulación de un proyecto

Plataforma: Conjunto de personas, normalmente representativas, que dirigen un movimiento reivindicativo. Programa o conjunto de reivindicaciones o exigencias que presenta un grupo político, sindical, profesional, etc. (RAE, 2014)

Se propone un **programa de difusión** de la problemática de la desertificación, y busca interesar a las personas con el fin único de prevenir el deterioro de los suelos por la acción humana.

Esto será sustentado en una centro experimental de estudios de la niebla que permita llevar a cabo labores investigativas por parte del grupo interdisciplinario. La investigación busca el **desarrollo ciencia y tecnología con atrapanieblas**, como una de las formas más efectivas para dar alternativa a la escasez de agua de la IV región de Coquimbo. Mediante la captación de la camanchaca se propone el objetivo de controlar y/o revertir el avance de la desertificación hacia las zonas en riesgo y **abastecer de agua a una comunidad con déficit hídrico**.

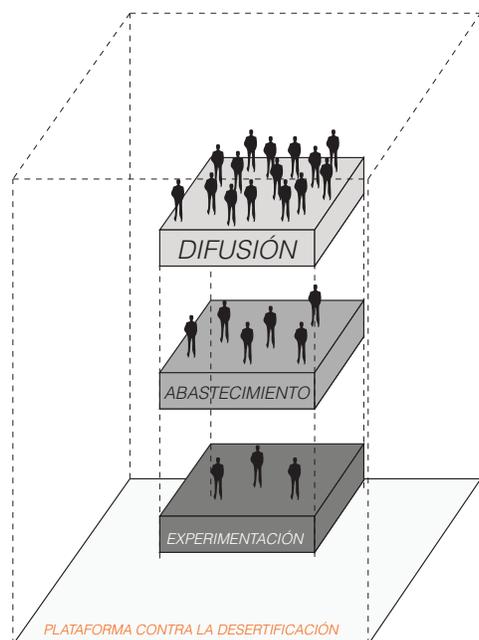


Figura 7. Difusión, Abastecimiento de agua y Experimentación: Programa que sustenta la plataforma contra la desertificación.
Fuente: Elaboración propia, 2014.



Figura 8. Esquema de problemática y proyecto.
Fuente: Elaboración propia, 2014.



Figura 9. Impactos previstos del cambio climático para el 2050.
Fuente: LANDA, R. et al., Cambio climático y desarrollo sustentable. 2010.

2.3 DÓNDE radica la problemática

ZONA DE RIESGO EN CHILE

La desertificación se presenta en distintos grados a lo largo del territorio, siendo en algunos lugares de carácter grave, lo cual representa una situación difícilmente remediable y el agotamiento total de la capacidad productiva del suelo, escasez de agua y sequía, quedando una zona inhabitable.

Esta situación crítica se encuentra en mayor proporción en las regiones del norte grande de Chile, pero ha ido avanzando hacia la zona central de Chile. Se estima que **para el 2050 exista desertificación grave también en la IV región**, y parte de la V región. La mayoría de esta área hoy, presenta un grado de desertificación moderado, producido especialmente por la explotación del suelo, y es un punto de inflexión donde la **situación puede ser reversible** aplicando criterios de agricultura sustentable y utilizando tecnologías de abastecimiento de agua alternativas.

La IV región se vuelve especialmente atractiva al permitir desde allí controlar la situación de desertificación por acción humana y escasez de agua, con el fin de que no siga avanzando hacia el sur.

“Hay dos tipos de desierto, uno que es el desierto climático, que está establecido en función de si las precipitaciones de lluvia son inferiores a un cierto nivel y, el otro, que es el desierto provocado por el hombre. La IV Región es la frontera entre el desierto climático y el desierto provocado por el hombre.

Sabemos que el problema al nivel de las comunidades ha sido provocado por el hombre a través, principalmente, de actividades de supervivencia...”

O. Mondaca. 2001.

VALLES TRANSVERSALES

El enfoque se encuentra hacia los valles transversales, aquellos que se extienden en el norte chico y zona central del país, es donde se produce la **actividad agrícola ligada a los sistemas fluviales**. Estos recorren desde la Cordillera de los Andes hacia la Cordillera de la Costa desembocando en el mar.

Estos cordones de agua son alimentados por los deshielos de los Andes y tienen diversa complejidad, los cuales permitieron el desarrollo de ecosistemas con existencia de vegetación y fauna, y a su vez, desde épocas prehistóricas, asentamientos humanos que han dado origen a varias de las ciudades más importantes del país, como Copiapó, Vallenar, Ovalle, Illapel, entre otras.

Los valles transversales han permitido **proveer de alimentación y fibra a gran parte del norte de Chile**, siendo las únicas zonas de terrenos cultivables de la región. Hoy se ven afectados por la **disminución progresiva del caudal de agua y por la erosión de sus tierras**, lo que ha producido una baja imperante en la producción agrícola.

En el área de inflexión de la desertificación, la IV región, encontramos tres valles transversales, los cuales de norte a sur son: el valle del Elqui, valle del Limarí y valle del Choapa. El primer valle que se encuentra en la zona en riesgo de desertificación es el del Elqui, el cual basa su economía en la industria pisquera y el turismo. Más al sur se encuentra el **Valle del Limarí**, el cual es el lugar donde se aplicará el plan modelo de la plataforma experimental contra la desertificación, por su **tradición agrícola y numerosas comunidades** que trabajan en la agricultura. Vale mencionar que la proporción de terrenos con aptitud agrícola del valle del Limarí (45.000 hás) casi duplica a las de los otros valles (24.000 hás Valle del Elqui, y 20.000 hás Valle del Choapa).

RURALIDAD

En los valles transversales las localidades rurales que se sustentan de la agricultura constituyen **sistemas semi independientes** entre sí, pero con cierto grado de dependencia respecto a las grandes ciudades, quienes sirven de comercio, servicios y especialización de equipamientos. Es por esto, que los centros urbanos de los valles son un punto de encuentro entre los habitantes rurales, quienes acuden mediante las múltiples rutas que conectan su localidad con la ciudad más cercana.

El proyecto debe considerar los centros urbanos ya que estos proveen de conectividad con el resto del país, lo cual suma importancia al considerar la internacionalización.

Sin embargo, la propia naturaleza de la propuesta y los requerimientos técnicos para llevar a cabo la experimentación, son de carácter rural.

Entonces, ¿dónde encontramos un emplazamiento que tenga la dualidad de rodearse por un medioambiente rural y a la vez posea conectividad a los centros urbanos, necesaria para un acceso eficiente?

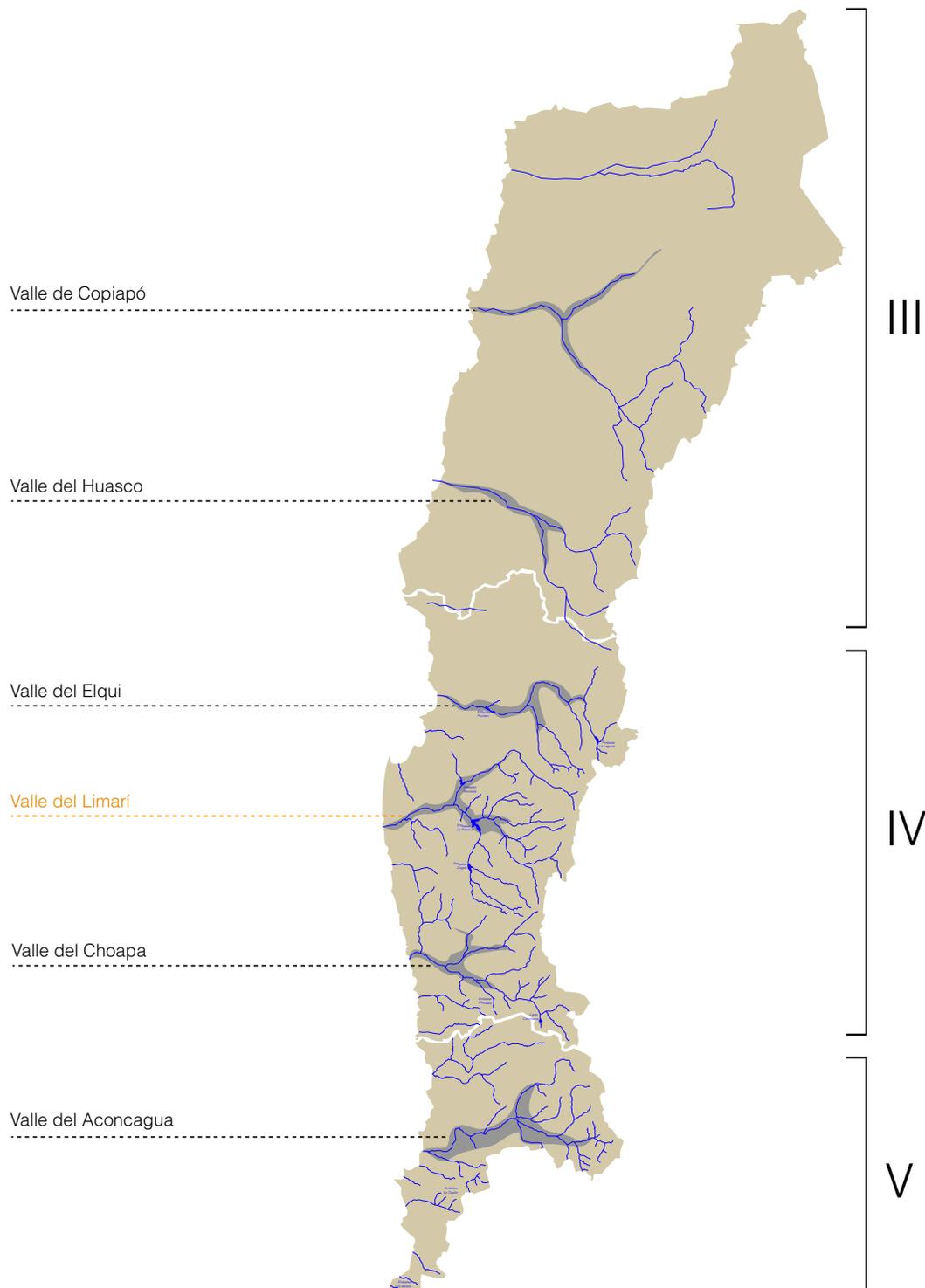


Figura 10. Valles transversales y cuencas hidrográficas del norte de Chile.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

COMUNIDADES AGRÍCOLAS

En Chile, gran parte del mundo campesino está regulado por el Decreto Fuerza Ley n°5 de 1968, el cual representa uno de las actividades más tradicionales de la sociedad. En este decreto el Ministerio de Agricultura cede terrenos que pertenecen a bienes nacionales a un grupo de propietarios, a lo que denominan las “Comunidades Agrícolas”, para explotarlo con cultivos o pastoreo.

Estas comunidades son importantes ya que **el 98% de ellas se localizan en zonas de la IV región**, una de las más afectadas por la desertificación. Las comunidades agrícolas de la región es una suma de familias que trabajan la tierra y obtienen alimentos para ellos mismos y para comercializar en los centros urbanos para ellos mismos y para comercializar en los centros urbanos más cercanos. Cada familia tiene un representante o “comunero”, quienes eligen un presidente encargado de establecer diálogo con las entidades regulatorias de la zona: SEREMI, INDAP, OTCA.

“Se entenderá por Comunidad Agrícola la agrupación de propietarios de un terreno rural común que lo ocupen, exploten o cultiven... Estas Comunidades gozarán de personalidad jurídica desde la inscripción del predio en el Conservador de Bienes Raíces respectivo. En consecuencia, serán capaces de ejercer derechos y contraer obligaciones y de ser representadas judicial y extrajudicialmente.” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2014)

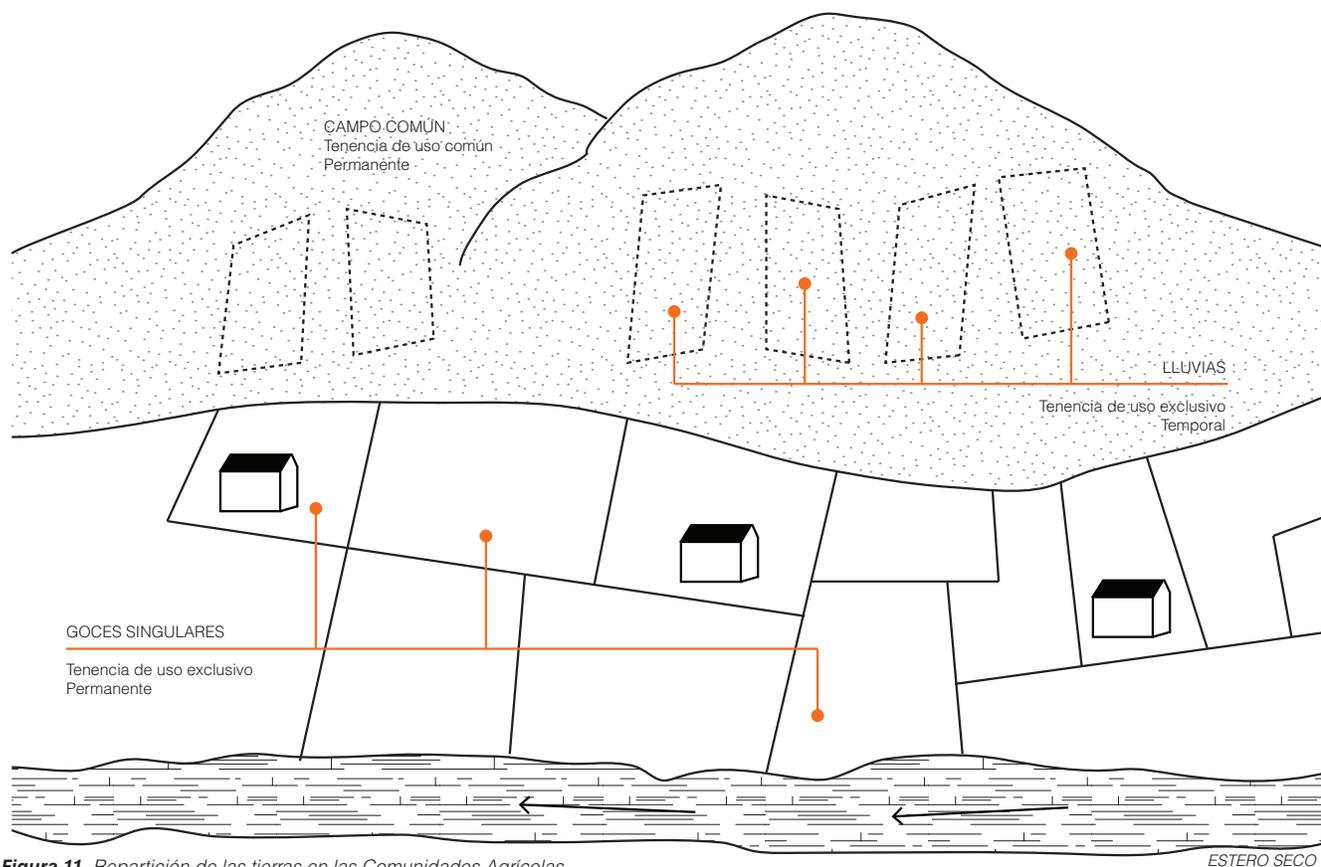


Figura 11. Repartición de las tierras en las Comunidades Agrícolas.
Fuente: Elaboración propia en base a CASTILLO, C., 2012.

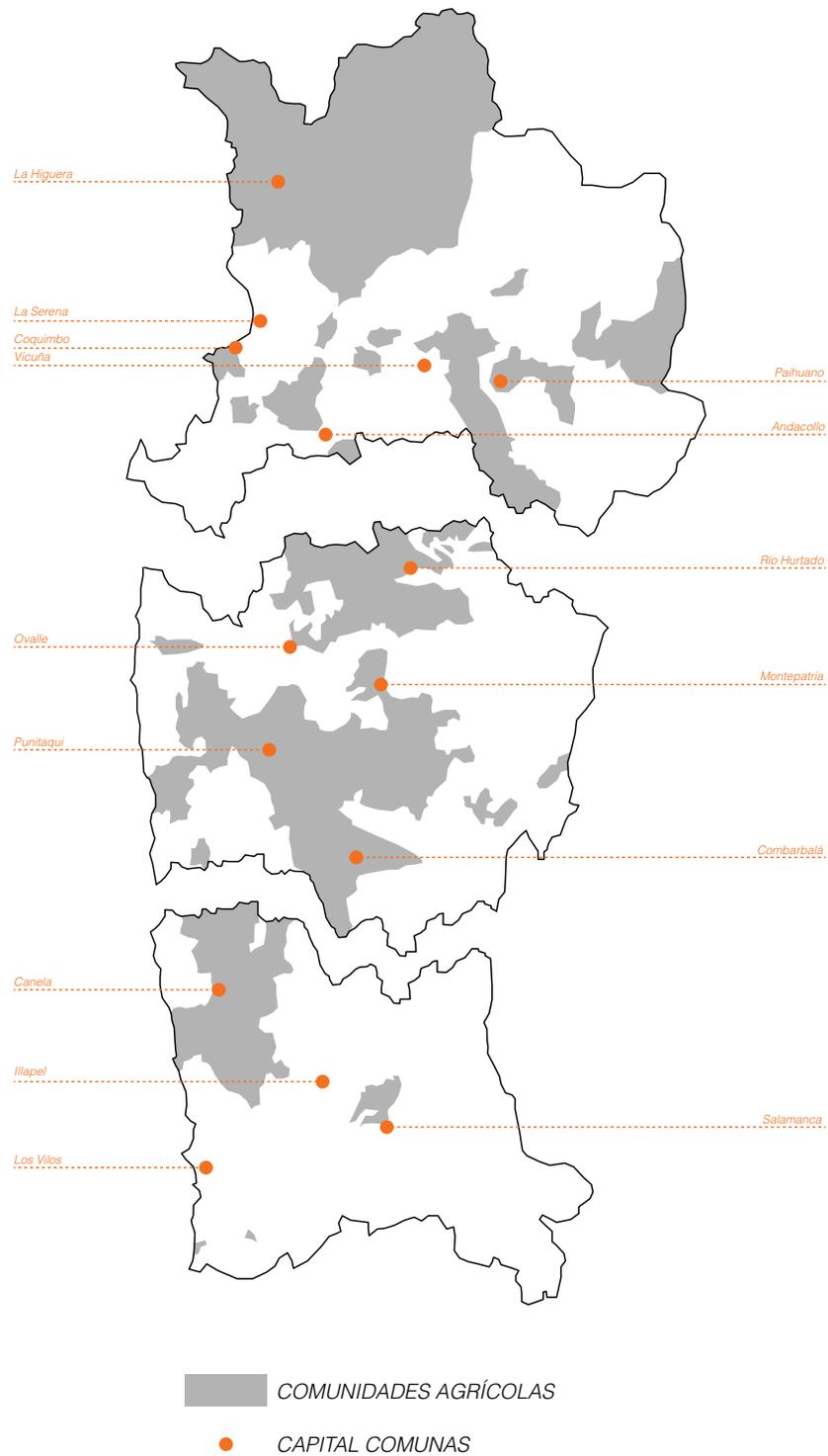


Figura 12. Comunidades agrícolas y capitales comunales de la IV Región.
Fuente: Elaboración propia en base a CASTILLO, C., 2012.



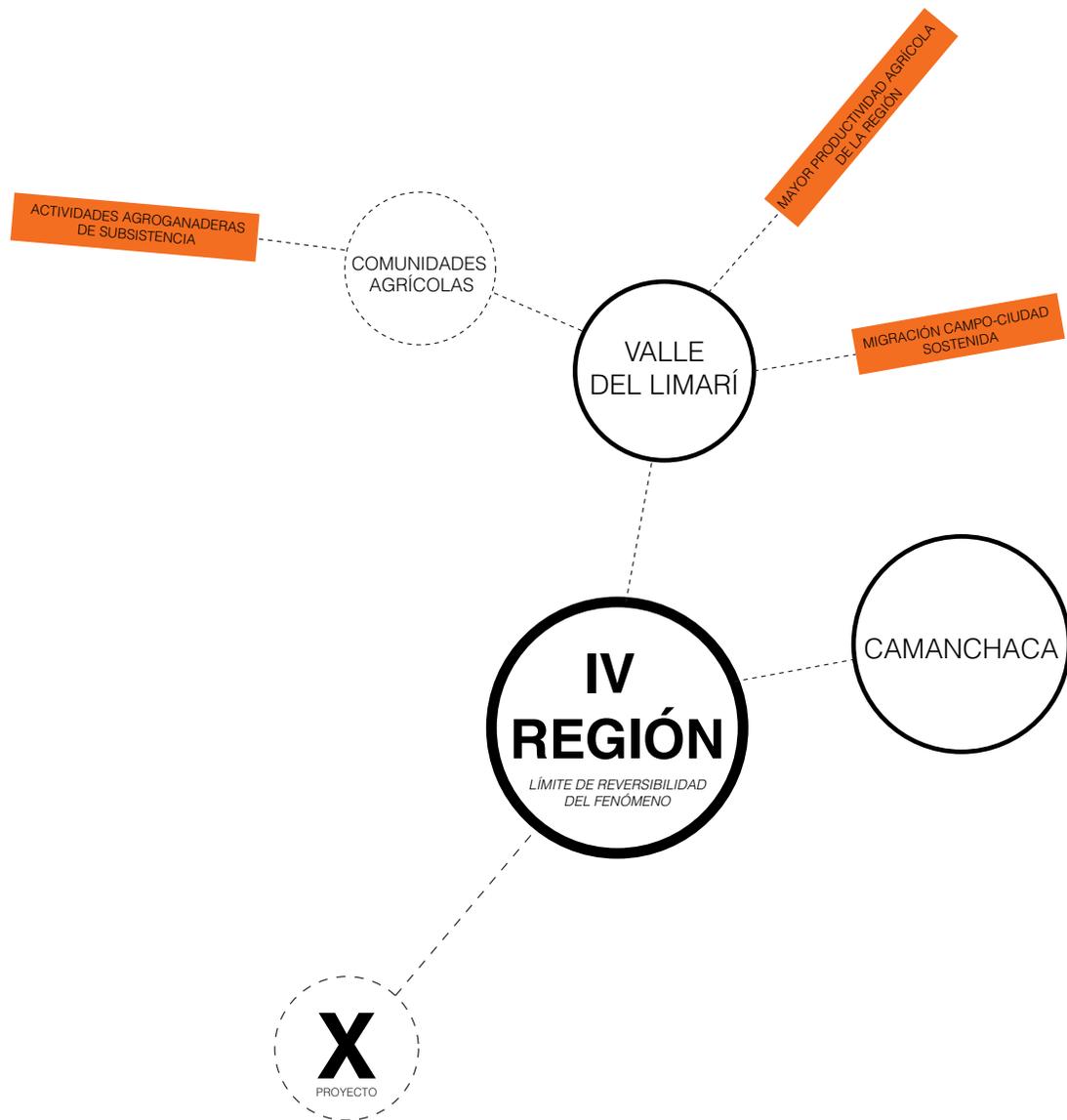


Figura 13. Esquema de lugar y caracterización.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 11. Pastoreo de cabras y cultivos de la Comunidad Agrícola Peñablanca, IV región de Coquimbo.
Fuente: Imagen propia, 2014.



2.4 CÓMO abarcar el problema desde la arquitectura

Para configurar la arquitectura del proyecto, se recopilan los principios definidos en el libro “Forma y Diseño” de Louis Kahn, arquitecto y crítico que destaca por orientar sus obras hacia la atemporalidad. El interés por estos principios surge por la preocupación en el proceso de traspaso de la idea-concepto del proyecto hacia la materialización de éste, para que sea realmente efectivo. La lectura del proyecto de arquitectura debe permitir ver la idea de fondo.

Kahn, explica que la forma tiene que ver con la **voluntad de ser de una idea**, que no tiene nada que ver con las condiciones circunstanciales, en definitiva, es inmensurable. La forma representa el concepto como tal para llevar a cabo una acción, y en arquitectura, caracteriza una armonía de espacios adecuada para cierta actividad del hombre.

A partir de la interpretación de la forma, surge el diseño. El diseño constituye un acto mensurable.

