



Sistema para la autonomía hídrica de Toconao

La ruta del agua como catalizador de vida

Memoria para optar al título de Arquitecto

Autor:
Giovanni Espinoza

Profesor guía:
Francis Pfenniger B.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile
Santiago, 2021 - 2022

ÍNDICE

1.	Introducción	4
1.1.	Motivaciones	4
1.2.	Introducción	5
1.3.	Problemática	6
1.4.	Objetivos	7
2.	Aproximación al tema	8
2.1.	Cambio climático	8
2.2.	Agua como fuente de vida	10
2.3.	Habitar el árido	12
2.3.1.	Agua en el árido	14
2.3.2.	Vida en el árido	16
2.3.3.	Lickan antai, habitantes del desierto	18
3.	Toconao, un oasis en medio del desierto	22
3.1.	Escenario actual	24
3.2.	Red hidrográfica	26
3.3.	Agricultura y vegetación	28
3.4.	Red cultural	30
3.4.	Red recreativa	32
4.	Proyecto	34
4.1.	Autonomía hídrica	34
4.2.	Estrategias de diseño	36
4.3.	Acciones	38
3.4.	Observaciones finales	40
4.	Bibliografía	42

Toconao es uno de los asentamientos más representativos del pueblo Lickan Antai, una localidad aislada con un gran potencial turístico y caracterizada por su condición de oasis, la cual se ha desarrollado gracias a sus conocimientos ancestrales sobre el uso del agua en el desierto y ha logrado un importante desarrollo en base a la agricultura local.

En la actualidad la comunidad experimenta un importante aumento demográfico y productivo, sin embargo, esta cultura del agua se ha visto vulnerada con el tiempo, por un lado, los efectos del cambio climático y por otro, el resultado de la migración y búsqueda de nuevas oportunidades por parte de las nuevas generaciones. Los fenómenos climáticos son cada vez más frecuentes, aluviones que arrastran los cultivos y las viviendas dispuestas en la quebrada, temporales que colapsan los sistemas APR y eléctricos, y las tormentas de arena que afectan los canales, ensuciando y mermando la calidad del agua.

Además, el problema de abandono cultural ya es una realidad, al ser una localidad aislada con limitadas oportunidades, incentiva a las nuevas generaciones a migrar a las ciudades más consolidadas en busca de educación profesional y desempeño en nuevas áreas de trabajo, lo que genera un quiebre en el traspaso de los conocimientos ancestrales de generación en generación y una pérdida de pertenencia hacia el territorio.

Dicho lo anterior se presenta la necesidad de conservar y prosperar esta cultura, ya que sus conocimientos son la clave para comprender las técnicas ancestrales sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico en condiciones escasas y limitadas, complementándolo con nuevos sistemas de innovación para enfrentar los desafíos climáticos y proyectar una comunidad sostenible en el tiempo.

Por ello, se propone incorporar un nuevo sistema de autonomía hídrica que funcione como articulador del paisaje y catalizador de biodiversidad, vinculando los hitos importantes de la localidad a través de un recorrido del agua, el cual pondrá en valor los sistemas de canalización ancestrales y abastecerá nuevas áreas comunitarias, destinadas a fortalecer el vínculo ayllu y su apropiación con el territorio.

MOTIVACIONES

Este proyecto nace del seminario “Sistemas de obtención y reutilización de agua potable y posibilidad de aplicación en viviendas rurales de bajos recursos, Región de la Araucanía, Chile.” Al comprender los efectos negativos que presenta el cambio climático en los sistemas hídricos y el grado de impacto que genera en el habitar de las localidades rurales aisladas.

El rápido aumento de la desertificación hacia la zona centro del país ha gatillado un cambio de paradigma en la forma de desenvolverse y trabajar el territorio, esto generó la motivación por entender cómo han logrado prosperar las comunidades que durante siglos han habitado condiciones climáticas extremas e identificar qué medidas han tomado para enfrentarse a estos efectos.

“El cambio climático aumenta la vulnerabilidad en sistemas hídricos mal administrados, haciendo urgente necesidad de construir una nueva visión de gestión de los recursos hídricos” (García, Carvajal, & Jiménez, 2007, p.24).

La definición de cambio climático engloba un problema multifactorial complejo, el cual genera una cadena de sucesos que afecta al planeta en su totalidad. Es importante entender que el globo geodésico funciona como un gran organismo, por efectos de la emisión prolongada de gases de efecto invernadero, aumentan las temperaturas máximas a nivel mundial y con esto los periodos de sequía.

“Para el Norte Grande y Norte Chico, habría una mayor ocurrencia de períodos de escasez hídrica y eventos de lluvias extremas” (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). La disponibilidad de agua superficial y subterránea en el planeta se ven afectadas dado que los procesos naturales han sido alterados por la industrialización. Chile posee variabilidad de climas, desde el área ecuatorial hasta el polo sur, pero en los últimos años se ha ido presentando un avance de la macro zona norte hacia el centro, lo que se define como desertificación. El desierto más árido del mundo se encuentra en Chile, es lo más parecido que existe al planeta Marte, pero por más hostil que sea el desierto, la vida ha logrado adaptarse a estos climas extremos y de escasos recursos.

El desierto de Atacama se caracteriza por tener la mayor presencia de minería en Chile, dada su gran riqueza mineral, es la cuna de grandes proyectos mineros como Chuquicamata y Escondida, extrayendo materiales como el cobre, salitre y litio. Estos procesos han aumentado las oportunidades y actividad económica en la zona, pero esta actividad demanda cantidades de agua desbordantes, que terminan consumiendo la poca vida existente en los bofedales y vegas.

El agua como motor para la vida siempre ha estado presente, aunque en sus capacidades mínimas, la flora y fauna se ha adaptado en utilizar la menor cantidad de agua para su subsistencia y gracias a eso, el desierto puede ser habitable por asentamientos humanos. Los atacameños o Lickan Antai, son una etnia indígena Sudamericana que ocupa territorio altiplánico chileno, argentino y boliviano. Posterior a la colonización y división de territorios, su cultura sufrió una serie de cambios y mestizajes, sin embargo, siguen habitando estas condiciones extremas, siendo un gran ejemplo de aprovechamiento hídrico y conservación biológica.

Toconao es un oasis en medio del desierto, lo que lo convierte en un potencial referente cultural, ya que, gracias a sus conocimientos ancestrales sobre el aprovechamiento y conducción del recurso hídrico, han logrado desempeñar el rubro de la agricultura en condiciones extremas, abasteciendo de frutas y vides a gran parte de la comunidad atacameña.

PROBLEMÁTICA

La localidad de Toconao es uno de los asentamientos aislados inherentes del pueblo Lickan Antai, ubicado a 38 km de San Pedro de Atacama y a 138 km de Calama, ha sido desde tiempos ancestrales un punto de encuentro entre las comunidades que habitan la Puna. Se desarrolló en torno a la Quebrada Honar que, dada su condición geográfica, recibe las aguas provenientes de los deshielos altiplánicos andinos. Estas aguas alcalinas han sido aprovechadas durante siglos con técnicas de canalización y almacenamiento ligadas al ciclo natural del agua para generar una abundante producción de agricultura frutal, convirtiéndose en un oasis en medio del desierto, sin embargo, esta cultura ancestral en torno al agua se ha visto fuertemente vulnerada en las últimas décadas.

Por un lado, están los efectos del cambio climático. “La relevancia de continuar discutiendo el tema del agua, el riego y los cultivos en los ayllus de San Pedro de Atacama parte de la constatación de la disminución de aproximadamente un 50% de los caudales de los ríos San Pedro y Vilama en los últimos setenta años” (Sepulveda et al., 2015). La reducción de los caudales y los eventos de remoción de masa provocados por la concentración en las precipitaciones y sus fuertes temporales, han afectado gran parte de este patrimonio, si bien la comunidad de Toconao ha implementado algunos sistemas para mitigar sus efectos, parte de la quebrada aún se encuentra expuesta, el barro colapsa las bocatomas del sistema APR y las ráfagas de viento intervienen en el sistema eléctrico, volviéndolo dependiente al abastecimiento por parte de la Municipalidad de San Pedro de Atacama en estos momentos de catástrofe.

Por otro lado, es importante considerar que la agricultura local se transmite de generación en generación, el conocimiento ancestral es heredado, pero el hecho de que las nuevas generaciones y su potencial profesional haya migrado a la ciudad en busca de nuevas oportunidades, provoca que sea cada vez es más frecuente el abandono de los predios y la pérdida de pertenencia a las tradiciones ligadas a su cultura.

Estos problemas afectan tanto la integridad socioeconómica, como el patrimonio ancestral de la población que lo habita. El Valle de Jerez, el Bosque Viejo y el sistema de canales en general, considerados como los hitos turísticos más valiosos del lugar, fueron los más afectados por estos cambios, lo que interviene con el fuerte aumento turístico, productivo y demográfico que experimenta la localidad en la actualidad, la falta de espacios que fortalezcan el vínculo ayllu provoca que esta cultura ancestral vaya perdiendo su valor.

El objetivo general del proyecto es entregar a Toconao una unidad hídrica que lo transforme en un poblado autónomo y sostenible en el tiempo, desde el punto de vista social, ambiental y económico, que conserve los conocimientos ancestrales sobre el uso y manejo del agua que permiten desarrollar la agricultura en condiciones extremas.

Es por esto que el proyecto se plantea como un sistema hídrico que funcione como articulador del paisaje y catalizador de biodiversidad, vinculando los hitos importantes de la localidad a través de un recorrido del agua, el cual pondrá en valor los sistemas de canalización ancestrales y abastecerá nuevas áreas comunitarias, destinadas a fortalecer el vínculo ayllu y su apropiación con el territorio.

Para ello son necesarios nuevos métodos de optimización hídrica que permitan capitalizar la sobre abundancia en periodos estivales y dotar del recurso hídrico en periodos de escasez, para así dar mayor seguridad hídrica a la localidad, contribuyendo a un mayor grado de independencia con respecto a las ciudades más consolidadas de la región como San Pedro de Atacama y Calama.

Cabe destacar que es necesario generar un estudio de la quebrada aguas arriba para evaluar la posibilidad de incorporar piscinas decantadoras para el control aluvional y así mitigar los efectos que genera la remoción de sedimentos en el interior del Valle.

CAMBIO CLIMÁTICO

Para comprender la magnitud del problema climático, es importante contextualizar la causa de este cambio. El planeta está cubierto por una capa imperceptible a los ojos compuesta por gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso (gráfico 2). Estos contienen el calor del sol y permiten que subsista la vida, sin estos gases la temperatura media de la tierra bordearía los 18° bajo cero. Las anomalías comienzan a manifestarse desde la revolución industrial, el aumento en emisiones de GEI principalmente con el carbón, petróleo y gas natural para producir energía (gráfico 4), comenzaron a saturar la superficie atmosférica y aumentar la concentración de GEI, lo que aumenta la temperatura a nivel global (gráfico 1 y 3).

Debido este calentamiento, las catástrofes y la falta de recursos son cada vez más recurrentes en el mundo, el acenso en el nivel del mar amenaza las ciudades del borde costero, lo mismo que el desbordamiento de los ríos, el avance del desierto, los incendios forestales, la muerte y desplazamiento de especies. De alguna manera todo está conectado al cambio climático, la escasez de agua, la falta de alimentos, la migración, la guerra por los recursos, todos son potenciales efectos secundarios del problema principal.

Este paulatino aumento de temperaturas interviene directamente con el régimen de precipitaciones habituales (gráfico 5) y junto con esto, el aumento de los eventos climáticos extremos. Evidencia de esto es la variación en la altura de la isoterma cero (gráfico 6), esta línea imaginaria representa el límite desde el cual la temperatura es menor a 0°C, desde ese punto el vapor de agua se solidifica y forma la nieve. Al aumentar la temperatura, aumenta la altura de esta línea imaginaria, lo que se refleja en un aumento del área pluvial, ya que disminuye la superficie disponible para agua en estado sólido y aumentar el volumen de agua disponible en la cuenca, este aumento de volumen que no acostumbra presentar el territorio, significa una importante probabilidad de que ocurran eventos de remoción de masa y desbordamiento de ríos. (Municipalidad SPA, 2021)

A nivel nacional se presenta una generalizada disminución en el régimen pluvial, sin embargo, la macrozona norte y centro han sido las más afectadas por este aumento de temperaturas, lo que se ve reflejado en el balance hídrico por región (gráfico 9). Incluso las localidades asentadas en el borde altiplánico son frecuentemente azotadas por temporales en periodos estivales, en los últimos 20 años, la isoterma cero en la zona norte muestra un incremento de 67m/década (DGAC, 2021), lo que explica el por qué la provincia de El Loa presenta el mayor número de eventos aluvionales en el periodo entre 1912 – 2017 (gráfico 7) (FCH, 2017).

Estos antecedentes demuestran que el cambio climático sigue avanzando y evitarlo ya no es una opción, mas bien, se debe buscar la manera de adaptar la infraestructura y mitigar sus efectos negativos, que cada vez serán más intensos y frecuentes. En la actualidad existen las herramientas para enfrentarlos, la utopía finalmente da forma a la realidad, diseñar un futuro optimista puede ser el primer paso para transformarse en una sociedad que pueda superar cualquier crisis que se presente.

Gráfico 1
Emisiones CO2.
Fuente:
Elaboración propia
en base a Epdata,
2020.

Gráfico 2
Emisiones globales
por origen.
Fuente:
Elaboración propia
en base a Epdata,
2020.

Gráfico 3
Anomalía de
temperaturas a nivel
mundial.
Fuente:
Elaboración propia
en base a DGA, 2020.

Gráfico 4
Emisiones globales
por origen.
Fuente:
Elaboración propia
en base a Epdata,
2020.

Gráfico 5
Variación de
temperatura y
precipitación media
en Chile.
Fuente:
Elaboración propia
en base a DGA, 2020.

Gráfico 6
Variación de altura
Isoterma 0.
Fuente:
Elaboración propia
en base a DGA, 2021.

Gráfico 7
Aluviones
registrados entre
1912 y 2017.
Fuente:
Elaboración propia
en base a FCH, 2017.

Gráfico 8
Demanda hídrica
por uso.
Fuente:
Elaboración propia
en base a DGA, 2017.

Gráfico 9
Balance hídrico
nacional.
Fuente:
Elaboración propia
en base a DGA, 2017.

Gráfico 10
Porcentaje de agua
restituida por uso
Fuente:
Elaboración propia
en base a FCH, 2018.

