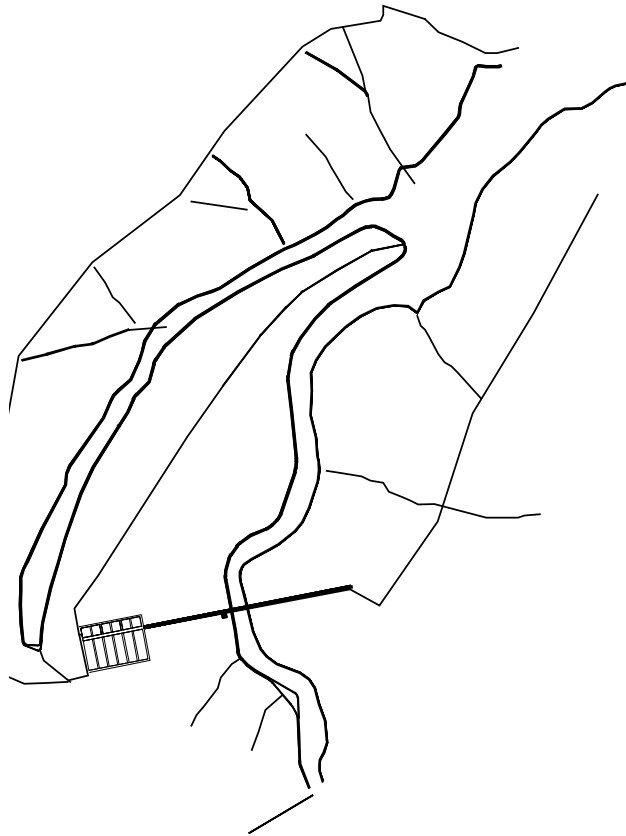


PARQUE EL CULEBRÓN EN COQUIMBO

Regeneración natural de un paisaje erosionado
sustentado en el reciclaje y la eficiencia del recurso hídrico local



Madeleine Fagalde Bidart

Profesor guía Francis Pfenniger
Memoria de título de arquitectura
Proceso 2017-2018
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile

Índice

Resumen	7
Motivaciones	9
01 Introducción	13
02 Marco teórico	16
Aspectos generales sobre el agua y su utilización	17
Fuentes de agua y conservación ecológica	18
Desertificación en Chile y en el mundo	22
Efectos de la escasez hídrica en zonas urbanas	26
Gestión del agua en Chile	28
Reutilización de aguas residuales en Chile y el mundo	31
Arquitectura y agua	34
Paisaje y arquitectura	36
Revertir la desertificación a través de la arquitectura del paisaje	38
03 Lugar	42
Región de Coquimbo	43
Red de humedales costeros de la Región de Coquimbo	46
Conurbación La Serena - Coquimbo	48
Quebrada estero el Culebrón	50
Parque el Culebrón	54
04 Proyecto	64
Criterios de intervención	65
Gestión y mantenimiento	67
Sistema Tohá: reciclaje de aguas residuales para riego	69
Propuesta de zonificación para el parque	72
Propuesta arquitectónica del edificio	80
Ascensor/pasarela	84
05 Reflexiones finales	86
06 Bibliografía	88
06 Anexos	92



Memoria de título de arquitectura

Proceso 2017-2018

Alumna

Madeleine Fagalde

Profesor guía

Francis Pfenniger

Agradecimientos

Agradezco a todos aquellos que aportaron a esta propuesta su experiencia, opinión o conocimiento en el marco multidisciplinario que engloba este proyecto.

A mis amigos por su apoyo constante especialmente a Felipe Figueroa por su aporte fotográfico al proyecto.

A mi familia, a mi hermana y a mis padres sobre todo por su eterno cariño y paciencia.

Y a mi profesor guía durante todos estos meses, Francis Pfenniger, por creer en mis capacidades y por apoyarme en las buenas pero sobre todo en las malas.

Profesionales consultados

Marcelo Rivadeneira, paleobiólogo de Centro de Estudios Avanzados para Zonas Áridas (CEAZA)

Jaime Cuevas, Planificación y Ordenamiento Territorial CEAZA

Waldo Canto, jefe de proyecto de arborización regional de CONAF de Coquimbo

Patricio Solís, encargado del Departamento de Gestión Ambiental de Coquimbo

Saleta de Arcos, paleontóloga de consultora Terra Ignota

Matías Pizarro, Aguas del Valle

María José Hernández, Gemat experta en sistema Tohá

Juan Carlos Contreras, defensor del parque

Enrique Ulloa, defensor del parque

Profesores consultados:

Paola Velázquez, Departamento de Urbanismo

Mario Terán, Departamento de Arquitectura

Lorenzo Berg, Departamento de Patrimonio

Fernando Dowling, Departamento de Arquitectura

Carolina Devoto, Departamento de Arquitectura



Parque el Culebrón en Coquimbo
Fotografía aérea de Felipe Figueroa

Resumen

El parque el Culebrón se encuentra en la ciudad de Coquimbo en un brazo poniente de la quebrada el Culebrón, una estructura geográfica constituida por la huella del agua que desciende más de 100 metros desde su origen en los pies de un cordón montañoso menor hasta el mar, desembocando en la bahía de Coquimbo en el humedal el Culebrón, fuente importante de biodiversidad. Este parque adscrito a la Municipalidad de Coquimbo desde hace más de treinta años ha sido la gran promesa de campaña de varios alcaldes, sin embargo, bajo cada administración se avanza solo un tímido paso hacia su recuperación.

Este proyecto de título buscó entender la historia del parque, sus usos espontáneos y sus problemas, pero también su relevancia ecosistémica y paleontológica con el fin de poder respaldar la importancia de preservar y restaurar naturalmente este espacio natural presionado por una expansión inmobiliaria creciente y degradado tanto por factores naturales como por factores antrópicos. Para ello fue necesario analizar la magnitud de su escala territorial y concentrar la problemática de intervención a la principal limitante ecológica y económica que impide su conservación: la escasez hídrica de la región y la falta de recursos del municipio para suplir esta a largo plazo.

De esta manera el proyecto propone una estrategia de revitalización natural del parque teniendo un impacto positivo en el ecosistema completo (quebrada – humedal) que regenere la condición natural del lugar gracias a áreas de conservación y a la proyección de un paisaje xerófito, utilizando especies endémicas de bajo consumo de agua, adecuadas a climas áridos, y capaces de auto sustentarse restituyendo la cubierta vegetal del suelo para mitigar la erosión.

La intervención consiste en una propuesta de zonificación, canalización y reforestación que pueda dotar de agua el parque conformando un sistema lineal que capta, recicla y desplaza el agua irrigándolo en puntos estratégicos y áreas de recuperación, circulando gracias a la pendiente natural de la quebrada y a las huellas del agua existentes.

El sistema se sustenta íntegramente por un edificio central que constituye el corazón del proyecto como punto de origen del reciclaje y del movimiento del agua, integrando en él programas variados pero complementarios como son la producción de agua de riego reciclada de las aguas servidas del barrio adyacente, el cultivo de especies arbóreas en un vivero que reutilice los residuos de la planta de agua (humus) promoviendo un sistema autosustentable y circular. Se incluyen áreas de bodegaje y de estudio paleontológico para impulsar la preservación de fósiles encontrados en el parque. La red también se apoya en infraestructura menor en algunos puntos, incluyendo una pasarela que transporte agua entre ambas laderas y aprovecha para generar condiciones de cruce peatonal y ascensores que permitan dar accesibilidad universal al fondo de la quebrada. Se integra la arquitectura al paisaje, a través del uso de materialidades y texturas como el acero corten y la piedra, en circulaciones verticales y horizontales generando el menor impacto visual posible.

Se rescata en el proyecto la importancia de repensar el rol que le otorgamos al agua y al uso eficiente del recurso en el diseño arquitectónico y en el diseño urbano, en un mundo en el que esta sera cada vez más escasa, desafiándonos profesionalmente a innovar e incentivar a los gobiernos de turno a incluir políticas públicas sostenibles que sobrepasen las barreras del mercado.



Huella del agua en el parque el Culebrón
Fotografía de la autora

Motivaciones

Este proyecto es el resultado de diversas motivaciones, hechos y circunstancias que lo fueron forjando en los últimos meses. El proceso de trabajo de un proyecto arquitectónico tiende a ser una sucesión de decisiones condicionadas unas por otras, pero en este caso la determinación del tema a estudiar y la elección del lugar surgieron como ideas paralelas que encontraron un punto de convergencia en una reflexión muy simple acerca del orden de las variables a considerar en el diseño de un proyecto de áreas verdes.

Por un lado, el agua como elemento natural integrado al diseño arquitectónico siempre me ha interesado; el paisaje asociado a este, su dinámica y metamorfosis en distintos estados, así como también su importancia como temática a abordar hoy en día. Es un bien cada vez más escaso en el futuro y por el cual la arquitectura tiene una gran oportunidad de intervención para ayudar a su preservación.

Por otro lado, la ciudad y las temáticas urbanas siempre han sido de gran interés para mí y preferí centrarme en la ciudad como lugar de investigación pudiendo en algún ser reevaluado por los muchos problemas asociados al agua que tiene el mundo rural y la agricultura. Pero quise mantener el proyecto en una escala urbana y preguntarme cómo afectan las problemáticas asociadas al agua en la calidad de vida urbana de los habitantes de una ciudad.

En otro ámbito la motivación de trabajar en este lugar en particular surge durante el verano del año 2016, periodo en el que hice una práctica en un proyecto del Urban Design Lab, una asociación entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Universidad Tecnológica de Viena en el marco del programa de Ciudades Emergentes, para generar un plan de acción para la conurbación La Serena- Coquimbo. Este culminó en el desarrollo de diversos proyectos detonantes cuya finalidad era proponer formas de revitalización de espacios naturales de la ciudad articulando el territorio y promoviendo la regeneración de áreas verdes naturales en riesgo y espacios públicos. Surgieron dos proyectos, uno fue la cuenca del río Elqui en la Serena y otro el parque el Culebrón en Coquimbo en el que pude participar en los procesos participativos con diversas organizaciones de la sociedad civil pero también autoridades comunales y regionales lo que me llevo a conocer a la comunidad, a recorrer el lugar a cabalidad, a maravillarme con su morfología y con el potencial que tiene como espacio natural a preservar.

“{...} dicen que siempre hay alguna naturaleza, ya sea una o más de una, de la cual se generan las demás cosas, conservándose ella. Pero, en cuanto al número y a la especie de tal principio, no todos dicen lo mismo, sino que Tales, iniciador de tal filosofía, afirma que es el Agua (por eso también manifestó que la Tierra estaba sobre el Agua); y sin duda concibió esta opinión al ver que el alimento es siempre húmedo y que hasta el calor nace de la humedad y de ella vive (y aquello de donde las cosas nacen es el principio de todas ellas).”

Aristóteles, *Metafísica*, libro I, capítulo 3.

01 | Introducción

Introducción

Existe una serie de leyes universales físicas que rigen absolutamente todos los procesos dinámicos que transcurren en la Tierra; como la gravedad que limita a una sola dirección el movimiento natural de las cosas, de arriba hacia abajo; el crecimiento expansivo de los organismos vivos de menos a más; o la conservación de las partículas y su transformación en distintos estados en la atmósfera, resultando en que nada desaparezca realmente por completo, sino más bien que se transforme en algo más en un ciclo interminable y posiblemente perfecto.

Este cierto orden que estructura la naturaleza también ha sido replicado en todas las construcciones humanas inspiradas en la misma. El hombre siempre ha buscado dominar y controlar estas variables y más aun explicarlas buscando el origen de todo.

En la Antigüedad distintas civilizaciones buscaron respuestas metafísicas a este funcionamiento cíclico y constante, que determina hasta nuestros días la vida y la cultura de pueblos completos. Muchas consideraron distintos elementos como el aire, el fuego, la tierra y el agua para explicar los distintos patrones de funcionamiento en la Tierra.

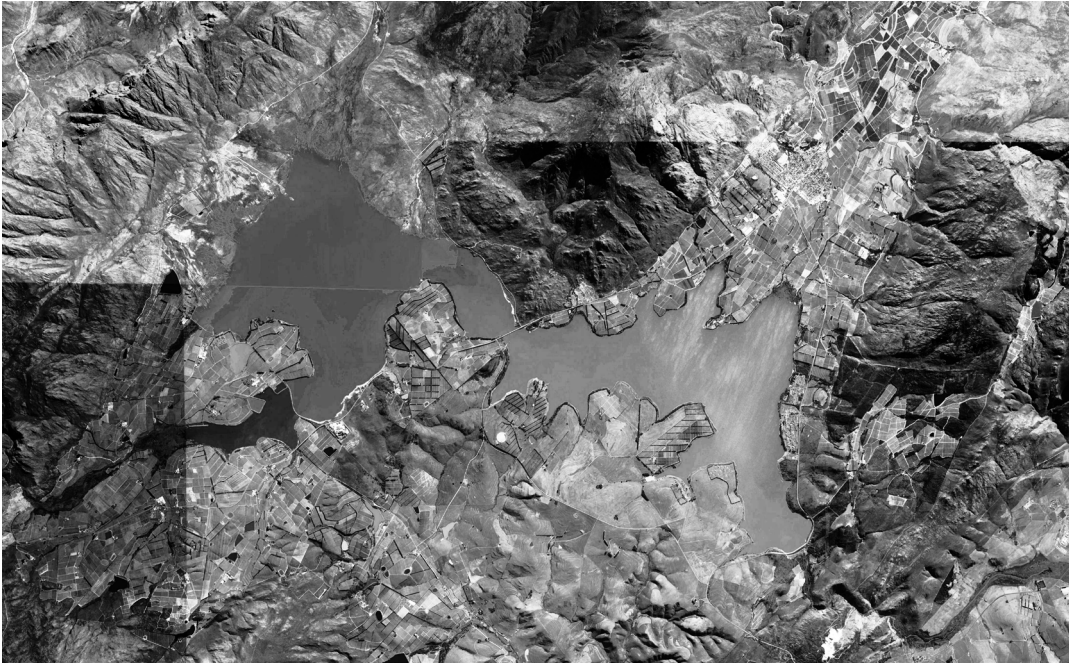
En la Antigua Grecia los filósofos y matemáticos griegos fueron los precursores de la metafísica, intentando explicar los diversos fenómenos naturales que ocurren buscando el principio de todas las cosas: el arché. En su obra *Metafísica*, Aristóteles citando a Tales de Mileto establece que el arché es el Agua.