“La Forma implica una armonía de sistemas, un sentido del Orden y de lo que individualiza una existencia. La forma no tiene figura ni dimensión. Por ejemplo, “cuchara” (el concepto de cuchara) caracteriza una forma que posee dos partes inseparables, —el mango y el receptáculo cóncavo— en tanto que una cuchara implica un diseño específico hecho en plata o madera, grande o pequeña, profunda o no....”

La Forma es el “qué”. El Diseño es el “cómo”. La Forma es impersonal, el Diseño pertenece al diseñador. Diseñar es un acto circunstancial, depende del dinero de que se dispone, del sitio, del cliente, de la capacitación...”

Louis Kahn, 1961

Imagen 12. Camanchaca en el Cerro Grande, IV región de Coquimbo.
Fuente: Imagen propia, 2014.

COMPONENTES DE LA FORMA

La forma del proyecto está sujeta al sistema de captación de agua a utilizar. Dada las características de la zona, el sistema de abastecimiento de agua no convencional con mayor potencial de funcionamiento son los atrapanieblas, artefacto que captura el agua de la niebla o camanchaca. Las **condicionantes técnicas del sistema atrapanieblas** otorga las limitaciones al proyecto de arquitectura. Dentro de este **marco de captación de agua se debe integrar el programa de difusión y experimentación**.

La propuesta, más que ser el diseño de un prototipo de captación, reconoce la tecnología tradicional atrapanieblas un modelo simple compuesto por tres partes o componentes (niebla, malla y usuario), donde la característica principal es el sentido del vector que activa el sistema (desde la niebla hacia el usuario). Dicha situación condena a la tecnología atrapanieblas a ser un sistema cerrado²⁰ incapaz de activarse desde el usuario hacia la niebla.

A partir de esta observación, se plantea una relectura del modelo desde sus partes. Así cada pieza es considerada frágil y permeable a sufrir cambios externos, que contribuyen a activar o desactivar el sistema en su totalidad. De esta manera, la energía no pierde fuerza en su recorrido vectorial hacia el usuario, sino que cada parte es pieza vital y operativa tanto en la individualidad como en su conjunto²¹.

20 Bertalanffy define los sistemas como “complejos de elementos en interacción” y establece una distinción entre sistemas cerrados y abiertos, considerando que todos los sistemas vivos son abiertos al intercambio de materia, energía e información con el entorno.

21 CASTILLO, C. (2012). Tesis para optar al grado de magíster “Arquitectura y niebla: instrumentalización de un fenómeno natural”.

CAMANCHACA

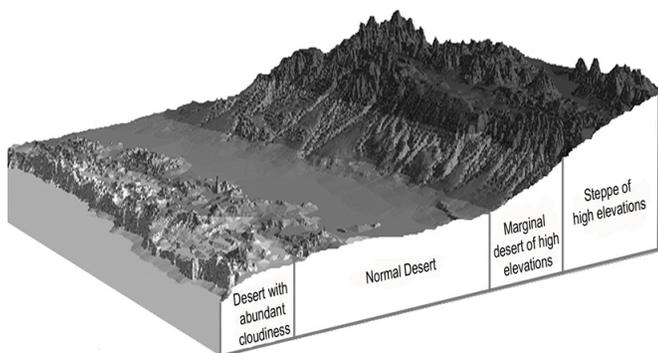
La camanchaca es un tipo de estratocúmulo (nube cargada de agua), dinámica y copiosa. **Las gotas de agua que contiene, no provienen de otro sistema hidrológico, por lo que se le llama “agua nueva”** y de no utilizarse se perderá.

Estas nubes son arrastradas desde el Océano Pacífico hacia el continente, por los vientos predominantes. Parte importante de estas nubes son detenidas por los cordones montañosos de la cordillera de la costa; el resto se internan por valles, quebradas y mesetas interiores formando bancos de niebla de altura.

El espesor de los estratocúmulos que dan origen a la camanchaca es en general bastante estable, fluctuando entre los 200 y 400 m y altitudes entre los 400 a 1000 msnm. El contenido de agua líquida varía entre los 0,22g/m³ a 0,73 g/m³, registrándose valores de tamaño de gotas entre los 10,8 a 15,3 micrones y en concentraciones más o menos constantes de 400 gotas/cm³ ²².

Estas nubes forman una humedad que da origen a ecosistemas en plenas zonas áridas de la costa de Chile y Perú. Ha permitido la formación de bosques relictos, por ejemplo el de Fray Jorge y Santa Inés, la expresión más noble de lo que este tipo de recurso hídrico puede llegar a dar. Otros puntos de interés botánico, como Quebrada La Chimba, Paposos y Pan de Azúcar, son producto de los efectos de la camanchaca.

Basándose en este principio se han ideado diferentes estructuras para interceptar el agua en suspensión, tanto para medir el potencial de un lugar (neblinómetros) como para la obtención de volúmenes mayores (captadores o atrapanieblas).



Las principales características de la camanchaca que la hace atractiva para ser utilizada como recurso hídrico son las siguientes:

- **PROVEE DE AGUA POTABLE:** Debido a que en el norte del país la mayoría de los pequeños poblados y caletas presentan serios problemas de abastecimiento de agua, esta alternativa aparece como una posibilidad concreta para satisfacer, de manera importante, estas demandas. En la actualidad prácticamente todos estos poblados se surten de agua por medio de camiones aljibe, con serios reparos sanitarios, cuota mínima por persona, altos costos e inseguridad de un abastecimiento normal y oportuno. Por otro lado, las enormes distancias y las precarias condiciones de los caminos de acceso dificultan aún más un adecuado servicio²³.
- **ESTABILIDAD.** La camanchaca se presenta prácticamente todo el año, siendo la primavera el periodo de mayor intensidad (septiembre, octubre, noviembre).
- **ÚNICA FUENTE ALTERNATIVA.** Para un amplio sector de la costa árida y desértica de Chile (I, II, III y norte de la IV Región) se ofrece como la única alternativa; porque no existe otra o por la alta salinidad de las escasas napas subterráneas presentes.
- **ALTITUD.** El hecho de contar con este recurso en la cima de los cordones montañosos no requiere de energía para su extracción ni conducción, pudiendo dirigir el agua hacia los sectores deseados sin mayores dificultades.
- **BAJOS RIESGOS DE CONTAMINACIÓN,** en comparación a otras fuentes de agua.

22, 23 SOTO, G. (2000). "Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia".

Figura 14. Climas del norte de Chile.
Fuente: CERECEDA, P., 2012.

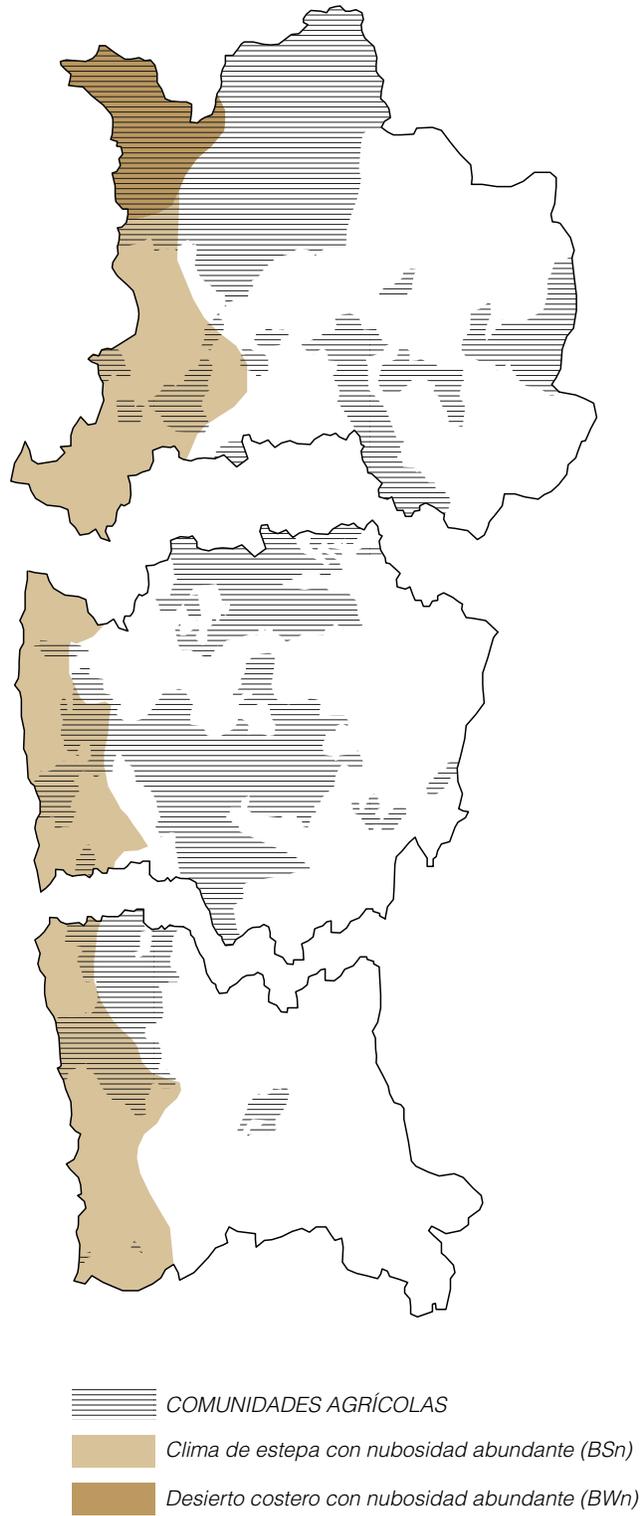


Figura 15. Comunidades agrícolas y clima de nubosidad en la IV Región.
Fuente: CASTILLO, C., 2012.

TIPOS DE NIEBLA

La Camanchaca o garúa se forma cuando nieblas costeras llegan a tierra empujadas por las brisas marinas y de golpe se encuentran en una región seca y caliente cuyas temperaturas rondan los 27° C. A medida que el aire seco empieza a evaporar las gotas de agua de la niebla, éstas se encogen formando gotitas increíblemente diminutas (0,002 a 0,006 mm de diámetro). El resultado es una niebla muy húmeda, pero casi invisible.

Por lo tanto, la niebla se genera a través de dos procesos: enfriamiento y evaporación. Una vez que ésta se forma, se mantiene gracias a nuevas gotitas de nube, que se generan constantemente en núcleos disponibles. En otras palabras, el aire debe mantener su grado de saturación ya sea por enfriamiento o por evaporación para que la neblina perdure²⁴.

Los siguientes tipos de nieblas se pueden distinguir en forma simple²⁵:

NIEBLA OROGRÁFICA

Se forman cuando una masa de aire húmedo y cálido es desplazado hacia una montaña; al ascender por la ladera tiende a expandirse y enfriarse; si es suficientemente húmeda el vapor de agua se condensará formando niebla.

NIEBLA DE RADIACIÓN

Es una de las más comunes en el otoño e invierno de las latitudes templadas: se asocia al enfriamiento radiativo de las capas más bajas de la atmósfera en las noches despejadas, frías y con poco viento y se forma por la existencia de una masa de aire cálida y húmeda sobre una superficie enfriada por la liberación del calor del suelo durante la noche (irradiación), en una atmósfera diáfana y casi sin viento; si ese aire contiene suficiente vapor de agua o hay una superficie líquida, se produce la condensación a ras del suelo formando la niebla de radiación.

NIEBLA DE ADVECCIÓN

Se asocia al encuentro de dos masas de aire de distinta temperatura y humedad, similar al mecanismo que genera los frentes (precipitación ciclónica). El enfriamiento del aire superficial puede llevarse a cabo cuando aire húmedo y cálido se desplaza sobre una superficie fría. La superficie debe ser bastante más fría que el aire desplazado horizontalmente sobre ella, de forma tal que los 283 mecanismos de transferencia a la superficie enfríen el aire hasta su punto de rocío y se produzca la niebla. Este tipo de niebla siempre está relacionado con movimientos horizontales del aire.

"(...) Se puede decir que se trata básicamente de una nube gigante, que moja todo a su paso, de movimiento rápido, ligero y a ras de suelo. El radio de visión queda reducido a dos metros, cuando las oleadas son intensas. La temperatura baja varios grados centígrados, llega a dar frío."

(Experiencia en Alto Patache, Iquique, Chile. Carolina Castillo, 2009)

24 BARROS, J. (1991). Memoria para optar al título de geógrafo: "Captación de precipitación y de neblina en el Sultanato de Omán Exploración Khareef 1989. Santiago, Chile.

25 CRUZAT, A. (2004). En Squeo "Historia natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge". La Serena, Chile.

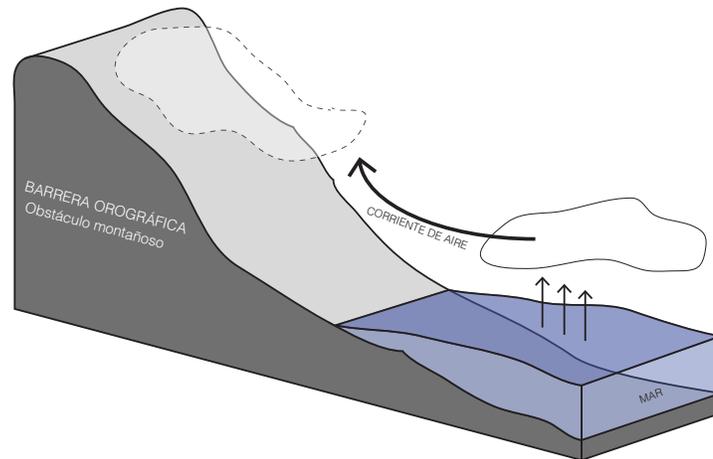


Figura 16. Niebla orográfica.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

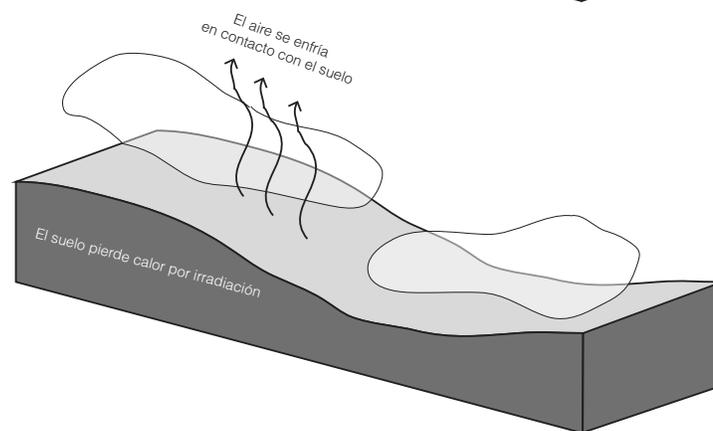


Figura 17. Niebla de advección.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

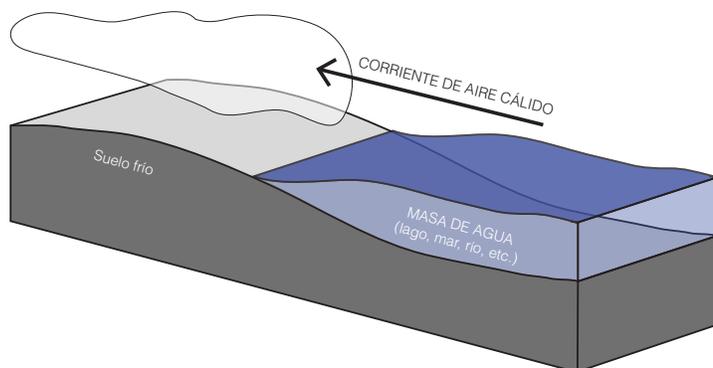


Figura 18. Niebla de radiación.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

ATRAPANIEBLAS

El atrapanieblas es un **sistema de captación de agua de las nubes o camanchaca**. Se compone de un paramento que intercepta el movimiento de la nube mediante un elemento captador, el cual **condensa las gotas de agua suspendidas**, siendo recibidas por un canal que conduce a un estanque de acumulación. Su **función principal es la de proveer de agua para beber y cultivar a comunidades que carecen de otros recursos hídricos, sobre todo en climas semiáridos**.

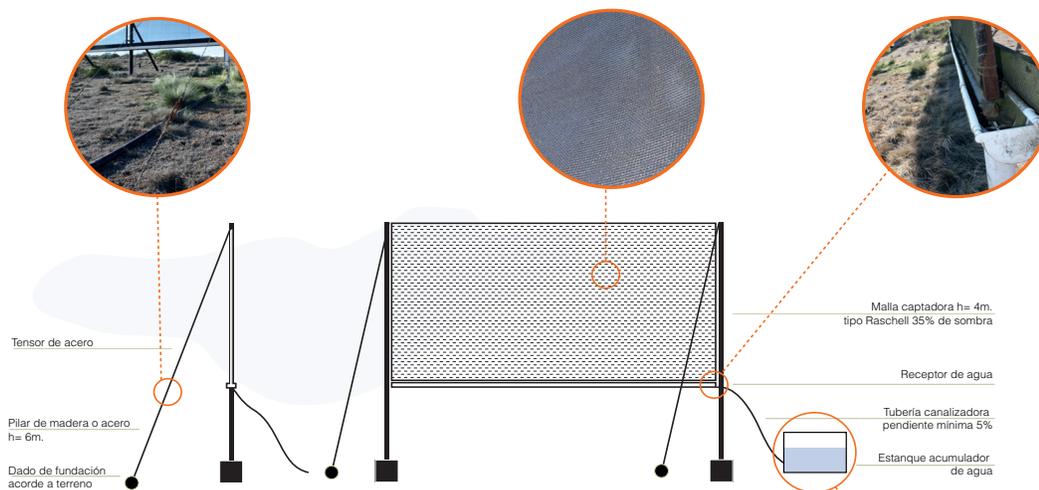
Se han desarrollado varios tipos de estructura, las cuales buscan optimizar la captación de agua²⁶, algunos son:

- **MACRODIAMANTE:** Es la primera estructura desarrollada para captar la niebla, creada en 1958 por Carlos Espinosa. Se compone de una estructura de poliedros múltiples hechos de tubos y cubiertos por malla. Su rendimiento en promedio supera los 3.9 litros/m²/día. No obstante sus aportes, una de las mayores desventajas que ofrece este modelo es que tiende a costos mayores por metro cuadrado de área de captación.

- **CILINDRO:** Se desarrolló en 1980, por un grupo de la Universidad Católica. La estructura corresponde a un cilindro de 2 metros de alto, conformado por centenares de finos hilos verticales de polietileno. Esta estructura es montada sobre un pequeño bidón metálico de 100 litros. El estudio realizado logró obtener al primer día de aplicación 4.75 litros de agua de la nube.

- **BIDIMENSIONAL O CORTINA:** Es el captador más simple y de mayor producción, se estructura en base a 2 postes que se empotran al suelo, luego se cuelga malla Raschel de forma vertical entre los postes con amarras de alambre galvanizado. En la parte inferior cuelga una canaleta recolectora de agua y la conduce mediante tuberías al estanque de acumulación. Suelen instalarse cables tensores que dan estabilidad a los dos postes ante la acción del viento. Este sistema rinde entre 2 a 6 litros/m²/día.

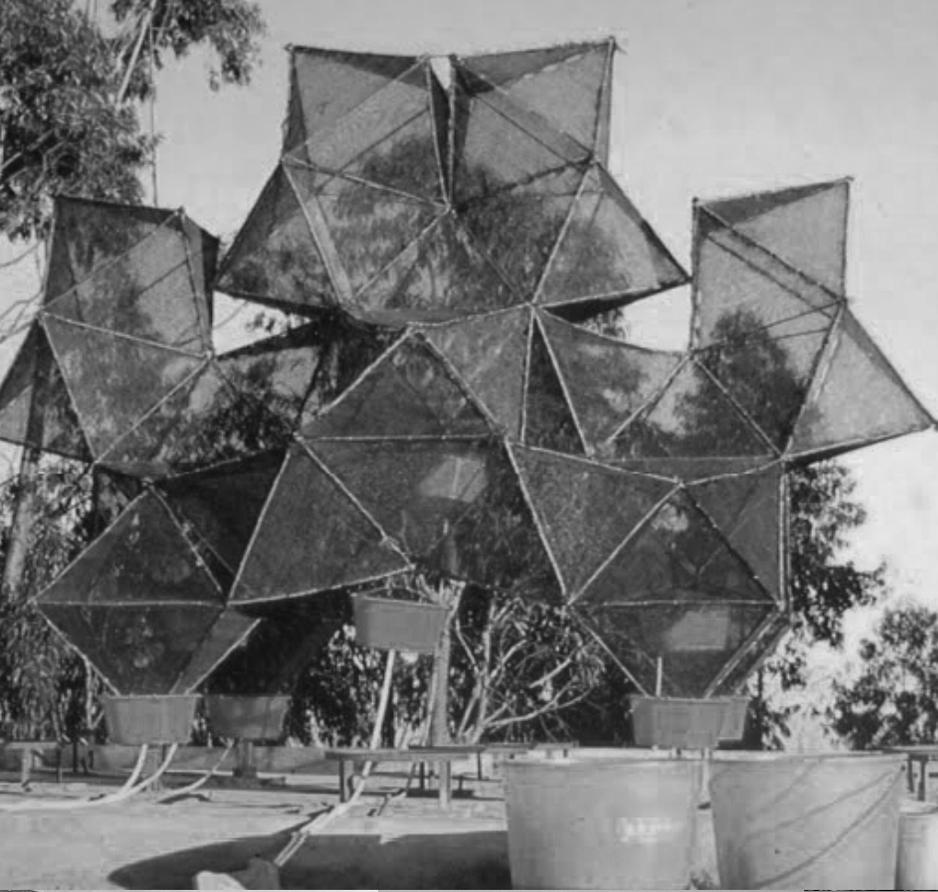
- **ARTESANAL:** Trípode de madera nativa con género o arpillera.



26 CASTILLO, C. (2012). Tesis para optar al grado de magister "Arquitectura y niebla: instrumentalización de un fenómeno natural".

Figura 19. Atrapanieblas más utilizado en la actualidad (modelo doméstico).
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 13. Referentes de atrapanieblas construidos.
Fuente: FLICKR, 2014.



REFERENTES DE PROYECTOS DE ATRAPANIEBLAS

CALETA CHUNGUNGO

Chungungo es una caleta de pescadores de 350 habitantes, que, al igual que **muchas otras caletas del norte, se caracteriza por no contar con acceso al agua potable**. Esta condición permitió que un tercio de sus habitantes abandonaran el pueblo en busca de mejores perspectivas, ya que hasta ese momento, solo eran abastecidos una vez a la semana por un camión aljibe que repartía 200 litros por familia.

El Instituto de Geografía de la Universidad Católica, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), e investigadores de la Universidad de La Serena, entre otros, en colaboración con el Servicio Atmosférico de Canadá, y financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, se desarrollaron un proyecto para instalar atrapanieblas en la cumbre del cerro de la ex mina El Tofo, ubicado a 9 km de la Chungungo.

Este ingenioso proyecto, los convirtió en la **primera comunidad a nivel mundial en consumir agua que sabe diferente, porque es agua que vino de las nubes**.

Pilar Cereceda, investigadora del Instituto de Geografía de la Universidad Católica de Chile, conoce bien este largo proceso. Ella formó parte del grupo de científicos y especialistas que se dedicó a demostrar la factibilidad de una iniciativa como ésta. “Chile no ha inventado nada.

Pero sí podemos decir que somos los pioneros en cuanto a la investigación, los estudios de la topografía y de las posibilidades de uso y aplicaciones de una tecnología como el atrapanieblas”.

El proyecto original pretendía captar una cantidad de agua suficiente como para forestar la cumbre de la vieja mina El Tofo, y crear una especie de reserva forestal con especies autorregantes. “Nos demoramos como dos años en conseguir los dineros para comprar las cañerías, y en todo ese tiempo habíamos tenido que botar el agua al cerro porque no había lugar para almacenarla. Muchas veces nos encontrábamos con el prejuicio de que lo que estábamos proyectando no era investigación”, recuerda Pilar Cereceda.

Los primeros 50 atrapanieblas para obtener agua para consumo humano los hizo la Conaf en 1987, y la gente del pueblo organizó su primer Comité de Agua Potable Rural.

En mayo de 1992, después de 7 años de estudios y experimentos científicos, se instaló recién el sistema de cañerías plásticas para abastecer de agua al pueblo. Quedaba en claro que esta modesta experiencia demostraba que con voluntad y una buena (y sencilla) base técnica era posible generarle a un pueblo de 100 familias, un sistema de agua para beber²⁷.