Gráfico 1. Emisiones CO₂ (Mil Millones)

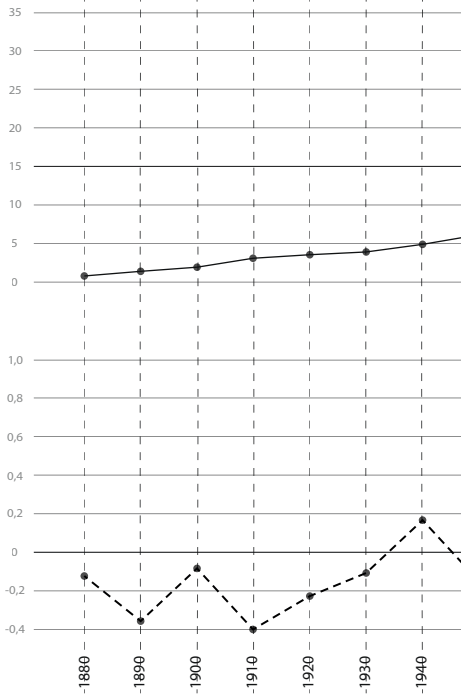


Gráfico 3. Anomalia de temperaturas a nivel mundial (°C)

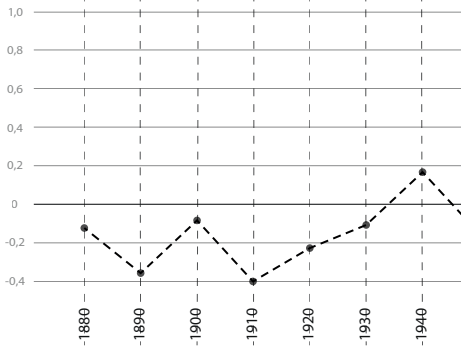


Gráfico 5. Variación de Temperatura media en Chile (°C) línea continua

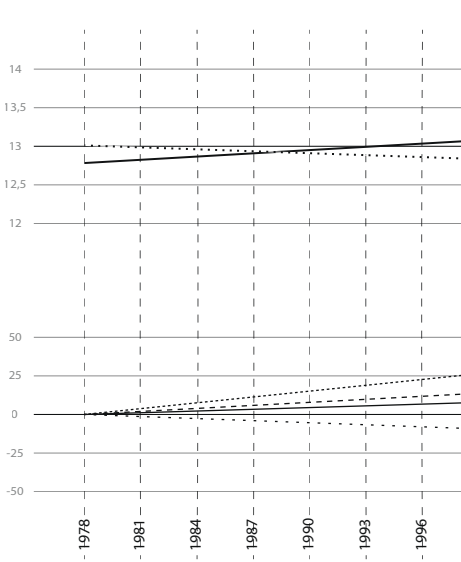


Gráfico 6. Variación Altura Isoterma 0 (m)

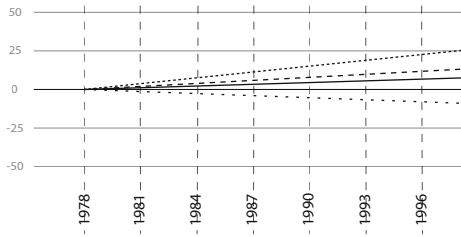


Gráfico 7. Aluviones registrados 1912 - 2017 (n°)

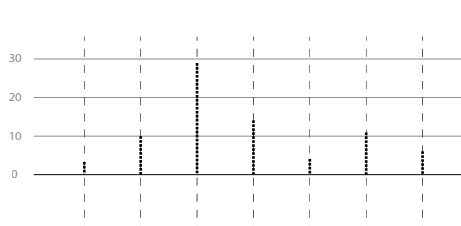


Gráfico 9. Balance hídrico (m³/s)

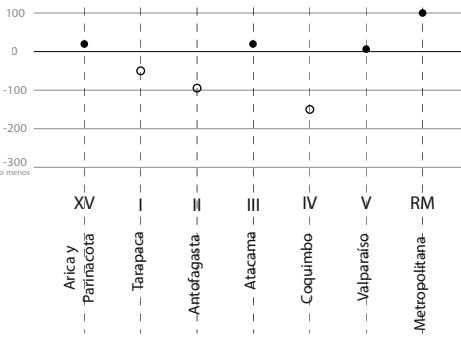


Gráfico 2. Emisiones globales por origen

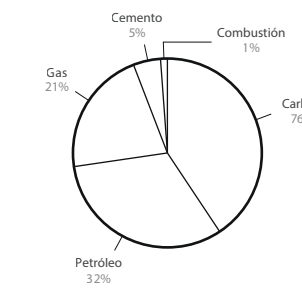
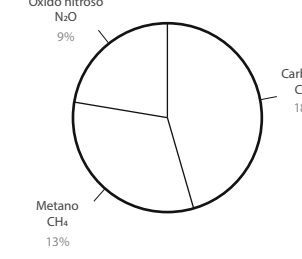


Gráfico 4. Gases con mayor presencia



Periodos de sequía con mayor magnitud

Periodo	Magnitud	Duración
2018 - 2020	38.4	31 meses
1967 - 1969	26.6	19 meses
1998 - 1999	23.4	13 meses
1988 - 1990	11.6	18 meses

Variación Isoterma 0 en las últimas 2 décadas

Ubicación	Altura	Tendencia
Antofagasta	4.681m - 4846m	67m/década
Santo Domingo	3.577m - 3.710m	70m/década
Puerto Montt	2.313m - 2.376m	66m/década
Punta Arenas	1.146m - 1.213m	49m/década

Gráfico 8. Demanda hídrica por uso

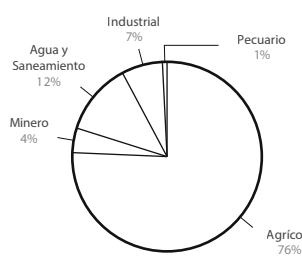
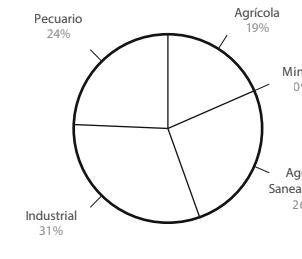


Gráfico 10. Porcentaje de agua restituida por uso



AGUA COMO FUENTE DE VIDA

Figura 1
Ocupación de
pueblos originarios y
aridez extrema.
Fuente:
Elaboración propia
en base a IGM, 2012
y CNF, 2021.

La importancia del recurso hídrico es otro factor importante a declarar, el agua no tiene sustituto y a medida que pasan los años, se vuelve cada vez más escasa, considerando un exponencial aumento de población a lo largo del mundo y con esto, la demanda tanto de agua como de alimentos, los cuales también necesitan de este recurso para crecer.

La condición territorial de Chile presenta una amplia disponibilidad de agua de diferentes fuentes, el historial de asentamientos originarios evidencia que la vida fue posible gracias al abastecimiento hídrico y es posible apreciar que, en toda su extensión, Chile posee un alto número de cuencas descendientes del cordón cordillerano andino, las cuales coinciden con la ocupación de estos pueblos originarios en el siglo XV (figura 3 y 4)

La globalización y el exponencial crecimiento productivo gracias a la revolución industrial generó un fuerte impacto en los procesos naturales, por un lado, la explotación de los recursos que para la cosmovisión indígena son sagrados y por otro el fuerte aumento en la demanda hídrica. El consumo hídrico en la actualidad es liderado por el rubro agrícola, ubicado principalmente desde la macrozona centro hacia el sur, este utiliza el 76% del total, de la cual solo el 26% es restituida a su fuente natural (gráfico 8 y 10). Ahora bien, la actividad minera, la cual se concentra principalmente en la macrozona norte del país, no restituye ni el 1% del agua que utiliza, incluso cuando se ubica cercana a localidades que carecen de este recurso.

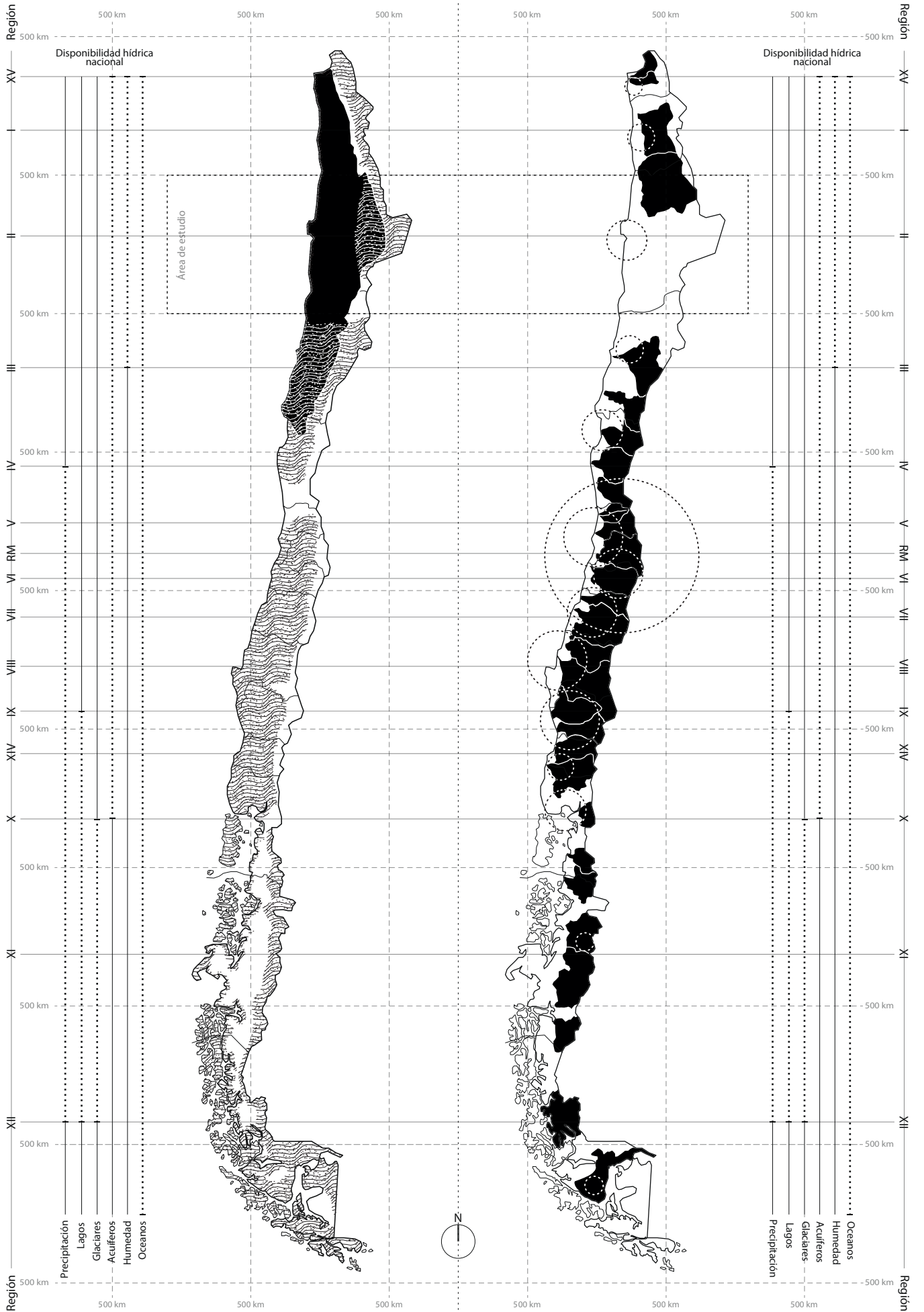
Esto finalmente interviene con los propios procesos productivos locales, ya que la explotación y excesiva presión de este recurso no solo afecta la calidad y el flujo del agua, sino que también puede acabar en su desaparición (Rivera et al., 2004).

Las comunidades rurales de la zona, por el hecho de tener un limitado acceso a los servicios básicos y recursos productivos, se han visto obligadas a convivir durante décadas con estos problemas, incluso cuando el impacto del cambio climático los afecta en forma desproporcionada ya que utilizan y habitan el territorio gracias a estos recursos naturales (Kronik & Verner, 2010). Su infraestructura no es suficiente para enfrentar estos efectos tanto por catástrofes climáticas como por escasez del recurso hídrico, por lo que el foco de estudio se sitúa en las comunidades rurales aisladas de la II región, para poder entender cómo lograron habitar este territorio durante siglos y cómo se han enfrentado a los efectos del cambio climático.

Figura 2
Cuencas
representativas e
índice demográfico
nacional.
Fuente:
Elaboración propia
en base a MOB, 2016
y CASEN, 2017.

Figura 1.
 - Ocupación pueblos originarios siglo XV
 - Aridez extrema

Cuencas representativas - ■ Figura 2.
 Índice demográfico por región 2017 - ○



HABITAR EL ÁRIDO

El desierto de Atacama es el mejor ejemplo de subsistencia en condiciones extremas, es el desierto más árido del mundo y a pesar de aquello, es un hábitat que acoge una gran biodiversidad e importantes ciudades productivas. Su disponibilidad hídrica se concentra principalmente en los acuíferos, los cuales son explotados por la fuerte presencia de actividad minera (figura 5). El borde costero aprovecha el agua oceánica, donde se han levantado una serie de proyectos desalinizadores, tanto para el desarrollo minero como urbano (figura 7). El sector norte de la región se abastece del Río Loa, una cuenca exorreica de gran caudal (2,4 m³/s) que permite el desarrollo de grandes ciudades como Calama y que actualmente se encuentra en calidad de agotamiento (DGA, 2017). Por último, el sector altiplánico, donde se ubica San Pedro de Atacama, depende únicamente de los deshielos cordilleranos y actualmente es la localidad más afectada tanto por la inseguridad hídrica, como por los efectos de la grave desertificación (figura 6) (SIT Antofagasta, 2015).

Esta comuna se ubica en una importante depresión entre la Cordillera Andina y la Cordillera Domeyko (figura 8), en la cual se dan las condiciones propicias para ser uno de los puntos más áridos del desierto. Esto ya que los cordones cordilleranos funcionan como verdaderos muros contra los vientos de la costa por el oeste y la humedad de las amazonas por el este, presentando así un constante movimiento descendente a gran escala de masas de aire que mantienen las condiciones frías y secas (Vuille, 2013).

Estas condiciones presentan un clima Desértico frío (BWk') según la clasificación Köppen, el cual recibe una fuerte radiación durante el día y muy bajas temperaturas durante la noche, dado que posee un ambiente seco y los cielos se mantienen despejados durante la mayor parte del año, esto significa que posee una importante amplitud térmica y sus habitantes deben adaptarse a estas condiciones climáticas extremas (Mapocho, 2017).

Figura 3
Disponibilidad hídrica nacional.
Fuente:
Elaboración propia en base a DGA, 2017.

Figura 4
Región de Antofagasta y ocupación minera
Fuente:
Elaboración propia en base a SIT Antofagasta, 2017.

Figura 5
Disponibilidad de agua potable y desertificación.
Fuente:
Elaboración propia en base a SIT Antofagasta, 2017.

Figura 6
Bioclimas, vegetación y sistemas hídricos.
Fuente:
Elaboración propia en base a SIT Antofagasta, 2017.

Figura 7
Corte esquemático de la región.
Fuente:
Elaboración propia en base a PLADECO 2017.

Figura 3.