De esta manera, en un sentido abstracto, el agua sería el principio de toda la vida y naturaleza en la Tierra, pero llevando la declaración de Tales de Mileto al estado objetivo de las cosas, podemos decir que el agua es el principal determinante de la supervivencia de ecosistemas en el planeta y que por ende su preservación es el principio de todas las cosas.

Más de dos mil años después la humanidad sigue condicionando su supervivencia a los mismos fenómenos naturales regidos por los ciclos del agua y hoy enfrenta su mayor desafío: la escasez hídrica asociada al cambio climático.

La racionalización del agua es algo que no dejará de ocurrir en áreas urbanas en el futuro donde la alta concentración de personas y actividades productivas no es proporcional

2014



2018



Evolución de la sequía de la represa Theewaterskloof en Ciudad del Cabo entre 2014 y 2018, principal fuente hídrica de la ciudad

Fuente: Google Earth

a la densidad de recursos naturales disponible y renovables, sumado al déficit de precipitaciones y a las fuertes sequías asociadas al cambio climático. Es el caso reciente de Ciudad del Cabo en Sudáfrica que llegó a su “día cero” limitando el agua disponible a 50 litros diarios por persona a causa de un aumento explosivo de más del 80% de la población en dos décadas, el incremento de la esperanza de vida y una planificación urbana deficiente.

Si actualmente el 54% de la población mundial vive en ciudades, y la ONU estima que el año 2050 aumentará a un 66% ¹, la forma en la que habitamos las urbes y la calidad de vida en ellas debe ser uno de nuestros mayores desafíos. De este modo este proyecto partirá desde la premisa anterior, retomando la problemática inicial a la que se enfrentan todos los proyectos de espacio público con áreas verdes en centros urbanos áridos, precisamente en parques naturales de dimensiones considerables: la falta de agua para el riego y las consideraciones en el diseño que eso implica siendo estos espacios necesarios para una vida urbana apta a las exigencias de la vida actual.

Esta memoria expondrá el proyecto, primero evidenciando ciertos conceptos teóricos a estudiar para la elaboración de la propuesta como el agua y sus usos, la desertificación y su contraparte la oasisificación, la escasez hídrica en zonas urbanas, el paisaje y su arquitecturización y la gestión del agua en Chile. Un segundo punto se referirá al lugar a intervenir, la región de Coquimbo, y su principal polo urbano, la conurbación La Serena-Coquimbo, la quebrada y el parque el Culebrón y su historia. Y finalmente se abordará la propuesta de intervención: una estrategia de revitalización natural para el parque El Culebrón comandado por un edificio central que sustente un sistema de irrigación para restaurar la quebrada del parque.

¹ Datos extraídos de Perspectivas Mundiales de Urbanización del año 2014 elaborado por UN DESA, estima que el crecimiento de población urbana será significativo en Asia y África en los próximos años.

02 | Marco teórico

Aspectos generales sobre el agua y su utilización

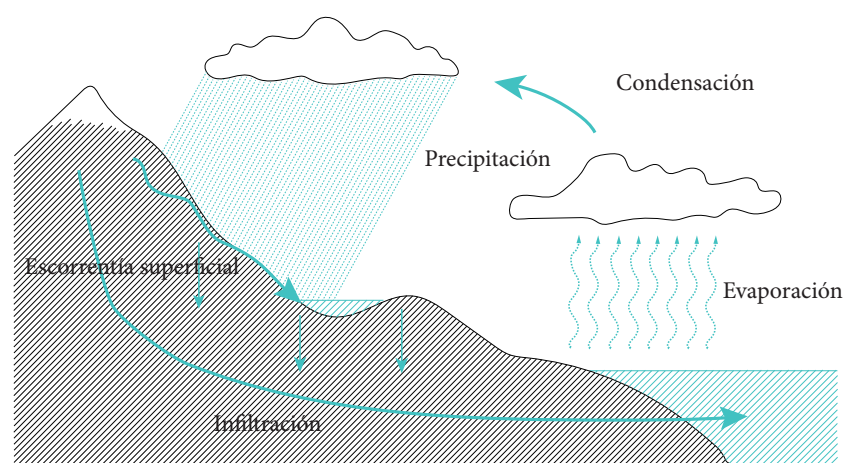
El agua es un elemento esencial para la supervivencia de todas las formas de vida en la Tierra. Se manifiesta en distintos estados y circula constantemente generando un ciclo de evapotranspiración, precipitación y desplazamiento hacia el mar siendo devuelta a tierra firme por los vientos que traen las nubes de vapor de agua cargadas de precipitaciones renovando el ciclo.

Desde el año 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoce a través de la Resolución 64/292 el derecho humano al agua y al saneamiento, estableciendo que el agua potable limpia y el saneamiento son elementales para la vida humana digna y para la realización de todos los derechos humanos (ONU, 2010).

El derecho al agua fue previamente definido en 2002 por el Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos Sociales y Culturales en su Observación General n° 15, como el derecho de cada individuo a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico (Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, 2002).

Al reconocer el agua como un derecho humano se busca incentivar a los Estados y Organizaciones Internacionales a priorizar y garantizar esta necesidad humana básica y a fomentar la inyección de recursos financieros para desarrollar tecnologías y capacitar a expertos en los países menos desarrollados con el fin de garantizar el suministro de agua potable a todos.

Actualmente en el mundo hay alrededor de 1400 millones de personas que no disponen de agua para el uso doméstico y una de cada cinco personas no tiene acceso a agua potable.



Ciclo del agua
Elaboración propia

Fuentes de agua y conservación ecológica

Si bien el planeta está cubierto por agua en dos tercios de su superficie, solo el 2,5% es agua dulce. De este porcentaje un 0,78% son aguas subterráneas que no se pueden extraer por su profundidad, y un 1,71% está en forma de hielo en los glaciares polares. Además, se debe restar el agua atmosférica, el agua en los seres vivos y en la constitución de los suelos dejando solo un 0,007% ² utilizable para el consumo humano disponible en acuíferos, lagos y ríos principalmente.

Se estima que el 70% del agua dulce en el mundo es utilizada por la agricultura, el 20% en la industria y el 10% restante por el consumo doméstico. En Chile en tanto, las cifras se mantienen en el rango mundial: el 73% del agua se usa para la agricultura, el 12% para la industria, el 9% para la minería y el 6% para uso doméstico (MOP, 2013).

Al haber muy poca agua dulce disponible para la vida humana en el planeta, **los humedales** son grandes reservas de esta y ante la escasez son un recurso vital a largo plazo. Estos cumplen un papel fundamental en el ciclo del agua ya que la captan y la conservan recargando los acuíferos, reteniendo sedimentos y depurando el agua lluvia.

Sin embargo, en el siglo XX el 50% de los humedales que quedaban en el mundo se destruyeron y otros han sido alterados físicamente con represas, canales y otras obras, fragmentando el flujo del 60% de los mayores ríos del mundo, poniendo en peligro la conservación de ecosistemas necesarios para la subsistencia humana (Corporación Ambientes Acuáticos de Chile, CAACH, 2005).

El aumento de la población mundial ha incidido mucho en el incremento de la demanda de agua especialmente en la agricultura para la cual se destina el 70% del agua dulce extraída que se ha convertido en la principal fuente de contaminantes en el mundo desarrollado. Esto ha aumentado la presión de los ecosistemas ya que las actividades agropecuarias se desarrollan a partir de aguas superficiales y subterráneas, y el volumen de extracción del recurso aumenta mientras que los tiempos de recuperación de las fuentes hídricas aumentan con el cambio climático y el decaimiento de la frecuencia de las precipitaciones. La actividad minera también tiene altos impactos en la conservación de ecosistemas tanto por la fuerte demanda de recursos hídricos y así como también por ser una fuente de contaminación directa (Corporación Ambientes Acuáticos de Chile, CAACH, 2005).

² Distribución de agua dulce en el planeta determinada por el Servicio Geológico de Estados Unidos USGS

En general estos espacios naturales tienden a ser marginados en las zonas urbanas ya que fragmentan el territorio, interrumpen la trama urbana, y dificultan la circulación. Se convierten en espacios renegados y degradados por factores antrópicos (microbasurales, extracción ilegal de sus aguas y de áridos, etc) generando muchas de las tensiones que afectan la sostenibilidad de estas zonas por la pérdida de hábitat y de funciones ecológicas e hidrológicas, aumentando la contaminación.

Otra amenaza importante para los humedales es el desarrollo inmobiliario y la expansión urbana ya que nuevas construcciones e infraestructura están siendo levantados sobre ellos, siendo rellenados y destruidos por completo para suplir la falta de tierra en las ciudades. Esto no dejará de aumentar si la población urbana mundial está en constante ascenso.

En 1981 entra en vigor la Convención de Ramsar, cuyo principal objetivo es promover la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo (Convención de Ramsar, 2016). Estiman que los humedales son el punto de partida de toda estrategia de ordenamiento territorial que integre los recursos hídricos y fue aprobada en Chile como Ley de la República en septiembre de 1980 en donde se incorporó el emblemático Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter en el río Cruces (Región de Los Ríos) como humedal de importancia internacional.

Desde el año 2005, Chile cuenta con una Estrategia Nacional de Humedales cuyo objetivo general es promover la conservación de los humedales prioritarios del país y de sus funciones y beneficios en el marco del desarrollo sustentable. Algunos de sus lineamientos son: una mayor valorización de los humedales, mayor conocimiento sobre los humedales, la implementación de un marco de acción legal para su conservación, promover la participación de diversos actores en iniciativas de preservación, desarrollar instrumentos de planificación y gestión participativos, reforzar la participación de Chile en el quehacer internacional y buscar apoyos externos para lograr poner en marcha estas estrategias (CONAMA, 2005).



Humedal El Culebrón en Coquimbo
Fotografía de la autora



Desertificación en Chile y en el mundo

La desertificación como fenómeno es definida por la ONU como la degradación de las tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas causada principalmente por variaciones climáticas y actividades humanas. Se establece que "las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas son aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,65, excluidas las regiones polares y subpolares" (PNUD, 2016), es decir son zonas en donde los milímetros de agua que pierde la vegetación son entre 20 y 15 veces más a los milímetros de lluvia caída por año.

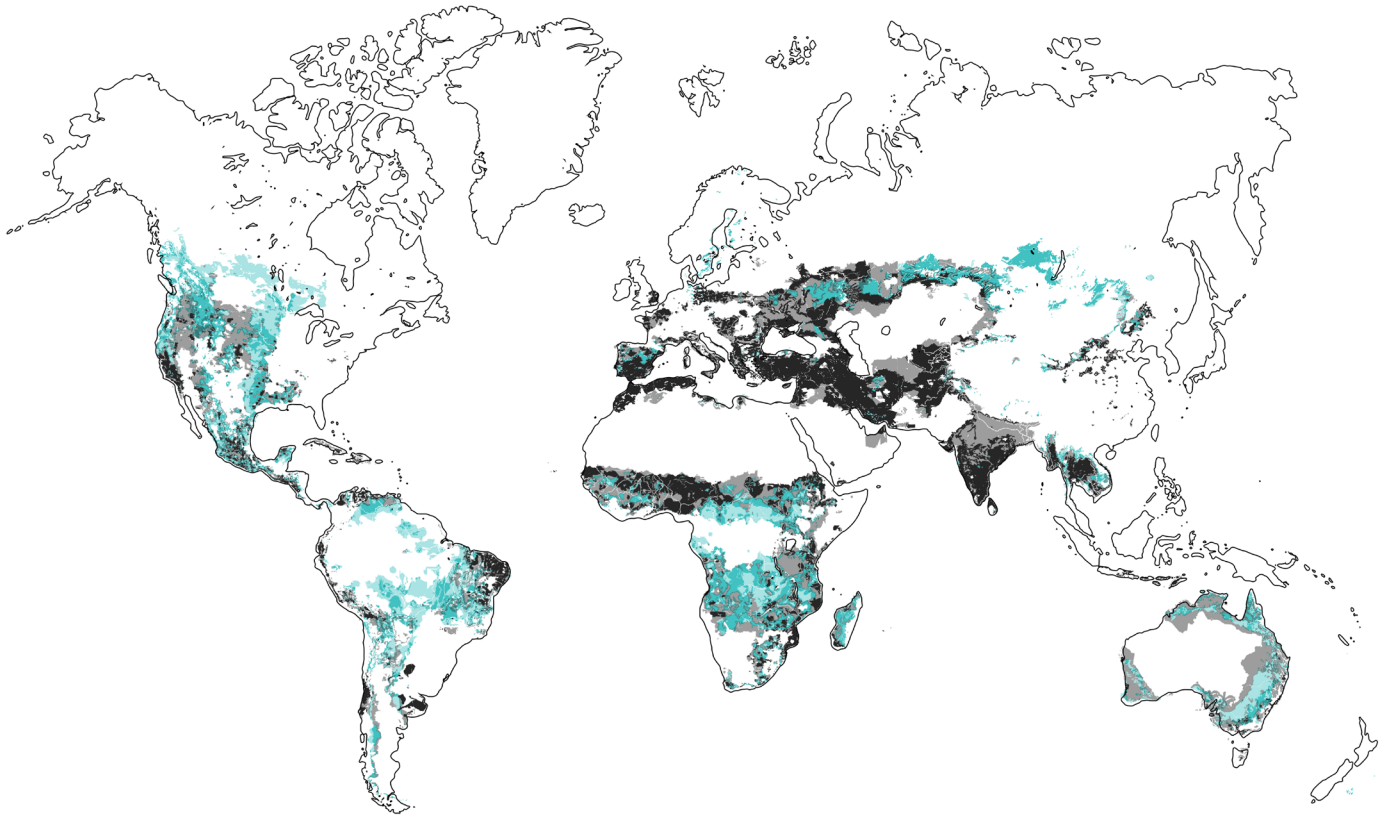
Más específicamente esta corresponde a la degradación progresiva del suelo fértil, provocada por la destrucción de la cubierta vegetal existente impidiendo posteriormente el crecimiento de vegetación de cualquier especie por el nivel de deterioro causado por la erosión del suelo. De esta manera el suelo erosionado pierde la capacidad de infiltrar agua y acoger los nutrientes necesarios para el crecimiento de vegetación que, acompañado de un clima árido conlleva a la desertificación del territorio.