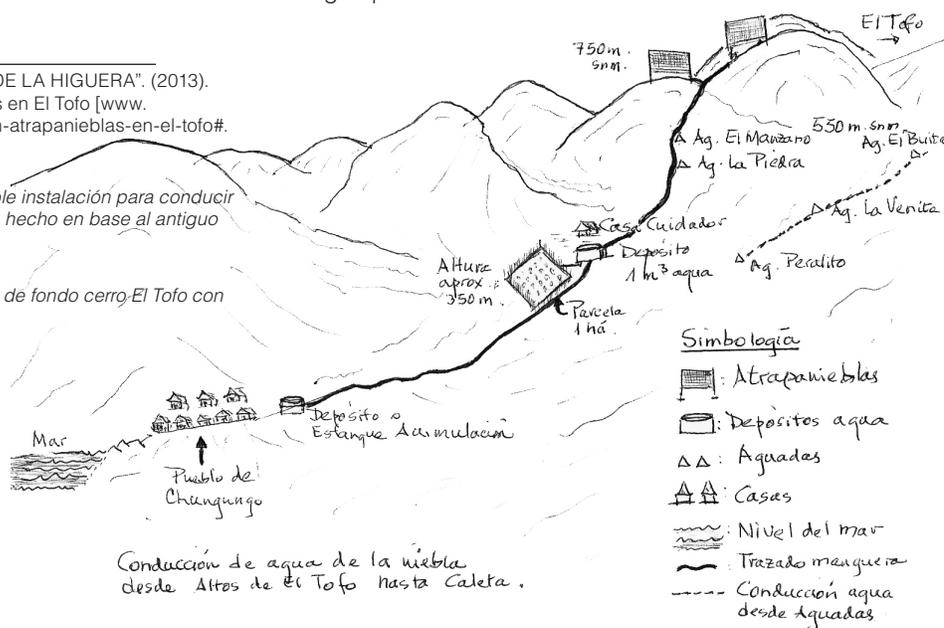
27 DIARIO ELECTRÓNICO “EL COMUNAL DE LA HIGUERA”. (2013). Proyecto para obtener agua con atrapanieblas en El Tofo [www.elcomunal.cl/proyecto-para-obtener-agua-con-atrapanieblas-en-el-tofo#U2z1S_15N8E] Revisada: 11 de marzo 2014.

Figura 20. Croquis perfeccionado de la posible instalación para conducir agua de la niebla a la caleta de Chungungo, hecho en base al antiguo croquis de 1982.

Fuente: LARRAÍN, H., 2013.

Imagen 14. Vista de la caleta de Chungungo, de fondo cerro El Tofo con camanchaca.

Fuente: FLICKR, 2014.







ATRAPANIEBLAS EN LA NATURALEZA

En los climas áridos, la naturaleza ha adaptado su estructura para lograr obtener agua desde la única fuente disponible: la atmósfera. De esta forma, podemos ver que las diversas especies presentan características estratégicas particulares para lograr este propósito, algunas de las cuales se describen a continuación:

ESCARABAJO DE NAMIBIA: Este insecto que se encuentra en Namibia, África, sube todas las mañanas a lo más alto de las dunas del desierto. Cuando la niebla aparece inclina su cuerpo en cierto ángulo, abre sus alas, y en éstas captura gotas de agua debido a la rugosidad y capacidad de condensación. Mediante este método obtiene el agua necesaria para sobrevivir.

CACTUS: La principal función de las espinas de los cactus es condensar las gotas suspendidas en la niebla, al ser puntiagudas evitan que el agua se escape por evaporación y forma una barrera para los depredadores. El agua capturada se almacena en el interior de su cuerpo, de carácter muy esponjoso e impermeable.

TELARAÑAS: Cuando el aire está húmedo, las nanofibras de las telarañas se encogen y otras se estiran para albergar las gotas que se encuentran en la atmósfera. Estas fibras podrían servir para capturar el agua que se encuentra en el aire o, en ciertos procedimientos de fabricación industrial, eliminar productos químicos al provocar su condensación a lo largo de la fibra.

El factor común de estos mecanismos para captar agua de niebla presentes en la naturaleza, es que cuentan con superficies **rugosas y amplias**, donde cada uno de los filamentos permite contener una gotita de agua.

*Imagen 15, 16. Escarabajo stenocara del desierto de Namibia, África.
Fuente: sciencedirect.com*

*Imagen 17. Cactus atrapaniebla en Chile.
Fuente: fotonaturaleza.cl*

*Imagen 18. Telaraña y gotas de agua capturadas de la niebla.
Fuente: es.wikipedia.org*

JARDÍN DE NIEBLA

El Laboratorio de Artes Maquínicas de la UTFSM desarrolló un trabajo denominado Tardonaturalezas “Jardin de Niebla”²⁸, el cual consistió en 6 prototipos atrapanieblas pensados como **mecanismos de absorción, distribución y provisión de agua** para ser utilizada de diversas maneras, operando a escala territorial.

El trabajo como ejercicio proyectual se define por ellos mismos de la siguiente manera:

“...Artes maquinicas es una serie de investigaciones sobre metodologías proyectuales, cuyo objetivo es indagar procesos generativos de organizaciones arquitectónicas desde abajo hacia arriba, mediante la configuración de singularidades a partir de sistemas de interacciones materiales operando a nivel local...”

Desarrollado en Alto Patache en terrenos del Centro del Desierto de Atacama de la Universidad Católica, estos prototipos (o máquinas textiles) fueron instalados en una de las lomas del acantilado costero con el objetivo de hidratar los suelos arenosos y la capa de semillas, estimulando así el crecimiento de nuevos ecosistemas instalados con el entorno.

28 PLATAFORMA ARQUITECTURA. (2008). Tardonaturalezas textiles: Prototipos Atrapanieblas. [<http://www.plataformaarquitectura.cl/2008/12/09/tardonaturalezas-textiles-prototipos-atrapanieblas/>] Revisada: 23 de abril 2014.

Imagen 19. Prototipos construidos por alumnos de la UTFSM para el proyecto “Jardin de Niebla”.

Fuente: PLATAFORMA ARQUITECTURA, 2008.



PARQUE NACIONAL FRAY JORGE

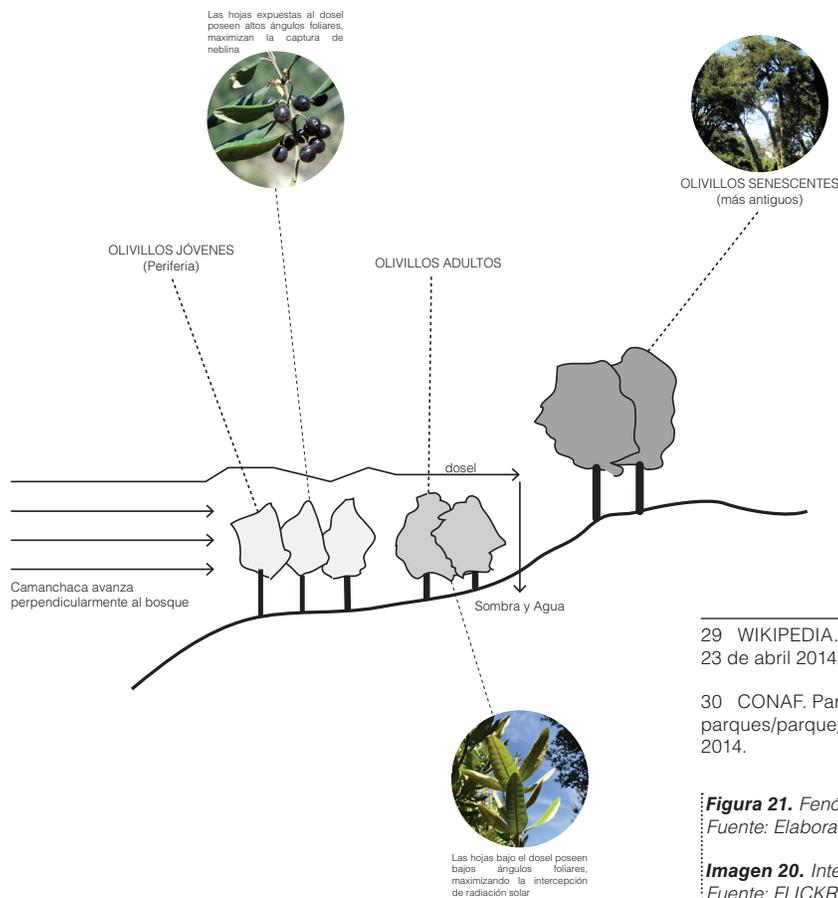
Es válido dedicar un apartado al Parque Nacional Fray Jorge, el cual presenta uno de los **resultados más notables producto de la camanchaca: un tupido bosque en el desierto.**

Se encuentra en el cordón de cerros de la Cordillera de la Costa, conocidos como Altos de Talinay, en la IV región de Coquimbo, Provincia de Limarí, comuna de Ovalle. Es administrado por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), y **funciona como un lugar de recreación y conocimiento para los visitantes.**

Es un gran bosque relicto tipo valdiviano localizado en plena zona semiárida. Los bosques relictos son aquellos que quedan como vestigio de algún tipo de flora que alguna vez hubo en la zona y que en el presente sólo está dicha muestra de vegetación de lo que en el pasado fue²⁹.

En el Parque Bosque Fray Jorge existen 440 especies nativas, 266 especies endémicas de Chile, de ellas, 10 se encuentran en la categoría en Peligro y 84 en la de Vulnerable. En el sector del bosque se pueden apreciar olivillos, petrillos, arrayanes y canelos, principalmente³⁰.

La existencia de este bosque se debe al abrigo constante de la condensación de la camanchaca, la cual se forma en el mar y al llegar a la costa es obligada a ascender debido a la presencia del cordón montañoso a una altura de aprox. 600 msnm. Sin embargo, la masa nubosa no llega a condensarse lo suficiente como para precipitar en forma de lluvia, debido a los vientos contralisos (cálidos y secos) que elevan la temperatura de la masa de aire ascendente, generando la humedad y el clima necesario para el crecimiento de especies similares a las que se encuentran en el sur de Chile.



29 WIKIPEDIA. (2014). "Relicto". [es.wikipedia.org/wiki/Relicto] Revisada: 23 de abril 2014. Revisada: 2 de mayo 2014.

30 CONAF. Parque Nacional Bosque de Fray Jorge. [www.conaf.cl/parques/parque_nacional_bosques_de_fray_jorge] Revisada: 2 de mayo 2014.

Figura 21. Fenómenos niebla-vegetación en el Bosque de Fray Jorge.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 20. Interior del bosque del Parque Fray Jorge.
Fuente: FLICKR, 2014.



COMUNIDAD AGRÍCOLA PEÑABLANCA

Esta comunidad agrícola posee una superficie que alcanza las 6.500 hectáreas y es habitada por unas 150 personas (60 familias), de las cuales 85 cuentan con derechos comuneros.

Se destacan por trabajar siempre de forma comunitaria, de manera ejemplar. Esta predisposición a unir sus voluntades y fortalezas los llevó a pensar **cómo poner una barrera al avance de la erosión de los suelos, los cuales se encuentran fuertemente degradados, por el talaje y el sobrepastoreo.**

Antiguamente, fue una de las comunidades con mayor extensión de sembrados de trigo, aprox. 3.000 hectáreas. La última cosecha se registró en 1999, y luego, producto del aumento de las precipitaciones y la competencia de otras zonas trigueras con mayor rendimiento, volvieron inviable la continuidad de este cultivo.

Para combatir la desertificación **la comunidad ha establecido un área protegida, de 100 hectáreas, llamado “Reserva Ecológica Cerro Grande”.** Este terreno

dispuesto en las cimas del monte del mismo nombre, ha sido delimitado con un cerco de 3 km. de extensión, para proteger a estos ecosistemas del avance del desierto.

La camanchaca baña estas laderas, las nubes de tipo estratocúmulo ascienden desde el mar y chocan con el Cerro Grande, formando un microclima similar al existente en el Parque Fray Jorge.

La comunidad ha desarrollado en la cúspide un aparato captador de características particulares (debido a la obligación de rigidizar la estructura portante por los fuertes vientos). Las nieblas en la zona se han medido de forma constante, siendo la producción más fructífera de marzo a mayo, y de octubre a diciembre, en donde, **en una semana, ha llegado a recolectar 18 mil litros**³¹.

El mayor problema es el mantenimiento, pues el fuerte viento rompe las mallas, y el costo de su reparación es muy alto para esta comunidad. En la cima del cerro existen dos antenas de celulares, que representan el único ingreso económico importante para esta comunidad agrícola.

TABLA DE CAPTACIÓN DE NIEBLA
ATRAPANIEBLAS CERRO GRANDE

MES	LITRO DÍA (l/día/m ²)
Octubre	10,6
Noviembre	11,2
Diciembre	7,0
Enero	4,0
Febrero	6,2
Marzo	2,2
Abril	5,7
Mayo	4,2
Junio	6,1
Julio	2,9
Agosto	5,2
Septiembre	3,7
PROMEDIO ANUAL	5,7

31 CASTILLO, C. (2012). Tesis para optar al grado de magíster “Arquitectura y niebla: instrumentalización de un fenómeno natural”.

Tabla 2. Tabla estudio de comportamiento de nieblas Comunidad Agrícola Peñablanca octubre 2005- septiembre 2006.
Fuente: CASTILLO, C., en base a datos colectados en Comunidad Agrícola Peñablanca, 2012.

Imagen 21. Atrapanieblas del Cerro Grande de la Comunidad Agrícola Peñablanca.
Fuente: Imagen propia, 2014.



LIMITACIONES DE LOS ATRAPANIEBLAS

- **REQUIERE MANTENCIÓN CONSTANTE:** Se ha constatado que para el funcionamiento de los atrapanieblas se deben limpiar los canales de recolección, reparar la malla en caso de rotura, revisión del sellado de los estanques de almacenamiento, etc.
- **RESISTENCIA AL VIENTO:** Los proyectos de atrapanieblas instalados en El Tofo y Peñablanca no fueron exitosos debido a, entre otras variables, la fuerza del viento produjo rotura de la malla.
- **FLUCTUACIÓN EN EL MONTO CAPTADO SEGÚN ÉPOCA DEL AÑO**
- **ZONAS DE MEJOR CAPTACIÓN SE LOCALIZAN EN CIMA DE CERROS** a largas distancias de los poblados que mayoritariamente se encuentran en los valles.
- **NECESIDAD DE CONTAR CON ESTADÍSTICAS CONFIABLES** previas a la ejecución de un proyecto.
- **REQUIERE DEL COMPROMISO DE LA COMUNIDAD BENEFICIARIA** para colaborar con el proceso y encargarse de la operación y mantenimiento.



Imagen 22. Atrapanieblas dañados por el viento en Perú: rotura de mallas y estructura deficiente.
Fuente: FLICKR, 2014.





CAPÍTULO 03

PROYECTO DE ARQUITECTURA

*Imagen 23. Niebla desde Cerro Grande, IV región de Coquimbo.
Fuente: Imagen propia, 2014.*

3.1 CONDICIONANTES de proyecto

Las condicionantes están determinadas por los requerimientos de los 3 componentes principales del proyecto: el emplazamiento, la comunidad y el sistema atrapanieblas.

El emplazamiento está condicionado por la existencia de camanchaca y una zona de captación, la cual generalmente se encuentra en la cima de los cerros de la Cordillera de la Costa. El sistema atrapanieblas se localiza en ese lugar y está sujeto a las condicionantes técnicas que favorecen la captación de la niebla, relacionadas con el viento, la geometría, el escurrimiento del agua, etc. El último componente es la comunidad beneficiada, la cual completa el funcionamiento del sistema al tener déficit de abastecimiento de agua y un espíritu comprometido en resolver el problema.

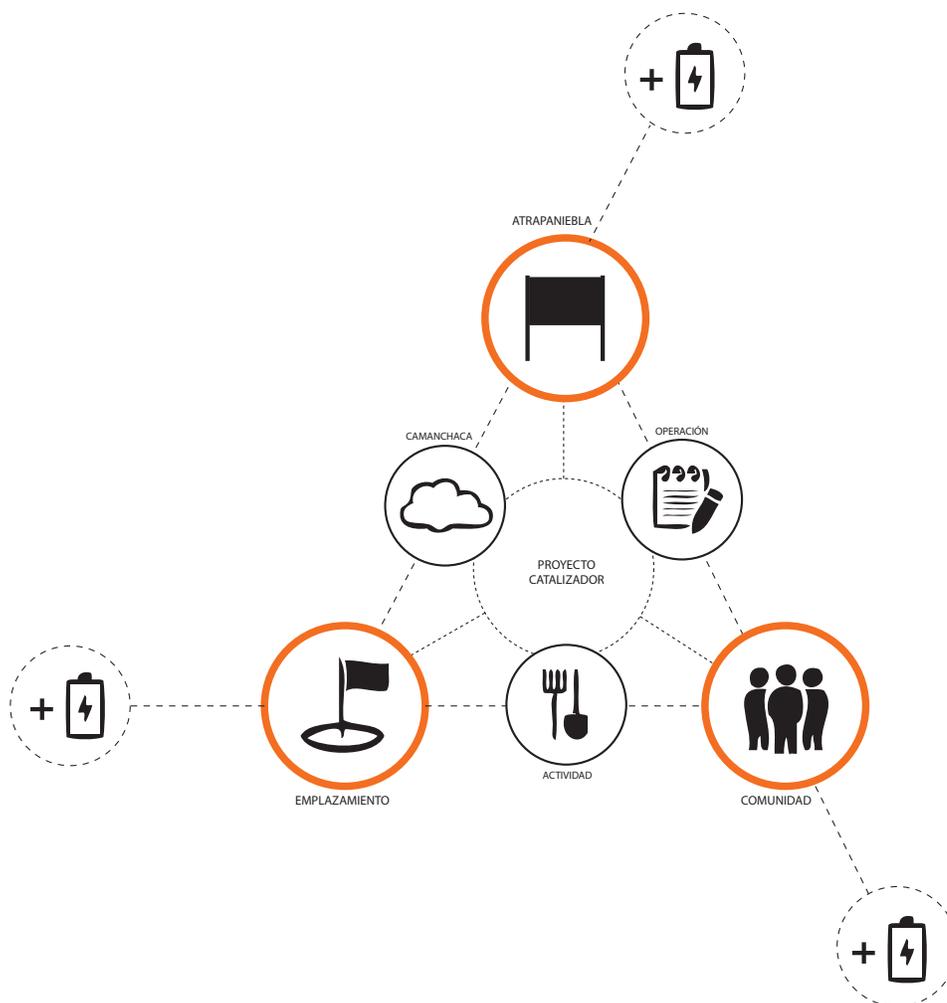


Figura 22. Modelo teórico de captación de agua-niebla.
 Fuente: Elaboración propia, en base a CASTILLO C., 2014.

3.1.1 CONDICIONANTES DEL SISTEMA ATRAPANIEBLAS

PROCESOS DEL AGUA EN EL SISTEMA

La comprensión de los procesos del agua como vitalizador del sistema es primordial para el desarrollo del proyecto. En primer lugar, el agua, en su estado líquido, se entenderá como elemento que reactivará a una población en sus requerimientos de consumo humano y de producción.

- **FORMACIÓN DE LA NIEBLA:** Se produce sobre el mar, cuando una masa de aire húmedo y cálido entra en contacto con una masa de aire más frío, gracias al Anticiclón del Pacífico.
- **DESPLAZAMIENTO DE LA NIEBLA:** Empuje de la niebla por los vientos desde la costa hacia los valles interiores, en dirección ascendente.
- **OASIS DE NIEBLA:** Los cerros costeros constituyen un obstáculo físico para el avance de la niebla debido a su altura, al detenerla, da origen a un oasis de niebla.
- **INTERCEPCIÓN DE LA NIEBLA:** El elemento de intercepción es el segundo obstáculo de la niebla, se opone a la dirección de su movimiento, obligándola a enfrentarse.
- **CONDENSACIÓN EN MEDIO FÍSICO:** El material del elemento interceptador condensa la niebla, pasando de estado gaseoso a líquido.
- **RECOLECCIÓN DE AGUA EN ESTADO LÍQUIDO:** Una vez formada la gota de agua, se recolecta para su uso.

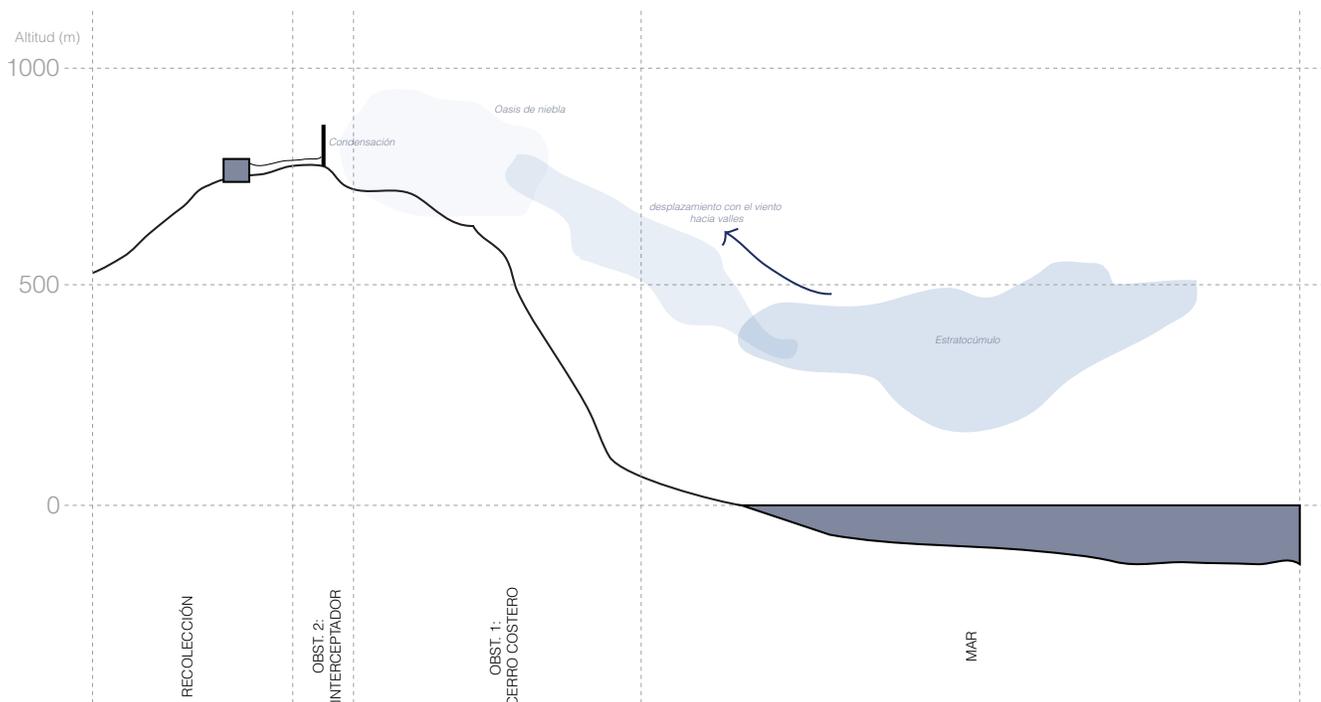


Figura 23. Proceso de captación de la camanchaca desde su origen.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

VERTICALIDAD Y ALTITUD

El recorrido de la camanchaca se produce a una altura entre 500 y 800 metros snm (CERECEDA, 2013). En general, en las zonas de camanchaca esa altura se encuentra sólo en la **cima de cerros del cordón montañoso de la Cordillera de la Costa**. También se debe considerar que la camanchaca se desliza por el terreno a una altura de al menos 1 metro, casi a ras de suelo, trepando por las laderas de los cerros hacia los valles.

EVITAR TRASLAPE

La nube cargada de agua al ser interceptada por la malla captadora se condensa, dejando sólo una masa de aire con menor humedad. Es por eso que, uno de los principios básicos de la tecnología atrapanieblas, las mallas captadoras no pueden traslaparse.