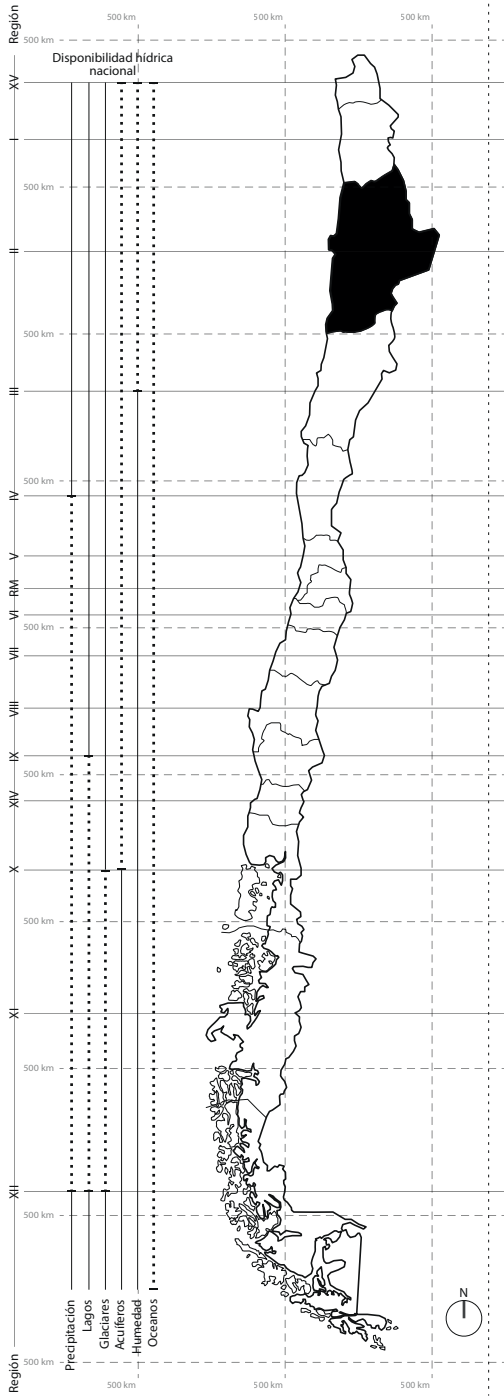


Figura 4. II Región de Antofagasta

Concesión minera

- Código antiguo
- Código nuevo

Localidades

- ▼ Centro comunal
- ▽ Poblado

- Límite comunal
- Rutas

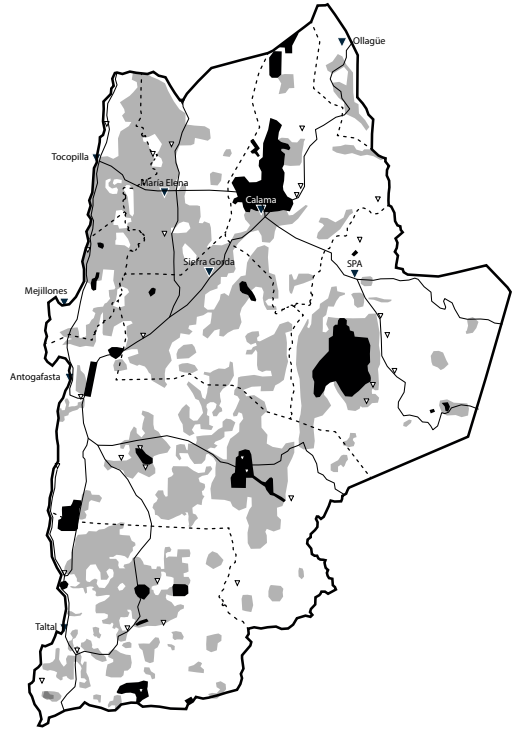


Figura 5. Disponibilidad de agua potable y desertificación

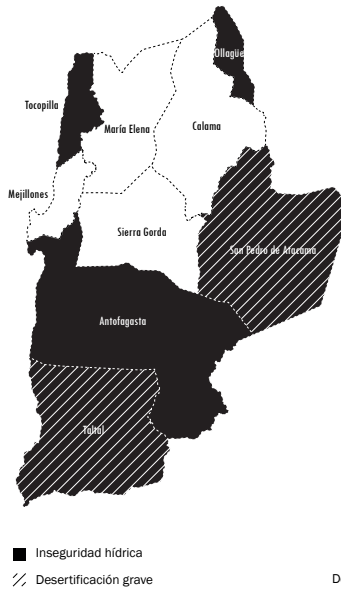


Figura 6. Bioclima, vegetación y sistemas hídricos

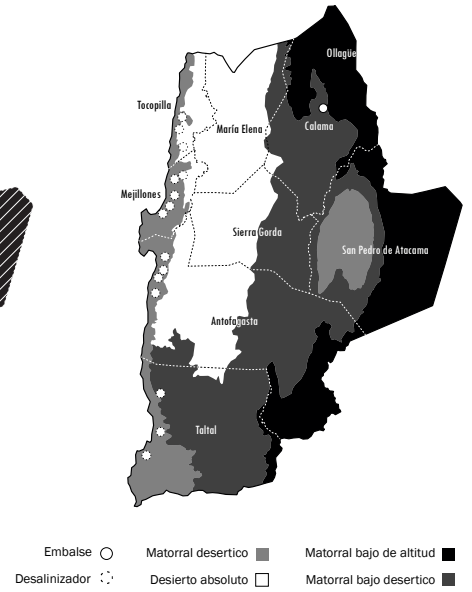
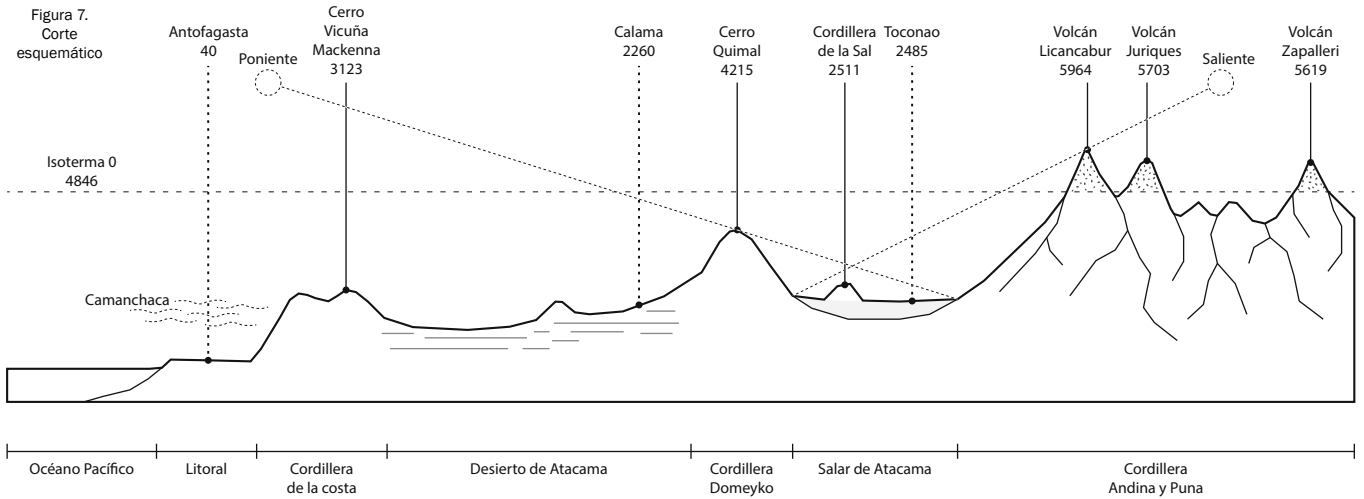


Figura 7. Corte esquemático



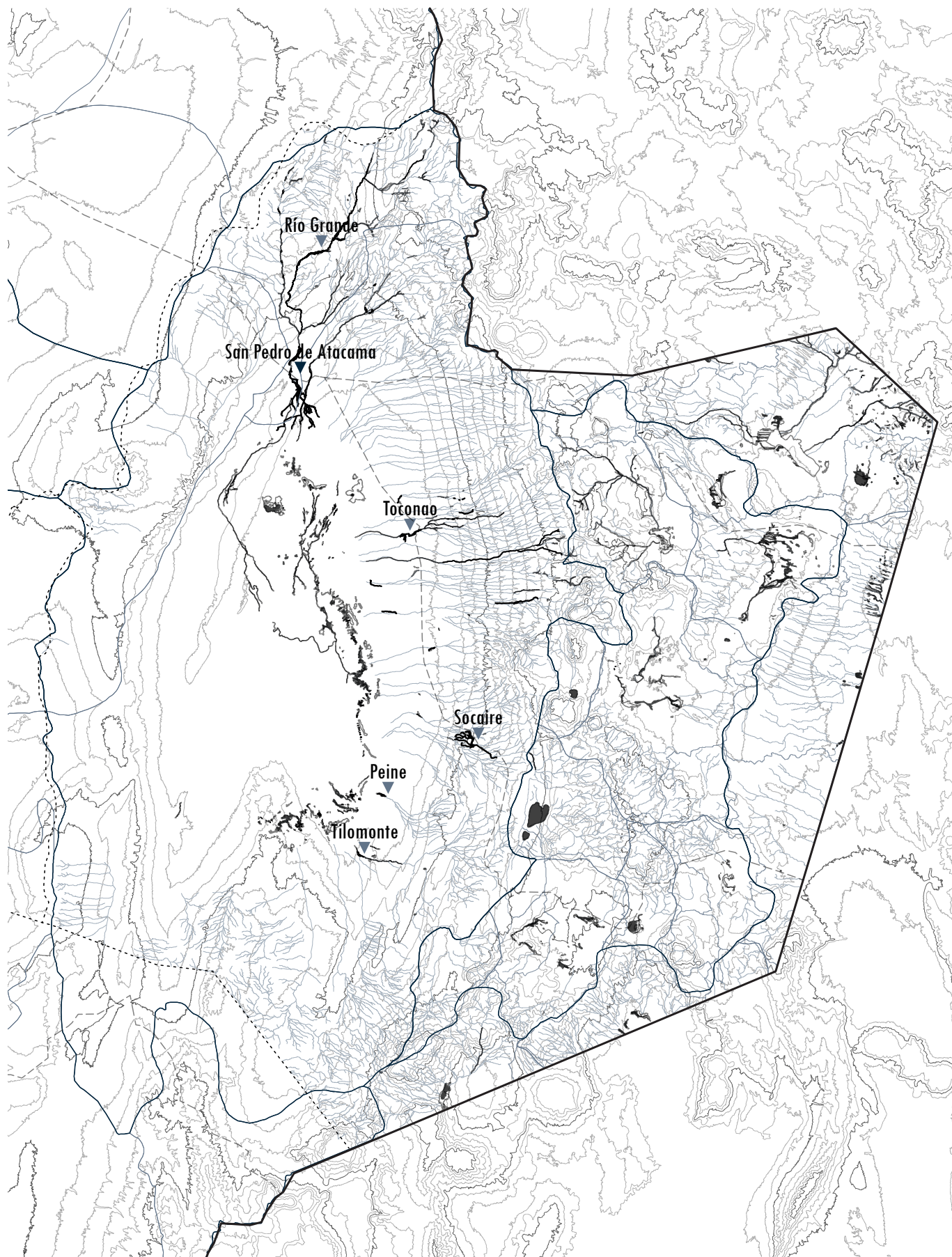
AGUA EN EL ÁRIDO

La presencia de precipitaciones en la región es casi nula, según el Balance Hídrico Nacional de la DGA 2017, este valor no supera los 50 mm/año y se concentra principalmente en el sector altiplánico. Estas precipitaciones permiten el escurrimiento de cuencas como Río Loa y Río San Pedro, sin embargo, ambas poseen condiciones diferentes ya que, para el caso de San Pedro, la desembocadura es hacia la depresión intermedia, que junto a otros pequeños afluentes que descienden por el flanco oriental, permiten la generación del Salar de Atacama (DGA, 2004). Dadas sus condiciones geológicas y geográficas, la cordillera Domeyko limita el salar por el sector oeste entregándole esta característica de cuenca endorreica, es decir, el agua no tiene salida fluvial, se mantiene en una especie de laguna, que en este caso es denominado salar dadas sus altas concentraciones salinas existentes en la superficie.

El sector posee una alta presencia de bofedales, vegas, cuencas y lagunas, el salar de Atacama es uno de los puntos turísticos más representativos el país, sus paisajes son una reliquia, sustenta una gran cantidad de biodiversidad y en sus afluentes, permite el desarrollo de pequeños poblados como Toconao, Socaire, Peinte, entre otros. La vida en este lugar se ha visto fuertemente amenazada por la minería de litio, la cual extrae grandes cantidades de agua de sus acuíferos que en su proceso termina evaporándose, disminuyendo la superficie hídrica y dificultando el abastecimiento de la vegetación nativa, los animales que se alimentan de ella y los poblados Lickan Antai que viven en íntima relación con la naturaleza (Mapocho, 2017).

Figura 8
Cuenca
hidrográfica del
Salar de Atacama.
Fuente:
Elaboración propia
en base a SIT
Antofagasta, 2017.

Cuenca hidrográfica
Salar de Atacama



■ Canales
■ Lagos

■ Humedales
/ Cuencas

/ Subcuencas
/ Hidrografía

/ Límite territorial
- - Límite comunal

/ Rutas

VIDA EN EL ÁRIDO

El agua es vida, sin ella no existiría presencia biológica, pero, aunque sea escasa, la flora nativa es el mejor ejemplo de adaptación al medio, su morfología le ha permitido aprovechar la poca presencia hídrica y enfrentarse a las temperaturas extremas del territorio. Esta ha sido clave para dar paso a la generación de fauna y posteriormente la llegada de habitantes y sus asentamientos.

Es posible observar una variable gama de familias que han conseguido adaptarse con diferentes métodos de aprovechamiento del agua. Las suculentas, por ejemplo, almacenan el agua al interior de su tallo para luego dosificarla en periodos de sequía, además estas plantas no tienen hojas, sino espinas, las cuales funcionan como protección contra sus depredadores. Por otro lado, las plantas vasculares han adaptado el tamaño de sus hojas para tener la menor superficie transpirativa posible y así mantener sus niveles hídricos estables. Los árboles, al estar expuestos a las fuertes temperaturas y ráfagas de viento, poseen raíces tan largas y fuertes que les permiten afirmarse a la superficie y captar parte del agua presente en las napas subterráneas (Zanetta et al., 2019).

La subsistencia de estas especies favorece el desarrollo de biodiversidad, la fauna se encuentra directamente vinculada con la flora, actúan en simbiosis para poder sobrevivir en estas condiciones extremas, incluso, al igual que la vegetación, los animales han adoptado ciertas características que les permiten resistir a las altas y bajas temperaturas, y aprovechar la escasa presencia del recurso hídrico.

Los anfibios han estado presentes a pesar de sus condiciones desfavorables, excavan madrigueras para aprovechar la sombra y secretan una sustancia para proteger su piel de la deshidratación. Los reptiles no poseen la capacidad de regular su temperatura interna, por lo que durante el día captan el calor del sol y ajustan su postura en función a su dirección, para cuando llega al peak de temperaturas, buscan la sombra para disminuir su metabolismo y aprovechar el agua. Finalmente, están los mamíferos, ellos si pueden controlar su temperatura interna por medio de un metabolismo mas complejo, tienen la capacidad de enfriarse a través de la evaporación, dilatan sus vasos sanguíneos para transferir el calor hacia el exterior por medio de la respiración y transpiración y además se mantienen en manadas para protegerse unos a otros y compartir la sombra entre ellos (Zanetta et al., 2019).

El ser humano es un mamífero evolucionado, las culturas ancestrales que habitan el desierto, más allá de sus características físicas, han encontrado herramientas, técnicas y simbolismos para desenvolverse en aquellas condiciones críticas, desarrollándose y permaneciendo por siglos. La flora y fauna son un gran ejemplo de adaptación, de las cuales se pueden adoptar estrategias para soportar el clima hostil del desierto.

Imagen 1.
Flora, Cactus candelabro.
Fuente: Valenzuela, J.
2019

Imagen 2.
Fauna, Llama. Fuente:
Ciotti, M. (s. f.)

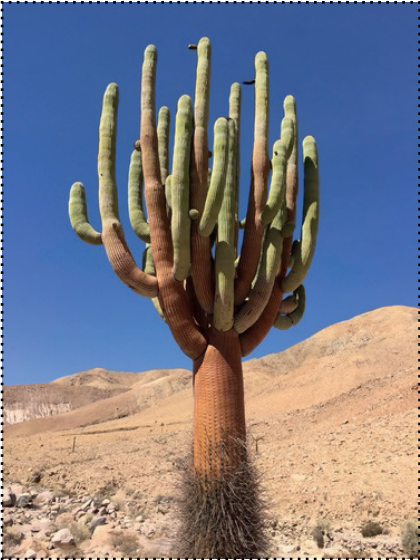
Imagen 3.
Flora, Rica Rica. Fuente:
Belov, M. 2009

Imagen 4.
Fauna, Sapo de Atacama.
Fuente: Vargas
Betancourt, P. 2015

Imagen 5.
Flora, Tamarugo.
Fuente: Flores, M. 2018

Imagen 6.
Fauna, El corredor de
Pica.
Fuente: López, E. 2016

Cactus candelabro, *Browningia candelaris*



Llama, Lama Glama



Rica rica, *Aloysia deserticola*



El sapo de Atacama, *rhinella atacamensis*, endemico



Tamarugo, *Prosopis tamarugo*



El corredor de Pica, *microlophus theresioides* endémico



LICKAN ANTAI, HABITANTES DEL DESIERTO

La denominación Lickan Antai proviene de la lengua Kunza y significa “habitantes del desierto”, fueron quienes se llegaron por primera vez al territorio hace más de 9.000 años y que, en un principio, por su condición territorial, los obligaba a ser una comunidad nómada, ya que tenían que indagar en la inmensidad del desierto la escasa presencia de recursos disponibles.

Estos habitantes ocupan gran parte del territorio altiplánico entre Chile, Argentina, Bolivia y lograron comprender el territorio como un gran organismo, que con recursos limitados sustenta la vida. Con el tiempo comenzaron a aprovechar el potencial que tenían sus quebradas para el desarrollo de biodiversidad y extendieron su utilidad por medio de un modelo de gestión de canales relacionado a la captación, conducción y almacenamiento del recurso hídrico.

Su cultura estuvo fuertemente influenciada por los Tiwanaku (1500 a.C – 1000 d.C) y luego el imperio inca con el Tawantisuyu (1438 – 1533), con los cuales adoptaron nuevos conocimientos que les permitieron desenvolverse en base a la agricultura y la ganadería. Posterior a la colonización y modernización comenzó un fuerte aumento demográfico y productivo, incorporando nuevas cepas a su siembra y ampliando su sistema hidrográfico, donde el trabajo era más bien esporádico y predominaban los viajes arrieros y las ferias de trueque donde circulaba su producción (Garces et al., 2019).

La importancia de estudiar su realidad proviene de la inteligencia y vigencia de su cultura para desarrollar su producción en estas condiciones únicas y hostiles, “La cosmovisión andina articula la experiencia humana en torno al ayllu, o pacha, o chacra, que es el “mundo” de referencia donde la comunidad vive, trabaja y celebra (...) El hombre y la mujer andinos forman parte de la naturaleza, conformando comunidad, con los animales, las plantas, los cerros, las lluvias, todos ellos seres vivientes y conscientes que se crían mutuamente, se alimentan y protegen, y con los cuales se puede y se debe conversar” (Razeto, 1997, p.8).

Su íntima relación con la naturaleza ha sido la base de su desarrollo, siguiendo un estricto calendario agrícola y festividades relacionadas con la limpia de canales y el pago a la tierra en forma de agradecimiento, por esto, la intervención y alteración de factores externos como la actividad industrial también tiene un fuerte impacto en las prácticas y tradiciones de su cultura (IEMA, 2020).