Las causas de la desertificación, degradación y sequía son variadas, algunas consecuencias de fenómenos naturales y otras causadas por el hombre. Suele ser producto de factores antrópicos ligados a la sobreexplotación del suelo, tales como el sobrepastoreo, la deforestación, la agricultura intensiva, entre otros. También está ligada a factores socioeconómicos, geográficos y productivos que provocan la degradación de los suelos. Algunas causas socioeconómicas son la pobreza por la sobreexplotación de recursos vulnerables, la tenencia y propiedad de la tierra por los cambios en la productividad del predio o factores demográficos como las migraciones explosivas afectando a muchos territorios en diversos continentes, así como también el incremento de la población en un determinado territorio y la necesidad de sustento y alimento. Algunos factores geográficos que inciden son la topografía y la erodabilidad del suelo provocando erosión, así como también el drenaje y el clima contribuyen a la degradación del suelo. Finalmente hay factores productivos como la deforestación que hace que la tierra pierda su cobertura vegetal, la intensificación de la agricultura o el desarrollo de infraestructura que han colaborado a aumentar el riesgo de desertificación en algunas zonas del mundo (PNUD, 2016).

Asimismo, el cambio climático acentúa este proceso ya que promueve la disminución de las precipitaciones y modifica la intensidad de estas además de generar un aumento en la temperatura provocando aridez en zonas que solían ser más húmedas.

En el mundo actualmente hay grandes zonas de riesgo de desertificación, encontramos zonas vulnerables en el norte de África, las costas de Australia, el sur de India, en el cordón montañoso del Himalaya y el macizo de Altái en Asia o en los Apalaches en Norte América. En América del Sur vemos que ciertas zonas de la pampa argentina, el noreste de Brasil y el norte de nuestro país están en riesgo de desertificación inminente.

Se estima que en los próximos 100 años el mundo aumentará su temperatura atmosférica entre 1,4 y 5,8°C debido al efecto invernadero, así como también a fenómenos climáticos naturales como "el niño y la niña" que alterarán aún más la pluviometría y la intensidad de estas zonas.



Desertificación en el mundo
Elaboración propia en base a datos de la ONU

- | | |
|------------|-------------|
| ■ Grave | ■ Leve |
| ■ Moderada | ■ Baja/nula |

En nuestro país la desertificación afecta al 62,3% del territorio nacional y se estima que el desierto avanza entre 0,4 y 1 km al año producto de actividades humanas inadecuadas y persistentes ligadas a la sobre explotación del suelo y al agotamiento del sistema hídrico de algunas zonas causadas por la agricultura y la industria, principalmente la minería.

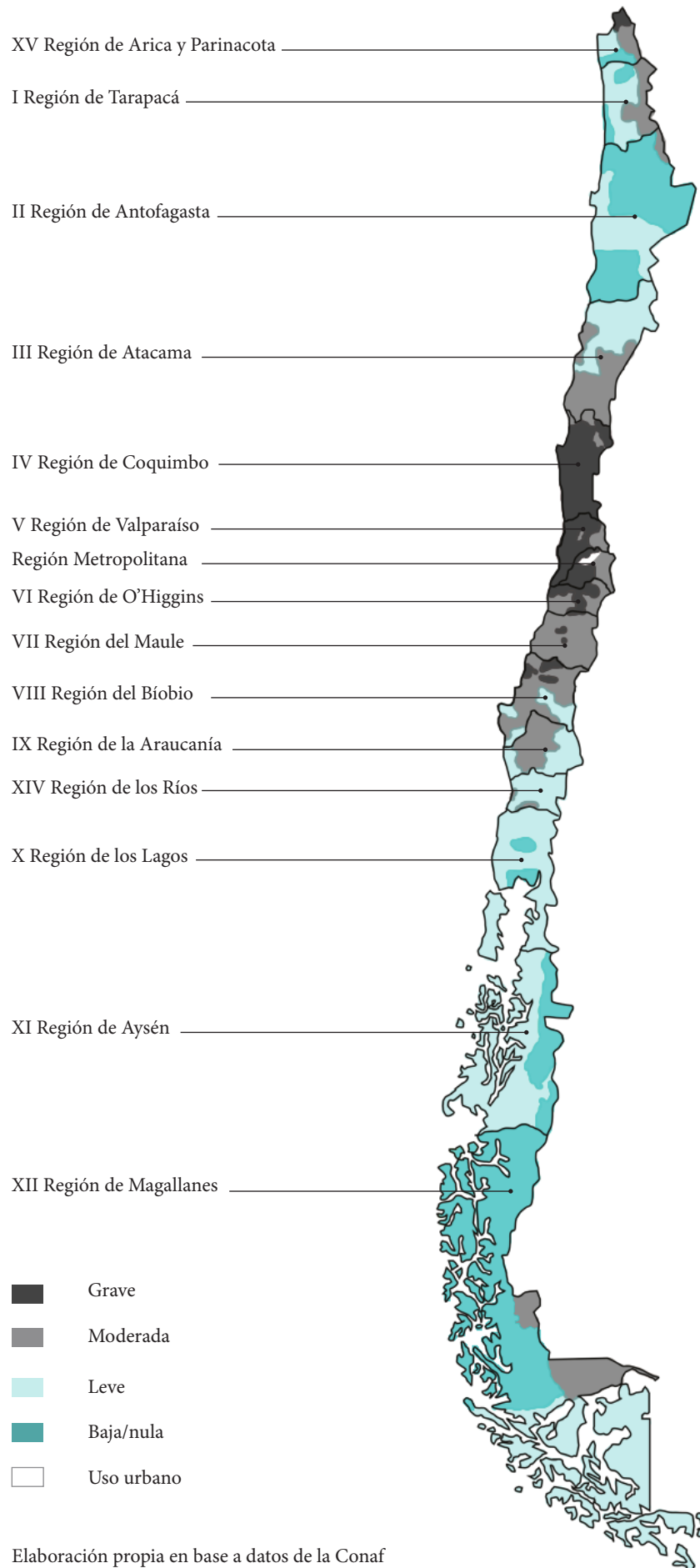
La erosión de las capas superficiales es la principal causa de la progresión del desierto en Chile y conlleva a, por un lado, disminuir progresivamente la productividad de los suelos, pero también por otro lado a limitar la capacidad del territorio de mantener y auto sustentar ecosistemas naturales elementales para la preservación de la flora y fauna nacional.

De esta manera el problema de la desertificación nos toca directamente ya que gran parte del norte de nuestro país está en riesgo de secarse completamente, así como también es un riesgo en otras zonas más céntricas y sureñas. La zona norte del país, entre la III y la IX Región y la zona austral en la XI y la XII región son las más perjudicadas por este fenómeno.

Se estima que el 22% del territorio nacional presenta algún grado de desertificación, 80% muestra signos de degradación del suelo y 72% efectos de la sequía siendo el problema más complejo entre la IV y VI región. De igual forma toda la zona centro- norte tiene graves problema de agua por el declive de las precipitaciones en el país, netamente la región de Coquimbo, de Valparaíso, O'Higgins y la región Metropolitana.

Las macrozonas más afectadas son la precordillera del extremo norte del país, la faja costera de todo el norte hasta la IV región de Coquimbo, las zonas de alta producción agrícola de los valles de la III y IV región, 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.

Desertificación, degradación de las tierras y sequía en Chile



Efectos de la escasez hídrica en zonas urbanas

Chile es uno de los países más vulnerables a problemas ambientales y desastres naturales de todo tipo en toda su extensión netamente en los principales polos urbanos. Existe un riesgo de desastre potencial a futuro que ha adquirido mayor relevancia en los últimos años relacionado a la escasez hídrica cada vez más acentuada que está enfrentando el mundo. Esta es causada por diversos factores como la sobreexplotación humana del recurso hídrico, el cambio climático que ha alterado las precipitaciones considerablemente en los últimos años entorpeciendo el ciclo y la renovación del agua extraída, así como también el incremento de la esperanza de vida de las personas que ha puesto en duda el abastecimiento del recurso en el tiempo y su accesibilidad.

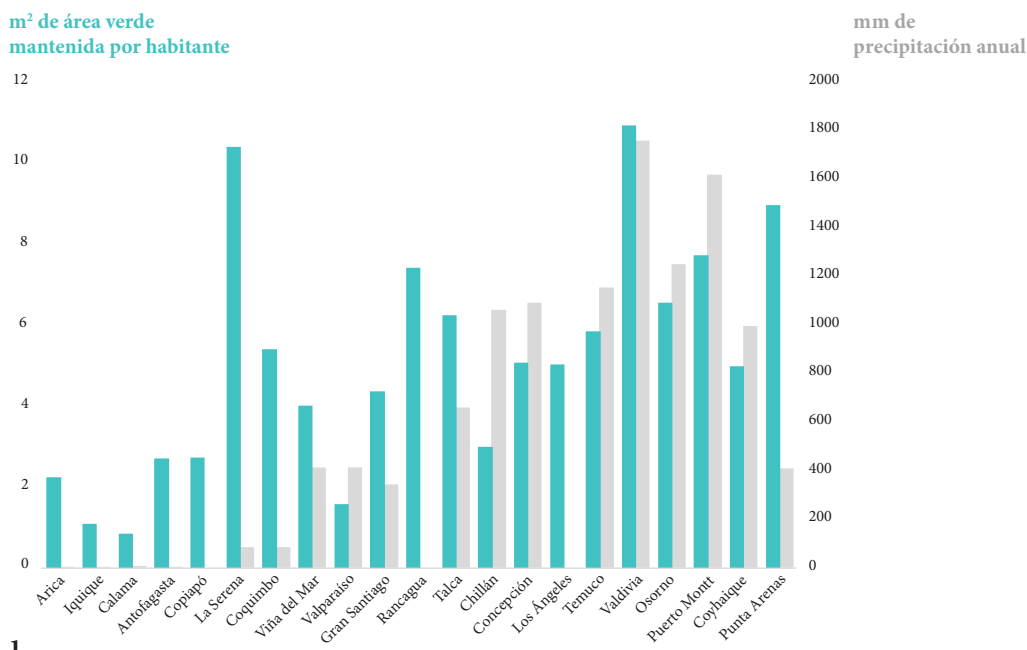
Ante la escasez y el dramático problema que enfrentaremos acerca del agua es imprescindible buscar nuevos mecanismos de reutilización de agua y formas de captación alternativas para no solo sirvan para satisfacer las necesidades básicas humanas, pero también para preservar los ecosistemas naturales esenciales para la supervivencia y el restablecimiento de la biodiversidad alterada por el hombre en zonas urbanas.

La preservación del paisaje está en constante riesgo si el agua lo está. Vemos que la desertificación está modificando territorios, permeándose en zonas áridas que no dejan de extenderse en el mundo entero, extinguiendo especies, y reduciendo el territorio fértil para la producción de alimentos afectando directamente la alimentación y por ende la subsistencia humana.

Si bien esta degradación del suelo afecta mayormente los procesos productivos de la agricultura en zonas rurales es también visible en zonas urbanas asociado a periodos de sequía y encarecimiento del precio del agua potable para el consumo de las personas, pero también disminuyendo las áreas verdes municipales y la experiencia de proximidad

Gráficos de relación entre los m² de áreas verdes, las precipitaciones y la calidad de vida urbana de las ciudades más pobladas de Chile de norte a sur

Elaboración propia en base a datos de Observatorio Urbano, la Dirección Meteorológica de Chile y el Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC



1

a la naturaleza para los habitantes urbanos, tan necesaria para mejorar la calidad de vida urbana de las personas y su desarrollo personal.