DISPOSICIÓN ANTE EL VIENTO

El viento³² es la fuerza capaz de movilizar la neblina desde su punto de formación, la costa, hacia los valles interiores. Esta variable viscosa e invisible, presenta componentes de carácter dinámico, esenciales para su entendimiento³³:

- Dirección: La disposición del dispositivo captador de niebla debe enfrentar de forma **perpendicular a la dirección del viento**, funcionando como un **interceptor** de la camanchaca donde quedan retenidas las partículas de agua.
- Velocidad: La **velocidad del viento aumenta con la altura de forma logarítmica** (TAYLOR Y LEE, 1984). Este aumento de la velocidad del viento a medida que nos alejamos del suelo tiene repercusiones sobre los montos de captación de la niebla y su transformación en agua. Por ejemplo, para la localidad El Tofo, a una altura entre 5.5 a 6.0 metros del suelo se capta entre un 35% y un 52% más de agua que entre 1 y 1,5 metros (Carvajal, 1982).

32 Se define como aire en movimiento generado a partir de diferencias de presión y temperaturas atmosféricas.

33 CASTILLO, C. (2012). Tesis para optar al grado de magíster "Arquitectura y niebla: instrumentalización de un fenómeno natural".

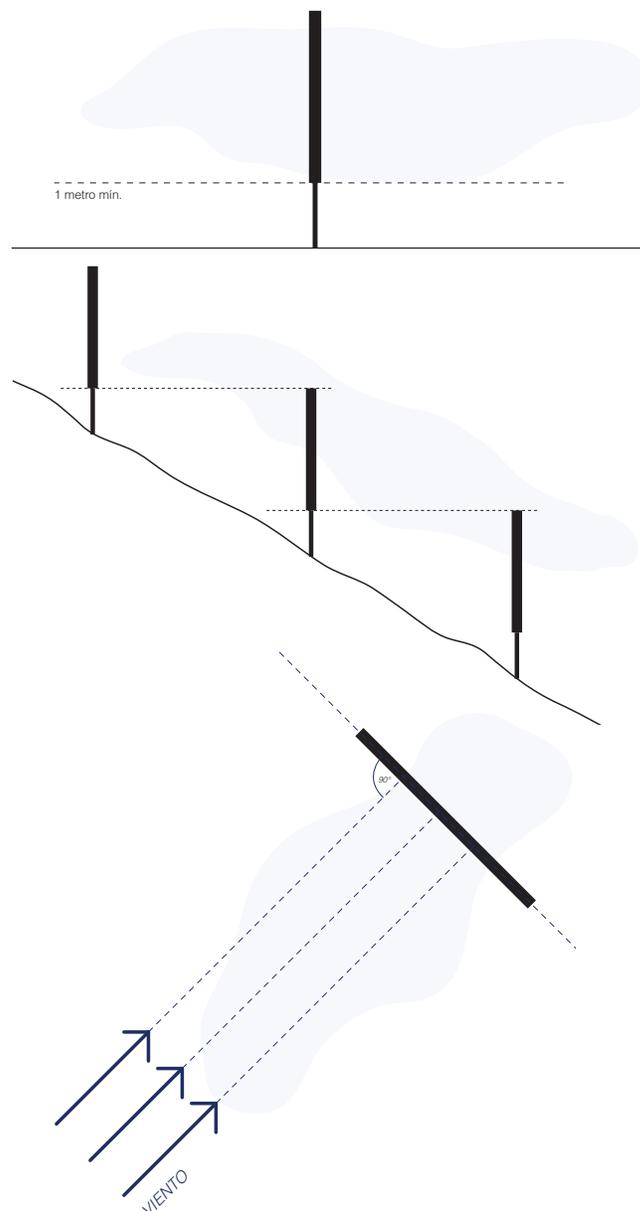


Figura 24. Verticalidad del atrapanieblas y vector horizontal de la niebla.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Figura 25. Posicionamiento para evitar el traslape de atrapanieblas en terrenos con pendiente
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Figura 26. Posicionamiento del atrapaniebla opuesto al vector del viento.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

ESCURRIMIENTO DEL AGUA

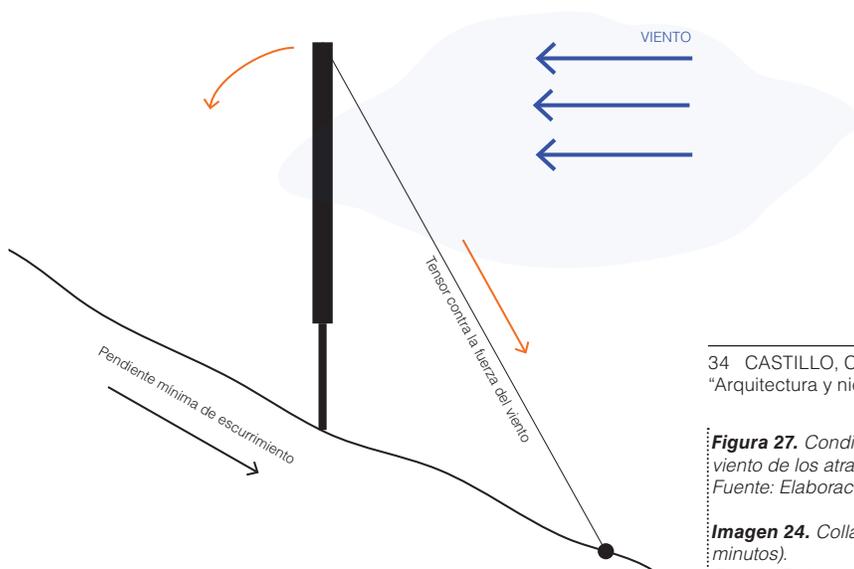
Un gran ahorro energético implica la utilización de un **mecanismo gravitacional** de recolección del agua captada por atrapanieblas, hacia el punto de acumulación. Además potencia el **sentido expositivo del agua** en movimiento, poniendo en valor a este elemento como eje central del proyecto.

Para lograrlo, desde el punto de recolección del agua hacia el almacenamiento, la construcción de los canales con pendiente para el escurrimiento se torna esencial. En caso de que longitud de los canales sea muy alta (más de 20 metros) se deben colocar aliviadores de presión.

El trazado de los canales va a ser determinante para el desarrollo del proyecto, delineando límites y cierros, trama y espacios.

ARRIOSTRAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

La eficiencia del aparato en la intercepción de camanchaca está dado por una **convergencia entre geometría y fuerza eólica, las cuales deben coexistir**³⁴. Se debe encontrar un sistema estructural que no se deforma cuando actúa sobre él una fuerza, en el sentido de dar rigidez y estabilidad al sistema atrapanieblas.



TEMPORALIDAD Y ESTACIONALIDAD

La camanchaca se presenta a partir de las **18.00 pm y las 8.00 am** del día siguiente. Durante la bajada del sol en el Océano Pacífico, comienza a formarse la niebla sobre el mar, la que luego será desplazada por los vientos durante la noche.

Por otra parte, un sistema atrapanieblas está sujeto a la estacionalidad, que corresponde al número de días del año en que se presenta el fenómeno. En el territorio chileno, la niebla se manifiesta prácticamente todo el año, siendo la **primavera el periodo con mayor intensidad**: Septiembre, Octubre y Noviembre (CERECEDA, P. et al., 2002). Pensar en la estacionalidad determina enormemente el uso del agua y la capacidad de reservorios para el periodo de escasez.

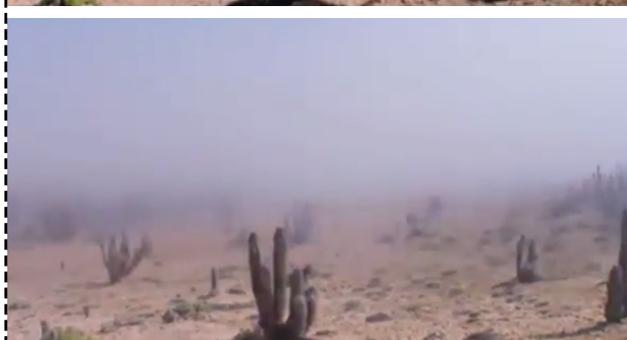
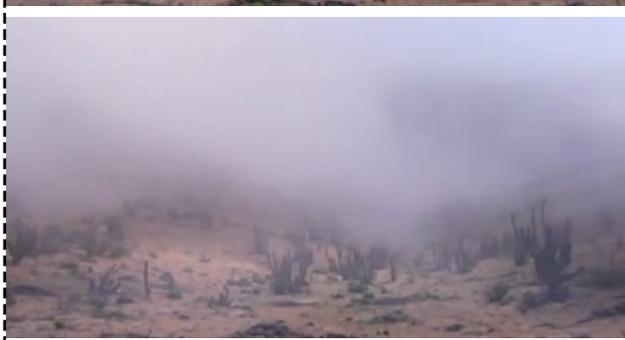
VISIBILIDAD REDUCIDA

En las zonas de camanchaca es importante establecer coordenadas de orientación: cuando la niebla cubre la zona, la **visibilidad puede llegar a ser de 1 metro**, quedando el visitante vulnerable a los peligros de la **desorientación**.

34 CASTILLO, C. (2012). Tesis para optar al grado de magíster "Arquitectura y niebla: instrumentalización de un fenómeno natural".

Figura 27. Condicionante de pendiente y resistencia frente a la acción del viento de los atrapanieblas.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 24. Collage de la niebla en el paso del tiempo (lapso de 15 minutos).
Fuente: Elaboración propia, 2014.





3.1.2 EMPLAZAMIENTO

CERRO GRANDE DE LA COMUNIDAD AGRÍCOLA PEÑABLANCA

El emplazamiento del proyecto se localiza en el Cerro Grande, dentro de los terrenos pertenecientes a la Comunidad Agrícola Peñablanca, a 3 km. de distancia del poblado, el cual ha sido partícipe de varios proyectos de atrapanieblas en pro de mejorar su déficit hídrico y así retomar las actividades de ganadería caprina y agricultura.

Se encuentra en el km. 348 de la Ruta 5 Norte, cercano al enlace a Mineral de Talca. Luego al tomar el desvío hacia el oriente, en el kilómetro 2 se encuentra la subida a la reserva Cerro Grande.

La participación de la Comunidad Agrícola Peñablanca es sumamente importante para la ejecución y posterior operación y mantención del proyecto, y el compromiso demostrado en los proyectos anteriormente realizados da cuenta del potencial de trabajar con los comuneros.

Hoy existe una propuesta para desarrollar una estación de experimentación llamada “**Centro de estudios de Niebla**” en la cima del cerro, la cual posee apoyo y financiamiento de CORFO INNOVA y CONICYT.

El atractivo del cerro es su **abundante niebla la mayor parte del año**, que ha permitido el desarrollo de vegetación de especies nativas y la llegada de fauna de la zona, como las típicas lagartijas de zapallar.

Es por esta razón, que los propios comuneros han delimitado una “**zona de reserva**”, que a pesar de no ser reconocida por la CONAF, el cuidado que le han dado permite mantener intactas las características nativas.

Al encontrarse **colindante a la Ruta 5 Norte**, es visible para el viajero, y de fácil acceso para la llegada de investigadores y visitantes nacionales e internacionales, a diferencia de los otros sectores de captación abundante de niebla que se encuentran alejados de los centros urbanos y conectividad.

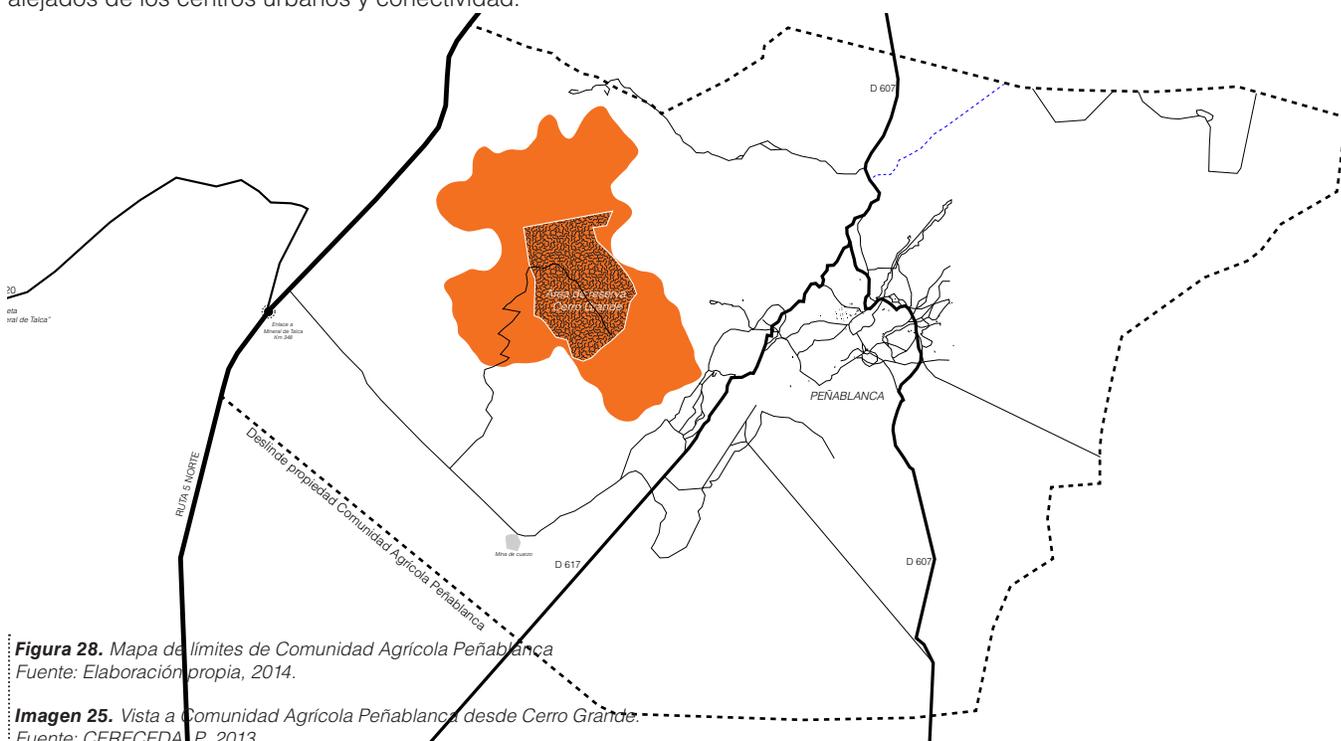
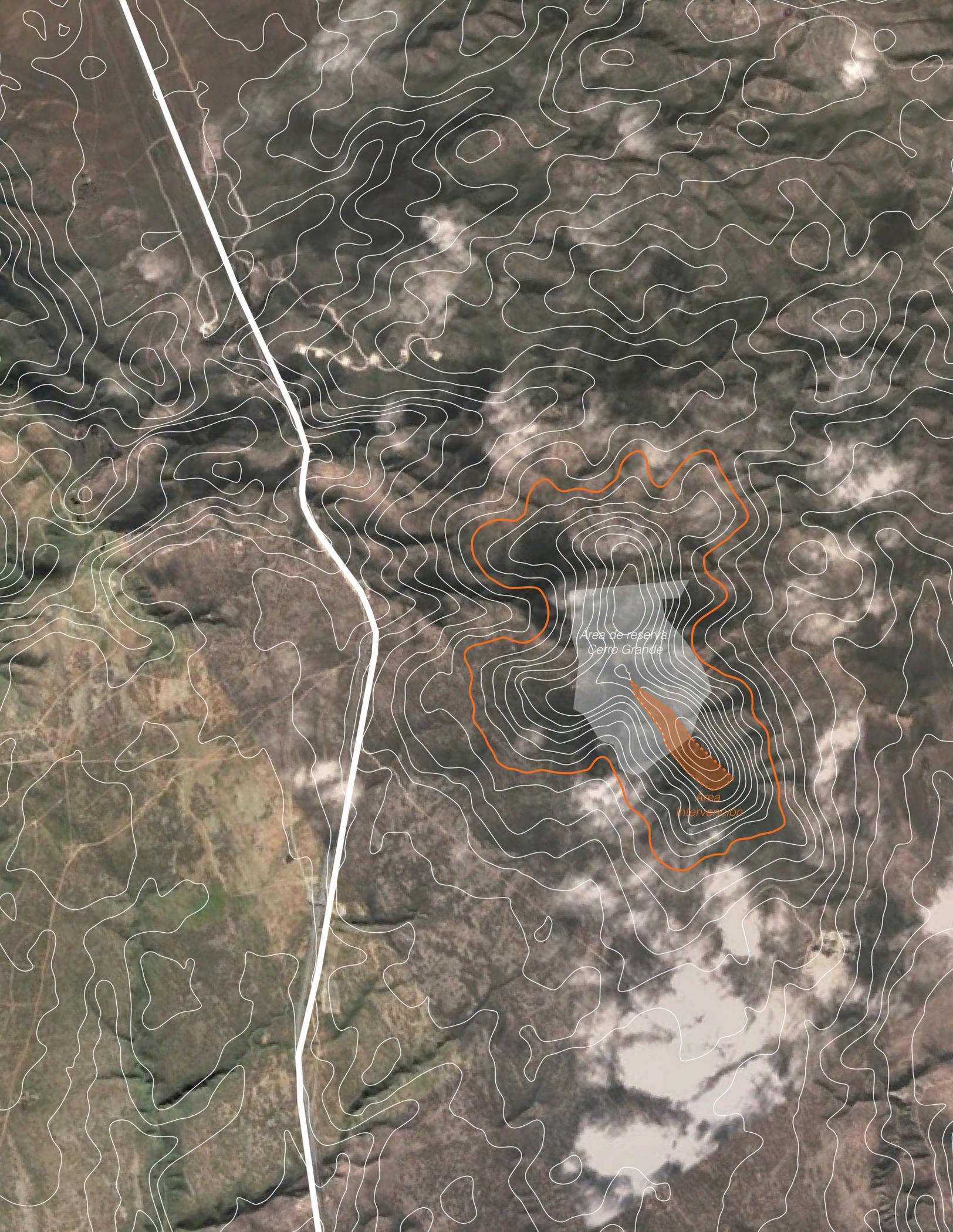


Figura 28. Mapa de límites de Comunidad Agrícola Peñablanca
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 25. Vista a Comunidad Agrícola Peñablanca desde Cerro Grande.
 Fuente: CERECEDA P. 2013.



Área de reserva
Cerro Grande

Área
intervención

RESERVA CERRO GRANDE

Según la descripción de la señalética en la entrada de la Reserva Cerro Grande³⁵ se define como un **terreno de 100 hectáreas de propiedad de la Comunidad Agrícola Peñablanca**, donde sus comuneros y comuneras han determinado preservar para enfrentar el avance del Desierto de Atacama, el más árido del mundo.

El objetivo principal de la Reserva es dejarle un legado a las nuevas y futuras generaciones del secano de la Provincia de Limarí acerca de **cómo luchar realmente y localmente contra la desertificación**.

Es un ejemplo de unidad y alianzas estratégicas, ya que las comunidades locales no son sólo meros espectadores del cambio climático, sino reales protagonistas para preservar los oasis de vida humana y silvestre al interior de la costa desértica en el norte de Chile.

Las especies encontradas en el área protegida son de carácter nativo o endémico, las cuales se han desarrollado producto de la humedad que les entrega la camanchaca. Algunas de ellas son:

FLOR DE LA PLUMILLA: (*Trichopetalum plumosum*) Especie endémica, poco frecuente. Su hábitat es la Cordillera de la Costa, entre los 500 y 2000 msnm., zonas de secano. Son especies que se localizan en laderas de exposición norte.

SOLDADILLO: (*Tropaelum tricolor*). Endémico de Chile, crece entre Antofagasta y Valdivia. Habita enredado en matorrales en lugares soleados, frecuente en la orilla de los caminos.

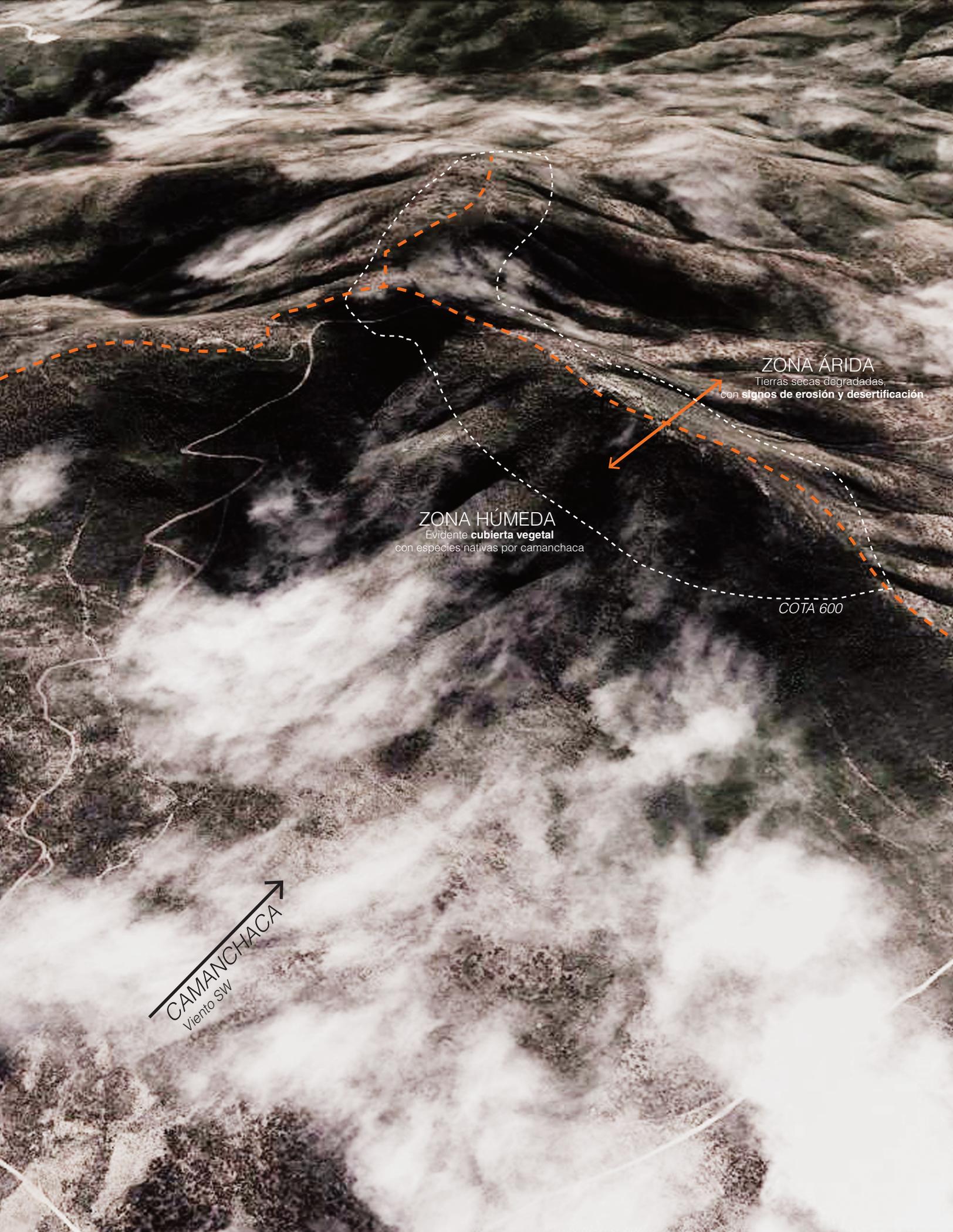
ALCAPARRA: (*Senna cumingii*) Crece en la III y IV región de Chile. Es un arbusto perenne de 1 a 2 metros de altura, con raíz pivotante.

CHAGUAL O CARDÓN: (*Puya chilensis*) Endémico de Chile y crece entre la IV y la VII región. Habita en las zonas rocosas costeras. Alcanza una altura de hasta 4 metros.

³⁵ COMUNIDAD AGRÍCOLA PEÑABLANCA. Panel informativo sobre la Reserva Cerro Grande.

Imagen 26. *Relieve del Cerro Grande y alrededores.*
Fuente: Imagen propia en base a imagen Google Earth, 2014.

Imagen 27. *Algunas especies vegetales encontradas en Cerro Grande.*
Fuente: Imágenes propias, 2014.



ZONA ÁRIDA
Tierras secas degradadas,
con **signos de erosión y desertificación**

ZONA HÚMEDA
Evidente **cubierta vegetal**
con especies nativas por camanchaca

COTA 600

CAMANCHACA
Viento SW

LÍMITES TERRITORIALES DE PROYECTO

Los límites del proyecto están determinados por dos factores geográficos que favorecen la captación de niebla:

- **COTA 600** como límite más bajo de llegada de la camanchaca.
- **LÍNEA DE CUMBRE** como límite más alto, y línea de división de la cara húmeda (suroeste) y la cara árida (noreste) del cerro.