Imagen 7.
Predio agrícola con
sistema de canalización,
Bosque viejo, Toconao.
Noviembre, 2021.



Su visión del territorio es completamente diferente a la del hombre moderno, el proceso del agua está directamente ligado con su cosmovisión (figura 11), en sus bases, el arriba es el este, por esto que los cerros tutelares toman tanta relevancia ya que desde ahí es donde viene el agua y es por donde sale el sol, luego definen el abajo como el oeste, donde desemboca el agua y se esconde el sol. Esto está directamente ligado con el calendario, en el cual determinan el inicio del año agrícola, los periodos de riego, siembra y cosecha (Moyano, 2015).

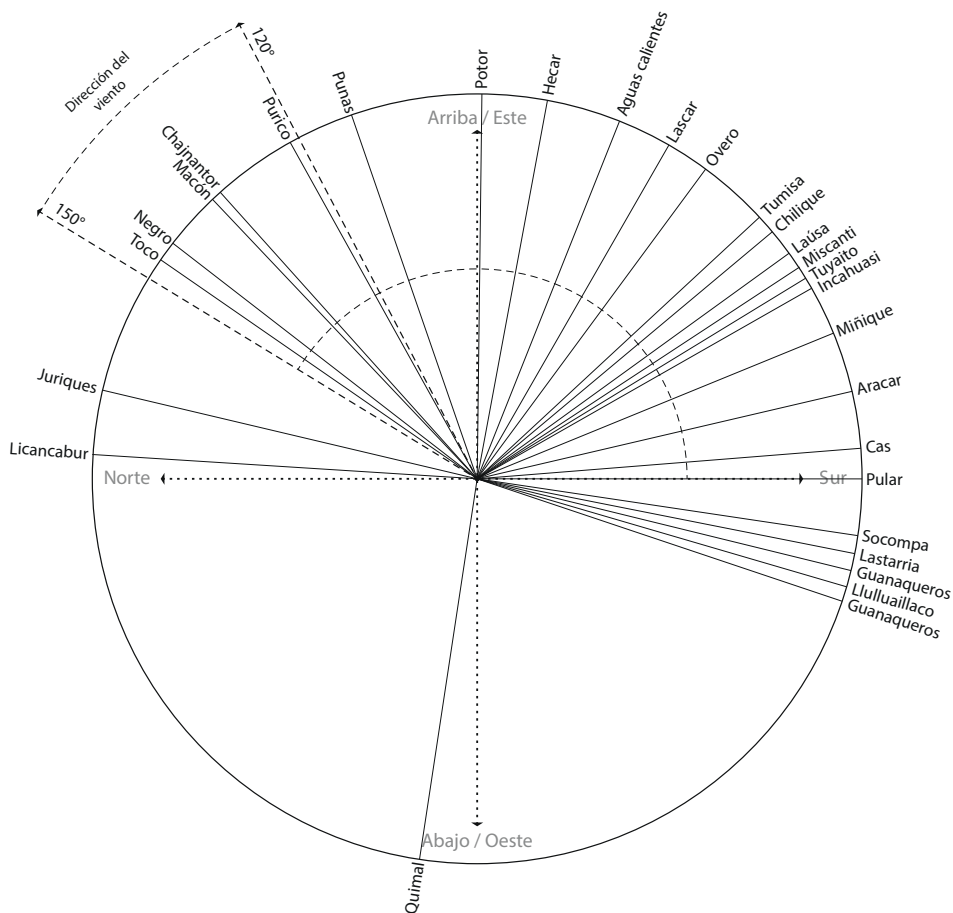
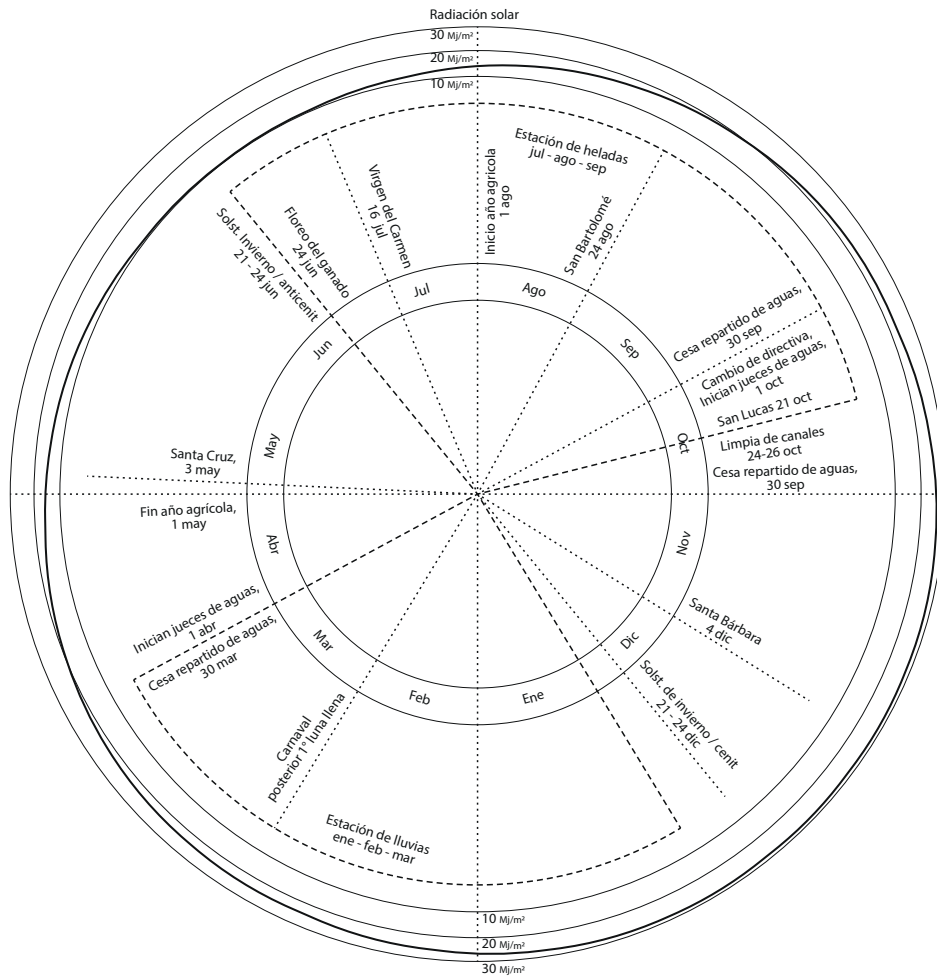
La limpia de canales es una de las festividades presentes, se basa en un trabajo colectivo, en el cual quitan los sedimentos, malezas y reparan filtraciones, compuertas de los canales y la boca toma, este se realiza una vez al año y finaliza con la tradición del pago a la tierra.

“El espacio religioso se compone por cuatro elementos: un área nivelada con piedras planas a su alrededor, una piedra vertical conocida como cerro grande, emplazada al norte y su función es dar sombra, en tercer lugar, una piedra que simboliza al volcán Chiliques, el cuarto elemento se conoce como covero, una piedra ovalada ubicada al sureste de la piedra Chiliques, en donde se incineran ofrendas como hojas de coca, madera o plumas de flamencos” (González A, 2020).

En cuanto a la distribución del recurso hídrico, este es almacenado en un tranque durante el año, desde el cual se reparte en turnos mensuales por un alcalde de agua y abastece la totalidad las melgas con método de inundación, todo el proceso autogestionado por la comunidad.

La capacidad de manejo y organización es excepcional, una cultura que ha permanecido durante siglos con una carga ancestral importante y una profunda sabiduría con respecto al cuidado de su entorno natural, el desafío está comenzar a darle valor a sus conocimientos e indagar en cómo pueden ser un aporte para la ciencia y la sociedad en general, y así fortalecer la lucha contra los efectos del calentamiento global (MMA, 2020).

Para ello se profundizará en el estudio de la localidad de Toconao, un gran ejemplo evolutivo sobre el desarrollo de la agricultura, lo que permitirá comprender en detalle cómo han tenido que adaptarse a la escasa disponibilidad de agua y cómo se han enfrentado a estos nuevos eventos a causa del cambio climático.



TOCONAO, OASIS EN MEDIO DEL DESIERTO

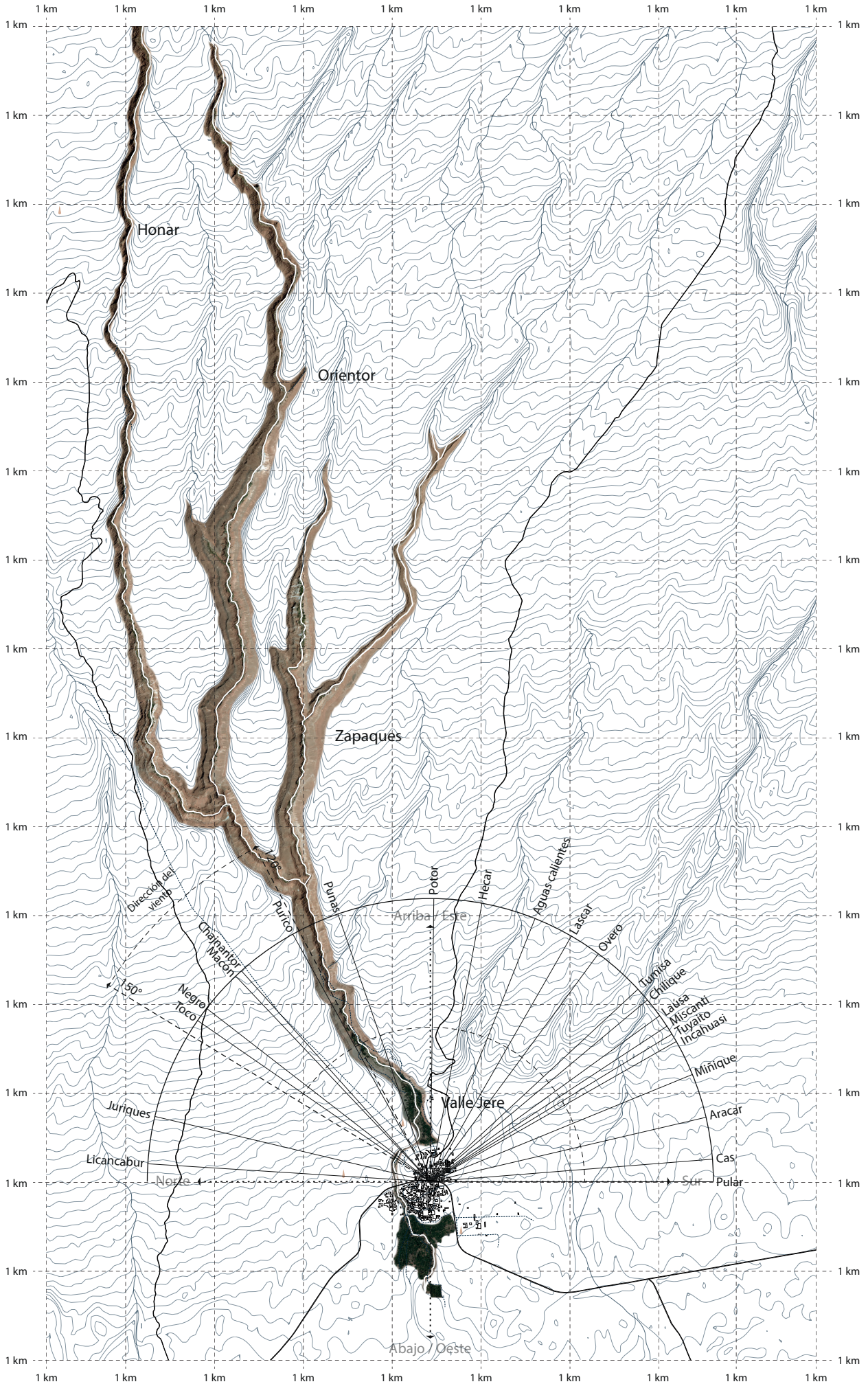
La localidad de Toconao es uno de los asentamientos aislados inherentes del pueblo Lickan Antai, ubicado a 38 km de San Pedro de Atacama y a 138 km de Calama, ha sido desde tiempos ancestrales un punto de encuentro entre las comunidades que habitan la Puna. Se desarrolló en torno a la Quebrada Honar que, dada su condición geográfica, recibe las aguas provenientes de los deshielos altiplánicos andinos. Estas aguas alcalinas han sido aprovechadas durante siglos con técnicas de canalización y almacenamiento ligadas al ciclo natural del agua para generar una abundante producción de agricultura frutal, convirtiéndose en un oasis en medio del desierto. Sin embargo, esta cultura ancestral en torno al agua se ha visto fuertemente vulnerada en las últimas décadas.

Por un lado, están los efectos del cambio climático. “La relevancia de continuar discutiendo el tema del agua, el riego y los cultivos en los ayllus de San Pedro de Atacama parte de la constatación de la disminución de aproximadamente un 50% de los caudales de los ríos San Pedro y Vilama en los últimos setenta años” (Sepulveda et al., 2015). La reducción de los caudales y los eventos de remoción de masa provocados por la concentración en las precipitaciones y sus fuertes temporales, han afectado gran parte de este patrimonio, si bien la comunidad de Toconao ha implementado algunos sistemas para mitigar sus efectos, parte de la quebrada aún se encuentra expuesta, el barro colapsa las bocatomas del sistema APR y las ráfagas de viento intervienen en el sistema eléctrico, volviéndolo dependiente al abastecimiento por parte de la Municipalidad de San Pedro de Atacama en estos momentos de catástrofe.

Por otro lado, es importante considerar que la agricultura local se transmite de generación en generación, el conocimiento ancestral es heredado, pero el hecho de que las nuevas generaciones y su potencial profesional haya migrado a la ciudad en busca de nuevas oportunidades, provoca que sea cada vez es mas frecuente el abandono de los predios y la pérdida de pertenencia a las tradiciones ligadas a su cultura.

Estos problemas afectan tanto la integridad socioeconómica, como el patrimonio ancestral de la población que lo habita. El Valle de Jerez, el Bosque Viejo y el sistema de canales en general, considerados como los hitos turísticos más valiosos del lugar, fueron los más afectados por estos cambios, lo que interviene con el fuerte aumento turístico, productivo y demográfico que experimenta la localidad en la actualidad. La falta de espacios que fortalezcan el vínculo ayllu provoca que esta cultura ancestral vaya perdiendo valor.

Figura 11. Quebrada de Jere, Toconao.
Fuente: Elavoración propia.



ESCENARIO ACTUAL

La visita a terreno del día 6 de noviembre de 2021 fue clave para recopilar la información que no se encontraba vía web y generó un gran cambio en la visión personal con respecto al territorio. El cambio climático ha azotado gravemente a la comunidad: por un lado, los efectos de la sequía los han obligado a optimizar sus sistemas de riego para mantener la agricultura, y por otro, los eventos de remoción de masas a causa de la concentración de lluvias en periodos estivales, que han sido muy frecuentes y terminaron afectado la integridad socioeconómica y el patrimonio ancestral de su población.

Estos eventos se han presentado cada 2 años aproximadamente, el más catastrófico fue en el año 2012, el que dejó un total de 20 damnificados, ya que el aluvión colapsó el tranque arrasando con las viviendas y predios de cultivos cercanos a este. Posteriormente, en el año 2015, ocurrió un segundo alud con daños menores pero que terminó por arrasar con gran parte del Valle interior, el cual en la actualidad no es utilizado para desarrollar agricultura dado su alto grado de vulnerabilidad frente a estos eventos.