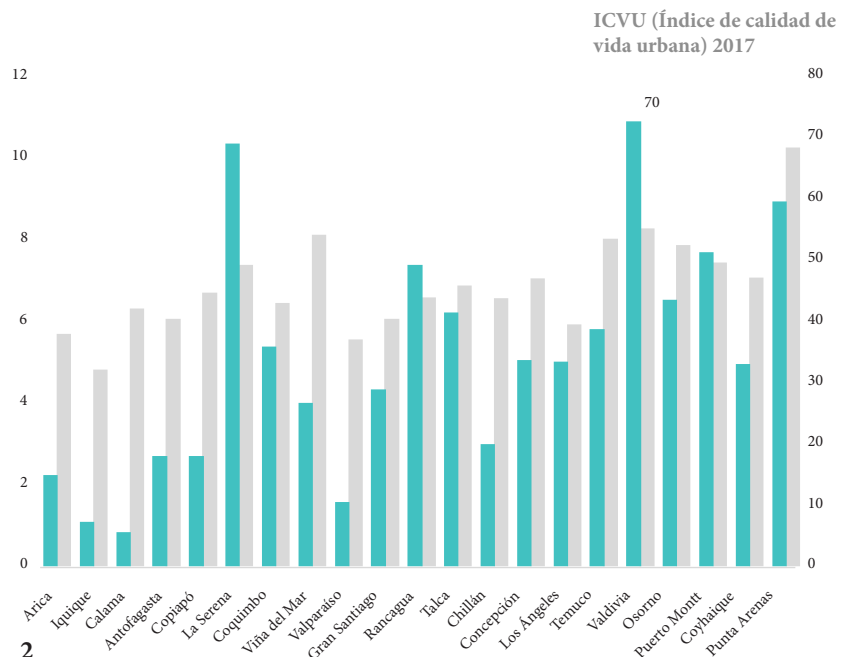
La extensión de nuestro país en 6.400 km nos lleva a tener una amplia diversidad de climas con condiciones muy distintas. Como vemos en el primer gráfico, las ciudades más pobladas del norte del país de carácter más árido, con una degradación del suelo importante asociada a la sequía tienen precipitaciones muy bajas que no superan los 200 mm anuales lo cual incide en la cantidad de metros cuadrados de área verde mantenidos. Si consideramos que las ciudades de la zona norte (de Arica a Valparaíso) tienen en promedio 5 m² de área verde mantenida por habitante, a excepción de La Serena que al ser una comuna más rica alcanza a tener más de 10 m² de área verde mantenida por habitante ³. La ciudad de Arica por ejemplo, en el punto norte más extremo y con menores milímetros de agua caída por año, que tiene los peores y paralelamente el peor porcentaje de áreas verdes por habitante si comparamos con ciudades del sur como Valdivia con el mayor superávit de lluvia en el país y el mayor número de metros de área verde por habitante se asume que existe un vínculo entre los milímetros de agua caída por ciudad y su porcentaje de áreas verdes por habitante.

Paralelamente el índice de calidad de vida urbana (ICVU, 2017) en el gráfico dos nos muestra que la calidad de vida urbana es heterogénea a lo largo del país pero que aquellas ciudades como Arica, Iquique y Valparaíso, con un índice más bajo de 40 tienen menos de 3 m² de área verde por habitante por lo que este factor incide considerablemente en la calidad de vida urbana de las personas.

De igual forma el paralelo entre la riqueza de cada comuna y su porcentaje de áreas verdes no es menor, lo cual tiene directa relación con la calidad de vida urbana de sus habitantes si vemos que La Serena, Viña del Mar, Valdivia y Punta Arenas, ciudades con bajos niveles de pobreza tienen mayores metros cuadrados de área verde mantenida por habitante y un alto índice en la calidad de vida urbana.

³ La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda 9 m² de área verde por habitante para asegurar tanto una descontaminación ambiental urbana y una mejor calidad de vida con proximidad a la naturaleza.

m² de área verde mantenida por habitante



Gestión del agua en Chile

La gestión del agua en Chile y su progresión en la historia se caracterizan en gran medida por la evolución de la relación que existe entre el agua y la propiedad de la tierra.

En 1855 se promulga el Código Civil en el cual se esbozan las primeras normativas en torno al agua. Este establece que los ríos y las aguas que corren por cauces naturales son bienes nacionales de uso público, esto sigue en vigencia hasta nuestros días. En este documento también se establece la diferencia entre aguas de dominio público y de dominio privado, siendo las primeras utilizables al solicitar una merced de uso. Otro hito importante durante este periodo fue la Ley N°2.139 de 1908 sobre Asociaciones Canalistas que establece que los dueños de canales pueden organizarse y asociarse siendo las precursoras de las actuales organizaciones de usuarios de agua establecidas en el Código de Aguas de 1981.

En 1951 se promulga el primer Código de Aguas que concentra en un solo cuerpo normativo todas las materias relativas al agua, derogando desde su entrada en vigencia todas las leyes, ordenanzas y reglamentos asociados al agua ya existentes, y retomando los mismos principios que ya mencionamos anteriormente establecidos en el Código Civil de 1855. Durante este periodo el Estado asume un rol más activo en materia de aguas mediante la promoción y el desarrollo de grandes obras de riego. Este código instaura el término de Derecho de Aprovechamiento para la autorización a usar aguas de dominio público vigente en la actualidad. Con respecto a las aguas subterráneas este señalaba que su aprovechamiento en terrenos particulares correspondía al propietario del terreno uniendo el agua y la tierra.

El contexto político y económico en la década del sesenta estaba impulsando la industrialización del país para sustituir las importaciones para lo cual el Código de Aguas de 1951 quedó obsoleto. Además, en 1962 se inicia la Reforma Agraria que propició un cambio urgente en la normativa de las aguas. De esta manera en 1967 se promulga un nuevo Código de Aguas en el cual el Estado adquiere el rol de planificador en la asignación de los recursos hídricos, expropiando todas las aguas de dominio particular incorporándolas al dominio público, pero manteniendo los derechos de aprovechamiento de los propietarios de la tierra como estipula el artículo 95 de la Ley 16.640, Código de Aguas de 1967.

“ Para el solo efecto de incorporarlas al dominio público, decláranse de utilidad pública y exprópiense todas las aguas que, a la fecha de vigencia de la presente ley, sean de dominio particular.

Los dueños de las aguas expropiadas continuarán usándolas en calidad de titulares de un derecho de aprovechamiento, de conformidad con las disposiciones de este Título y las del Código de Aguas, sin necesidad de obtener una merced.”

Artículo 95, Ley 16.640

De esta manera durante este periodo en Chile el agua fue un bien del Estado, quien administraba su uso, manteniendo los derechos de aprovechamiento ligados a la propiedad de la tierra.

Con el Golpe de Estado de 1973 culmina este rol activo del Estado en materias políticas y económicas y comienzan a forjarse las bases del nuevo Código de Aguas de 1981, vigente hasta la fecha. Este nuevo código ha sido el hito más importante en materia de gestión de recursos hídricos por los impactos que ha tenido en diversos indoles de la vida social. Este dio un giro significativo en la forma en la que gestionamos el agua estableciendo que la gestión y la administración de los recursos hídricos queda en manos de aquellos que disponen de derechos de aprovechamiento, los usuarios de aguas y especialmente las organizaciones de estos usuarios limitando considerablemente la intervención de los Servicios del Estado como la Dirección General de Aguas (DGA), y dejando en manos de los tribunales de justicia la resolución de todo conflicto entre usuarios.

El derecho de aprovechamiento de aguas es otorgado sin costo a cualquier persona natural o jurídica que cumpla con los requisitos que establece el Código de Aguas. El mercado comienza a tener gran importancia en la asignación de recursos hídricos y se consagra la libre transferencia de los derechos de aguas dissociándolos de los bienes raíces. De esta manera la propiedad de la tierra y los derechos de agua que estaban históricamente ligados se convierten en bienes independientes.

Esto convirtió el agua en un bien de consumo transado, inmerso en una lógica de oferta y demanda generando un mercado de los derechos de agua. El D.F.L. N° 1.122 distingue en su Artículo N°12 distintos tipos de derechos de aprovechamiento: los consuntivos o no consuntivos. Los consuntivos facultan al titular a consumir totalmente las aguas en cualquier actividad no devolviéndolas al caudal de origen (Art. N°13, D.F.L. N° 1.122). El derecho no consuntivo es aquel que permite emplear el agua sin consumirla y que es devuelta al caudal de origen (Art. N°14, D.F.L. N° 1.122). Hoy la totalidad de los derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos son de empresas multinacionales, siendo ENDESA, empresa eléctrica propiedad de ENEL la propietaria del 81% de estos. En cuanto a los derechos de aprovechamiento consuntivos, estos pertenecen en un 84% a las mineras y agroexportadoras.

En Chile pagamos el agua potable más cara de toda Latinoamérica, la cual está suministrada por 20 empresas sanitarias privadas que dotan del servicio a todo el país reguladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). El 99% de estas son empresas transnacionales como Aguas Andinas propiedad de Aguas Barcelona (AGBAR).

La estructura tarifaria se divide por periodos punta (1 de diciembre hasta el 31 de marzo) o no punta. Durante el periodo punta se aplica una tarifa mayor cuando el usuario pasa el límite de sobreconsumo (40 m³) con el fin de ahorrar en consumo hídrico en esa época del año. También existe un costo por el servicio de alcantarillado por metro cúbico devuelto al sistema y por el control de los residuos líquidos industriales (Riles),

que son descargados a las redes de alcantarillado por establecimientos industriales (Código de Aguas, 1981) .

El año 2005 se promulga la ley 20.099 que por primera vez modifica el código vigente, esta tomó 13 años de discusión legislativa en el Congreso Nacional. Por un lado, esta modificación incorpora el concepto de caudal ecológico (Art.129) que corresponde al caudal mínimo que debe mantener un curso de agua superficial. De esta manera se aplica este coeficiente a los nuevos derechos de aprovechamiento en fuentes superficiales con el fin de siempre preservar un caudal mínimo para asegurar la diversidad biológica y la preservación del patrimonio ambiental del país. Por otro lado, esta modificación le otorga más facultades fiscalizadoras a la DGA (Dirección General de Aguas) e incorpora una nueva medida, el pago de patente por no uso a los usuarios de los derechos de aprovechamiento si no ha construido las obras de captación necesarias para aprovechar las aguas a las que tiene derecho.

Además, dictamina en su artículo 4° transitorio que:

“ La Dirección General de Aguas constituirá derechos de aprovechamiento permanentes sobre aguas subterráneas por un caudal de hasta 2 litros por segundo, para las Regiones Primera a Metropolitana, ambas inclusive y hasta 4 litros por segundo en el resto de las Regiones, sobre captaciones que hayan sido construidas antes del 30 de junio de 2004.”

Artículo 4° transitorio, Ley 20.099

De esta manera la DGA adquirió la facultad de otorgar los derechos de aprovechamiento permanentes a los solicitantes resguardando los caudales en las regiones con mayor escasez hídrica. Desde el año 2009 una nueva Ley (N° 20.017) impide la constitución de los derechos de aprovechamiento en algunas zonas determinadas sin afectar a comunidades agrícolas, comunidades indígenas, pequeños productores agrícolas y campesinos.

Vemos que desde el año 2005 se ha ido modificando el código siempre en la línea de restringir los derechos de aprovechamiento en zonas del país en las que el recurso hídrico está siendo sobrexplotado ya que el código original no estipulaba el agua como un recurso escaso.

El año 2014 ingresó al Congreso un nuevo proyecto de ley para cambiar el Código de Aguas. Este tiene como objetivo principal reforzar el control del Estado sobre el agua y el otorgamiento de los derechos de aprovechamiento. Se busca hacer prevalecer el acceso al agua para el consumo doméstico y el saneamiento e instaurar la caducidad para los derechos que no han sido utilizados por su titular y para los que no están regularizados.

Reutilización de aguas grises y negras en Chile y el mundo

En el escenario actual de escasez hídrica se están impulsando muchas políticas de sustentabilidad para reciclar el agua para el riego y otras actividades en muchas partes del mundo. Durante los últimos treinta años ha habido grandes avances con respecto a la reutilización del agua estimulada por las recientes sequías sobre todo en zonas áridas. Cuando la explotación del agua supera el 20% de las reservas de agua su gestión se vuelve algo fundamental para la economía de un país. Es el caso de países mediterráneos o de Estados del Medio Oriente que se abastecen de agua por medio de la desalinización de agua de mar o por la explotación de agua subterránea no renovable.

En Europa el desarrollo de programas de reutilización de agua se orienta a buscar alternativas de recursos hídricos como medida preventiva para preservar los cuerpos de agua existentes contaminados por las descargas de aguas servidas y la industrialización. En la zona del Mediterráneo el desbalance entre el agua disponible y el agua requerida ha impulsado la implantación de políticas de reciclaje de agua sobre todo para la agricultura y el turismo hace muchos años. Esta práctica está aumentando en países densamente poblados del norte de Europa como Bélgica, Holanda, Alemania o Inglaterra, pero también en zonas turísticas costeras, islas y en el sur del continente. En los últimos años, España ha modificado su política y sus leyes de aguas para promover la reutilización de esta, hoy en día más del 20% del agua es reciclada para riego de cultivos agrícolas.