Frente a estos límites, la zona de atrapanieblas **se emplazará en la cara suroeste del cerro, en el área inscrita entre la cota 600 y la cumbre** para obtener la captación más óptima y no proyectar estructuras ineficientes.

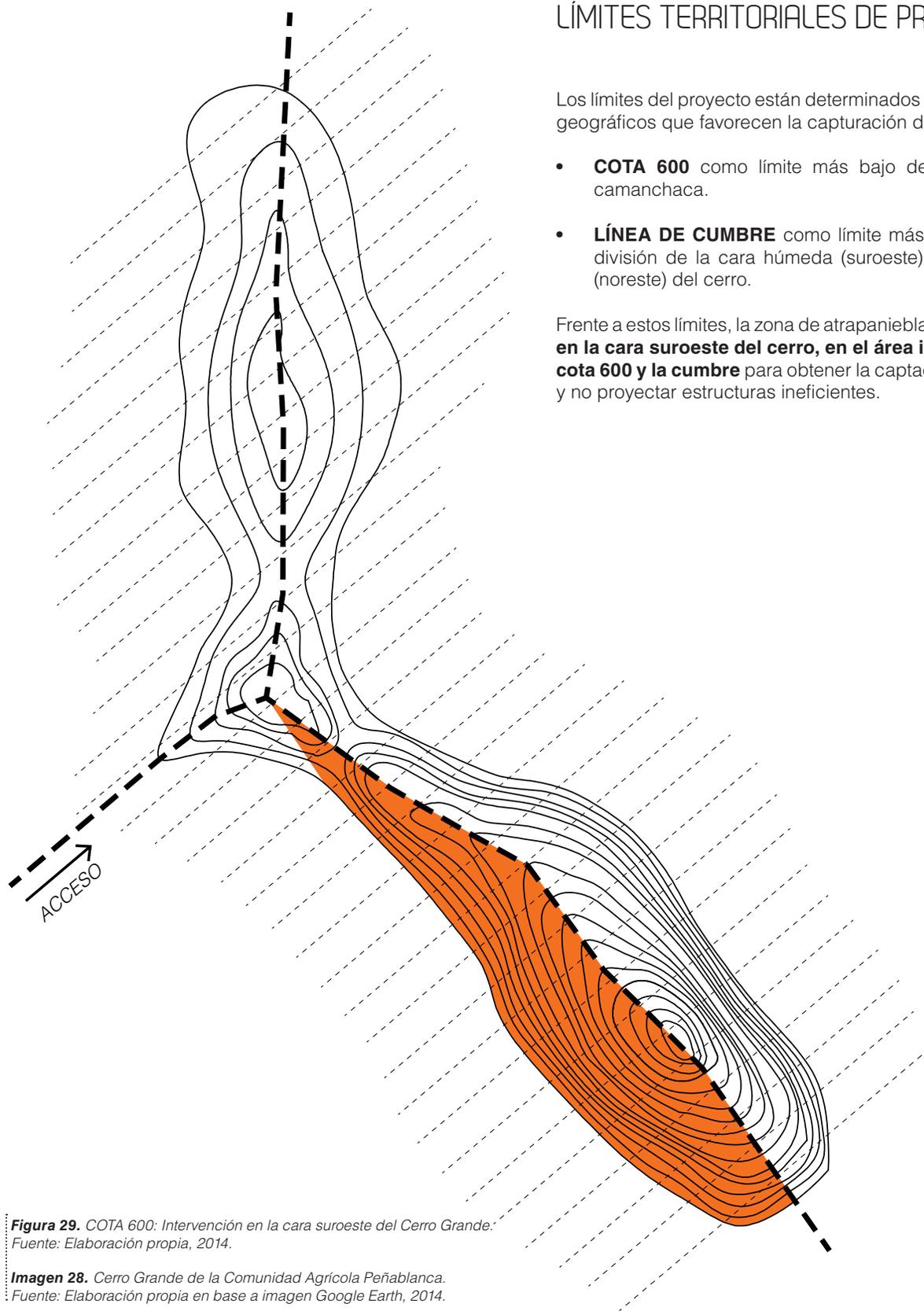


Figura 29. COTA 600: Intervención en la cara suroeste del Cerro Grande.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 28. Cerro Grande de la Comunidad Agrícola Peñablanca.
Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Earth, 2014.

PUNTOS DE INTERÉS PARA LA PLATAFORMA

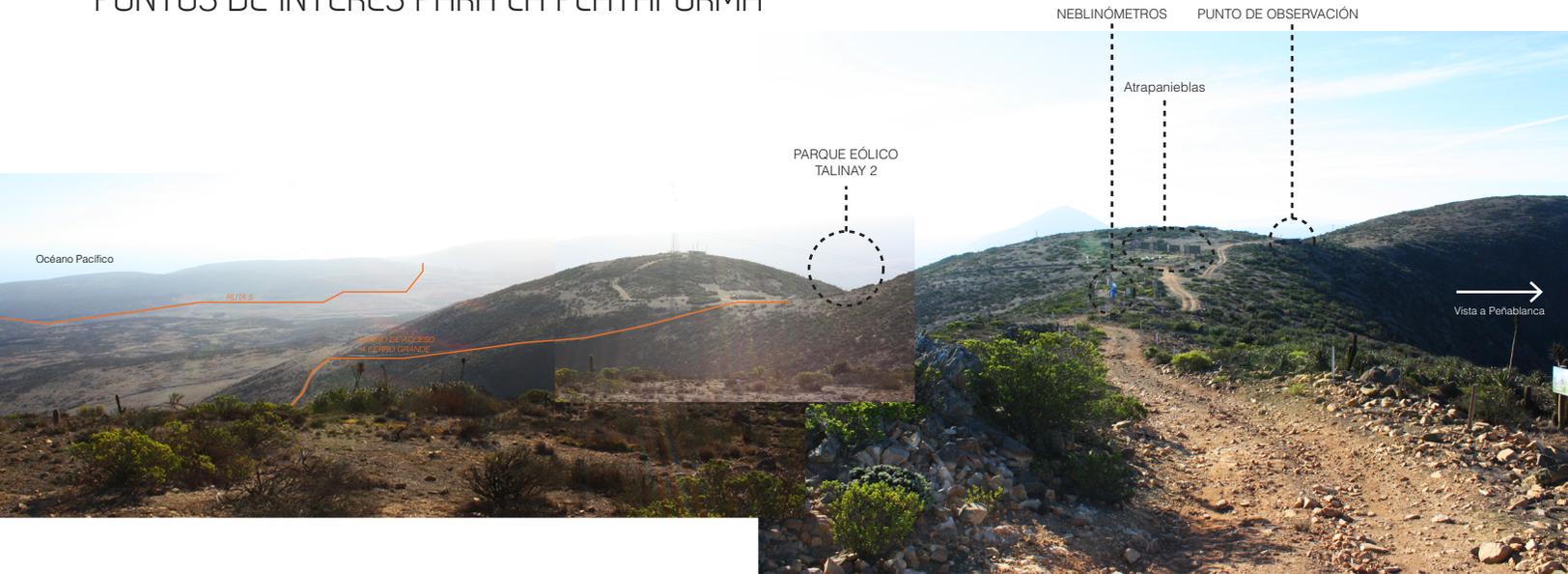


Imagen 29. Vista al norponiente desde la cima del Cerro Grande.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

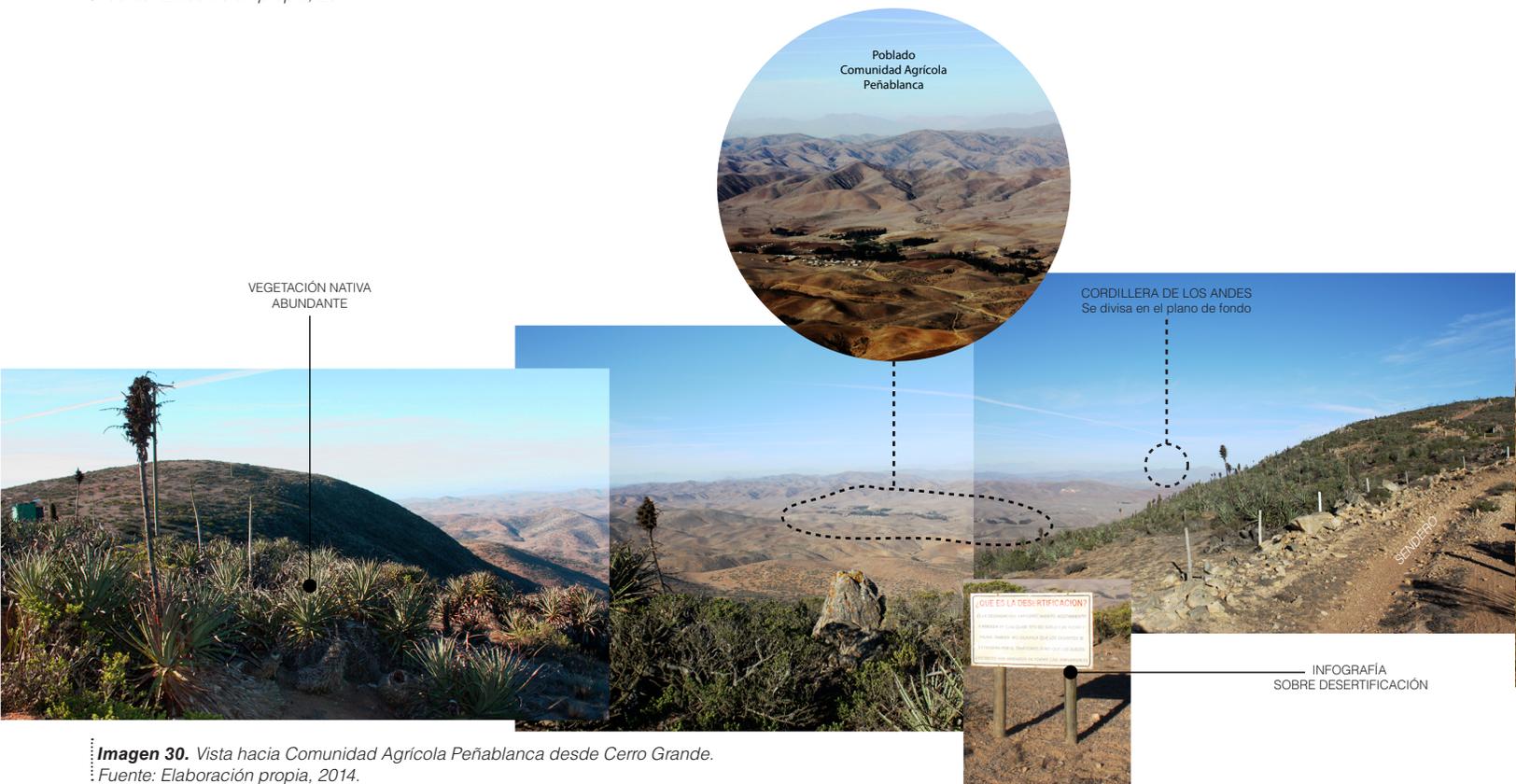


Imagen 30. Vista hacia Comunidad Agrícola Peñablanca desde Cerro Grande.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

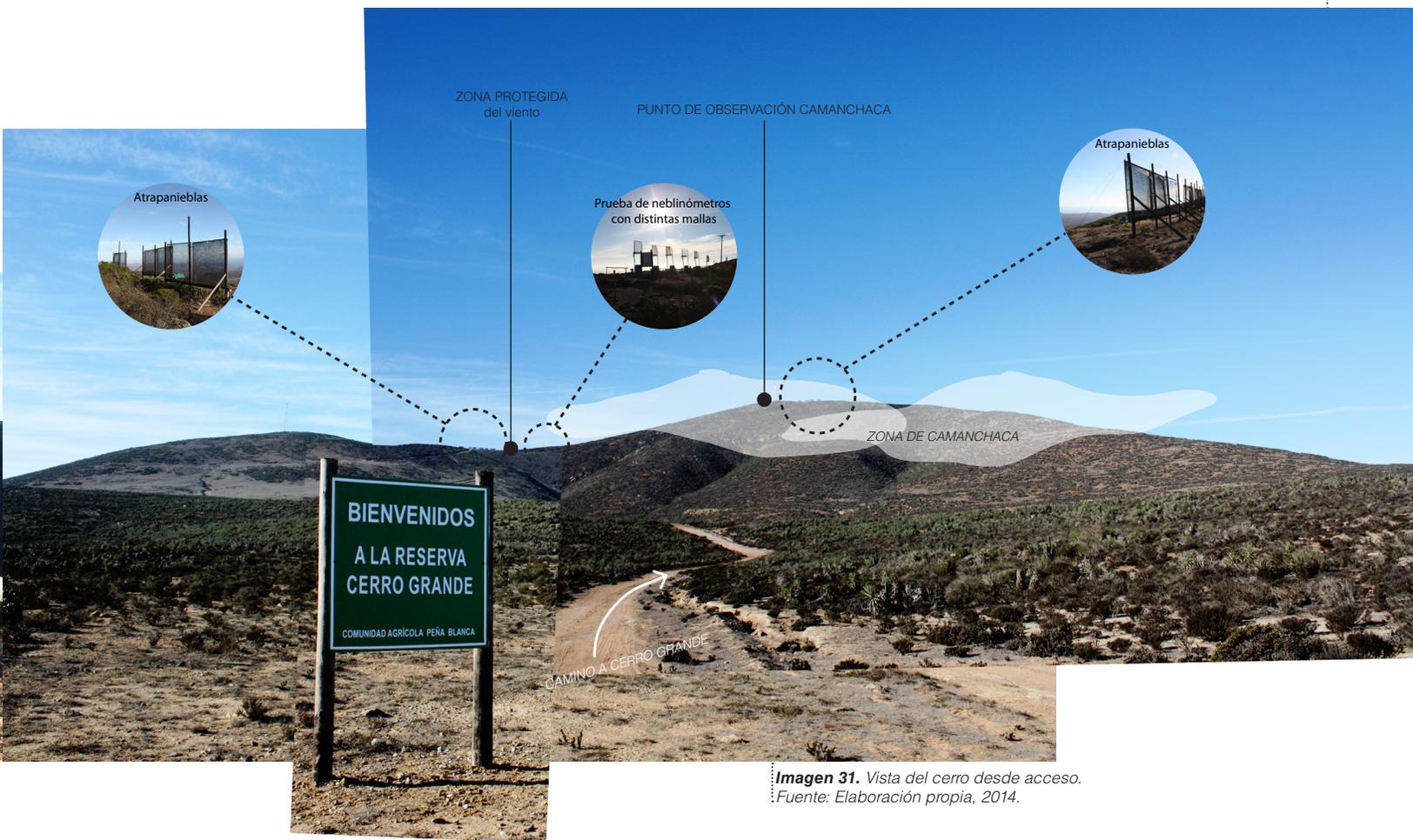


Imagen 31. Vista del cerro desde acceso.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

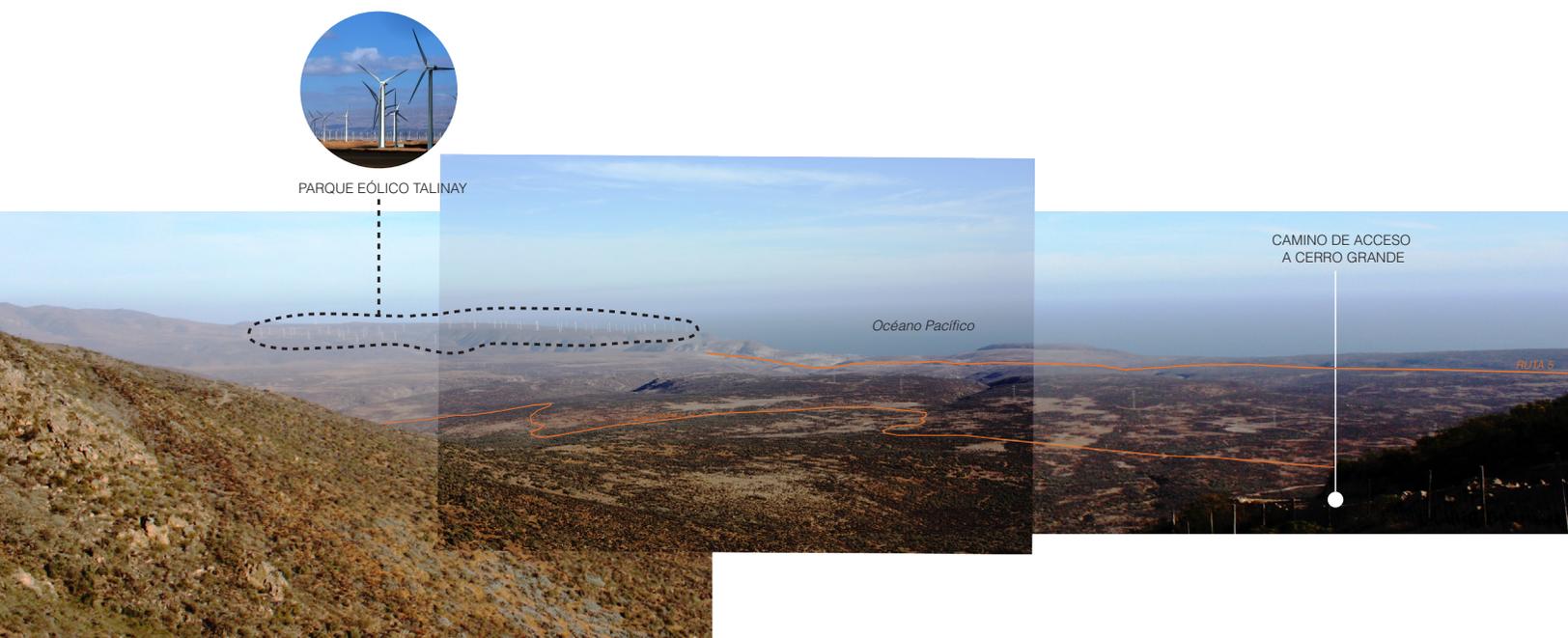


Imagen 32. Vista al sur desde Cerro Grande. Observación del Océano Pacífico.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.1.3 USUARIOS

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA NIEBLA

El Centro de Estudios de la Niebla es una entidad jurídica que nació en el 2012 por una iniciativa de la Comunidad Agrícola Peñablanca y el Centro del Desierto de Atacama de la Universidad Católica de Chile. El objetivo es ir analizando los efectos de los patrones meteorológicos con distintas mallas para atrapanieblas, e ir dimensionando el potencial hídrico de la niebla como una forma de enfrentar de mejor forma la desertificación con un recurso permanente.

Además de ser beneficiados por el abastecimiento de agua proveniente de los atrapanieblas, la comunidad juega un rol fundamental en el sistema.

Como una forma de retribuir e incentivar a la permanencia de los habitantes en el poblado, se postula que, de forma remunerada, participen como personal operacional y de mantención del sistema. De esta forma se complementarán los investigadores y el poblado para que la ejecución del proyecto sea óptima.

Además se propone que sean encargados de la coordinación de las visitas a la plataforma, en pos de tener mayor participación e identificación con el proyecto.

COMUNIDAD AGRÍCOLA PEÑABLANCA

Hoy las instalaciones de instrumentalización del centro se encuentran en la Reserva Cerro Grande, las que serán mejoradas gracias a un proyecto FONDAP (fondo para centros de investigación en áreas prioritarias, en la temática de recursos hídricos), que incluye financiamiento para infraestructura, materiales, remuneraciones para investigadores y personal de apoyo, entre otros.

VISITANTES

Los visitantes son el grupo que activa el programa de difusión de la plataforma, relevante para lograr uno de los objetivos principales del proyecto: la expansión del conocimiento de la problemática de la desertificación y sus posibilidades de revertirla.

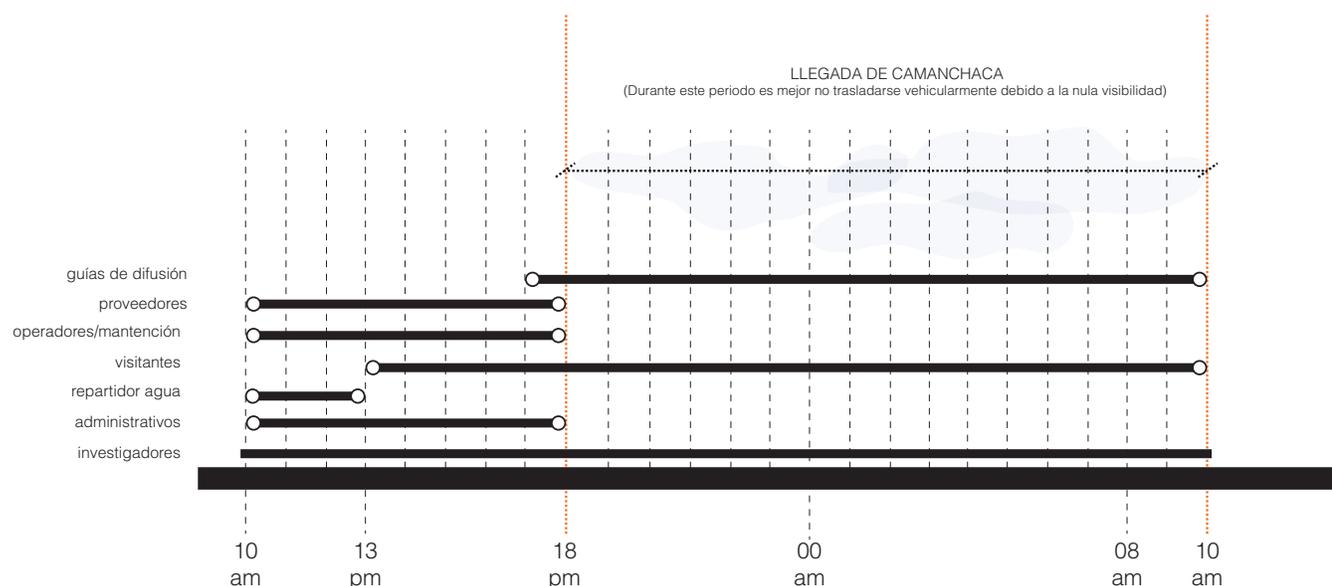


Figura 30. Gráfico de frecuencia de uso de usuarios durante el día.
Fuente: Elaboración propia, 2014.



CENTRO DE ESTUDIOS
 DE LA NIEBLA



ABASTECIMIENTO
 DE AGUA



DIFUSIÓN

USUARIO	N° PERSONAS	MÍN. DE HORAS DE TRABAJO POR SEMANA ¹	TIEMPO POSIBLE DE PERMANENCIA
Director	1	44 horas	semana
Subdirector	1	26 horas	por el día
Investigador principal	1	44 horas	meses
Investigadores asociados	6	6 horas	meses
Otros investigadores	6	-	meses
Ayudantes de investigación (Tesisistas)	10	-	semanas
Personal de apoyo técnico	3	26 horas	semanas
Operador y mantencionista	3	26 horas	por el día
Administrador general	1	44 horas	por el día
Administrador financiero	1	26 horas	por el día
Administrador RRPP	1	26 horas	por el día
Proveedores (maquinaria, materiales, etc.)	5	-	por el día
Repartidor de agua	1	-	medio día
Visitantes	40	-	días
Guías de difusión	4	-	por el día

Tabla 3. Usuarios y tiempo de permanencia en el proyecto.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.2 PROGRAMA



CENTRO DE ESTUDIOS
DE LA NIEBLA

RECINTO	CAPACIDAD n° de personas	SUPERFICIE mínima	OBSERVACIONES
LABORATORIO	26	52 m ²	Considerar sector computadores
BODEGA GENERAL	-	40 m ²	-
BODEGA INSTRUMENTOS	-	10 m ²	-
COCINA	-	15 m ²	-
COMEDOR	16	29 m ²	-
ESTAR	16	29 m ²	-
BAÑOS	-	8 m ²	1 WC, 1 lavamanos, 1 ducha por sexo
DORMITORIOS	14	70 m ²	-
CAMAS DE CAMPAÑA	14	70 m ²	No necesita un recinto privado
OFICINA DIRECCIÓN	2	24 m ²	-
OFICINA INVESTIGACIÓN	1	12 m ²	-
		TOTAL: 359 m²	



ABASTECIMIENTO
DE AGUA

OFICINA ADMINISTRACIÓN	3	36 m ²	-
OFICINA REPARTIDOR DE AGUA	1	12 m ²	-
SALA DE OPERADORES	3	12 m ²	-
BODEGA	-	40 m ²	-
BAÑOS	-	8 m ²	1 WC, 1 lavamanos por sexo
KITCHENETTE	-	6 m ²	-
		TOTAL : 114 m²	



DIFUSIÓN

AUDITORIO	100	100 m ²	-
ZONA DE CAMPING	40	200 m ²	Al exterior, sombreada.
BAÑOS	40	16 m ²	2 WC, 2 lavamanos, 2 duchas por sexo
COMEDOR	40	72 m ²	-
COCINA	-	15 m ²	-
		TOTAL : 403 m²	

SUPERFICIE MÍNIMA TOTAL: 876 m²

Tabla 4. Programa y superficies requeridas, en base a OGUC y proyectos referenciales.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.3 GESTIÓN Y FINANCIAMIENTO

Existen 3 ejes principales que se relacionan entre sí para entregar el financiamiento del proyecto: El centro de estudios de la niebla, la Comunidad Agrícola Peñablanca y la Municipalidad de Ovalle.