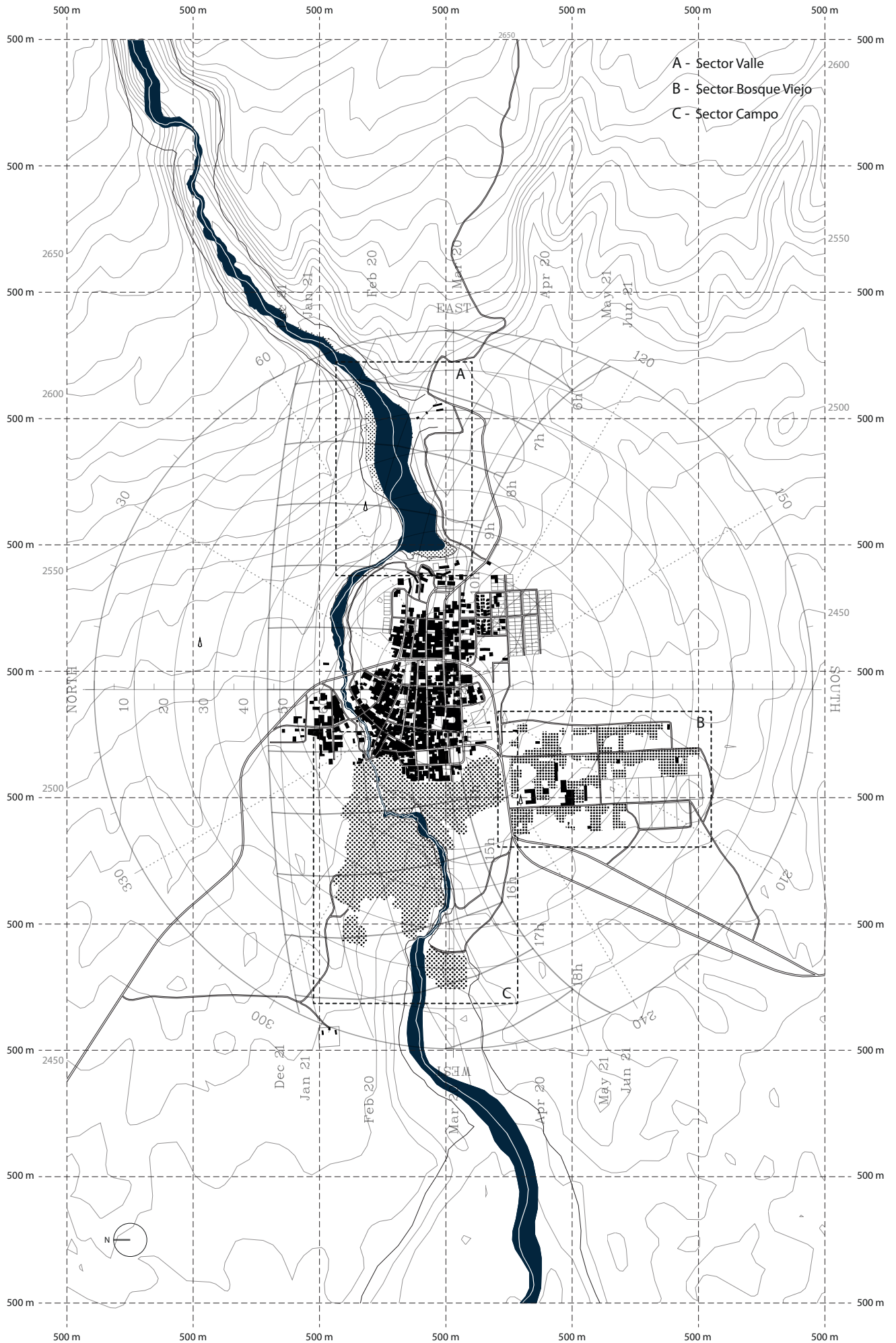
Junto con esto, con cada temporal se colapsan los sistemas APR y la localidad depende del abastecimiento de camiones aljibe por parte de la Municipalidad de San Pedro de Atacama durante ese periodo, aunque cabe destacar que, la ruta 23 se ve afectada frecuentemente por crecidas de las quebradas que lo interceptan, dificultando aún más el acceso al recurso hídrico.

Esta condición de aislamiento y vulnerabilidad ha incentivado a las nuevas generaciones a buscar oportunidades en las ciudades más consolidadas, donde pueden recibir educación profesional y optar a una mayor variedad de trabajos. Esto atenta gravemente con la evolución natural de su cultura, considerando que, en comunidades rurales aisladas, los conocimientos y tradiciones ancestrales son hereditarios, es decir, se transmiten de generación en generación. Por esto, se hace cada vez más común el abandono de adultos mayores y a su vez, los predios de cultivos que les pertenecen, por la pérdida de pertenencia al territorio por parte de las próximas generaciones.

A pesar de estos problemas, la localidad se encuentra en proceso de aumento productivo a manos de la iniciativa "Atacama Tierra Fértil" y se han llevado a cabo una serie de mejoras urbanas, entre ellas la mejora del sistema APR y de alcantarillado, el pavimentado de las calles principales y la construcción de un nuevo Centro Educativo, el cual albergará a todos los niños y jóvenes provenientes de las localidades aisladas cercanas como Socaire, Peinte, entre otros.

De acuerdo a los datos de la División político administrativa censal región de Antofagasta, INE 2019 se contabilizó en Toconao, dentro del límite del plano regulador comunal que abarca 10.403 Km², un total de 881 habitantes, los cuales ocupan 529 viviendas. De esta población el 88% se identifican pertenecientes a la etnia Likan Antai, por lo que posee una fuerte carga cultural, lo que explica la gran capacidad de organización que tienen y además propone que cualquier intervención debe ser sutil y respetuosa con las tradiciones de su cultura.

Figura 12. Toconao.
Fuente: Elaboración propia.



RED HIDROGRÁFICA

Para comprender en detalle las cualidades de esta localidad es importante conocer cómo funciona su sistema hidrográfico. Esta red comienza aguas arriba, donde se capta parte del caudal a través de la bocatoma, este se transporta por medio del sistema de canales abasteciendo en primera instancia el sector del Valle, luego el agua se almacena en el tranque o embalse ubicado al centro de la localidad y con horarios predefinidos, por lo general entre 5:00 – 6:00 am, se distribuye por esta red de canales río abajo hacia el sector de Bosque Viejo y posteriormente, hacia el sector del Campo, luego de abastecer la totalidad de los predios, se devuelve a su cauce natural.

El embalse posee una capacidad máxima de 65.000 m³ y los canales se estructuran de mampostería de piedra, sin embargo, para la reconstrucción de los canales afectados por el aluvión, han optado por el hormigón para darle mayor resistencia. Este sistema funciona cada 18 días durante un periodo aproximado de 7 horas y cada sector se divide en subsectores con canales principales y secundarios. Como se mencionaba en el punto anterior, en la actualidad la quebrada no se riega como antes, el sector del Valle se encuentra inhabilitado y la expansión agrícola es hacia el sector del campo.

Los otros métodos que han incorporado para mitigar los efectos del alud, han sido los muros de contención en el sector del Valle y las barreras de contención multinivel cercanos al embalse. Este sistema ha funcionado muy bien para evitar el paso de los sedimentos hacia el tranque, sin embargo, la zona del Valle aun se encuentra expuesta, volviéndose un punto importante el fortalecer y revitalizar este sector que por siglos ha sido la cualidad que caracteriza su territorio.

De acuerdo a los datos de la red agrometeorológica de INIA, en la estación meteorológica INIA de Toconao es posible observar estos eventos cada 2 años aproximadamente, principalmente en periodos estivales, entre los meses de enero, febrero y marzo, donde pueden alcanzar hasta los 30mm en 1 día.

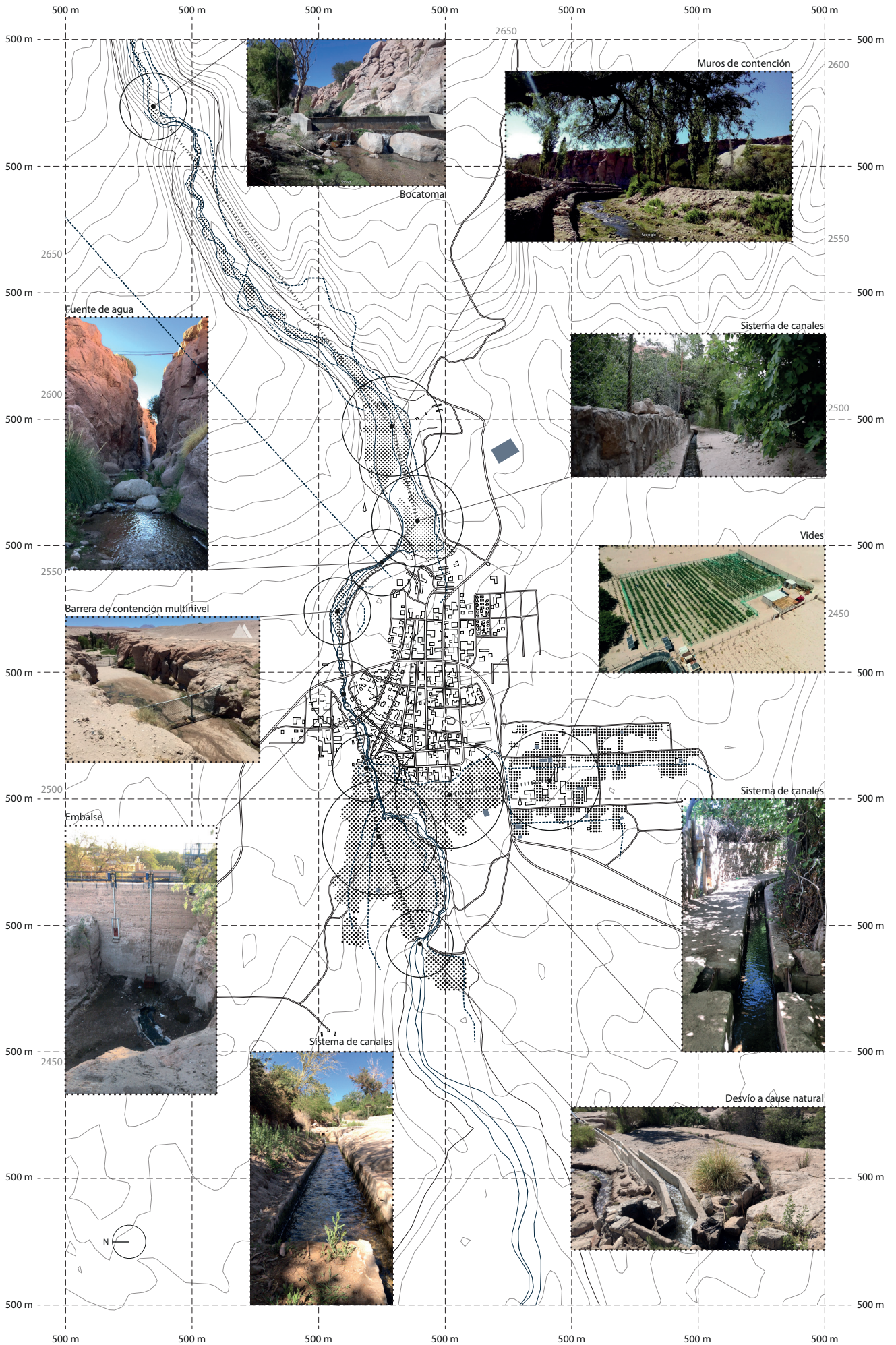
En el año 2012 el evento acumuló un total de 85mm en una semana, comenzando el 9 de febrero con 20mm ese mismo día y finalizando el 16 de febrero con 5mm por el día, lo que culminó con el aluvión que dejó a 20 damnificados.

Para el año 2015 se acumularon 30mm solo para el día 6 de febrero y en el año 2017 en 4 días se acumuló un total de 45mm, comprendiendo los días 21 y 24 de febrero. Esto terminó con arrasar parte del Valle en proceso de reconstrucción y significó cesar el uso de este para la agricultura.

El año con mayor precipitación acumulada fue el 2019, alcanzando un pick de 120mm en dos semanas aproximadamente, entre los días 27 de enero y 8 de febrero. Esto provocó daños en parte del Valle y sus muros de contención, pero no paso más allá de la ciudad gracias a las barreras de contención multinivel.

Siguiendo este patrón de 2 años, el actual no ha experimentado una fuerte presencia de precipitaciones, más bien ha sido un año seco, con solo 10mm durante el día 12 de marzo, pero es muy probable que se vuelva a presentar una concentración en el próximo periodo.

Figura 13. Red hidrográfica de Toconao.
Fuente: Elaboración propia.



AGRICULTURA Y VEGETACIÓN

El historial vegetativo de la localidad también evidencia la necesidad de tener que adaptar sus recursos. En primer lugar, la vegetación de la localidad se ve favorecida tanto por la calidad del agua, como por la calidad de sus suelos arenosos. En el año 2000 el uso de suelo agrícola comprendía un total de 92,00 ha y la superficie frutal cubría el 81,79%, equivalente a 84,30 ha. De este total se plantaban 8 especies diferentes, donde predominaban los membrillos con un 34,86%, perales con 26,22%, damascos con 15,18% y vides con 8,2%, el resto se distribuía entre la higuera, la tuna, el limón y el naranjo. (Comisión Nacional de Riego, 2000)

En la actualidad, existe un nuevo sistema de organización, todos los predios forman parte de la Cooperativa Viñateros de Altura, iniciativa impulsada con fondos locales y privados provenientes de SQM. Este proyecto busca expandir el mercado del vino bajo el eslogan de “Los vinos más altos del país”, por lo tanto, en el presente predomina la plantación de vides, de las cuales se producen un total de 25 toneladas al año y se ha convertido en una muy buena fuente de ingresos. “Este era un huerto como le dijera, no así como está ahora, este era lleno de árboles de chañares, Algarrobos, membrillos viejos, tuve que arrancar todo porque el proyecto que venía era parronales”. Palabras de Héctor Espíndola, Cooperador Ayllu.” (Viñedos Ayllu, 2021)

La agricultura local se compone principalmente entre las vides y las 5 toneladas de membrillo que producen al año, estas se complementan con especies como el chañar, algarrobo, olivo y manzano para proteger de las ráfagas de viento, la radiación y mantener la humedad en el terreno cultivado de las especies más sensibles como las vides. Las demás especies como los perales, granadas, damascos, se cosechan en menores cantidades y cada vez son menos recurrentes, ya que la mayoría de ellas se concentraba en el sector del Valle.

Ahora bien, la comunidad logró desarrollar una enología propia con la característica de ser vinos “astronómicos” al estar a tal altura, lo que ha captado la atención de turistas y nuevos inversionistas, incentivando incluso la exportación internacional del producto.

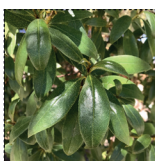
Tabla 1. Vegetación presente en Toconao.
Fuente: Elaboración propia.



Tipo de planta	Vid leñosa	Árbol, arbusto	Arbol	Árbol	Árbol, arbusto	Árbol
Nombre	Vid mesa / Uva	Membrillo	Pera	Damasco	Granado	Olivo, Aceituno
Género	Vitis	Cydonia	Pyrus	Prunus	Punica	Olea
Familia	Vitáceas	Rosaceania	Rosaceae	Rosáceas	Lythreaceae	Oleáceas
Especie	Vinífera	oblonga	communis	dina	granatum	europaea
Altura	2 m	5-8 m	2-20 m	3-12 m	1.8 – 6 m	4 - 15 m
Diámetro copa	4 m	4-6 m	6 m	6 m	1.2 – 4.5 m	8 m
Tipo de suelo	Arena	Todo tipo de suelo	Todo tipo de suelo	Tierra de hojas	Todo tipo de Suelo	Arenosos y ligeros
Tipo de flor	Agrícolas	Árbol Caduco	Árbol caduco	Frutal	Arbusto caduco	Árbol perenne
Color flores	Verde	Blanco, Rojo, Rosa	Blancas	Blanco, Rosa	Rojo	Blanco
Color hojas	Verde	Verde oscuro	Verde	Verde	Verde claro	Gris Verdoso
Color Fruto	Amarillo, azul, marrón, negro	Amarillo	Amarillo, Verde, Rojo	Amarillo, Rojo, Naranja	Rojo, Marrón	Morado, Verde



Tipo de planta	Árbol	Árbol	Árbol	Árbol	Arbusto, árbol y suculento	Árbol, arbusto
Nombre	Chañar	Algarrobo	Palmera	Ciprés de Arizona	Aloe	Adelfa, Laurel, Rosa
Género	Geoffroea	Prosopis	Wachingtonia	cupressus	Aloe	Nerium
Familia	Fabaceae	Fabaceas	Arecaceae	cupresaceas	Liliaceas	Apocynaceae
Especie	decorticans	chilensis	filifera	arizonica	arborecens	oleander
Altura	12	10 m	11 – 22 m	15 m	1,8 – 3 m	2 – 6 m
Diámetro copa	S/I	S/I	6 m	5 m	2 m	1,8 – 3 m
Tipo de suelo	Todo tipo de suelo	Todo tipo de suelo	Todo tipo de suelo	Todo tipo de suelo	Todos áridos	Todo tipo de suelo
Tipo de flor	Árbol caduco	Árbol semicaduco	Palmera	Árbol Perenne	Suculenta	Arbusto
Color flores	Amarillo	Amarillo	Amarillo, marrón, crema	Amarillo, verde	Amarillo, rojo, verde,	Blanco, rojo, rosa
Color hojas	Verde grisáceo	Verde	Verde, gris	Verde	Verde	Verde
Color Fruto	Anaranjado	Marrón oscuro	Negro	Verde, marron, gris	Verde	Verde, marron