En el Mediterráneo Israel, Jordania y Túnez son los líderes en reutilización de agua para el riego en agricultura mayoritariamente. Israel es el gran pionero del reciclaje de agua donde el 70% del agua es reutilizada para la agricultura. En Túnez el Estado es responsable de la captación, limpieza y distribución del agua reciclada para utilizarla en agricultura y en el riego de canchas de golf y áreas recreacionales públicas fomentando el desarrollo del turismo impulsando la modificación de las políticas de reciclaje de aguas desde los años setenta (Lazarova & Bahri, 2005).

En Estados Unidos varios Estados han instaurado políticas de reutilización de aguas para riego. El uso de agua reciclada para riego agrícola y de áreas recreacionales (golf, parques, paisaje etc) es bastante alto en Arizona, California, Florida y Texas. En 1995 se utilizaba el 34% y el 63% del volumen de agua reciclada en California y Florida respectivamente para usos agrícolas (Lazarova & Bahri, 2005).

En Latinoamérica, el acceso al agua es bastante dispar entre todos los países, muchos aun no alcanzan estándares de calidad suficientes y accesibilidad al agua potable como para pensar en inversión y gestión para reutilizarla como es en Haití, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, Perú y Bolivia. Paradójicamente esta es una de las regiones con mayores reservas de agua en el mundo, netamente en países como Brasil, Colombia y Perú. Se estima que en Latinoamérica tres cuartas partes de las aguas residuales vuelven a las fuentes hídricas sin ser tratadas generando un daño ambiental severo ⁴.

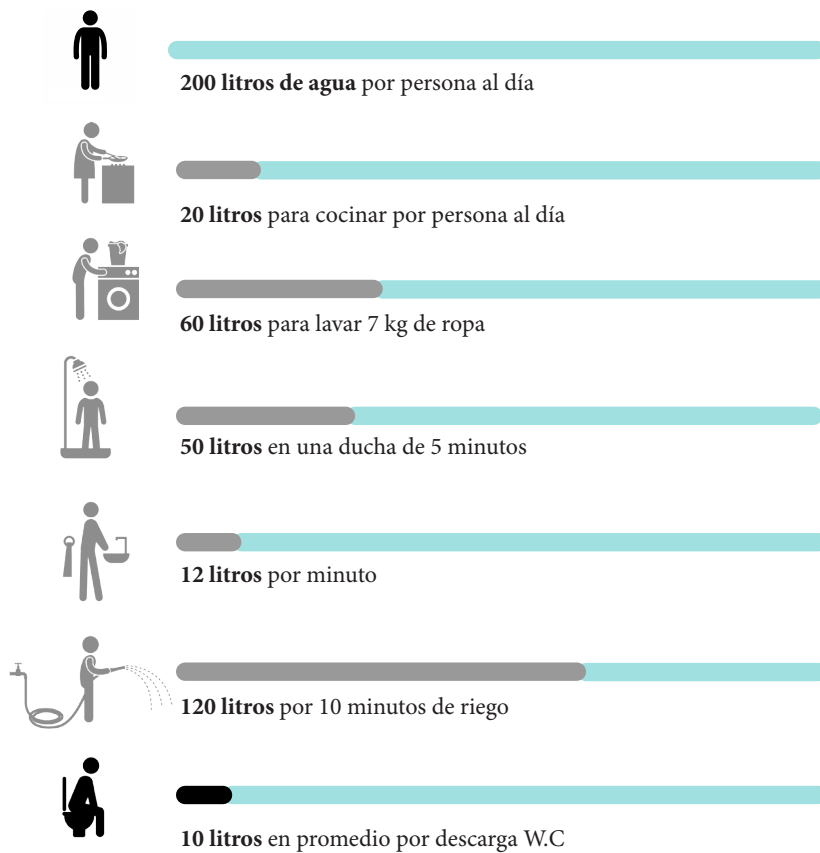
⁴ Datos del Banco Mundial que demuestran lo preocupante que es el mal manejo del agua en la región como un problema de salud pública latinoamericano.

Países como Argentina, Perú y Chile tienen proyectos aislados de reutilización de aguas, pero no cuentan con una legislación que la fomente sin embargo existen proyectos de ley en los tres países que comienzan a plantear el tema sobre todo en zonas áridas de actividad agrícola.

En nuestro país, actualmente hay buenos niveles de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento. Según el último Informe de Gestión de Servicios Sanitarios del año 2015 el 99,9% de las zonas urbanas y rurales concentradas están cubiertas por el servicio de agua potable, y 96,8% está dotada de alcantarillado (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2016). En zonas rurales semiconcentradas en tanto se estima que existen 540 comunidades rurales que corresponden a 195.000 habitantes que no tienen una red de agua potable (MOP, 2013).

En áreas urbanas en promedio el 80% del agua de consumo doméstico es devuelta al sistema de alcantarillado después de utilizarse. De estas aguas se distinguen por un lado las aguas grises, que corresponden a todas aquellas usadas en artefactos como lavatorios, lavadoras o utensilios y ducha con un grado de contaminación menor y, por otro lado, están las aguas residuales o aguas negras que comprenden todas las descargas de los baños con desechos orgánicos por lo que están altamente contaminada. El diseño de los sistemas de alcantarillados en Chile fusiona ambos flujos en un mismo ducto convirtiendo las aguas grises en aguas negras. Una vez devueltas al sistema de alcantarillado estas aguas negras son tratadas en plantas de aguas servidas para ser limpiadas y devueltas a la cuenca hidrográfica de origen o directamente al mar.

De esta manera, el reciclaje doméstico de agua en zonas urbanas tiene un altísimo potencial y podría ser la respuesta a los costos de mantención del riego pudiendo ser utilizada para el abastecimiento de agua para el espacio público y las áreas verdes de las ciudades chilenas.



Uso doméstico de aguas negras y aguas grises en litros
Elaboración propia con datos del MOP

El costo del agua en la ciudad es uno de los mayores problemas de los municipios y del Estado a la hora de promover la construcción de áreas verdes urbanas⁵. Las limitaciones a que esto se pueda implementar surgen desde las regulaciones nacionales y las empresas privadas de agua y alcantarillado pues la inversión necesaria y los marcos normativos no se adaptan muy fácilmente a sus planes de negocio.

Hasta comienzos de este año en nuestro país no existía una reglamentación sobre el reciclaje de aguas grises y sus estándares de calidad, sin embargo, el 15 de febrero de 2018 se publicó en el Diario Oficial una vez aprobada la Ley N.º 21.075 que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises en zonas urbanas y rurales con el fin de mejorar la gestión de los recursos hídricos en el país y dar alternativas para las zonas más áridas.

La ley define como sistemas de interés público “aquellos que satisfacen un interés de esta especie por servir al riego de áreas verdes, parques o centros deportivos públicos, admitidos por el instrumento de planificación territorial aplicable” que sean de propiedad o administración municipal, del Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) o de cualquier otro órgano administrado por el Estado (Ministerio de Obras Públicas, 2018).

Establece que los concesionarios de servicios sanitarios de recolección de aguas servidas “estarán obligados a prestar estos servicios dentro de su territorio operacional cuando sea solicitado para un sistema de interés público” acogiéndose a los términos establecidos por las normas relacionadas a servicios sanitarios existentes (Ministerio de Obras Públicas, 2018). Cada proyecto deberá ser aprobado por la Secretaría Regional Ministerial de Salud (SEREMI) de la región y respetar los estándares de calidad del agua establecidos por el Reglamento sobre condiciones sanitarias para la reutilización de aguas grises (Departamento de Salud Ambiental, Ministerio de Salud, 2017).

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones tiene el plazo de un año para establecer cuales son las edificaciones que deberán incorporar obligatoriamente un sistema de reutilización de aguas grises considerando la ubicación geográfica del proyecto y el déficit del recurso hídrico, la carga de ocupación o el uso potencial de agua. Unidades no habitacionales de más de 5000 m² construidos no podrán exceptuarse a reutilizar aguas grises (Ministerio de Obras Públicas, 2018).

Esta ley prohíbe la utilización de aguas grises recicladas para consumo humano, procesos productivos de la industria alimenticia, riego agrícola de alimentos crudos, su uso en centros de salud, piscinas y cultivos acuícolas ya que una mala calidad del agua puede causar problemas de salud a las personas por lo que es necesario controlar estos procesos de limpieza y aplicar una rigurosa desinfección, filtración y cloración del agua reciclada (Jiménez & Asano, 2008).

⁵ Entrevista a expertos como Iván Poduje, arquitecto urbanista; Pamela Chávez investigadora del CNID (Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo) y Jorge Gironás, investigador del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable de la UC sobre el uso de aguas grises para regar parques urbanos de Santiago.

Arquitectura y agua

Volviendo a la premisa inicial sobre el agua como principio de todas las cosas es importante recalcar el papel que tuvo el manejo de este bien como pilar elemental para la civilización de nuestra especie, derribando barreras geográficas y adversidades climáticas, permitiendo el desarrollo de culturas. El manejo del agua y del riego fue primordial no solo como base para la agricultura permitiendo la sedentarización de los pueblos y la creación de unidades urbanas: las ciudades, pero también porque permitió dar cabida a una mayor sensibilidad y confortabilidad a la construcción de espacios habitables estimulando el ingenio estético: la arquitectura.

En todo el mundo se ingeniaron antiguos sistemas de riego y recolección de agua con medios técnicos limitados, especialmente en zonas áridas y mediterráneas, donde esto determinaba la supervivencia de los pueblos. Algunos de estos inventos siguen vigentes hasta nuestros días o constituyen la esencia de grandes avances tecnológicos contemporáneos como la cisterna o la noria, determinando la base de la recolección y el almacenamiento del agua lluvia por un lado y la rueda hidráulica aprovechando la energía del agua para extraerla o para generar otros procesos dinámicos.

Hacia el 4000 AC los egipcios administraban las aguas del Nilo y sus crecidas anuales para solventar su agricultura en condiciones de aridez extremas. Extraían material de grandes extensiones de terreno para permitir la retención de agua utilizando a su favor las inundaciones del río controlando los niveles de humedad de la tierra con esclusas que vaciaban los campos (Aronson, 2008).

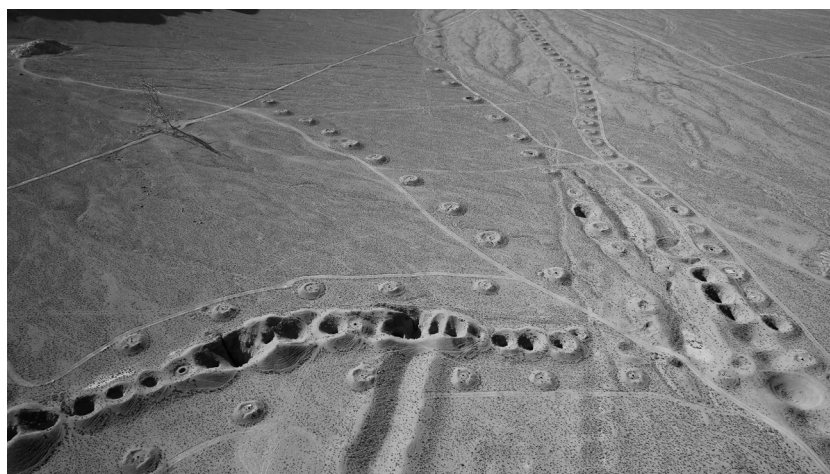
Paralelamente en Mesopotamia las fuertes sequías y las inundaciones descontroladas no reunían las condiciones para replicar el modelo egipcio sin embargo la porosidad del suelo y la leve pendiente homogénea que nace de las montañas, grandes fuentes de agua impulsaron la creación por parte de los sumerios del primer sistema hidráulico de la historia: los qanats. Era un sistema de canales de agua subterránea que constituía una cadena de pozos que penetraban las napas freáticas y conducían su agua por un túnel central a través de la pendiente que permitía su mantención continua ya que eran derrumbables, y proporcionaba un canal hasta llegar a la superficie de terreno para regar. Este sistema de distribución de agua conducido por la gravedad llegó hasta la península ibérica siendo retomado por los conquistadores españoles que lo introdujeron en algunas partes de Perú, México e incluso en Chile en el sector de Pica (Semsar Yazdi & Labbaf Khaneiki, 2017).

En algunos pueblos del Mediterráneo la construcción de represas fue elemental para retener el agua de las inundaciones durante un tiempo y poder almacenarla, desviándola progresivamente por esclusas para regar los cultivos. La cultura nabatea fue una de ellas, capaz de construir y mantener ciudades como fue Petra en medio del desierto Néguev, hoy un territorio deshabitado. Tenían un sistema de recolección de agua de "colina seca", construían una serie de muros de piedra escalonados en cerros empinados y con pendientes moderadas que conducían el agua superficial hacia canales y luego hacia pequeñas represas. Fue una cultura altamente adaptada al medio, capaces de autosustentarse en medio de un paisaje completamente árido (Aronson, 2008).

Posteriormente en Asia, la civilización China logró su mayor productividad agrícola gracias al control de sus grandes cuencas hidrográficas y de la capacidad de riego de estas, unificando el Imperio a través de sus ríos.