CENTRO DE ESTUDIO DE LA NIEBLA: Entidad jurídica formada por un conjunto de investigadores y colaboradores dedicados al estudio de la niebla. El centro obtuvo financiamiento por 5 años a través de la postulación del proyecto a FONDAP de CONICYT (Fondo de financiamiento para centros de investigación en áreas prioritarias). El financiamiento considera infraestructura, instrumentalización, remuneración para científicos, gastos operacionales, etc.

Además, el Centro de Estudios de la Niebla cuenta con un aporte CORFO INNOVA de apoyo al proyecto ante imprevistos.

COMUNIDAD AGRÍCOLA PEÑABLANCA: Como se mencionó anteriormente, el terreno en el cual se pretende establecer el proyecto fue entregado por el estado a la comunidad para su utilización agroganadera y luego fue

la misma comunidad la que cedió el terreno al centro de estudios de la niebla en forma de comodato.

El centro de estudios de la niebla a través del presente proyecto se compromete con la comunidad con la entrega de agua captada diariamente a través de los atrapabieblas a cambio del terreno antes mencionado, de este modo, la comunidad no tendrá que abastecerse de agua a través de camiones aljibe, los cuales eran provistos por la municipalidad de Ovalle una o dos veces a la semana, con una cuota de agua limitada e insuficiente para cada familia, y siendo el costo de transporte y de la operación muy alto.

MUNICIPALIDAD DE OVALLE: La municipalidad redistribuirá los recursos utilizados en la provisión de agua potable a la Comunidad de Peñablanca hacia la mantención y operación de la plataforma, utilizando como fuerza laboral remunerada a los mismos habitantes de la comunidad.

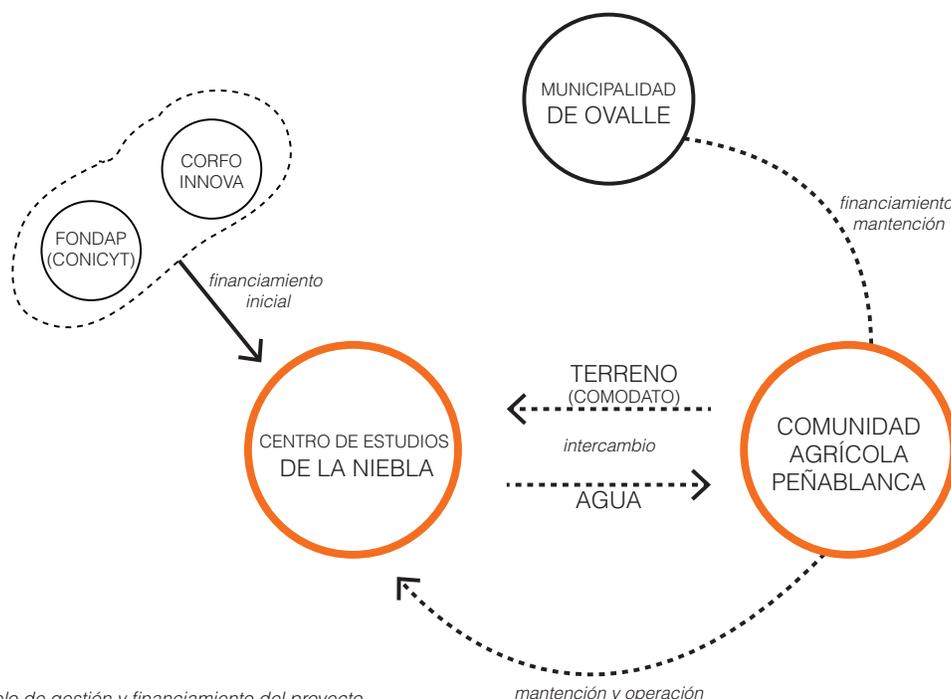
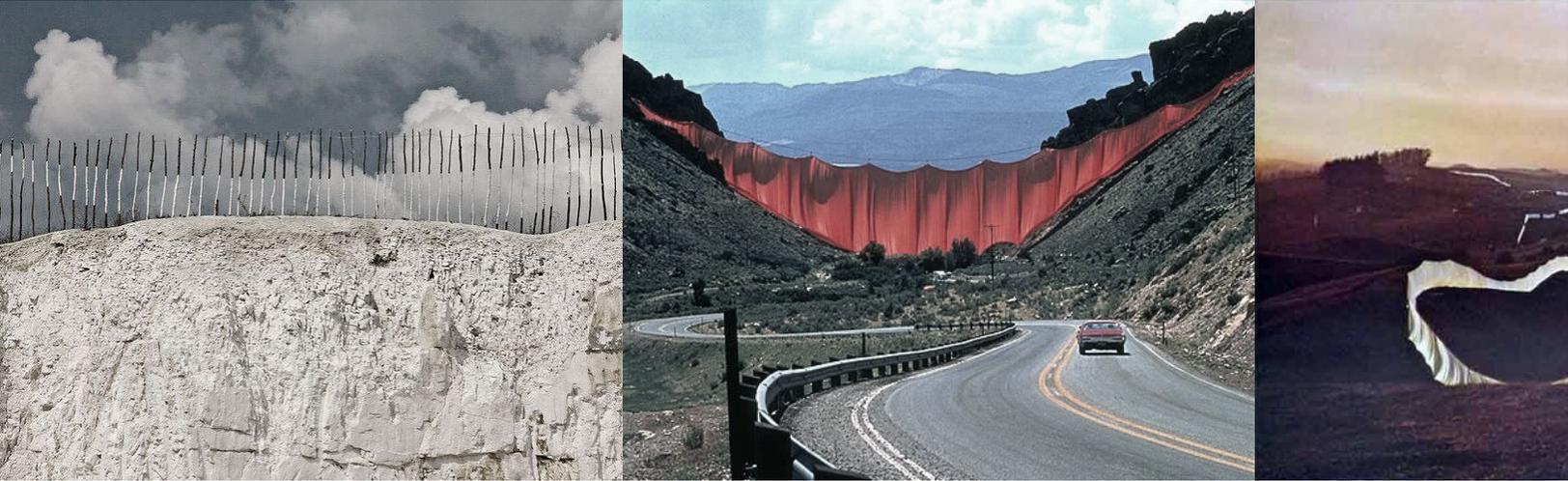


Figura 31. Modelo de gestión y financiamiento del proyecto.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.4 REFERENTES



LANDART / LANDARCH Intervenciones territoriales

Se entiende la naturaleza como un soporte de intervención, donde el artista corrige la topografía, excava, delimita, o dibuja geometrías a gran escala, que dialogan con el entorno y dejan una huella en el paisaje. Esta expresión se manifiesta de tres formas:

- Mediante el uso de materiales de la zona
- Artificio como contraste y resalte de la naturaleza
- Redescubrimiento y puesta en escena del orden cósmico de la naturaleza y de las fuerzas naturales.

Imagen 33. "Sorriso di gatto del cheshire".
Autor: Iuliia Bykova. (2011)

Imagen 34. "Rifle Colorado"
Autor: Christo and Jeanne-Claude. (1970-72)

Imagen 35. "Running fence".
Autor: Christo and Jeanne-Claude. (1976)

Imagen 36. "The aesthetic of financial tectonics".
Autor: Mathieu Bernard-Reymond.

Imagen 37. "Peine del viento".
Autor: Eduardo Chillida. (1976)



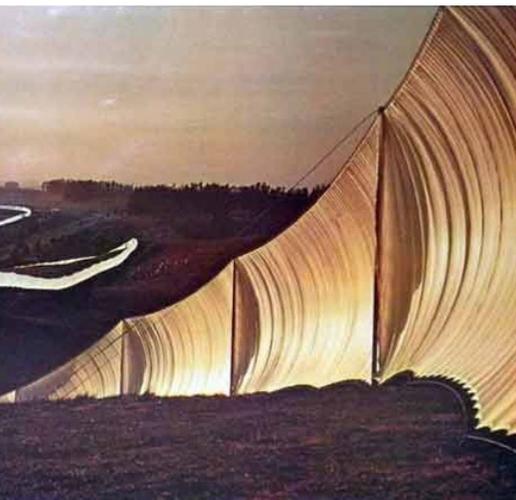


Imagen 38. RO&AD. (2011). Moses bridge, Fort de Roovere.
Fuente: Plataforma arquitectura.

Imagen 39. DERTHICK, HENLEY AND WILKERSON. (1975). Grand staircase of Museum, Chattanooga.
Fuente: huntermuseum.org

Imagen 40, 41. REIULF RAMSTAD ARKITEKTER. Parque Trollstigen, Noruega
Fuente: Plataforma arquitectura.

Imagen 42. RCR ARQUITECTES (2005). Bodegas Bell-Lloc.
Fuente: Plataforma arquitectura.

RECORRIDOS como orden de reconocimiento del lugar

Cada situación es descubierta bajo la experiencia dinámica del movimiento. Los recorridos en la arquitectura son una forma de ocupación dinámica que puede acentuar intervenciones territoriales a través del manejo de su estructura morfológica. Fugas visuales, los cambios de sentido, el establecimiento de puntos focales, son algunas estrategias.

Además en zonas con características valorables o protegidas, el recorrido puede ayudar a vivir la experiencia de manera controlada.





ATRAPANIEBLAS como elemento arquitectónico

Generalmente, en los proyectos de atrapanieblas se les considera como un artefacto con su propia funcionalidad de captar agua. Más allá del diseño que se le da al artefacto, el cual no puede desligarse de las condicionantes técnicas, también puede ser entendido como un elemento que propone un límite territorial y configura espacios. Ante esto, el elemento pasa a formar parte de un hecho arquitectónico más que un elemento aislado.

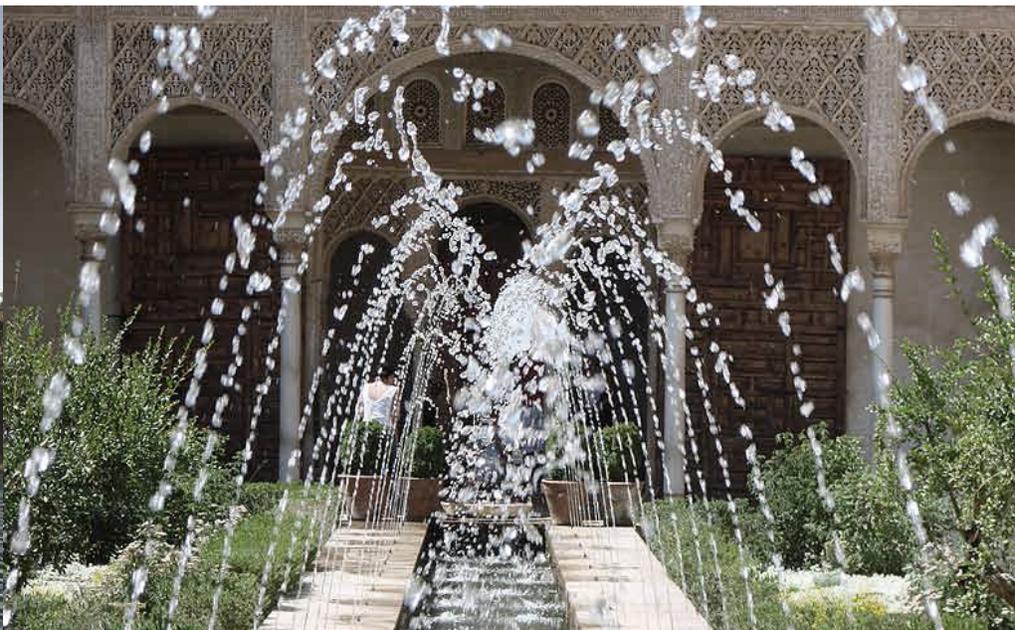
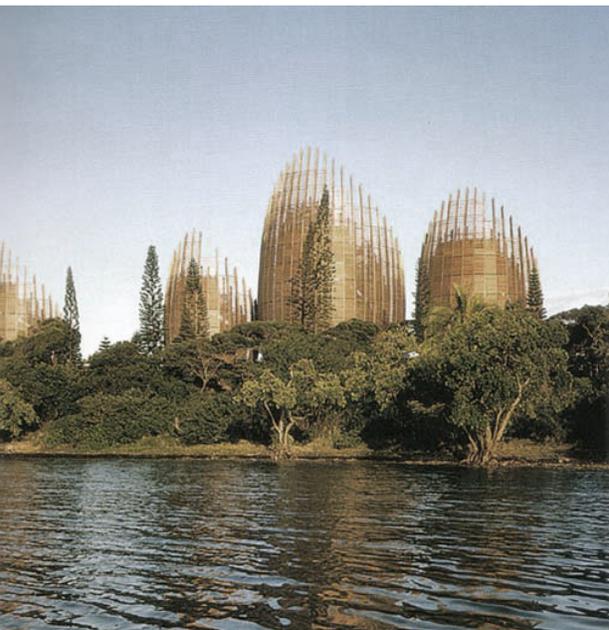
Imagen 43. FERNÁNDEZ, A. (2008). Coastal fog tower.
Fuente: Chilearq.com

Imagen 44. ARCHITECTURE AND VISION. (2014). Proyecto Warka Water.
Fuente: Plataforma arquitectura.

Imagen 45. PÉREZ DE ARCE, R. (2011). Jardín de niebla.
Fuente: magisterpaisaje.cl

Imagen 46. BERNARD-REYMOND, M. "The aesthetic of financial tectonics".
Fuente: Flickr

Imagen 47. BASTIAN, M. (2013). Primer lugar concurso Juan Gunther, Lima.
Fuente: Plataforma arquitectura.



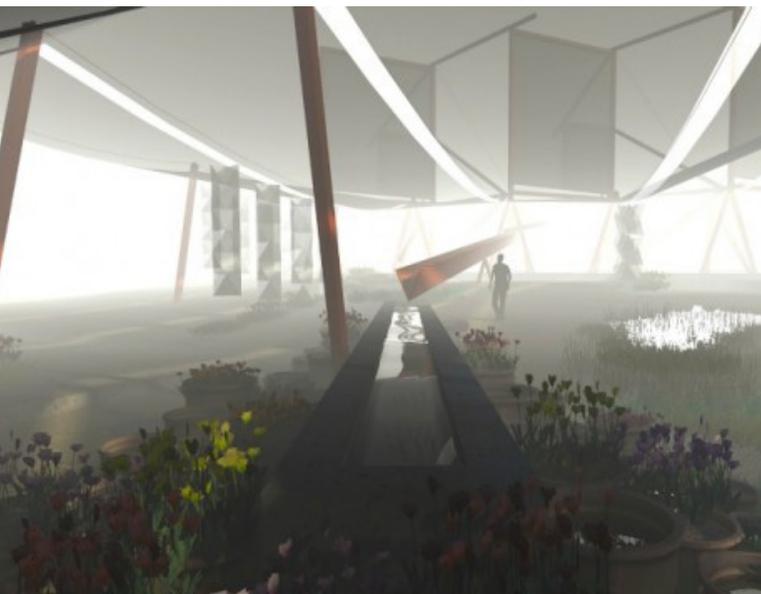


Imagen 48. PIANO, R. (1998). Centro cultural Jean Marie Tjibaou. Arquitectura y viento.
 Fuente: Plataforma arquitectura.

Imagen 49. La Alhambra, Granada, España. La ciudad del agua.
 Fuente: alhambra-patronato.es

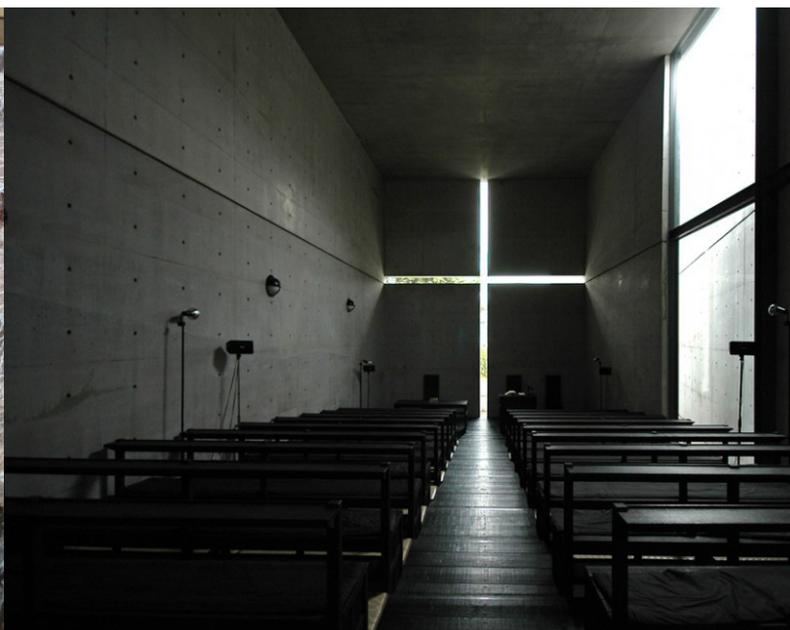
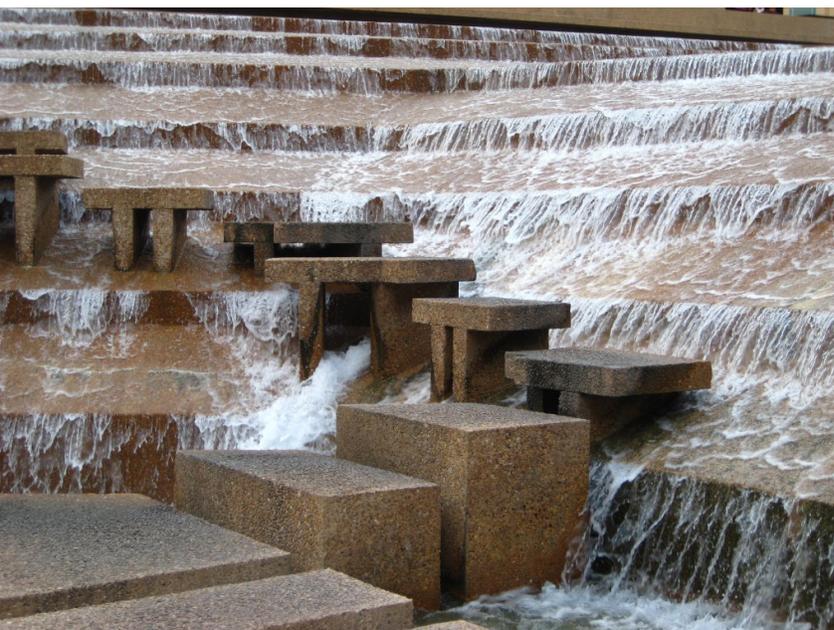
Imagen 50, 51. JOHNSON, P. (1974). Fort Worth Water Garden, Dallas.
 Fuente: fortwortharchitecture.com

Imagen 52. ANDO, T. (2005). Iglesia de la luz.
 Fuente: Plataforma arquitectura.

ARQUITECTURA Y FUERZAS NATURALES

El reconocimiento de las fuerzas naturales del entorno de un proyecto arquitectónico da condicionantes y criterios de diseño. La arquitectura vernácula, que si bien su creación fue un acto espontáneo, es una muestra de que la arquitectura no debe ser más que la naturaleza misma del territorio, y formar un diálogo con él que permita la habitabilidad.

El agua, el viento, el sol, son vectores de movimiento que dinamizan y dan sentido a una propuesta arquitectónica vinculada con el ambiente.



3.5 PARTIDO GENERAL

COLONIZACIÓN DE LA CARA SUROESTE

CARA SUROESTE: “BOSQUE ATRAPANIEBLAS”

El área de intervención está dado por las condicionantes técnicas del sistema atrapanieblas, mencionadas anteriormente, resultando ser la superficie inscrita entre la línea de cumbre (cota más alta) y la cota 600 (la más baja expuesta a la camanchaca), de la cara suroeste del cerro (opuesta a la dirección del viento).

GRILLA DE 45°: PARALELA AL VIENTO

Los atrapanieblas deben oponerse al viento, y éste, al ser un factor fundamental en el proceso, otorga el vector que permite trazar una grilla de ordenamiento, en 45°. También se traza otra grilla perpendicular a la anterior, que contiene la longitud de los atrapanieblas.

SUPERFICIE DE ATRAPANIEBLAS REQUERIDA

La superficie de atrapanieblas a considerar, está dada por los requerimientos de agua para el poblado. Se estima una recolección de al menos 24.000 litros de agua por día, lo que permite repartir más de 400 litros por familia³⁶, que les permitiría ser utilizada para su consumo personal y actividades agroganaderas. Para esto, es necesario cubrir una **superficie de 5.000 m² de atrapanieblas**.

DISPOSICIÓN ALTERNADA DE ATRAPANIEBLAS

En pos de evitar el traslape y optimizar el sistema de captación, se alternó la disposición de los atrapanieblas debido a su altura.

36 Cifra basada en la cantidad de agua recomendada por la OMS para usos personales y domésticos, 50 litros/persona/día mínimo, y 100 litros/persona/día óptimo, incorporando un margen de respaldo para otros usos. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2010). [www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf] Revisado 14 de enero 2014.