Tipo de planta	Arbusto	Arbusto	Hierba	Hierba	Arbusto, suculento	Suculento
Nombre	Mioporo	Penicetum	Doca	Crino	Monducuru	Aloe
Género	Myoporum	Pennicetum	Carpobrotus	Crinum	Opuntia	Aloe
Familia	Myoporaceae	Poaceae	Aizoaceae	Amaryllidaceae	Cactacease	Xanthorrhoeaceae
Especie	laetum	setaceum	chilensis	asiaticum	monancantha	perfoliata
Altura	10 m	20 – 130 cm	2 m	1 m	2 – 6 m	75 cm
Diámetro copa	4 m	61 – 122 cm	46 – 61 cm	1,2 – 1,8 m	75 cm	61 – 91 cm
Tipo de suelo	Franco arenoso	Todo tipo de suelo	Arenoso	Todo tipo de suelo	Arenoso	Todo tipo de suelo
Tipo de flor	Arbusto perenne	Gramínea	Herbácea perenne	Bulbosa	Cactácea	Suculenta
Color flores	Blanco	Morado	Amarillo, rojo, morado	Blanco, rojo, morado,	Amarillo	Rojo, naranja
Color hojas	Verde	Amarillas	N/A	Verde	N/A	N/A
Color Fruto	Roja	Morado	N/A	Verde	N/A	N/A

RED CULTURAL

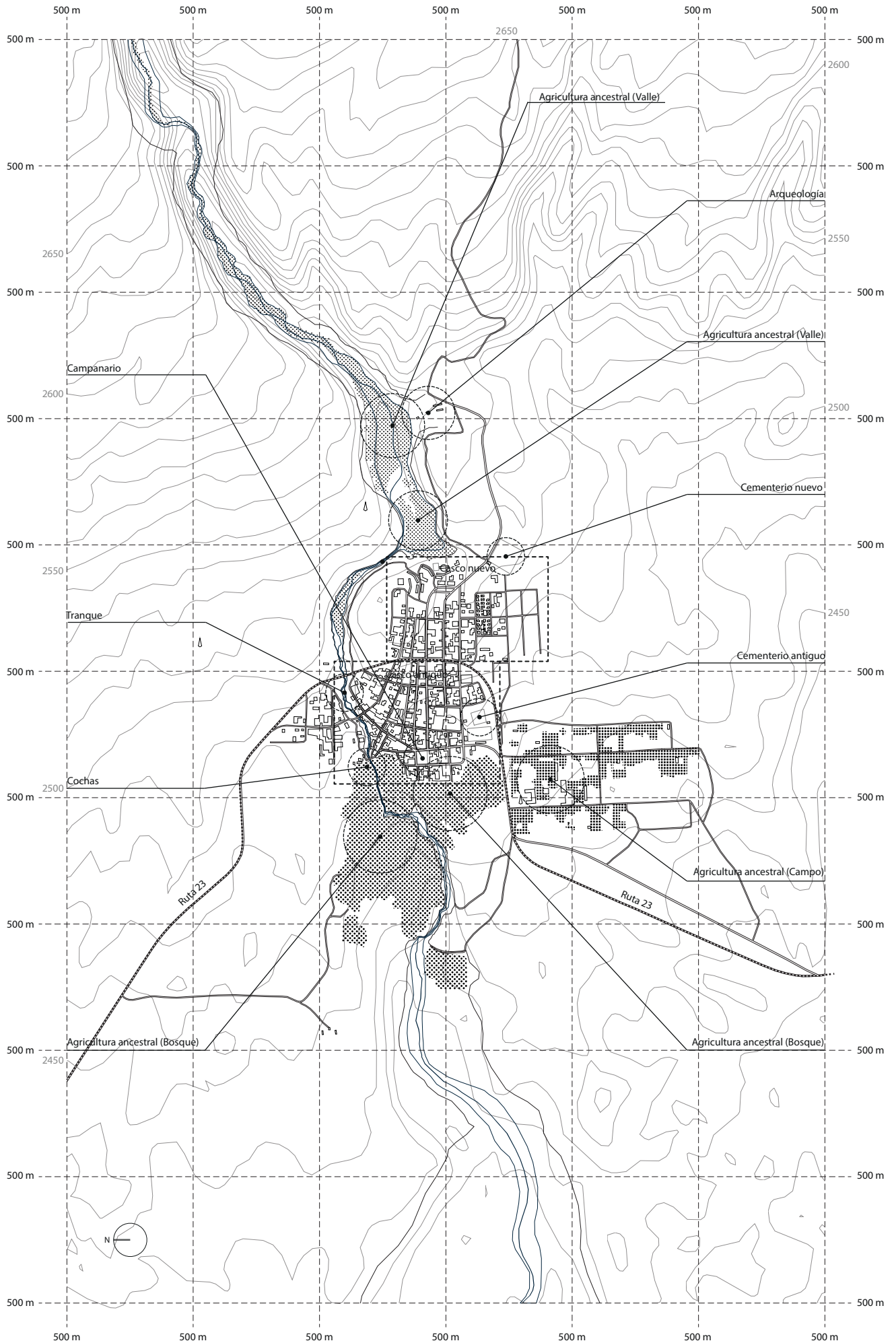
La relevancia turística se encuentra enmarcada por el gran número de hitos y particularidades que posee Toconao. En primer lugar, la condición de oasis o vergel en medio del desierto es una cualidad única en este territorio, si bien las comunidades aisladas cercanas también se abastecen de quebradas, ninguna posee características como ésta, donde suscite de manera abundante la vegetación. Los tres sectores presentan paisajes y condiciones diferentes y abarcan un área total de aproximadamente 90 ha.

El segundo hito cultural, no menos importante, es la plaza central del Campanario, el cual fue construido posterior a la llegada de la fundación española, junto con un nuevo esquema urbano. Este campanario fue consolidado como monumento histórico y está estructurado con piedra canteada en colaboración con el barro y cal lo que remata en una cúpula de madera de cactus.

Este campanario es un orgullo para la comunidad, ha recibido una serie de remodelaciones a lo largo de los años, pero siempre han intentado mantenerlo en sus mejores condiciones, es un punto de encuentro importante y es la primera parada de los guías turísticos. La arquitectura tradicional local también forma parte de este recorrido, en las cuales predomina la fachada de bloques de piedra liparita, aunque en la actualidad ese material no es tan accesible como antes.

Finalmente están los cementerios, lugares de culto, sagrados para la comunidad, se caracterizan por sus arreglos de colores y la sofisticada terminación de sus nichos, también es un punto de encuentro familiar importante en épocas de festividades.

Figura 14. Red cultural de Toconao.
Fuente: Elaboración propia.



RED RECREATIVA

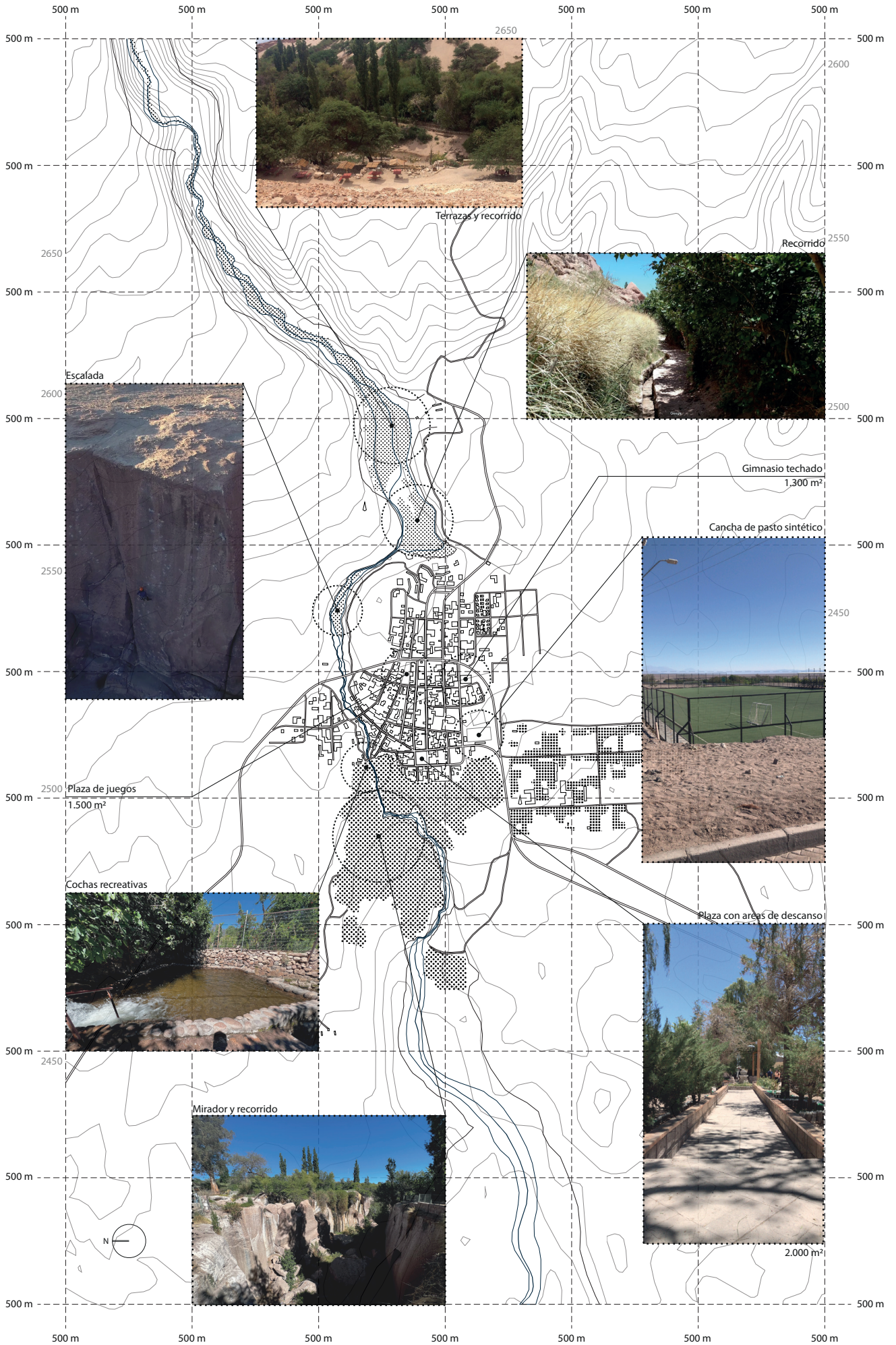
Por último, la localidad posee una cantidad óptima de equipamientos, la cancha de pasto sintético y el gimnasio techado promueven la actividad deportiva y reúnen habitantes de todas las localidades. Además, al borde de la quebrada se practica la escalada, donde es posible trepar hasta 25 m de altura, esta actividad es menos recurrente, pero es un potencial atractivo turístico en la actualidad.

Las siguientes áreas son enfocadas al recorrido turístico por el Valle y el Bosque Viejo, contiguo a la red de canales y con la presencia de cochas en algunos sectores, las cuales son utilizadas por los habitantes para refrescarse durante las altas temperaturas.

La fuerte radiación es un factor importante al momento de recorrer estos hitos, la localidad solo posee 2 plazas, de las cuales solo una presenta un área vegetativa importante que permita descansar bajo la sombra, la otra es una plaza dura de juegos con una superficie de 1.500 m², lo que para la población actual termina siendo deficiente.

En síntesis, existe una evidente falta de áreas de esparcimiento y junto con esto, un límite demarcado por la ruta 23, la cual separa el casco antiguo, donde existe la mayor presencia de actividades, equipamiento cultural y recreativo, con el casco nuevo, donde predomina la construcción de viviendas. Esto es el resultado de una expansión acelerada e instintiva por parte de la comunidad y la necesidad de las nuevas generaciones de buscar su independización.

Los datos obtenidos de la participación ciudadana en el PLADECO 2017, aseguran que la comunidad exige nuevas áreas verdes y de esparcimiento, en especial porque la comuna se encuentra en constante desarrollo y pronto albergará cerca de 500 alumnos con el nuevo Centro Educacional, por lo que se vuelve necesario evaluar la posibilidad de intervenir con espacio público que promueva estos espacios de encuentro y proponga el lugar para desarrollar sus tradiciones y festividades, tales como los carnavales de Lackita, San Lucas y eventos masivos como la vendimia.



Si bien su ubicación geográfica es lo que le da la particularidad a Toconao, también posee un alto grado de vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático, siendo su condición de aislamiento el principal factor que dificulta la ayuda por parte de la capital comunal, considerando que la ruta 23 como única vía de conexión, no se ve exenta de fallas a causa de los temporales, lo que aumenta la incertidumbre de sus habitantes.

Junto con esto, existe también esa incertidumbre por saber si el año siguiente será seco o abundante, si se verán afectadas sus viviendas y cultivos por los efectos aluvionales o si podrán hacerse cargo las nuevas generaciones del legado que se ha heredado por siglos y que con orgullo ha puesto a Toconao como una comunidad ejemplar sobre el manejo hídrico, el desarrollo agrícola y la capacidad de organización que lo caracteriza.

Así nace la necesidad de conservar y fortalecer esta cultura, ya que sus conocimientos son un ejemplo para comprender las técnicas ancestrales sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico en condiciones escasas y limitadas, complementándolo con nuevos sistemas de innovación para enfrentar los desafíos climáticos y proyectar una comunidad sostenible en el tiempo.

Por lo tanto, se presenta la oportunidad de entregar a Toconao una unidad hídrica que lo transforme en un poblado autónomo y sostenible, desde el punto de vista social, ambiental y económico, conservando los conocimientos ancestrales en cuanto al uso y manejo del agua que le ha permitido desarrollar la agricultura en condiciones extremas.

Para ello se plantea incorporar un nuevo sistema hídrico que funcione como articulador del paisaje y catalizador de biodiversidad, vinculando los hitos importantes de la localidad a través de un recorrido del agua, el cual pondrá en valor los sistemas de canalización ancestrales y abastecerá nuevas áreas comunitarias, destinadas a fortalecer el vínculo ayllu y su apropiación con el territorio.

Es importante considerar la recuperación del Valle como parte de su patrimonio cultural ancestral con la finalidad de volver posicionar a Toconao como el vergel que lo ha caracterizado por siglos, entendiendo la necesidad de un manejo estratégico de la quebrada tanto aguas arriba como aguas abajo, lo cual en su conjunto lo convertirá en un poblado sostenible desde el punto de vista hídrico.

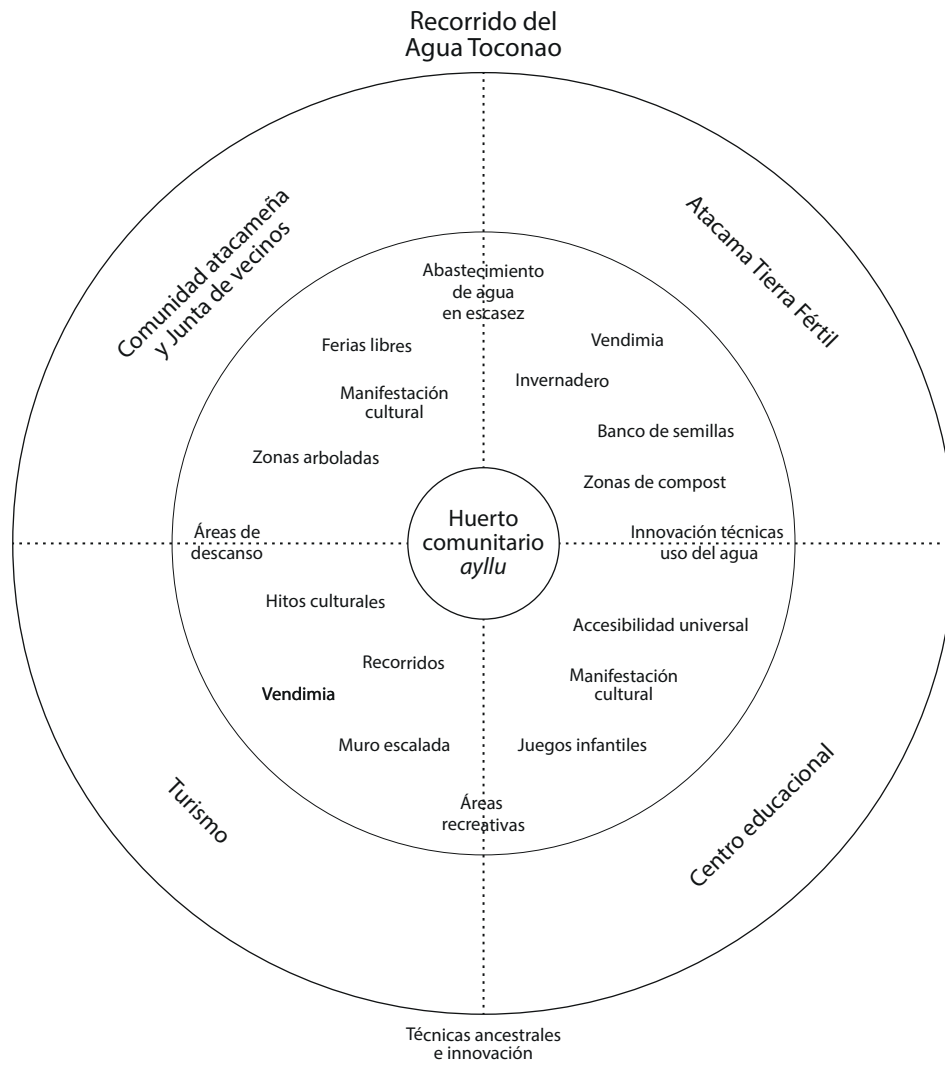
Aluvión 2012



Aluvión 2012



Aluvión 2015



Carnavales Lackita y San Lucas



Fiesta de la Vendimia



ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Para cumplir estos objetivos se contempla en primera instancia gestionar el control aluvional de la quebrada y proteger el factor diferenciador de Toconao que se conoce como el Valle de Jere, para así, en vez de aceptar los efectos del cambio climático, se le entregarían herramientas para enfrentarlo y mitigar sus efectos.