En América precolombina en tanto, el imperio inca logró adaptar la agricultura, base de su economía, a la topografía de la Sierra al crear el sistema de terrazas de cultivo en las laderas de las montañas irrigadas por una red de canales de piedra que retomaba la fuerza de la pendiente para circular. Canalizaron los ríos en las grandes ciudades como Cuzco, incorporando incluso cruces peatonales para mantener la circulación urbana. Hasta nuestros días estos sistemas funcionan en zonas rurales andinas que faltan de recursos para regar con sistemas más modernos (Aronson, 2008).

Finalmente cabe recordar a los griegos y romanos que incorporaron a sus ciudades infraestructura de abastecimiento y saneamiento con sistemas de agua y alcantarillado de alto estándar. Previamente a la llegada de los romanos a su territorio los griegos ya tenían sistemas de drenaje y almacenamiento de agua en base a cisternas. Posteriormente los romanos construyeron canalizaciones, baños y toda una red de agua proveniente de lugares lejanos incorporando la estructura del acueducto al paisaje mediterráneo, un vestigio arquitectónico invaluable cuyas ruinas permanecen en rincones del continente europeo. Los acueductos fueron un sistema avanzado para transportar agua a través de la fuerza de gravedad ejercida por la pendiente constante bajando exactamente 34 cm por kilómetro hasta llegar a la ciudad. Eran estructuras de gran tamaño, edificadas en piedra con un canal central suficientemente profundo como para que una persona pudiera recorrerlo pensado para su mantención. En valles y grandes depresiones se construían en forma de puentes siendo esta su imagen más reconocida en el paisaje por su imponente arquitectura.



Qanat persa : vista aérea en Juybar, Irán (2014)
Fotografía de S.H. Rashedi

Paisaje y arquitectura

La noción de paisaje comprendido como un concepto pictórico relacionado a la representación de la naturaleza es instaurada en disciplinas como la pintura y la fotografía, diferente a su aproximación más tangible asociada al territorio muy relevante en la geografía y el urbanismo.

La amplitud de acercamientos al concepto partiendo de una perspectiva abstracta ligada a la estética hasta una concreta ligada al estudio del territorio pueden converger en el plano arquitectónico que retoma el paisaje como una subdisciplina, cada vez más desarrollada para fomentar la sostenibilidad y la integración al medio en las propuestas tanto en el diseño urbano como en el diseño arquitectónico que han incorporado en el último tiempo, la ecología del paisaje a sus directrices proyectuales.

Existen diversas escuelas y tradiciones en la concepción y en el estudio del paisaje. Encontramos la tradición anglosajona establecida en Estados Unidos y Gran Bretaña durante el siglo XX, que comprende el paisaje desde un ámbito espacial y ambiental estudiado principalmente por geógrafos que se han aproximado al tema desde el estudio de los elementos físicos (suelo, agua, flora y fauna del territorio) que conforman el paisaje a través de estudios cartográficos y científicos. Asimismo, existe la tradición europea-mediterránea que retoma la dimensión cultural y social del paisaje, entendiéndolo como el resultado de la acción y desarrollo de actividades humanas en un determinado territorio (Moreno, 2009).

El paisaje cultural es el punto en el que converge la cultura y la naturaleza como medio para esta, en el que la creación humana es superpuesta al estado natural del territorio. Es considerado fundamental en la planificación territorial por su carácter patrimonial, siendo elemental para la preservación y restauración de zonas de riesgo.

De esta manera, el paisaje como un territorio intervenido resulta del diseño proyectual de una serie de elementos que conforman un conjunto estéticamente armónico gracias a la configuración que dispone la suma de sus partes. El paisaje en si constituye un sistema a través de la necesaria interrelación de sus elementos al ser un constructo biológico dinámico en constante evolución. Se compone en su mayoría de elementos vivos naturales tales como vegetación variada, flora y fauna por lo que depende de los ciclos de agua, el clima y las distintas estaciones para modelar su morfología que no deja de evolucionar con el tiempo y las variables atmosféricas que lo van modificando (Gastó & Subercaseaux, 2010).

Hoy en día la relación entre planificación urbana, diseño urbano y naturaleza necesita dar un vuelco hacia la ecología del paisaje. Las ciudades han conquistado una amplia extensión del territorio omitiendo los espacios donde la morfología hace inconstruible el suelo, dándole la espalda a los sistemas topográficos complejos que generan discontinuidades y una fragmentación de la trama urbana desviando la posibilidad de conformar una infraestructura verde que suture e integre el territorio (Bélanger, 2017).

Paralelamente ante la necesidad de áreas verdes urbanas se construye un paisaje urbano artificial apuntando el diseño urbano a la construcción de espacios públicos duros u áreas verdes basados en criterios estéticos que remplazan el paisaje natural por uno genérico. La imagen espacial se limita a lo verde como un fin que no determina que el proyecto responda a las necesidades locales entendiendo que muchas ciudades se instalan en territorios áridos con condiciones climáticas extremas.

Al ser el agua un recurso escaso es importante construir una concepción cultural del paisaje seco, con una gama de colores cafés y ocres propios de la sequía que se instaure en la imagen identitaria de los habitantes de estas zonas áridas comprendiendo la necesidad de protección de los ecosistemas críticos en cada lugar. La eficiencia del recurso hídrico es clave a la hora de proyectar un paisaje xerófito incorporando a la arquitectura del paisaje estrategias de diseño adaptadas a la sequía. El almacenamiento de agua en algún tipo de acuífero es esencial para que pueda solventar su propósito de generar vida a diferencia de cuando escurre a alta velocidad, transformándose en una fuerza destructora por lo que el control de la esorrentía es muy importante para el buen manejo del recurso (Fernández, 2004).

El entorno de cada ciudad es único y la sensibilidad con la que se integra el paisaje natural característico de una determinada geografía a la trama urbana depende de la cultura y los valores de aprecio a la naturaleza local de la sociedad que la habita. El paisaje debe condicionar y dar los lineamientos para el crecimiento y la planificación de las ciudades, suturando discontinuidades, condicionando la densidad, los perfiles de las calles, los usos de suelo, y proponiendo espacios de vivencias y cercanía al estado natural del lugar de emplazamiento de una urbe creando una sensación de identidad no solo urbana sino también de arraigo al territorio en el que habitamos. De esta manera es importante no solo integrar el paisaje a la ciudad, pero también comprender y restablecer el estado salvaje del lugar como inspiración en la creación de un paisaje intervenido sin afanes invasivos sino más bien, que, replicando su estructura natural a través de un paisajismo estratégico busque acentuar el patrimonio biótico de una región y proteger ecosistemas en riesgo para mitigar los efectos de la modificación e intervención humana (De las Rivas Sanz, 2013).

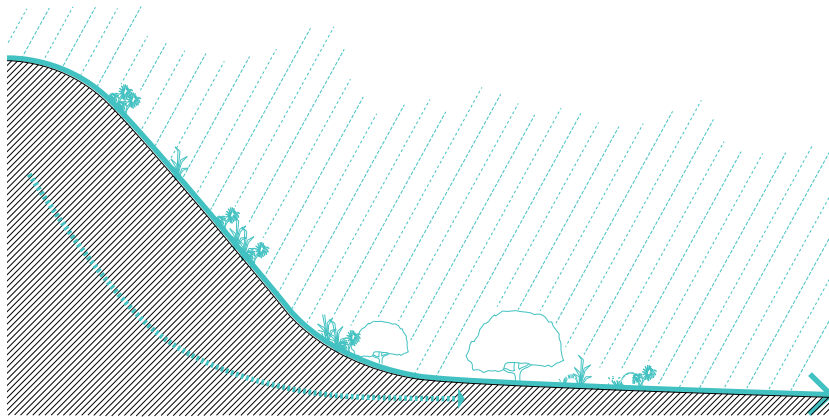
Finalmente cabe mencionar que la construcción del paisaje pensado por el hombre siempre será una intervención artificial y que las variables y decisiones de diseño que se empleen determinaran su grado perjuicio o beneficio al medio. De esta manera, la integración del edificio construido al paisaje ya sea como infraestructura necesaria para su mantención, como elemento de circulación o simplemente como elemento integrado estratégicamente al lugar para aprovechar la belleza del contexto generando habitabilidad, tendrá siempre un impacto pero está en el "cómo hacerlo" la posibilidad de mitigar estos efectos e integrar visualmente, por forma o materialidad, o funcionalmente en donde yacen los principios de intervención necesarios para incorporar el edificio a un paisaje natural o construido.

Revertir la desertificación a través de la arquitectura del paisaje

Pensar en revertir la desertificación del territorio es mucho menos rentable que prevenirla, sin embargo, existen formas de intervención en el paisaje a través de mecanismos naturales en el diseño que pueden restaurar un ecosistema degradado.

Primero que nada, es importante entender cómo opera la erosión en el proceso de desertificación del suelo. La erosión en general corresponde al desgaste progresivo de un cuerpo por la fricción continua de otro. En relación al suelo, esto se traduce en el desgaste progresivo de la cubierta vegetal por agentes externos tales como el viento, la lluvia, el escurrimiento o escorrentía así como también por actividades humanas.

Esta degradación de la cubierta vegetal y reducción de la biomasa tiene diversas consecuencias en el suelo y la vegetación, como por ejemplo el deterioro del bosque que es sustituido por formaciones secundarias de arbusto y matorral cada vez más abiertas. Además de eso se pueden manifestar cambios en la composición de las flores favoreciendo especies propias del suelo degradado, o también compactaciones del suelo y la generación de costras, y más perjudicial aun: la reducción de la porosidad y de la capacidad de infiltración limitando el contenido de humedad en el suelo.

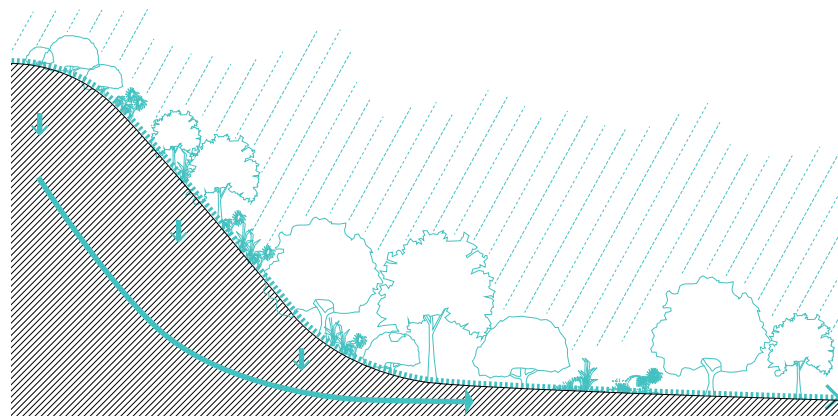


Fuerte escorrentía y baja infiltración a falta de una cubierta vegetal uniforme que proteja el suelo aumentando la erosión
Elaboración propia

De esta manera la erosión conlleva netamente a una incapacidad de infiltración del agua en el suelo que es acentuada por las fuertes lluvias que traen las alteraciones climáticas que estamos viendo cada vez más, generando un escurrimiento importante con una alta capacidad erosiva. Esto provoca una pérdida en la estabilidad de la estructura del suelo, la degradación biológica de este y sus nutrientes, el afloramiento de roca y entonces una disminución en la capacidad de sustentación de las raíces de las plantas, movimientos de masa y desprendimientos de roca en las laderas modificando la morfología del territorio (Mongil & Martínez de Azagra, 2008).

De esta forma la infiltración del agua es el componente principal del ciclo hidrológico por lo que es prioritario recobrar la capacidad de absorción del suelo para combatir la desertificación.

Existen varios mecanismos bastante efectivos que resaltan ya que implican por un lado proteger el suelo y regenerar la cubierta vegetal, y por otro lado aprovechar el escurrimiento del suelo erosionado para captar, almacenar o drenar el agua en puntos estratégicos.

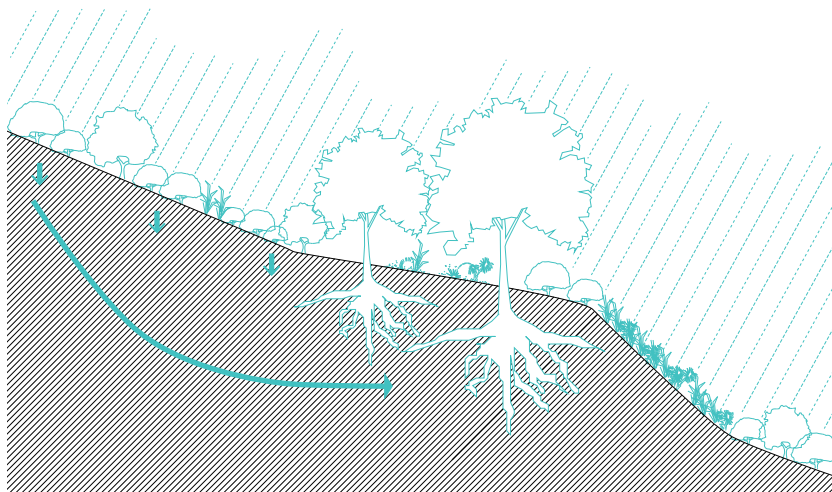


Cubierta vegetal frondosa que protege el suelo y disminuye la escorrentía evitando la erosión permitiendo la infiltración de agua y regeneración de las napas freáticas
Elaboración propia

Se puede regenerar la cubierta vegetal reforestando con vegetación endémica en el lugar y privilegiando la vegetación leñosa y cactácea característica de las zonas áridas que contribuye significativamente a mantener la integridad del suelo. La vegetación arbustiva ayuda considerablemente a frenar el desgaste del suelo por el agua y el viento gracias a su follaje y hojarasca, reduciendo la velocidad de impacto de las gotas de lluvia al llegar al suelo, disminuyendo el daño. También el tronco y las raíces juegan un rol importante al controlar el transporte de materiales que lleva el escurrimiento de agua y el viento (Gutiérrez, 2001). De esta manera el paisaje en zonas áridas debe estar altamente formado por arbustos, ya que son fundamentales para la preservación de los ecosistemas locales. Suelen estar dispuestos en un patrón en mosaico constituyendo parches leñosos que aportan un efecto nodriza siendo sus bases propicias para el crecimiento de plantas pequeñas por la protección y sombra que proporcionan siendo muy resilientes y estables al cambio en las precipitaciones en los últimos años.