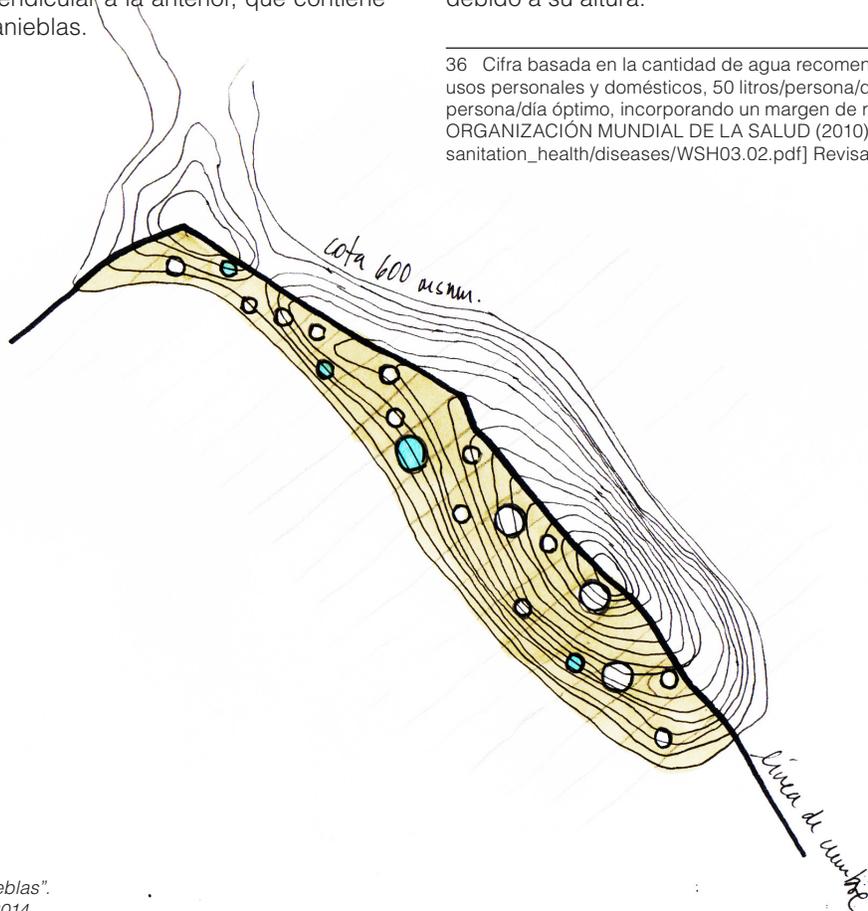


Figura 32. “Bosque atrapanieblas”.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

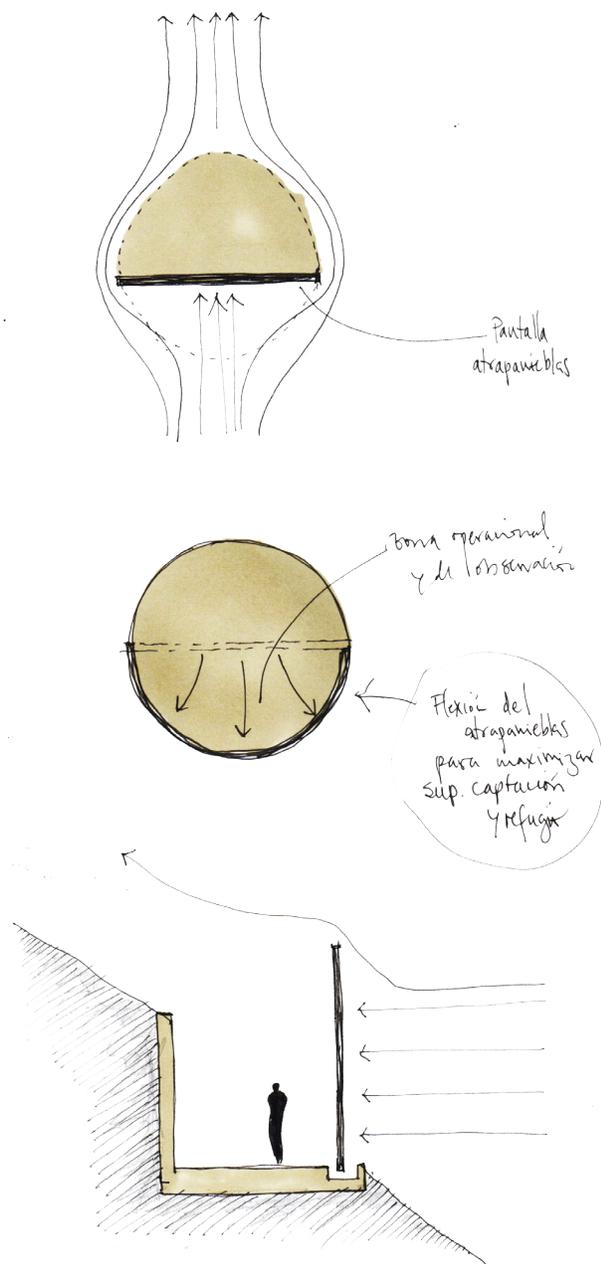


Figura 33. Definición del refugio contra el viento.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

COMPORTAMIENTO DEL VIENTO

OBSTÁCULOS PERMITEN EL CONTROL DEL VIENTO

Algunas de las técnicas utilizadas en la navegación permiten manejar el viento para crear ciertas situaciones. En los diagramas se observa que la disposición de los obstáculos, en este caso los atrapanieblas, determinan la formación de **“refugios” protegidos**. Estos refugios permiten la habitabilidad contigua al artefacto atrapanieblas y la posibilidad de permanecer en esta zona donde el viento es muy fuerte. Además pone en valor la importancia del viento para la captación de agua denotando su presencia y ausencia.

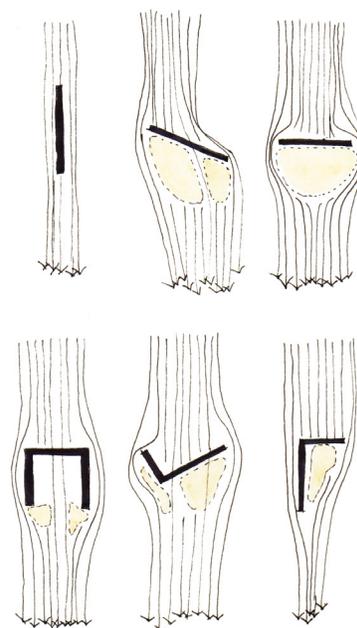


Figura 34. Estudio de comportamiento del viento frente a diferentes obstáculos.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

DEFINICIÓN DE UN ARTEFACTO HABITABLE

La propuesta se centra en desarrollar un artefacto habitable captador de niebla, capaz de replicarse en el territorio especificado en diferentes escalas para acoger el programa.

AGUA Y CANALIZACIÓN

ALIVIADORES DE PRESIÓN

El escurrimiento del agua puede descontrolarse por la alta pendiente del terreno (50%, o aprox. 30°), para esto es necesario disponer de estanques aliviadores de presión cada 50 metros.

AGUA COMO EFECTO EXPOSITIVO DEL SIGNIFICADO DEL PROYECTO

Existen dos formas de exponer el agua como elemento primordial en el proyecto:

- **Masas de agua:** Se refiere al agua acumulada en un recipiente (estanques de agua). Espejos de agua, lagunas, etc.
- **Vectores de agua:** Se refiere al agua en movimiento (canalización). Canales, ríos, cortinas de agua.

SONIDO DEL AGUA

El sonido del agua es producido por una suma de factores:
agua + viento + rugosidad del contenedor

CÍRCULO: GEOMETRÍA REPRESENTATIVA DEL AGUA

La naturaleza del agua en estado líquido se manifiesta en forma circular: la forma de las gotas, la formación de ondas concéntricas con el golpe de una piedra, las olas, etc.

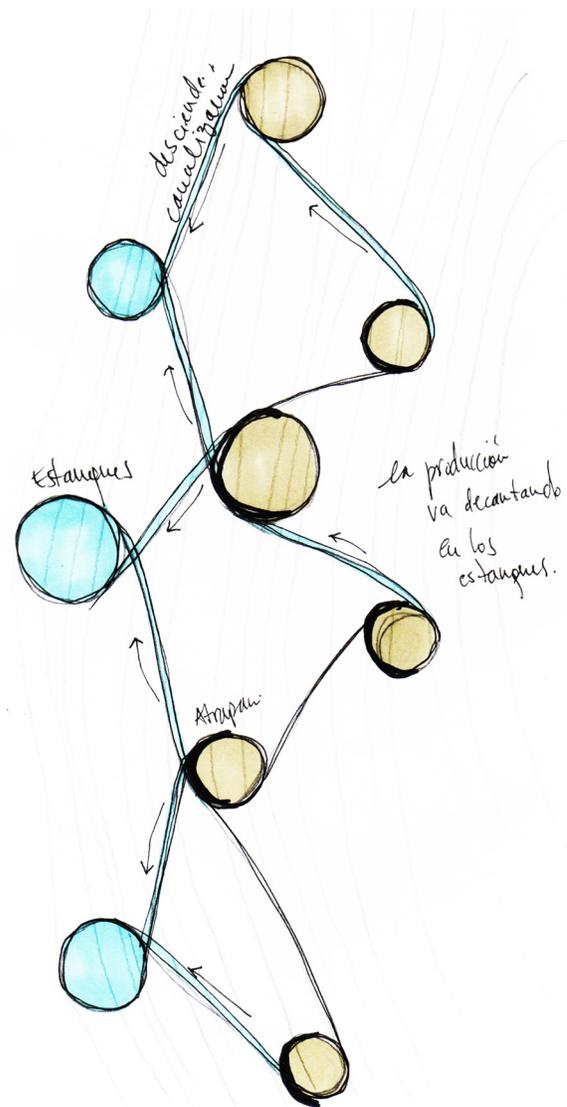


Figura 35. Flujos del agua desde sistema de captación hacia estanques.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

Imagen 53. Lluvia en el agua: formación de geometría circular.
Fuente: laberintodelluvia.com

RECORRIDOS DE LUZ

"(...) En el momento de mayor intensidad, la nube lo cubre todo y la desorientación es total. Comencé a caminar sin sentido. No reconocía nada, estaba completamente perdida, traté de seguir los senderos pero no pude. Me encuentro de pronto con el acantilado de frente, casi caigo cerro abajo."

Cuaderno de viaje, Carolina Castillo, 2012.

La luz como herramienta de orientación en el proyecto durante los periodos en que la camanchaca cubre todo (tarde y noche). La iluminación va asociada a los recorridos que conectan los artefactos y los programas que contienen.

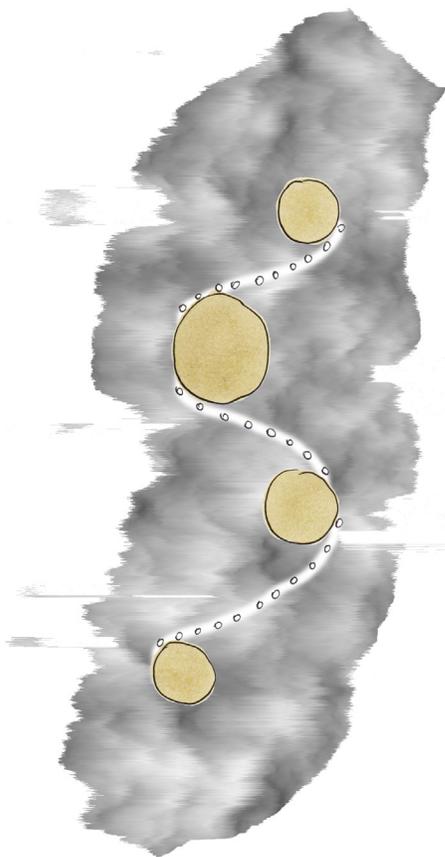


Figura 36. Recorridos guiados por la luz.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

PROGRAMA

El programa estará contenido en el mismo artefacto, utilizando la malla atrapanieblas como una doble piel que permite tener espacios intermedios, sombreados e intermedios, típicos de las regiones áridas y calurosas.

En el interior se desarrolla un elemento macizo y cerrado que permitirá llevar a cabo actividades de recintos cubiertos y privadas del Centro de Estudios de la Niebla, y del programa de abastecimiento de agua y difusión de la desertificación.

La consolidación del núcleo como elemento macizo permite mantener una relación con el resto de los atrapanieblas, al integrarse a la red captadora de agua.

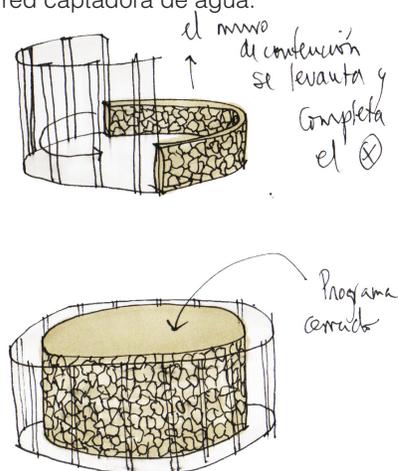


Figura 37. Consolidación del muro de contención para programa cerrado.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

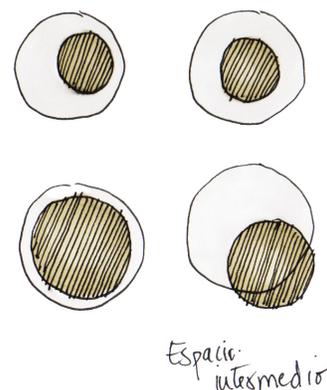


Figura 38. Tipos de posición del núcleo cerrado para permitir espacio intermedio.
 Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.6 SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL

COLUMNAS DE VIENTO

La fuerza del viento es la causante de uno de los mayores problemas del sistema atrapanieblas, debido a que las estructuras no son capaces de resistir.

Una columna de viento es un pilar estructural que ofrece resistencia a la flexión y al pandeo producto de la acción del viento. Su comportamiento es similar al de una viga reticulada, pero dispuesta de manera vertical.

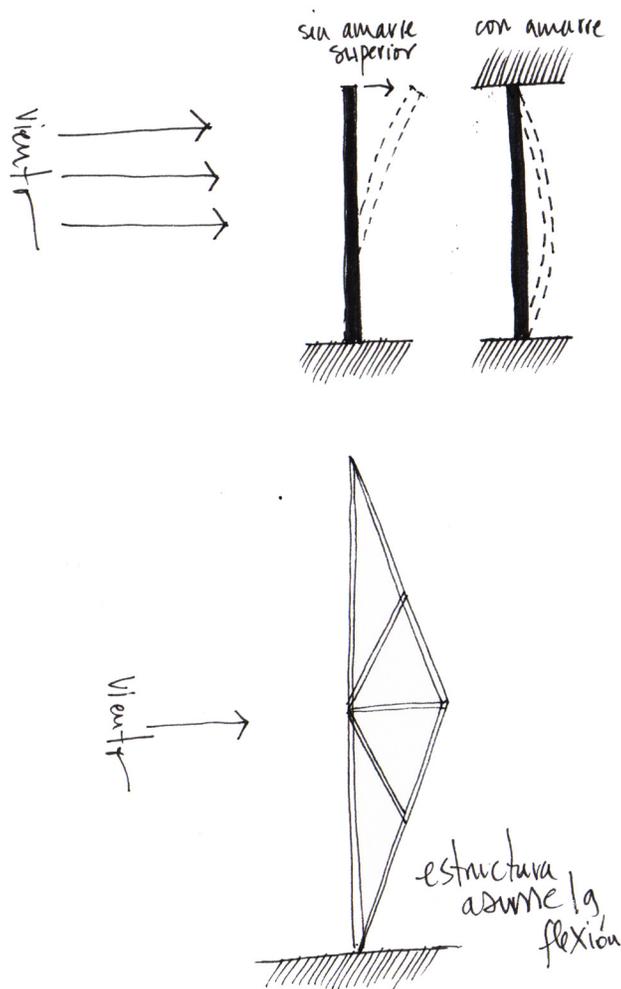


Figura 39. Columna de viento.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

CONTENCIÓN VS EXPANSIÓN

El artefacto presenta dos condiciones físicas que condicionan a su estructuración:

- **Contención:** Son las fuerzas que ejerce la tierra hacia el artefacto por la cara posterior, y las que ejerce el viento sobre el artefacto por la cara frontal.
- **Expansión:** La estructura del artefacto responde hacia lo anterior mediante la aplicación de fuerzas expansoras para contener la tierra y la acción del viento.

Mientras por la cara posterior se propone una estructura maciza y pétreo, por la cara frontal será una estructura más ligera basada en el sistema de columnas de viento reticuladas.

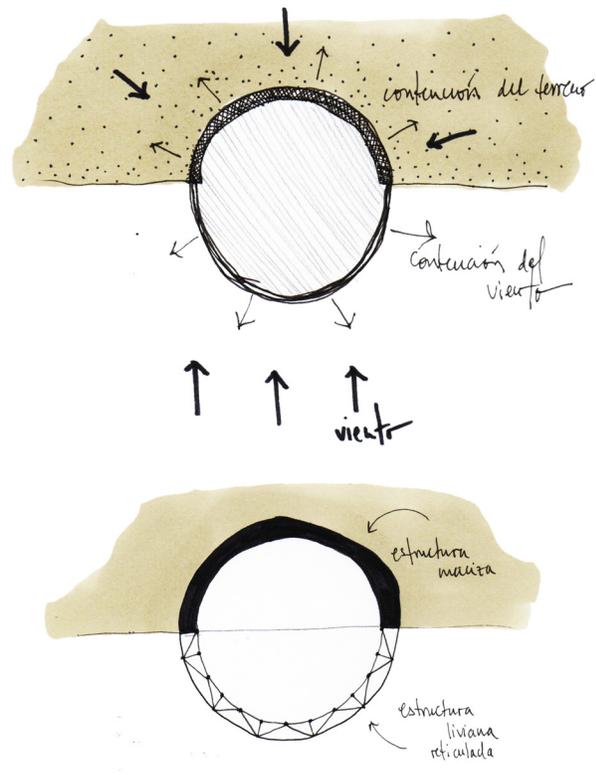


Figura 40. Diagramas de fuerzas de contención y expansión.
Fuente: Elaboración propia, 2014.

OBRA DE MONTAJE

La construcción del proyecto debe ser de armado. Al encontrarse en una zona rural medianamente alejada de los centros urbanos, se deben descartar todos los tipos de construcción que requieren preparaciones in situ, como el hormigón.

Por lo tanto, la obra se basará en un sistema constructivo en base a acero, el cual se puede preparar en maestranza para luego sólo montar las piezas en el emplazamiento del proyecto.

Los elementos macizos serán hechos como la tradicional pircas de piedra nortina, herencia de la arquitectura diaguita, utilizando los recursos de las canteras que se encuentran próximas. Utilizar los materiales locales reduce la huella de carbono por transporte y manufacturación.

ACERO

- Excelente relación resistencia-peso, es fácilmente trasladable.
- Externalización de preparación de piezas para armado.
- Fijaciones mecánicas de rápida instalación: Uniones soldadas, uniones metálicas u otros métodos especiales.
- Numerosa cantidad de sistemas para protegerlo contra la corrosión e incendios.

PIEDRA

- Técnica primitiva que no requiere de mano de obra calificada.
- Durabilidad y fácil mantención.
- Alta inercia térmica y acústica.
- Resistencia a la compresión: ideal para muros y cierros.

Imagen 54. Pircas de Peñablanca.
Fuente: Imágenes propias, 2013.



3.7 SUSTENTABILIDAD

La comprensión de las variables geográficas y climáticas del emplazamiento son un parámetro para configurar un diálogo entre lo construido y el medio natural.

Desde esta visión, considerar aspectos como la temperatura, la humedad, el viento, las precipitaciones o el asoleamiento da consistencia a la propuesta arquitectónica.

RECURSO SOLAR: A pesar de que las temperaturas promedio del sector son templadas, la radiación solar es relativamente alta.

La utilización de la malla atrapaniebla como sombreadero es una estrategia para dar lugar a espacios semicerrados que interactúen entre el paisaje y lo edificado.

Además, frente a la necesidad de utilizar un sistema de iluminación de guía durante las horas de camanchaca, da pie para proponer paneles fotovoltaicos como una solución práctica que no produce un gasto constante de energía. El

sistema se cargaría durante los horarios de mayor radiación solar, para luego emitir luz una vez que se esconde el sol y llega la camanchaca.

HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE: Peñablanca presenta condiciones de humedad muy amplias debido a la presencia de camanchaca. Durante el día, el ambiente es más bien seco, no superando el 30% de humedad relativa. Con la llegada de la niebla, la humedad asciende promediando 82,4%.

VIENTO: Los vientos predominantes vienen durante todo el año desde el suroeste, siendo determinante en el emplazamiento del proyecto. La velocidad de los vientos es alta durante la temporada de mayor camanchaca, llegando hasta los 6 m/s. En estas velocidades se sustentan los parque eólicos presentes en los pies del Cerro Grande.

PRECIPITACIONES: El promedio de precipitaciones es tan menor que no presenta relevancia para el proyecto.

	VERANO	INVIERNO
 TEMPERATURA (° Celsius)	Min. 2,8 Máx. 26,2	2,2 21,6
 HUMEDAD RELATIVA (%)	82,4	82,4
 VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4,47	2,36
 DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)	199,7 SW	201 SW
 RADIACIÓN SOLAR (W/m ²)	289,6	198,2
 PRECIPITACIONES (mm)	3,0	0,8

Tabla 5. Condiciones meteorológicas de Peñablanca.

Fuente: Elaboración propia en base a CEAZA-met (Centro de Estudios avanzados en Zonas Áridas), 2014.

MANEJO DEL AGUA

DISMINUCIÓN DE ENERGÍA EN EL CICLO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

La propuesta de abastecimiento de agua del proyecto produce sustantivamente menor impacto sobre el medioambiente. El agua capturada por los atrapanieblas es agua limpia, al provenir de las nubes no posee partículas sólidas.

Este sistema, comparado al tradicional para potabilizar el agua, requiere menos energía en los procesos de descontaminación y decantación.

TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

El proyecto al encontrarse en zona rural, donde no se cuenta con red de alcantarillado ni algún otro sistema para desechar las aguas grises, propone un sistema de tratamiento de aguas grises que permita incrementar el aporte hídrico para el desarrollo de las especies vegetales de la Reserva Cerro Grande.

AGUA COMO REGULADOR TÉRMICO

El cuerpo humano utiliza el agua como el principal agente termorregulador del organismo, permite conseguir un equilibrio de temperaturas y hace posible la disipación del calor metabólico. Este mismo concepto puede ser aplicado para las edificaciones, ya que la alta capacidad calorífica del agua ayuda a almacenar temperaturas.

En climas de noches frías, el agua tardará en desprenderse del calor guardado durante el día y por lo tanto permitirá que la temperatura del lugar no baje tan drásticamente.

El agua captada por la red de atrapanieblas en conjunto con las aguas grises tratadas pueden ayudar a la regulación térmica de los recintos del proyecto, y de esta forma mejorar las condiciones de habitabilidad.

Los recursos arquitectónicos para lograr el sistema de termorregulación pueden ser desde una red interna de agua en las envolventes del edificio, espejos de agua en zonas relevantes, canales de agua en movimiento que ingresan a los recintos habitables, etc.

...**Imagen 55.** Agua de abrevadero de cabras en Peñablanca.

...Fuente: Imagen propia, 2013.





CAPÍTULO 04

REFERENCIAS

Imagen 56. Flores de la plumilla en Cerro Grande.
Fuente: Imagen propia, 2014.

4.1 BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLO, C. (2012). Tesis para optar al grado de magister "Arquitectura y niebla: instrumentalización de un fenómeno natural".
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES. (2010). Informe Final: "Determinación de la erosión actual de los suelos de Chile".
- CERECEDA, P. (2000). "Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural". Revista medio ambiente y desarrollo.
- CERECEDA, P., et al. (2000). "Los atrapanieblas del santuario Padre Hurtado y sus proyecciones en el combate a la desertificación". Revista de geografía Norte Grande.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Y PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. (2010). "Gráficos vitales del cambio climático para América Latina y el Caribe".
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (2005). "Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales".
- CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. (2012). Serie de documentos temáticos N°2 "La escasez de agua y la desertificación".
- CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. (2012). Documento "migración y desertificación".
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, Ministerio de Obras Públicas. (2012). "Análisis de vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos, IV región".
- IZQUIERDO, J. et al. (2007). Manual "buenas prácticas agrícolas para la agricultura familiar".
- KUNKEL, M. (2012). "Deterioro del suelo por malas prácticas agrícolas".
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (2011). Informe del estado del medio ambiente, capítulo 9: Suelos para uso silvoagropecuario.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. (2003). "Ley general de urbanismo y construcciones".
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. (2009). "Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones".
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. (2011). "Lucha contra la desertificación: Experiencias y aprendizajes del programa de recuperación ambiental comunitario para combatir la desertificación".
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. (2013). Presentación: "Instrumentos y herramientas de mitigación y reducción de la desertificación: La experiencia de 62 proyectos comunitarios exitosos e innovadores".
- RABUCO, A. "Registro de goce singulares sin título individual de dominio inscrito: elementos y perspectivas".
- ROMÁN, R. (1999). "Obtención de agua potable por métodos no tradicionales: obtención de agua a partir de las camanchacas".
- SOTO, G. (2000). "Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia".
- UNIDAD DE DIAGNÓSTICO PARLAMENTARIO. (2012). Informe de la cámara de diputados "Desertificación en Chile".

4.2 ANEXOS

Para 2030:

Intentarán reducir desertificación a cero

De 10% a 20% de las tierras áridas, y 24% de las arables, están en proceso de degradación, según un informe.

RICHARD GARCÍA

Cada año en el planeta se pierden, por efectos de la degradación de la tierra, entre 8 y 10 millones de hectáreas, es decir, una superficie un poco mayor que la Región de Atacama. El problema afecta en especial a 1.200 millones de personas que habitan zonas rurales pobres y extremadamente áridas.

Así lo señala el informe Economía de la Degradación del Suelo, que fue presentado al abrirse el lunes la Conferencia Mundial sobre Desertificación en Windhoek, Namibia.

Uno de los objetivos de la cita es suscribir un acuerdo que apunte a reducir la degradación del suelo a cero para el año 2030, por lo que el informe presentado busca desarrollar vías para cumplir ese objetivo.

El estudio sostiene que de 10% a 20% de las tierras áridas, y 24% de las arables, están en proceso de degradación, lo que implica una pérdida de 40 mil millones de dólares al año.