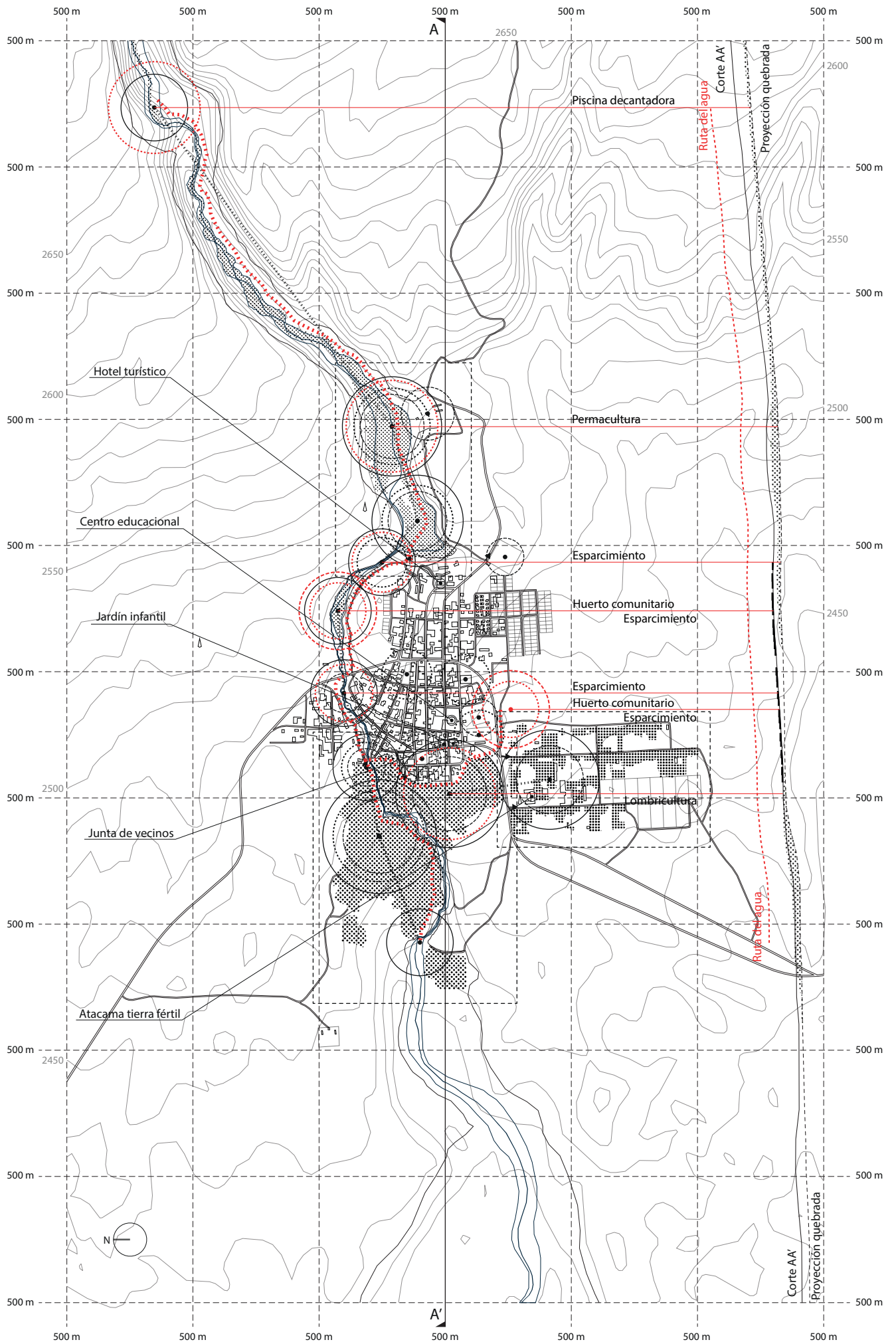
Con ello se proyecta la incorporación de un sistema de captación y almacenaje de aguas lluvias que permitan capitalizar la sobre abundancia en periodos estivales y dotar del recurso en periodos de escasez, el cual estaría conectado con sistemas de tratamiento apropiables a su condición rural, como la permacultura y lombricultura, que, en conjunto con el sistema de canalización ancestral, funcionarán como verdaderos catalizadores de biodiversidad.

Además, se propone fortalecer el vínculo ayllu con la implementación de huertos comunitarios que incentiven el trabajo multietario colectivo y permitan compartir los conocimientos ancestrales sobre el manejo del agua y la agricultura en condiciones extremas con las nuevas generaciones y los viajeros visitantes.

Finalmente, se plantea vincular estas nuevas áreas con los hitos culturales de la localidad por medio de un recorrido estructurado del agua para habitantes y turistas, el cual demuestre el valor que posee el sistema en su conjunto para el desarrollo de la vida en el desierto.

Dentro de los actores contemplados en esta intervención se encuentra la Comunidad Atacameña y Junta de Vecinos de Toconao, las cuales actuarán en conjunto con el Centro educacional y las nuevas generaciones Toconares para promover e incentivar las tradiciones y manifestaciones culturales. Todo esto directamente ligado a la cooperativa de Atacama Tierra Fértil, la cual podrá aportar desde su conocimiento agrícola y con nuevas técnicas de innovación para el uso eficiente del agua. Toda esta red podrá ser contemplada y recorrida desde una visión periférica, para que los visitantes o turistas, comprendan el valor del agua y la capacidad que tiene la comunidad para continuar desarrollando su fuente productiva.

Figura 16. Propuesta programática, color rojo representa la intervención.
Fuente: Elaboración propia.



ACCIONES

Dentro del plan de acciones, respondiendo a las estrategias mencionadas, se propone la dotación de piscinas decantadoras en conjunto con bioingeniería (figura 17) aguas arriba para mitigar los daños aluvionales en el Valle. Además, el sistema de captación de aguas lluvias temporal para periodos estivales (figura 18) que permita la capitalización del recurso, funcionará en simbiosis con la vegetación para fortalecer su crecimiento frente a los cambios climatológicos.

En cuanto a los sistemas de permacultura y lombricultura, se contempla la intervención topográfica para el humedal y pozos de aguas tratadas como método de almacenamiento y dotación del recurso hacia los huertos comunitarios.

Otro factor es la conservación y dotación de nuevos canales en función a la red para estructurar el riego de vegetación y huertos. Ubicados en torno a la ruta del agua, deberán considerar su mantención periódica y métodos para mitigar los efectos negativos en periodos de catástrofe.

Finalmente, la vinculación de los puntos de ruta histórica/cultural que articulen el paisaje, conectando la quebrada con los hitos ya existentes y estos nuevos espacios de integración social y comunitaria generados por la ruta del agua.

INSTRUMENTOS

En cuanto a los instrumentos territoriales que se considerarán para la intervención se encuentran:

- Disponer de ejes arbolados para generar barreras contra los vientos y la radiación.
- Aprovechar la pendiente para la distribución de recurso hídrico y la disposición de huertos a modo de terrazas.
- Mejorar la accesibilidad y bordes de la quebrada.
- Generar espacios contemplativos en torno a los cerros tutelares.
- Estandarizar texturas, mobiliario y vegetación nativa existente.
- Continuar con los flujos actuales y direccionar nuevos flujos para conectar hitos.
- Integrar elementos que caractericen el paisaje (roca, arena, gravilla, adoquín).
- Posicionar los programas en función a los puntos de interés/actores existentes.
- Implementar paneles solares para abastecer iluminaria y bombeo de agua de ser necesario.

Figura 17. Esquema piscina decantadora y bioingeniería.
Fuente: Elavoración propia.

Figura 18. Esquema sistema de captación y su relación con la vegetación.
Fuente: Elavoración propia.

Figura 19. Imaginario huertos comunitarios.
Fuente: Elavoración propia.

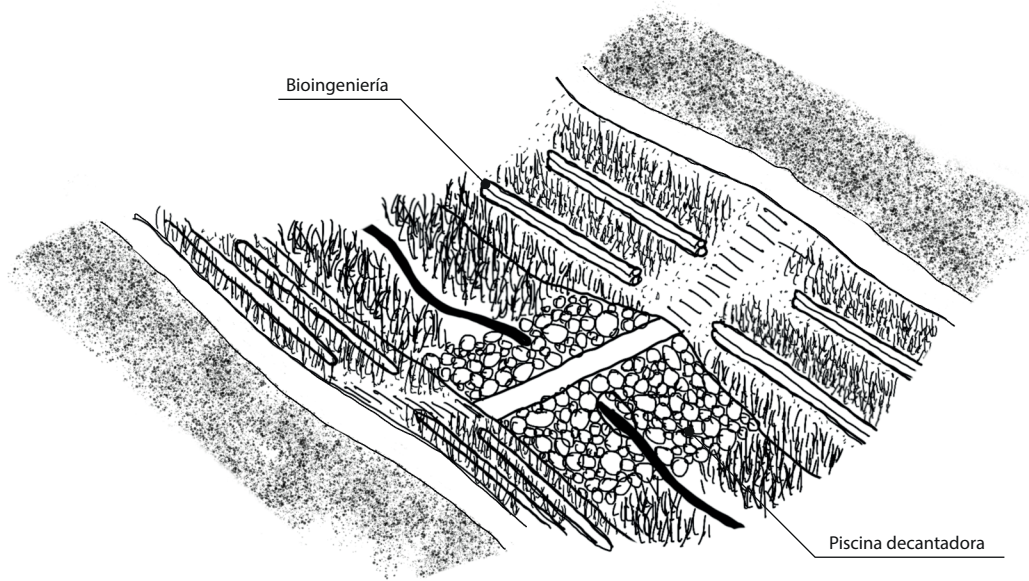


Figura 17.

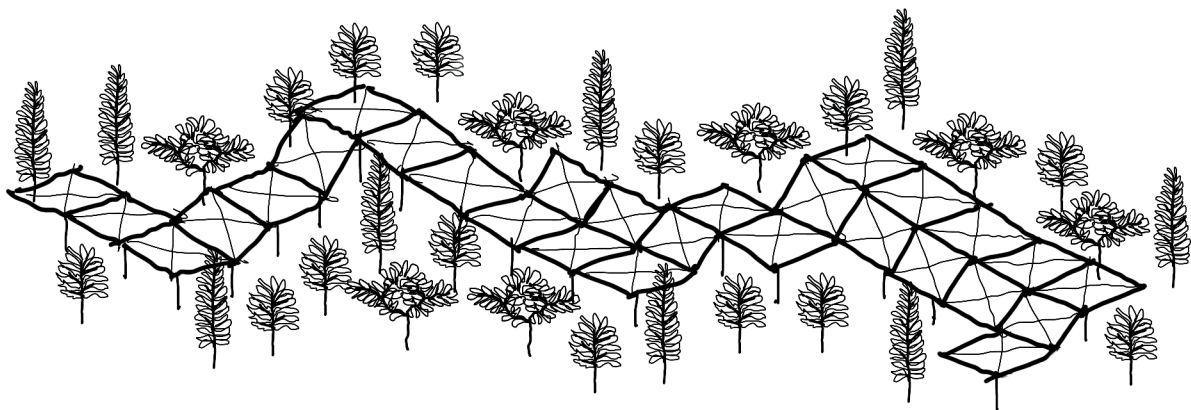


Figura 18.

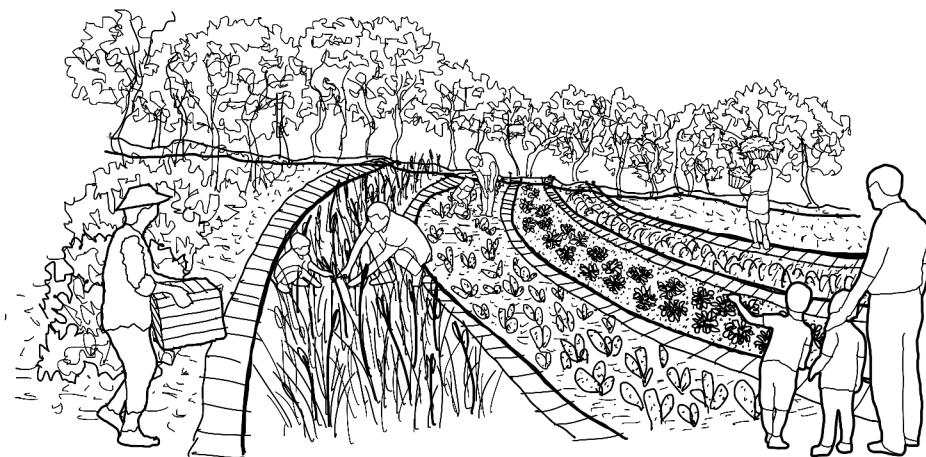


Figura 19.

OBSERVACIONES FINALES

El plan de gestión es uno de los temas que se pretende profundizar el próximo semestre. Al igual que iniciativas como Atacama Tierra Fértil y otros proyectos de desarrollo ejecutados en la localidad, para esta intervención existe la oportunidad de postular a fondos de desarrollo regional, fondos INDAP o fondos privados de industrias que utilizan recursos de la comunidad y busquen afianzar sus relaciones, como la minera SQM o el observatorio ALMA, generando una sinergia entre el sector público y privado para mejorar su productividad.

La capacidad de autogestión que ha demostrado tener la comunidad, le da un fuerte potencial a la implementación de sistemas de tratamiento como la Permacultura y Lombricultura, los cuales tienen un mayor grado de apropiabilidad para comunidades aisladas con recursos limitados y poseen varios beneficios tanto para el ecosistema como para la producción agrícola.