Estos logran mitigar el escurrimiento creando progresivamente una cúpula protectora de los efectos de la lluvia y el viento que, acompañado de la hojarasca depositada bajo ellos al perder su follaje parcial o completamente en verano, generan un cubre suelo natural que ayuda a la infiltración del agua en el suelo. Se ha comprobado que le remoción de vegetación arbustiva por el hombre puede acelerar considerablemente los procesos de desertificación (Gutiérrez, 2001).

Otra estrategia de intervención paisajística es la introducción de especies de arbustos y árboles con raíces profundas que logren alcanzar las napas freáticas por un lado



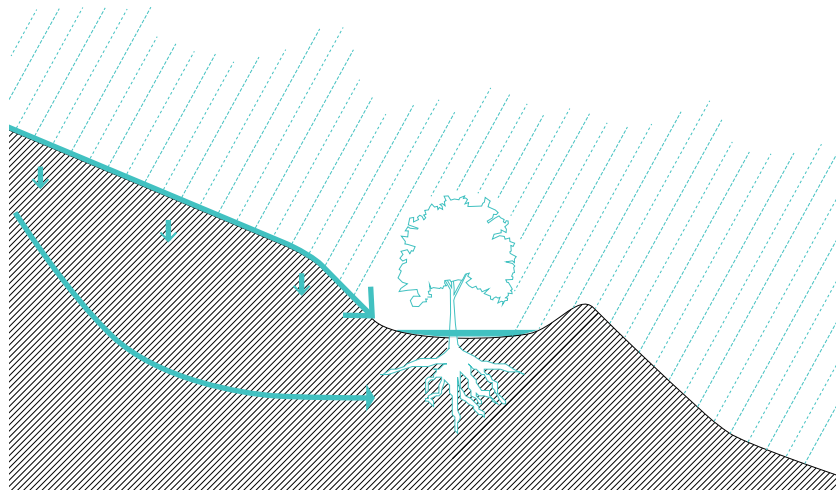
Cubierta vegetal leñosa que permite mantener la integridad del suelo y su capacidad de infiltración permitiendo el crecimiento de árboles con raíces profundas sin riego
Elaboración propia

auto sustentándose y por otro lado ayudando al crecimiento de otras plantas gracias al fenómeno del levantamiento hidráulico, el proceso en el que las plantas mueven agua desde depósitos profundos a capas superiores gracias a sus raíces superficiales luego eliminando el exceso aumentando la humedad del suelo (Gutiérrez, 2001).

En otro ámbito una de las estrategias que mejor han funcionado para mitigar la desertificación es el oasisificación del territorio. Este concepto supone regenerar un territorio degradado gracias a su propio deterioro recolectando agua en los puntos estratégicos donde se quiere plantar vegetación. Para ello se acumula hojarasca o materia orgánica en el suelo que contribuye a aumentar la capacidad de infiltración en las laderas degradadas y se redirige el agua escurrida a puntos estratégicos en micro embalses o alcorques con capacidad de retención calculada en función de la pluviometría local (Mongil & Martínez de Azagra, 2008).

La oasisificación hace más resiliente la vegetación existente y puede ser un mecanismo efectivo en la captación de aguas lluvias haciendo un uso eficiente del recurso hídrico y mitigando los efectos del escurrimiento, promoviendo el aumento progresivo de la infiltración de agua al suelo.

Finalmente, será siempre necesario privilegiar la vegetación endémica que se adapta perfectamente al lugar, pero es también posible introducir especies de bajo consumo hídrico y de rápido crecimiento que fácilmente logren regenerar la cubierta vegetal del territorio como es el caso de las especies herbáceas y netamente las gramíneas.



La oasisificación del territorio permite generar puntos de acopio de agua haciendo uso de los efectos de la erosión

Elaboración propia

03 | Lugar

Región de Coquimbo

La región de Coquimbo tiene una superficie de aproximadamente 41 mil kilómetros cuadrados y una población de 708 mil habitantes (INE, 2012).

Tiene diversos climas como el estepárico costero o nuboso, de estepa cálido y templado frío de altura. Es una zona de transición climática entre la aridez del desierto y la humedad del sur donde si bien hay escasas precipitaciones se pueden desarrollar varias formas de agricultura de gran relevancia productiva para el país. A lo largo de toda la costa encontramos un clima estepárico costero o nuboso, que puede adentrarse hasta 40 kilómetros al interior por los valles transversales y las quebradas. Tiene abundante nubosidad, humedad, temperaturas moderadas, con un promedio de precipitaciones de 130 mm anuales con un período seco de ocho a nueve meses. En el interior de la región pasando los 800 msnm, encontramos un clima de estepa cálido que se caracteriza por ausencia de nubosidad y por la falta de humedad en el aire. La temperatura es más elevada que en la zona costera y las precipitaciones son escasas por lo que es una zona con periodos de sequía constantes. Por sobre los 3.000 metros de altitud comienza la Cordillera de Los Andes en donde hay un clima templado frío de altura con altas precipitaciones, temperaturas bajas y nieves permanentes que conforma la principal reserva de agua durante los meses de verano.

En cuanto a la vegetación la que predomina en la región es la estepa arbustiva abierta, especialmente el espino (acacia caven) principalmente al norte de La Serena, vegetación de baja altura, disposición dispersa y acompañada de cactáceas y herbáceas. Hacia el sur ya aparecen árboles de mayor altura que requieren temperaturas más moderadas como el boldo, peumo, chañar, molle y algarrobo. En las planicies litorales encontramos un matorral arbustivo costero poco denso con una cubierta vegetal herbácea, espinos y cactáceas. Entre la bahía de Tongoy y al norte del río Limarí hay una abundante humedad debido a la presencia de camanchaca, una densa neblina costera que permite la subsistencia de los bosques Fray Jorge y Altos del Talinay de categoría relictus (residual) del tipo selva valdiviana, con especies como el olivillo, arrayán, canelo, boldos, peumos y litres. En los cordones montañosos entre los 1.000 y 2.000 msnm predomina un matorral abierto andino de baja altura, cubierto de herbáceas y arbustos muy dispersos con especies como el guayacán y baccharis. Por sobre los 2.000 metros se presentan especies xerófitas adaptadas especialmente a climas de mucha altura como gramíneas y arbustos pequeños.

El relieve y la hidrografía de la región se componen de tres valles transversales, conocidos como los valles de Elqui, Limarí y Choapa, conformados por tres importantes ríos que les dan sus nombres respectivos naciendo en la Cordillera de Los Andes y desembocando en el mar permitiendo el desarrollo de la actividad agrícola.

El río Elqui nace a 815 msnm en la Cordillera de Los Andes, conformando el Valle de Elqui en toda su extensión, uno de los valles más anchos y largos culminando en la ciudad de La Serena. Posee una hoya hidrográfica de 794 km², un caudal medio de 15m³/seg y un régimen de alimentación mixta. Sus principales tributarios, en época de deshielo, son el río Turbio y Claro. La utilización de sus aguas es aprovechada principalmente en el regadío del valle y para consumo humano de las principales ciudades de la región, La Serena, Coquimbo y Vicuña.

En el centro de la región también en la Cordillera de Los Andes, nace el río Limarí conformando el estrecho valle del mismo nombre encajonado en su curso superior, con laderas con pendientes muy abruptas. Posee numerosos tributarios dentro de los cuales están los ríos Hurtado, Grande y Guatulame. Tiene una hoya hidrográfica de 11927 km² con un caudal medio de 25m³/seg. Sus aguas están reguladas por los embalses de Recoleta, La Paloma y Cogotí que se utilizan para el riego de los cultivos que se desarrollan en los valles y en la producción de hidroenergía en la central Los Molles.

Más al sur se encuentra el río Choapa que tiene su nacimiento aproximadamente a 1.000 msnm en la Cordillera de Los Andes conformando el valle del Choapa, el más estrecho de todos, muy encajonado en su curso medio desembocando en el mar en un amplio sector de terrazas fluviales. Tiene una hoya hidrográfica de 8.239 km² con un caudal medio de 30m³/seg y un régimen de alimentación mixta. Los ríos Tocornal e Illapel son sus principales tributarios.

En esta latitud de Chile la Cordillera de los Andes es bastante alta y maciza, con alturas de aproximadamente 6000 metros decreciendo hacia el sur con alturas entre los 3000 y 4000 metros. A la altura de Illapel se presenta la parte más angosta del territorio nacional con 95 kilómetros de ancho entre el litoral y la frontera con Argentina desplazándose la Cordillera hacia la costa. Desde donde termina la Cordillera hacia el poniente el relieve es bastante accidentado a lo largo de la región, con presencia de cordones montañosos de entre 600 y 1200 metros de altura que se originan de los Andes alternándose entre los valles transversales algunos llegando hasta el litoral separados por los valles de los ríos Elqui, Limarí y Choapa.

Las amplias planicies litorales conforman el borde costero, penetrando hasta 40 kilómetros hacia el interior manifestándose en lugares como la desembocadura del río Elqui, en Guanaqueros y en la bahía de Tongoy, desapareciendo al sur en los altos de Talinay cuya principal característica es la costa elevada y abrupta que va descendiendo hacia el sur, donde nuevamente aparecen las planicies costeras.

La región de Coquimbo tiene un 78% de población urbana. Su capital regional es la ciudad de La Serena que, con la ciudad de Coquimbo forma una conurbación que corresponde a la cuarta zona metropolitana más poblada del país. La conurbación posee 412.586 habitantes, 202. 287 en la comuna de Coquimbo y 210. 299 en la comuna de La Serena. Esto representa el 2,5% de la población del país (INE, 2012).

La principal actividad productiva de la región es la agricultura moderna bajo riego (3% de la superficie), haciendas tradicionales y comunidades agrícolas. Las tierras agrícolas tienen graves problemas de degradación. La crianza de caprinos es la actividad pecuaria principal, mientras el trigo es el principal cultivo en términos del área que ocupa. En las tierras bajo riego también se observan procesos de deterioro, como el uso insostenible del agua y la salinización.

La sequía y la desertificación de la región se potencian mutuamente, más aún con las anomalías climatológicas recientes, afectando particularmente a la agricultura campesina de pequeña escala y promoviendo emigraciones hacia otras zonas del país.

IV REGIÓN DE COQUIMBO



-  Red hídrica
-  Límite regional
-  Límite nacional
-  Vialidad principal
-  Capital regional
-  Capital provincial
-  Comuna
-  Polos urbanos importantes

IV Región de Coquimbo
Elaboración propia



La superficie cultivada es de 100 mil hectáreas, 30 mil de las cuales corresponden a frutales, 10,2 mil a uva pisquera, 2,4 mil a uva vinífera y 18 mil a hortalizas, entre otros. La superficie bajo riego, donde se desarrolla una agricultura más intensiva, se respalda por los embalses cercanos.

El riego, sin embargo, se está enfrentando a mayores costos de energía, otros insumos y mano de obra, así como a reales riesgos climáticos, asociados a heladas y sequías, con impactos negativos en la producción agropecuaria.

La región de Coquimbo está sufriendo un 56% de déficit hídrico, respecto a un año normal, en relación al promedio de precipitaciones registradas en el período en años anteriores (PNUD, 2016).

Red de humedales costeros de la Región de Coquimbo

La IV región alberga en las proximidades a la ciudad de Coquimbo, una red de humedales costeros naturales de distintos tipos y tamaños, localizados en bahías abiertas y protegidas, y en desembocaduras de ríos y esteros. Son lagunas costeras, esteros, playas de variados tamaños y una extensa costa rocosa los humedales que conforma el Sistema de Humedales Costeros de Coquimbo.

Esta zona “hot spot” posee una rica biodiversidad en la que se encuentra una gran variedad de especies de flora y fauna endémicas por lo que la importancia individual de cada humedal aumenta si se les considera como parte de una cadena de sitios en una región árida y desertificada. Es así como esta red constituye un hábitat singular para el establecimiento y desarrollo de seres vivos terrestres y acuáticos.