Los especialistas advierten que para 2050 será ne-



Grandes esfuerzos se han hecho en los últimos años en Yushan, al noroeste de Beijing, China, para controlar su desertificación.

cesario un aumento de 70% a 100% en la producción de alimentos.

“Si la productividad del suelo se mantiene en los actuales niveles, serán necesarias seis millones de hectáreas de suelo adicionales (aproximadamente la superficie de la Región de Los Lagos) cada año para satisfacer la demanda esperada”, indica el documento.

La recomendación principal es adoptar prácticas de manejo sustentable de la tierra. De acuerdo con la investigación, con el uso de estas técnicas, que involucran un manejo sustentable del suelo y que evitan el empleo de agroquímicos, la oferta de productos agrícolas podría aumentar en un tercio respecto de la situación actual.

Plan contra la desertificación: Parte campaña para forestar 1.000 hectáreas

Presidente Piñera hizo un balance de la política para combatir la sequía.

F. FUENTES

“Plantaremos mil hectáreas con algarrobos, que se constituirán en una verdadera muralla verde que detenga al desierto a las puertas de Santiago”.

Con este anuncio, el Presidente Sebastián Piñera encabezó en Tiltil la conmemoración del Día Mundial contra la Desertificación y la Sequía, ceremonia en que se dio inicio al programa de reforestación impulsado por Codelco Andina para revitalizar la zona norte de la Región Metropolitana.

El Mandatario mencionó que en el marco de la política nacional para el control de la sequía, el programa de siembra de nubes se está ampliando desde Atacama al Maule, y el plan de fomento del riego duplicó sus fondos entre 2009 y 2012, llegando a \$72

mil millones.

Además, Piñera detalló que se han logrado impermeabilizar unos 690 km de canales y se incorporaron 60 nuevas hectáreas del denominado riego tecnificado. En materia de acciones de largo plazo, destacó el desarrollo de la estrategia nacional de recursos hídricos con la construcción de 156 nuevos embalses en esta década.

En paralelo, la comisión de Recursos Hídricos y Desertificación de la Cámara de Diputados organizó un debate con representantes municipales, académicos y expertos en degradación. La diputada Adriana Muñoz (PPD), presidenta de la instancia, anunció que se encuentra aprobado el proyecto que reforma el Código de Aguas para establecer como prioritario el consumo humano.



Con la plantación de un algarrobo en la comuna de Tiltil, el Presidente Piñera conmemoró el Día Mundial contra la Desertificación y la Sequía.

Plan de Piñera para que el desierto no se coma Santiago el 2040

“Una verdadera muralla verde que detenga al desierto, a las puertas de la ciudad de Santiago”, destacó el presidente Piñera del plan de Codelco Andina de plantar 1.000 hectáreas de Algarrobo, en la ceremonia del Día Mundial contra la Desertificación. Durante la siembra simbólica de un ejemplar en la comuna de Til-Til, el mandatario advirtió que el desierto avanza a una velocidad de un poco más de un metro diario, y de continuar a este ritmo, el desierto nortino estará llegando a la capital para el año 2040. Para evitar la sequía, el Presidente anunció las medidas que se llevarán a cabo y que incluye la siembra de nubes, construcción de miniembalses de aguas lluvia y grandes embalses, entre otras.

“Plan de Piñera para que el desierto no se coma Santiago el 2040”
Fuente: Las Últimas Noticias, 18 de junio 2013.

Controlar la desertificación

Mientras la ciudadanía destina su atención a las elecciones primarias y a las propuestas de los candidatos que participan en ellas o que esperan la primera vuelta de noviembre, muchos de los cuales plantean cuestionamientos de grueso calibre al modelo que nos ha llevado a la posición de privilegio en la región de que hoy disfrutamos, el país continúa desenvolviéndose en medio de dificultades poco consideradas. Así, una serie de problemas, por ser rutinarios y pertenecientes al impersonal ámbito de los fenómenos naturales, no parece suscitar atención alguna, pues no se traducen fácilmente en culpas atribuibles a alguno de los conglomerados políticos.

Sin embargo, no por ello son menos importantes. En una cruda y oportuna columna en este diario, el Presidente de la República ha llamado la atención sobre los esfuerzos que hoy son necesarios para controlar el avance del desierto, que amenaza continuar disminuyendo las zonas cultivables, castigando con eso a quienes obtienen su sustento de ellas, así como a los consumidores finales, que ven disminuida la oferta y aumentados los precios de los productos que esa tierra puede entregar. Se estima que la velocidad de avance del desierto en dirección al sur —a la Región Metropolitana— es de unos 400 metros por año, y potencialmente unos 48 millones de hectáreas de nuestro territorio —es decir, prácticamente dos tercios de él— pueden caer en diversos grados de desertificación.

Las formas de combatir dicho avance tienen dos direcciones complementarias de trabajo. Por una parte, la plantación de árboles que sirvan de ancla a vida biológica, y que ambos, árboles y la flora que los acompañe, detengan el avance de la arena a resultas del viento. Por otra, la construcción de embalses, para dar mayor factibilidad a la trans-

formación de tierras de secano en agrícolas, constituyéndose así en poderosos muros contenedores del avance del desierto. Se justificaría emular el ejemplo de Natal, en Brasil, donde las dunas que cruzan la ciudad se han transformado en un santuario de la naturaleza, controlado en su tamaño mediante la preservación de la vegetación que lo cubre y mantiene, y protegido de las visitas humanas mediante rejas respetadas por la población, lo que le confiere un aspecto benigno, como un ecosistema típico de la región, pero sin los potenciales peligros que esas dunas podrían conllevar.

El Gobierno ha anunciado un plan de corto plazo —plantar mil hectáreas de Algarrobo en las cercanías de la Región Metropolitana—; otro para el mediano plazo —plantar 17 millones de árboles, simbólicamente uno por cada chileno, en todas las zonas amenazadas—, y, en

fin, impulsar un plan de construcción de 16 embalses de riego en lo que resta de esta década, para regar las zonas en riesgo y levantar por esa vía muros biológicos controladores del desierto. Si se considera la muy pequeña cantidad de embalses nuevos construidos en la pasada década, se puede calibrar el atraso de esta política pública, que este plan busca revertir.

Esta iniciativa, ajena al foco noticioso, merece atención en momentos en que se debate cómo debe nuestro país utilizar los fondos de los contribuyentes. Es obvio emplearlos para asegurar educación a quienes sí lo necesitan, pero debería pensarse con mucho cuidado si tienen sentido las promesas de entregar fondos públicos para que estudien en la universidad los deciles más ricos de la población. Porque por mucho que dichos fondos provengan de impuestos pagados por ellos mismos, siempre tienen mejores destinos alternativos. Por ejemplo, combatir el avance del desierto, antes de que sea demasiado tarde.

Si se considera la muy pequeña cantidad de embalses nuevos construidos en la pasada década, se puede calibrar el atraso de esta política pública, que este plan busca revertir.

“Controlar la desertificación”
Fuente: El Mercurio, 28 de junio 2013.

Cambio climático desplazaría fronteras agrícolas hacia al centro-sur del país

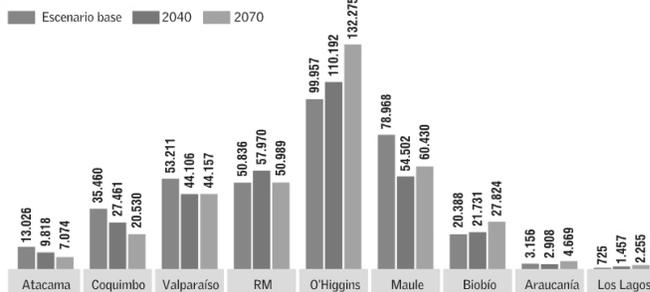
Chile cumple siete de los nueve criterios de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático establecidos por Naciones Unidas. Por características únicas en la extensión de su territorio —como áreas propensas a sequía y desertificación y ecosistemas montañosos— el país se torna más susceptible a este fenómeno.

Un estudio del departamento de Economía Agraria de la Pontificia Universidad Católica encargado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) hizo proyecciones para el sector silvoagropecuario chileno considerando el cambio climático y escenarios de emisión de gases de efecto invernadero para dos períodos: 2040 y 2070.

En estas proyecciones apuntó al desplazamiento de algunas fronteras agrícolas destinadas a cultivos hacia la zona centro-sur del país (regiones del Maule y Biobío) y a la Región de Los Lagos, que sería la región con el mayor incremento de superficie de cultivos a nivel nacional, de acuerdo a estas proyecciones (ver infografía).

Y, por contrapartida, la superficie plantada disminuiría de la Re-

Cómo podrían cambiar las hectáreas de frutales hacia el año 2040 y 2070
(hectáreas por región)



Fuente: Informe Estimación del impacto socioeconómico del cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile, encargado por Odepa al Depto Economía Agraria UC.

gión de Valparaíso al norte, producto de los menores márgenes asociados a la pérdida de rendimientos para los frutales en la zona norte del país.

“Desde hace 15 años vemos cómo

lentamente se ha ido desplazando hacia los territorios del sur la incorporación de nuevas plantaciones frutícolas y viñas, como en los *berries* (Los Lagos), olivos (Maule) y frutales de nuez (Los

Ríos). En la zona norte (Atacama), observamos lo inverso: se han detenido nuevas plantaciones e incluso disminuido en algunos rubros, como en el caso de vides y cítricos”, señala Ronald Bown, pre-

Ejemplos de frutales cuyas plantaciones aumentarían o disminuirían en algunas regiones

Frutal	Hectáreas			
	Escenario base	2040	2070	
Uva de mesa	Coquimbo	10.754	4.144	489
	Maule	228	2.072	2.275
Palo	O'Higgins	2.946	4.381	6.293
	Maule	82	2.980	3.124
Uva vinífera	Maule	46.110	10.040	11.173
	Araucanía	32	82	59
Manzano	Maule	19.596	2.577	2.203
	Los Lagos	651	1.287	2.088
Olivo	Metropolitana	1.201	2.902	6.345
	Maule	3.389	8.708	9.681

Se consideró el escenario de cambio climático severo, con más gases de efecto invernadero, que plantea el estudio

sidente de la Asociación de Exportadores de Chile.

El ministro de Agricultura, Luis Mayol, cree que el cambio climático puede ser una oportunidad para desarrollar nuevas regiones

de cultivos. “Necesitamos generar elementos de innovación y realizar nuevas inversiones que ayuden a los agricultores a adaptarse lo más rápido posible a estos cambios”, dice.

“Cambio climático desplazaría fronteras agrícolas hacia al centro-sur del país”
Fuente: El Mercurio, 17 de febrero 2013.



La SEQUÍA será cada vez más parte del paisaje mundial

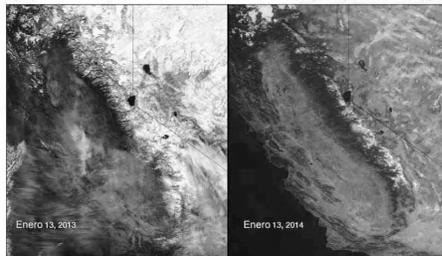
Aunque no está ciento por ciento comprobado, la mayoría de los científicos asegura que el cambio climático está secando un área del mundo. Ciertamente, la realidad es que lo que hoy está viviendo Chile no es algo particular, sino que se repite en otras zonas del globo. California, Australia o África también están luchando contra la escasez de agua, y el futuro no es necesariamente prometedor. LORENA GUZMÁN H.

De toda el agua que hay en el planeta, solo el 2,5% es dulce. Sin embargo, menos del 1% es utilizable por el hombre y los ecosistemas, advierte la "Convención para combatir la desertificación de las Naciones Unidas". Desde siempre, y como parte de los ciclos climáticos, el hombre se ha enfrentado a sequías. El problema es que con una población creciente, al igual que la demanda, cada nuevo episodio tiene consecuencias más graves. Y si a eso se le suma el hecho que todas las predicciones de cambio climático auguran más eventos extremos, entre los cuales las sequías están incluidas, el panorama se pone aún peor.

A principios de mes, el gobernador del estado de California en Estados Unidos, Jerry Brown, hizo público lo que todos sabían: que están pasando por una sequía que ha batido todos los récords. Luego de que 2013 fuera uno de los años más secos en la zona, los expertos pronostican que la severidad del evento podría igualarse a las devastadoras sequías de la década del 70. Mientras que las represas del río Colorado, al sur de Arizona, llevan 14 años seguidos a la baja, lo que ha llevado las reservas de agua a menos de la mitad. Al otro lado del mundo, el estado de Queensland en Australia vivió el quinto agosto más seco desde que se tiene registro y el diciembre con menos precipitaciones desde 1938. Los datos se repiten en todo el mundo, incluido Chile.

Según la Dirección Meteorológica de Chile, 2013 quedó en la historia como uno de los tres años más secos desde 1866. El primer lugar lo tiene 1998, con un déficit hídrico de -1,7; en el segundo está 1968, con -1,4; y el tercero lo comparten 2013, 1924 y 2007, con -1,2. Todo este panorama implica que realmente estamos en una situación anormal?

No necesariamente, dice Raúl Galindo, profesor del Departamento de Obras Civiles de la Universidad Federico Santa Ma-



California está viviendo una severa sequía. A pesar de todas las medidas tomadas para hacer eficiente el consumo del recurso, las autoridades temen por una posible escasez de las lluvias que no llegan.

ría. Está dentro de lo esperado el que cada cierto tiempo existan episodios de sequía extrema. "Eso sí, pienso que si tuvimos otro año más como los que hemos estado teniendo, no respondería a una señal cíclica", dice. Francisco Meza, director del Centro de Cambio Global UChile, coincide. "Este caso en particular lo califico como un evento de sequía discreto — por la seguidilla de años con menos precipitaciones — y no tan agudo. Pero si seguimos así, se ve un camino complicado", asegura.

Cautela

Chile está en el lugar número 20 de los países con mayor riqueza hídrica en el mundo, dice Raúl Galindo, con 20.000 m³ de agua por habitante al año, pero el problema es que no es parejo en todo el país. "Cuando tienes situaciones distintas y no todos se ven enfrentados a la escasez, el problema se diluye", asegura, refiriéndose a la toma de medidas. Si bien la zona norte está "acostumbrada" a lidiar con la falta de agua, para otras regiones del país es algo relativamente poco común. La Asociación Chilena de Municipalidades asegura que

en la VIII Región unas 109 mil personas están siendo abastecidas con camiones aljibe. Mientras que, según datos de la Dirección Meteorológica, Coquimbo, Biobío y La Araucanía pasaron a ser zonas extremadamente secas en los últimos 24 meses. El no tener claridad sobre la causa de la sequía, dicen los expertos, no debería limitar el hacer obras para minimizar sus consecuencias. "El problema es que al no reaccionar antes, una vez que se declara ya es simplemente una medida de adaptación", advierte Francisco Meza.

Varios grupos de investigación están trabajando en atlas de la sequía en Chile, cuenta el especialista. "Al igual que en Australia, la zona del Mediterráneo o el nordeste de Brasil, vamos a tener un historial de mayor recurrencia de sequías, por lo que el primer cambio debe ser el paradigma de planificación", dice. Esto, porque si se incluye en la ecuación al cambio climático, no va a bastar con solo mirar lo que ocurrió en el pasado para poder pronosticar lo que viene a futuro. Hay otros elementos que hay que considerar, para tratar de hacer proyecciones más precisas. "Vivimos con una sensación de abundancia relativa y que es variable, dependiendo de la zona", opina el investigador. "La zona central descansa bastante en la acumulación cordillerana y el derretimiento. Además, si se ve flojera da una sensación de abundancia que lleva a malinterpretar el valor del agua".

Falsa tranquilidad

"Santiago, Rancagua o Talca son ciudades con pocas precipitaciones, unos 300 milímetros al año, pero con una evaporación de 1.200 milímetros, por lo que hay un desbalance enorme", explica. Esto se suple con ríos y aguas subterráneas, pero ellos no son suficientes sin un cambio cultural. "Reduciendo el consumo per cápita de agua, su uso se vuelve más eficiente. Y, a corto plazo, esto es lo más fácil de hacer", dice Raúl Galindo. En Estados Unidos, ejemplifica, el agua de la ducha viene mezclada con aire, lo que provoca la misma sensación de confort pero con menos recurso.

Raimundo Bordagorry, investigador del Centro de Energía y Desarrollo Sustentable de la Universidad Diego Portales, concuerda con la necesidad del cambio cultural, pero advierte que este no solo debe ocurrir en la gente. "Debe haber un salto y ser tratado como un tema de estrategia pública, donde todos estén involucrados. Hay más de 20 instituciones gubernamentales dedicadas al agua, pero nadie ve el tema de forma integrada", advierte.

Además de utilizar las nuevas tecnologías (ver recuadro), hay muchas otras medidas que se pueden tomar, asegura Francisco Meza. Desde reutilizar las aguas servidas para riego, pasando por plantar en las áreas verdes especies que requieran menos riego, tener en las casas baños con doble descarga, o incluso, como en Australia, desarrollar pastos para cachuchos que necesiten menos agua.

20 mil millones de dólares le costaron a EE.UU. las sequías en 2012.

1 millón de dólares perdieron Ucrania, Rusia, Brasil e Italia, por separado, por la escasez de agua.

La mayoría de los embalses del país están con déficit de agua. El embalse La Paloma, en la IV Región, es un ejemplo de ello.



Tecnología y grandes obras

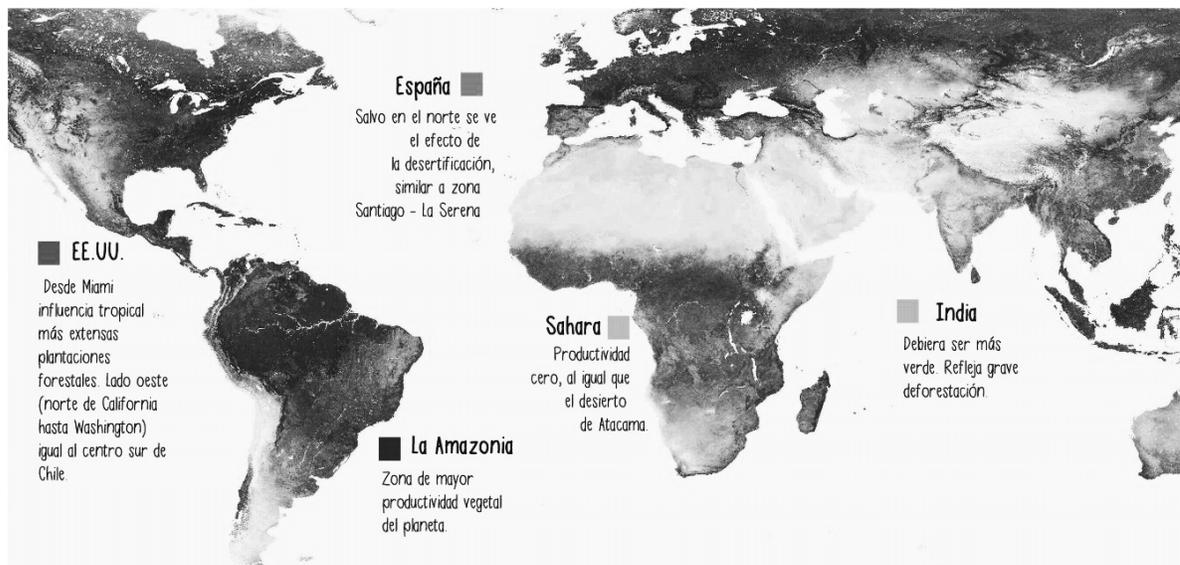
Para Raimundo Bordagorry, investigador del Centro de Energía y Desarrollo Sustentable de la Universidad Diego Portales, la forma de enfrentar la escasez de agua es con una mezcla de soluciones. "Desde construir más infraestructura con embalses, hasta infiltración de acuíferos, subsidios tecnológicos para reutilizar aguas grises o servidas, así como también desalinizadoras", dice.

La tecnología para desalinizar está bastante avanzada, agrega Raúl Galindo, profesor del Departamento de Obras Civiles de la Universidad Federico Santa María, por lo que tiene un precio relativamente accesible para adquirirla e innovar. También agrega la posibilidad de optimizar el riego agrícola con telerriego, donde se mide exactamente cuánta agua necesita cada planta y cuándo.

Respecto de los embalses, son una alternativa, pero hay que evaluarlos bien. "Depende de la obra, pero del 100 por ciento del agua acumulada en el embalse se puede llegar a utilizar solo el 70 por ciento, ya que el resto se pierde en el ciclo hidrológico", advierte.

Francisco Meza, director del Centro de Cambio Global de la Universidad Católica, cuenta que en este centro están trabajando en recuperar conocimientos ancestrales para hacer cosechas de agua en comunidades rurales. Esto incluye la implementación de atrapaniebla y la reingeniería de laderas de cerro para instalar pequeños colectores.

"La sequía será cada vez más parte del paisaje mundial"
Fuente: Revista Ya de El Mercurio, 1 de febrero 2014.



Apenas una rayita de verdor en medio del fenómeno de avance del desierto

Así se ve Chile en el mapa mundial de la vegetación que hizo la NASA

SERGIO MARDONES

La NASA dio a conocer esta semana un espectacular mapa de la vegetación terrestre, en el que nuestro país aparece como una ligera manchita que ocupa apenas el trecho que va desde Santiago hasta Chiloé y la Carretera Austral.

La detallada cartografía se logró gracias a imágenes elaboradas con los datos recogidos por un satélite especial (ver recuadro). Según sostiene Audrey Haar, del equipo noticioso de la NASA, los datos se incorporarán a servicios como la vigilancia del medio ambiente e impacto de las sequías. El índice de vegetación monitoriza el crecimiento de las plantas, la cubierta vegetal y la producción de biomasa a partir de información satelital. Se calcula a partir de la luz visible e infrarroja cercana reflejada por la vegetación. Los valores altos representan una vegetación densa y verde. Los valores bajos representan vegetación escasa bajo condiciones de estrés, tales como la sequía.

Francisco Squeo, académico de la Universidad de La Serena y del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), precisa: "Se trata de un mapa de Productividad Primaria Neta (NPP), o tasa de energía realmente incorporada a los tejidos de la

planta. Donde hay más NPP es más verde, y eso implica las zonas del planeta donde se fija más carbono. Si interpreto bien, nuestros bosques norpatagónicos y subantárticos no capturan mucho carbono (o lo hacen muy lentamente) y por eso no aparecen tan verdes".

"La situación es preocupante", advierte investigador nacional Francisco Squeo.

"Chile se ve muy desértico. La zona árida contempla desde Valparaíso al norte. Ya llevamos cien años de avance del desierto. En La Serena a principios de 1900 el promedio anual eran 170 mm. En la actualidad son 80. En Santiago igual. El avance del desierto hacia el sur es un hecho inevitable y preocupante.

"La última información que te-

nemos es que las precipitaciones en Chile van a continuar disminuyendo -advierte-, producto del cambio climático. Uno esperaría que en los próximos 50 años cayeran a la mitad. Con ese escenario la zona de desierto se expande un poco más al sur".

Para Gloria Rojas Vilegas, jefa del área Botánica del Museo Nacional de Historia Natural, la foto ilustra la zona desértica del cono sur de América provocada por el fenómeno climático de la Diagonal Árida, que es producto de la influencia geográfica y el origen de vientos en esta zona de América. "Este es uno de los factores que influyen en que tengamos el desierto más árido del mundo y aunque la foto refleja un fenómeno natural es también cierto que ha aumentado la desertificación en Chile debido a corta de bosques".



Satélite Suomi NPP Cómo se lograron las imágenes

Las imágenes fueron elaboradas con datos recogidos durante un año por el satélite Suomi NPP (acrónimo de National Polar-orbiting Partnership), misión combinada entre la NASA y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de Estados Unidos. El mapa muestra la diferencia entre las áreas verdes y áridas de la Tierra como se ve en los datos del radiómetro para imágenes visible-infrarrojo VIIRS, instrumento a bordo del satélite. VIIRS detecta cambios en la reflexión de la luz, produciendo imágenes que miden cambios en la vegetación a través del tiempo.

Fuente:CEAZA
Imagen satelital:SNASA y NOAA

"Así se ve Chile en el mapa mundial de la vegetación que hizo la NASA"
Fuente: Las Últimas Noticias, 23 de junio 2013.