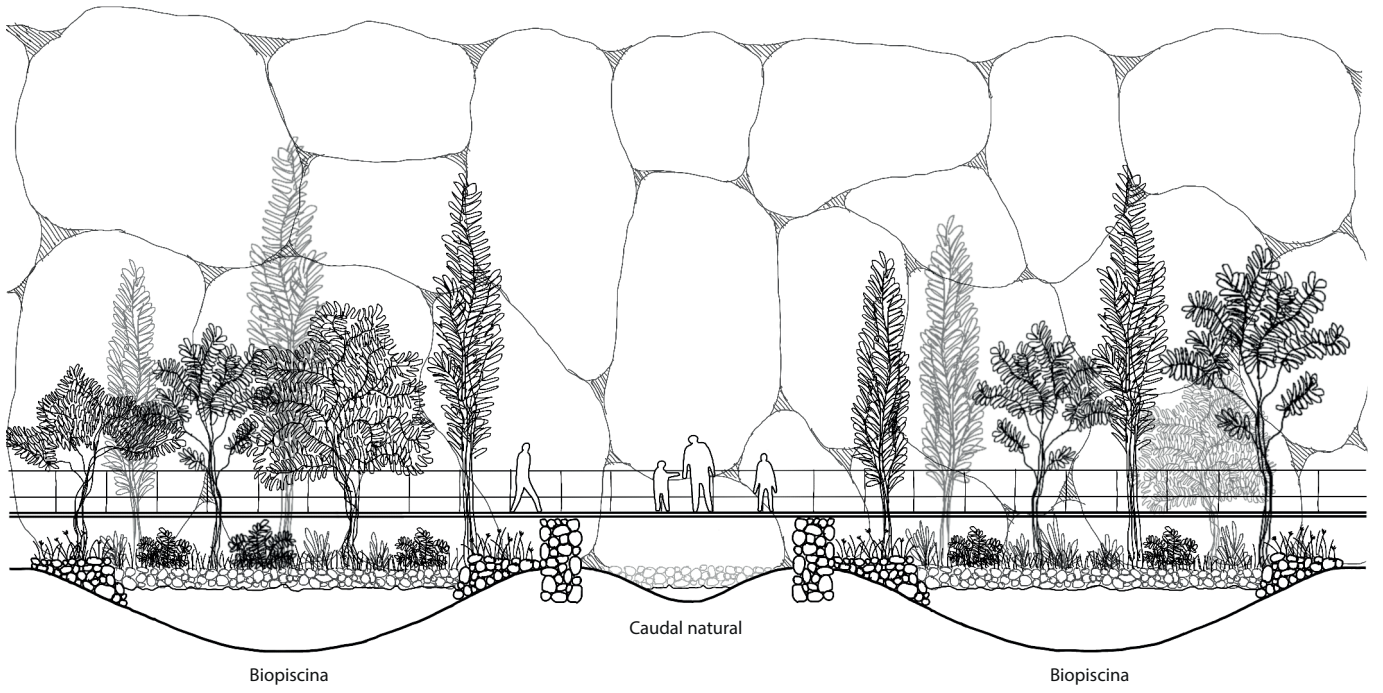
También es importante profundizar en las soluciones propuestas para el control aluvional, comprender el área específica que requiere la intervención y cómo se debe llevar a cabo para generar el menor impacto posible en el medio ambiente natural. Cabe recalcar que cada intervención debe respetar el paisaje y su cosmovisión, por lo que la opinión y comentarios de la comunidad Likan Antai de Toconao, pueden ser la clave para comprender el grado de acción para su planificación.

En definitiva, el proyecto propone una nueva visión para el futuro de la ruralidad, buscando desde la utopía dar forma a la realidad, para enfrentar el cambio climático en lugar de aceptar y rendirse ante sus efectos y dar a conocer nuevas estrategias y herramientas que permitan adaptarse a sus dificultades, con soluciones simples y apropiables, vinculando la arquitectura con la naturaleza y priorizando la sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Figura 20. Corte esquemático de Permacultura, Valle interior.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Imaginario tratamiento de borde de la quebrada.
Fuente: Elaboración propia.

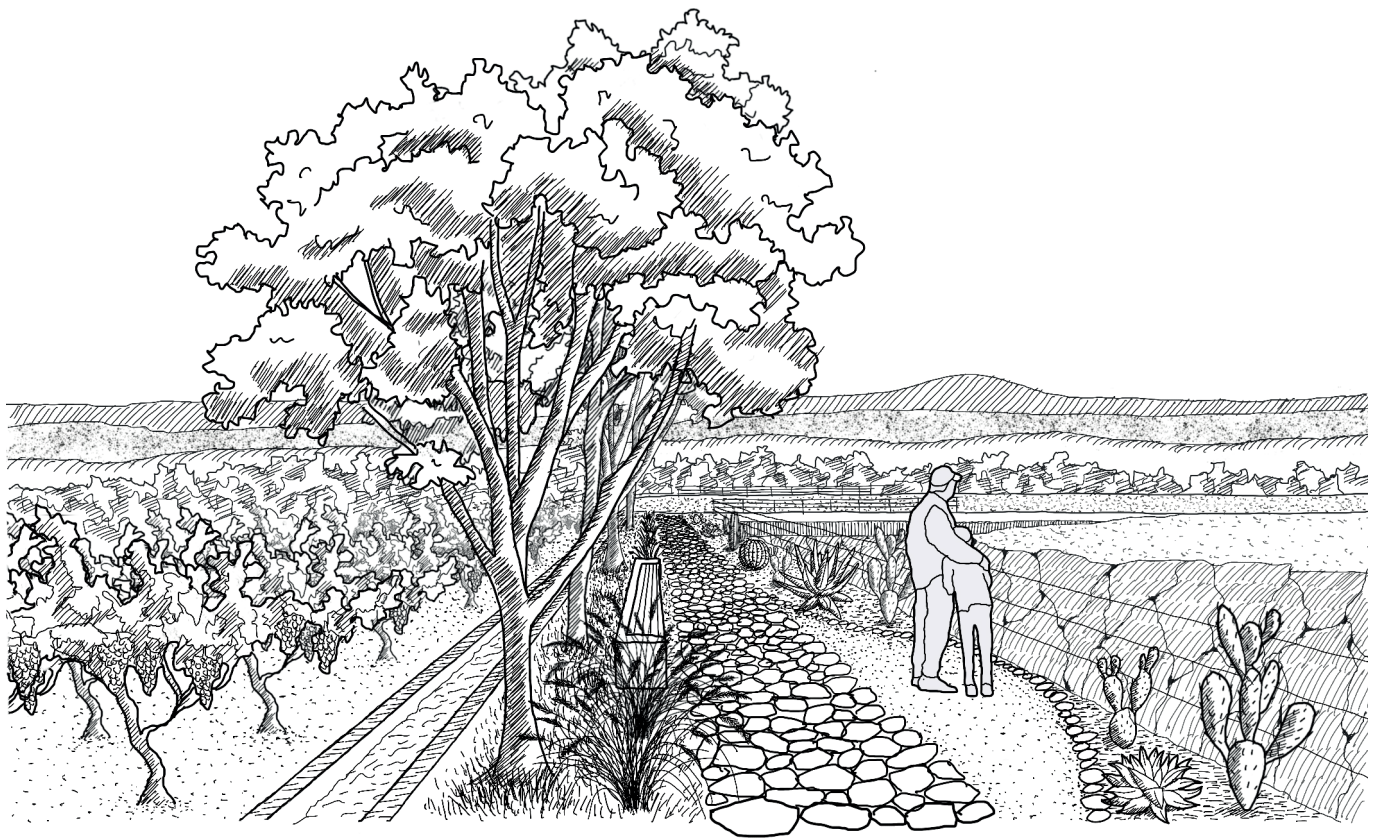
Valle interior



Biopiscina

Caudal natural

Biopiscina



Borde quebrada

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Misterio de obras públicas & Dirección general de agua. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/6796>
- Universidad de Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile. (2017). Actualización del balance hídrico nacional (N.o 417). <https://snia.mop.gob.cl/sad/REH5796v1.pdf>
- Vilte, V. & Codelco-Chile. (2004). Kunza. Codelco Chile. <http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/mc0038216.pdf>
- Siarez Flores, E. (s.f). Toponimia Likan Antay. http://www.beingindigenous.org/archivosdigitales/otros/toponimia_likan_antay.pdf
- Epdata. (2021). El cambio climático, en datos y gráficos. <https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447>
- Instituto de Políticas Públicas de la Universidad Católica del Norte. (2019). Visualizador de mapas. Sit Antofagasta. <https://visor.sitantofagasta.cl/capa/visualizadordemapasingle/>
- Observatorio regional ODS. (2019). Visualizador de mapas. Sit Antofagasta. <https://visor.sitantofagasta.cl/capa/visualizadordemapasingle/>
- DGA. (2019). Observatorio Georreferenciado. Snia Mop Gob. <https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>
- INIA. (2020). Agrometeorología. Agrometeorología red meteorología. <https://agrometeorologia.cl/#>
- Ministerio del medio ambiente. (2020). Informe del estado del medio ambiente. https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/10/IEMA-2020_consolidado_final-comprimido.pdf
- Crocco, J. (2021, febrero). Megasequía: Diagnóstico, impactos y propuestas (N.o 559). https://www.cepchile.cl/cep/site/docs/20210119/20210119125450/pder559_jjcrocco.pdf
- Vuille, M. (2013, marzo). El cambio climático y los recursos hídricos en los andes tropicales. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-cambio-clim%C3%A1tico-y-los-recursos-h%C3%ADdricos-en-los-Andes-tropicales.pdf>
- Valenzuela, C. (2020, febrero). Gobernanza local del agua en contexto de cambio climático: Alternativas al modelo neoliberal desde las comunidades de San Pedro de Atacama. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175702/Gobernanza%20local%20del%20agua%20en%20contexto%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf?sequence=1>
- Corporación Nacional Forestal. (2021, febrero). Actualización a escala nacional de los mapas de desertificación, degradación de las tierras y sequía (DDTS) de Chile (N.o 0719-7446). <https://www.conaf.cl/cms/editorweb/ENCCR/Nota-Informativa-37.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Plan de acción nacional de cambio climático. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf

División de hidrología. (2021, septiembre). Pronóstico de caudales de deshielo temporada de riego 2021–2022 (N.o 443). https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Documents/Pronostico_2021_2022.pdf

Dirección General de Aeronáutica Civil. (2021, mayo). Reporte anual de la evolución del clima en Chile. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/ReporteClimatico2020-edmay2021.pdf>

Futuro latinoamericano, Fundación Avina, & Fundación Chile. (2018, marzo). Radiografía del agua. <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/12/resumen-radiografia-del-agua-1.pdf>

Fundación Chile, Futuro Latinoamericano, & Fundación Avina. (2019, junio). Transición hídrica (N.o 978–956-8200-49-7). <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/12/transicion-hidrica-resumen.pdf>

Asociación Nacional de empresas de servicios sanitarios. (2018). Sistema de agua potable rural. <http://www.andess.cl/wp-content/uploads/2017/12/Andess-Chile-Informe-APR-web.pdf>

ARCADIS. (2016, julio). Plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos. <https://snia.mop.gob.cl/sad/ADM5702.v2.pdf>

Ilustre municipalidad de San Pedro de Atacama. (2020, diciembre). Diagnóstico de seguridad pública comunal de San Pedro de Atacama. https://www.municipiosanpedrodeatacama.cl/wp-content/uploads/2021/02/DIAGNOSTICO_COMUNAL_DE_SEGURIDAD_PUBLICA.pdf

Amphos 21. (2017). Diagnóstico para desarrollar plan de gestión de riego en la región de Antofagasta resumen final. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26758>

Municipalidad San Pedro de Atacama. (2017). Plan de desarrollo comunal 2017- 2021. <https://www.municipiosanpedrodeatacama.cl>

Amphos 21. (2017). Diagnóstico para desarrollar plan de gestión de riego en la región de Antofagasta resumen ejecutivo. <https://www.repositoriodirplan.cl/bitstream/handle/20.500.12140/32128/Plan%20de%20Riego%20Antofagasta.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ministerio de obras públicas. (2021). Nómina de respaldo de iniciativas de inversión por región. <https://www.senado.cl>

Departamento de Agricultura del Desierto. (2000). Comisión nacional de riego. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9681/CNR-0155.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Municipalidad De San Pedro De Atacama. (2015). Solicitudes de exploración y aprovechamiento de agua subterránea. <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=41859&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>

Kronik, J. y Verner, D. (2010). Indigenous Peoples and Climate Change in Latin America and the Caribbean. The World Bank. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/265317668_Indigenous_Peoples_and_Climate_Change_in_Latin_America_and_the_Caribbean

Garcés, A., Moraga, J., Maureira, M., & Saavedra, A. (2019, septiembre). Desbordando la Puna de Atacama. https://movyt.cl/sitio/wp-content/uploads/2020/06/Alejanro_Garces_y_otros_Desbordando-la-Puna-de-Atacama-movilidad_compressed.pdf

- Congreso internacional de americanistas. (1997, julio). Manos sabias para criar la vida. Abya-Yala. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1382&context=abya_yala
- Muñoz Jeria, T.P. (2020). Atlas de paisaje Likan Antai: el poblado andino de Socaire: Región de Antofagasta, Desierto de Atacama. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176357>
- Hoyos Reyes, D. (2016). Cartografía emocional del pueblo Likan Antai. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/141925>
- Greene Silva, F. (2013). Árboles, cultura e identidades colectivas en San Pedro de Atacama. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115173>
- Romero Aravena, H. & Opazo Albarrán, D. (2016). Socioclimas, riesgos y ordenación del territorio en las comunidades andinas del Desierto de Atacama. [Artículo Académico, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139675>
- Nuñez Srýtr, M.K. (2002). Transformaciones culturales en Toconao por impacto de empresas mineras. Un estudio de caso en el Norte de Chile. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135252>
- Busel Niedmann, M. (2019). Arquitectura de la autonomía hídrica y eléctrica en contextos de ruralidad [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177272>
- González Biedma, C. (2020). Artefactos hídricos para Socaire [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177335>
- Ponce, M. (2018). Del despoblado al oasis colectivo [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/172721>
- Segura González, I. (2020). Atributos y puesta en valor de la cristalización de sal sobre material textil. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/180291>
- Qiu Sun, K.Y. (2014). Observatorio ecológico Morro Moreno. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/129935>
- Valenzuela, J. (2019). Cactus Candelabro (*Browningia candelaris*) [Fotografía]. El Cactus Candelabro. <https://colombia.inaturalist.org/taxa/438082-Browningia-candelaris>
- Belov, M. (2009). *Acantholippia tarapacana* (Rica-rica) [Fotografía]. Flora Chilena. <http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/HighResPages/SH1973.htm>
- Flores, M. (2018). Tamarugo, *Prosopis tamarugo* [Fotografía]. El tamarugo, un árbol endémico del norte de Chile en vías de desaparecer. <https://laderasur.com/articulo/el-tamarugo-un-altiplanico-en-peligro/>
- Vargas Betancourt, P. (2015). El sapo de Atacama, *Rhinella atacamensis*, endemico [Fotografía]. Sapo de Atacama. <https://www.ecoregistros.org/ficha/Rhinella-atacamensis>

López, E. (2016). El corredor de Pica, *microlophus theresioides* endémico [Fotografía]. Corredor de pica. <https://www.flickr.com/photos/esmaloar/28957343256>

Ciotti, M. (s. f.). Lama Guanicoe [Fotografía]. Side View Of Animals On Landscape. <https://www.gettyimages.es/detail/foto/side-view-of-animals-on-landscape-imagen-libre-de-derechos/1207779780?adppopup=true>

Viñedos Ayllu. (13 de abril, 2021). Héctor Espíndola Chocobar (Cooperado Ayllu) [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=xSQmm_rz-IA&ab_channel=ViñedosAyllu

SQM de Chile al mundo. (21 de septiembre, 2020) Vino Ayllu, el sabor del desierto de Atacama [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=NSbdCWhhOac&ab_channel=SQMdeChilealmundo

INDAP. (29 de mayo, 2017). Wilfredo Cruz nos muestra la viña mas alta de Chile, en Toconao [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=voUOv9Fyv2M&t=8s&ab_channel=INDAP

Leonardo Orellana G. (11 de junio, 2014). Nota "Vinos Ayllu". Realización: Leonardo Orellana G. [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=usQLswojVFc&ab_channel=LeonardoOrellanaG.

Antofagastatv30. (20 de enero, 2019). Ruta del vino Ayllu [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=Gae3wfBbbkc&ab_channel=antofagastatv30

Region2. (2012, 13 febrero). Resumen de la emergencia de Toconao. Region2. <http://www.region2.cl/resumen-de-la-emergencia-en-toconao/>

El Mercurio de Calama. (2015, 15 febrero). Intensa semana de trabajos tras lluvias en el altiplano loíno. Chululo, 3.2. http://www.chululo.cl/pages/recortes2.php?id=27022015_213110

DOGUICATT. (2021, 21 octubre). Celebracion San Lucas de Toconao 2021 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=soD2pmNAF20&t=1886s>

SQM [SQM de Chile al mundo]. (2019, 23 julio). II Encuentro de Lackitas, Toconao 2019 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DS2gvTfQn9s>

SQM [SQM de Chile al mundo]. (2019a, abril 1). Fiesta de la Vendimia, Toconao 2019 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=hVX3YArg4cs>

APLICACIONES

PictureThis- plant dentifier (3.13). (2017). [Aplicación móvil]. App store. <https://apps.apple.com/us/app/picturethis-plant-identifier/id1252497129>

Plantsss Radar (6.1.1). (2013). [Aplicación móvil]. App store. <https://apps.apple.com/cl/app/plantsss-radar/id1241695864>