Humedales de Coquimbo

Elaboración propia

HUMEDALES DE PLAYA

Playa Faro Norte	La Serena
Playa Canto del Agua	La Serena
Playa de Peñuelas	La Serena
Playa Changa	Bahía de Coquimbo
Playa La Herradura	Bahía de Coquimbo
Playa de Guanaqueros	Bahía de Guanaqueros
Playa Socos	Bahía de Tongoy
Playa Grande	Bahía Barnes, Tongoy

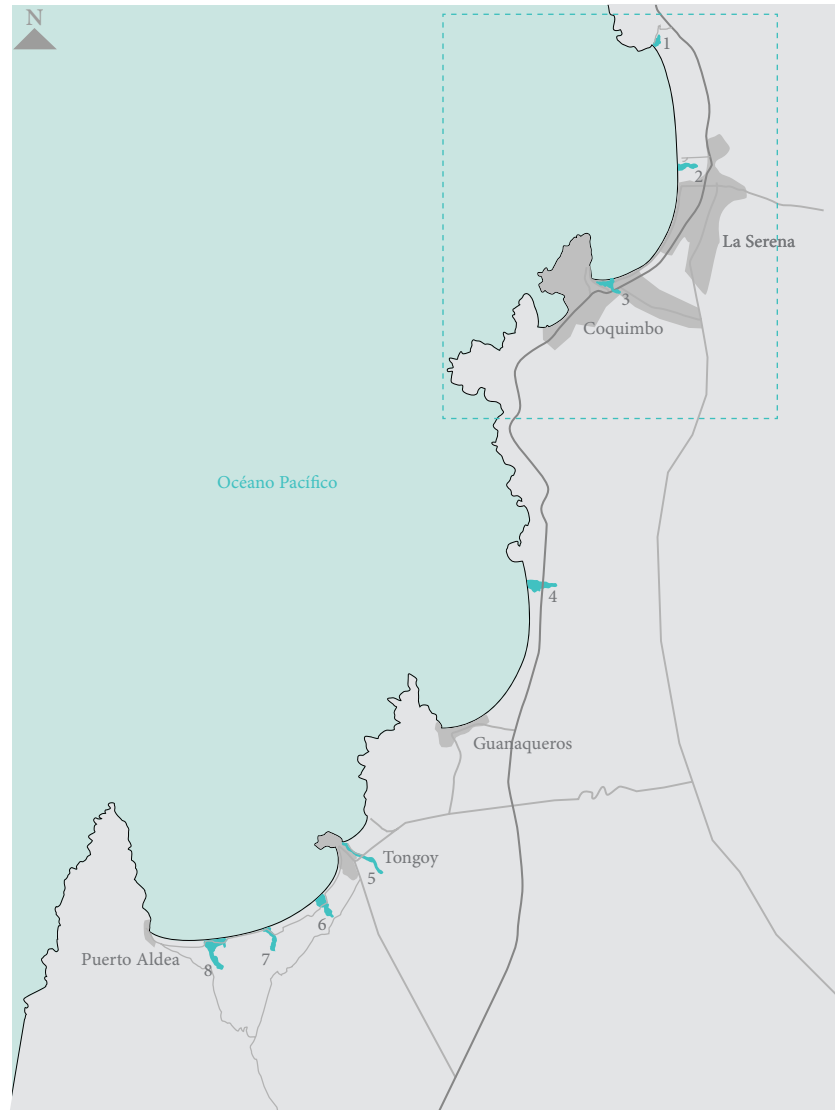
HUMEDALES LAGUNARES

Laguna Salidita	Punta Teatinos
Desembocadura río Elqui	La Serena
Esteros Culebrón	Bahía de Coquimbo
Humedales remanentes La Herradura	Bahía de Coquimbo
Laguna Adelaida	Lagunillas
Esteros Tongoy	Bahía Barnes, Tongoy
Laguna Salinas Chica	Bahía de Tongoy
Laguna Salinas Grande	Bahía de Tongoy
Esteros Pachingo	Bahía de Tongoy

RED DE HUMEDALES COSTEROS

-  Vialidad principal
 -  Zonas urbanas
 -  Humedales costeros
1. Punta Teatinos
 2. Desembocadura Río Elqui
 3. Estero Culebrón
 4. Laguna Adelaida
 5. Estero Tongoy
 6. Salinas Chica
 7. Salinas Grande
 8. Estero Pachingo

Humedales lagunares de Coquimbo
Elaboración propia



El estado de conservación de estos 15 humedales costeros del norte de Chile en general es bueno y los problemas que los afectan pueden ser controlados ya que su magnitud aún no es grande. Se prevé que las amenazas sobre estos humedales y sobre las aves migratorias que llegan cada año, se incrementarán de forma preocupante y en el futuro podrían tener efectos irreversibles.

En el caso de la desembocadura del río Elqui, el estero Culebrón y el estero de Tongoy, el humedal se alimenta de los aportes del río provenientes de aguas arriba que se suman a los aportes de aguas marinas en el borde costero por lo que conforman un sistema mucho más extenso y complejo.

Conurbación La Serena - Coquimbo

Las ciudades de La Serena y Coquimbo han expandido su trama urbana colindante conformando la cuarta área metropolitana más importante del país. Según el Censo del año 2012 la conurbación tiene 412.586 habitantes (INE, 2012).

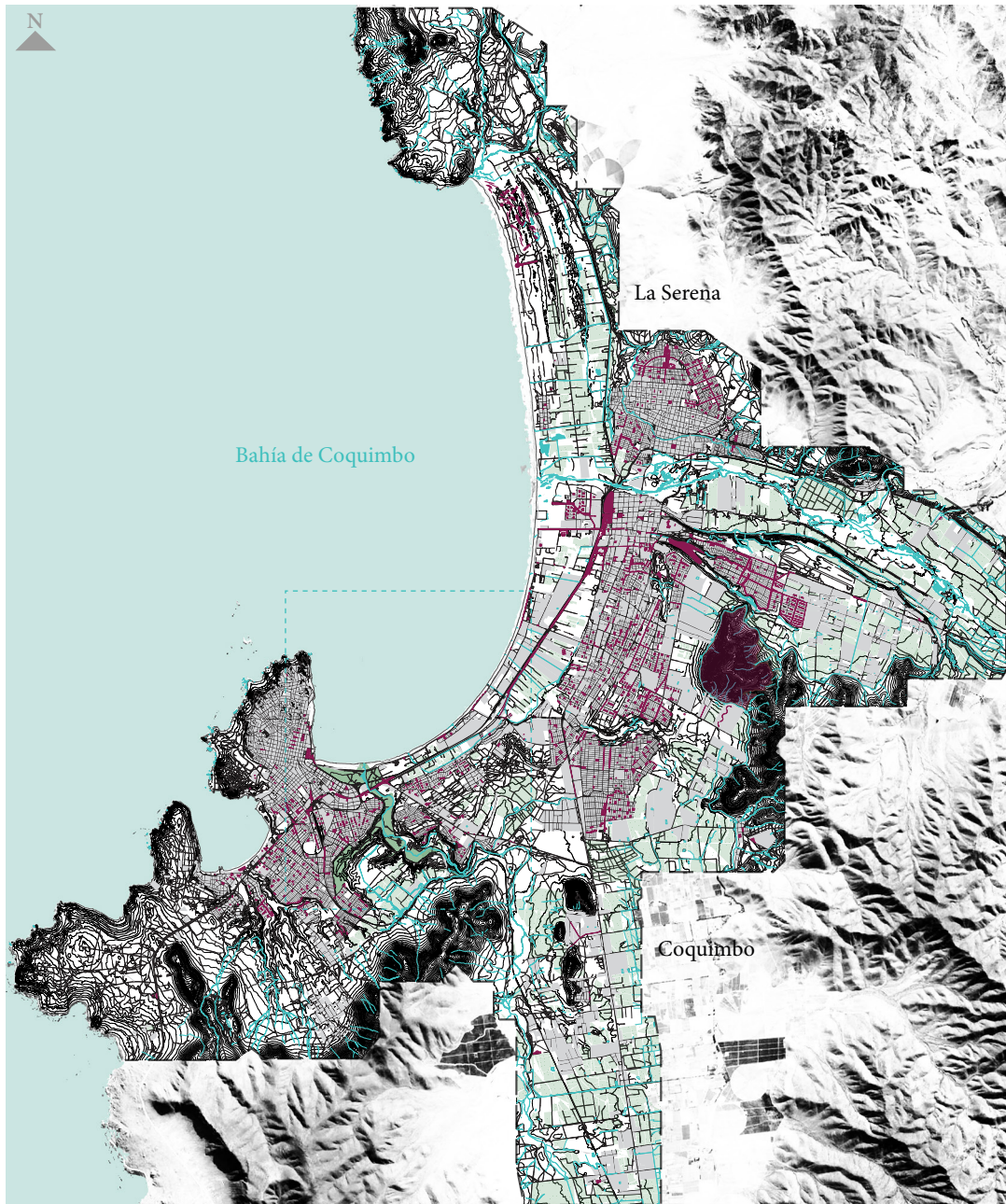
Estas dos ciudades tienen historias y orígenes distintos, la primera fue construida en 1544 y refundada en forma de damero tras la Guerra de Arauco en 1549, en la ribera sur del río Elqui en una terraza en altura, alejada del mar. Su crecimiento ha ido limitándose por la geografía del territorio y por elementos del paisaje tales como la cuenca del río Elqui y las vegas pantanosas que conforman los terrenos del borde costero además del relieve pronunciado de la cordillera de la costa. A fines del siglo XX se impulsó el desarrollo inmobiliario de edificios de viviendas y hoteles en el borde costero, construyendo la costanera Avenida del Mar posicionando la ciudad como un importante balneario y polo turístico nacional. La segunda fue fundada posteriormente como el principal puerto de la región tras el estallido de la minería a mediados del siglo XIX. La construcción del ferrocarril que uniría las explotaciones mineras de Valle del Elqui con el puerto de Coquimbo en 1862 y la instalación de una red de agua potable en 1865 fomentaría su desarrollo urbano sostenido siendo reconocida como ciudad en 1879. Durante esta época a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX llegaron diversas comunidades de inmigrantes extranjeros de las que destacan las colonias británica, norteamericana y francesa ligados a la minería en la región.

Ambas han tenido un crecimiento urbano acelerado en extensión, siguiendo el modelo de ciudad difusa conformando una sola unidad urbana. Los terrenos agrícolas y espacios naturales como las vegas costeras han ido urbanizándose para enfrentar el crecimiento demográfico y el aumento del turismo local.

La morfología del territorio en un sistema de bahías, cuencas y cerros interrumpe la trama urbana constantemente generando una serie de espacios intersticiales que fomentan la segregación urbana y amenazan los espacios naturales a preservar al no considerarlos realmente en los instrumentos de planificación como potenciales suturas y espacios públicos, sino más bien el crecimiento urbano les ha ido dando la espalda o simplemente los ha intervenido para aumentar el suelo edificable. El impacto de esto en el paisaje natural es innegable al ver que se construye en el borde costero sobre vegas y zonas húmedas en rellenos, edificando nuevas construcciones de mayor altura que arriesgan daños por las fuertes mareas y los tsunamis ya evidenciado en el terremoto de Coquimbo de 2015, además de la amenaza que representa destruir estos cuerpos de reserva de agua que alimentan los acuíferos en una de las regiones con mayor riesgo de desertificación y sequía del país.

Finalmente, el pericentro de ambas ciudades ha crecido en baja densidad impulsado por el Plan Regulador Intercomunal 2015 (PRI del Elqui, 2015), instrumento aún en proceso de subsanación al ser muy criticado por diversas autoridades y expertos, que proyecta a 30 años una población de 1,2 millones de personas en la conurbación y establece los usos de suelo, áreas productivas, infraestructuras, áreas de riesgo no edificables. La baja densidad instaurada por este ha fomentado la construcción de viviendas unifamiliares y condominios en los límites de la conurbación reconociendo áreas de expansión urbana que están fuera del límite urbano donde ha habido parcelaciones, pero dificultando la creación de viviendas sociales al establecer densidades de 90 habitantes por hectárea en ciertas zonas pericentrales.

CONURBACIÓN
LA SERENA-COQUIMBO



Conurbación La Serena - Coquimbo
Elaboración propia

---	Límites comunales	■	Quebrada El Culebrón
—	Trama urbana	■	Cultivos y terrenos amenazados por la expansión urbana
—	Cuerpos de agua	■	Áreas verdes mantenidas
■	Huella urbana	■	Parque proyectado

Quebrada el Culebrón

La quebrada el Culebrón se encuentra en el extremo sur de la bahía de Coquimbo a 1,5 km al norte del centro de la ciudad siendo parte de la comuna de Coquimbo. Esta ubicada en medio de un área urbana residencial limitada por los sectores de Baquedano, San Juan y La Cantera. La quebrada constituye un ecosistema conformado por el estero y el humedal El Culebrón, que hacen parte de la red de humedales costeros de la región, y por el Parque Urbano del mismo nombre, el lugar de intervención de este proyecto.

El estero es el cuerpo de agua superficial natural más importante de la cuenca de Pan de Azúcar y desemboca en el Océano Pacífico en el sector de Playa Changa donde conforma el humedal. Tiene 18 km de longitud aproximada y se nutre de las lluvias, recibiendo aportes también de las quebradas Peñuelas por el norte, La Laja y Cruz del Caña por el este y Agua de Romero por el oeste. El escurrimiento del estero es constante variando por las precipitaciones que modifican el volumen de agua estancada en la desembocadura conformando un estuario de agua mixta por el flujo de agua dulce que baja y la circulación de un flujo de agua marina entrante.

El Humedal en la desembocadura, tiene una extensión de 25 hectáreas y es privado. Está conformado por una laguna con vegetación emergente que estanca agua en la desembocadura del estero el Culebrón separado de su franja de playa adyacente por la Costanera, inserta en la trama urbana y principal eje conector de la conurbación La Serena – Coquimbo urbana de gran actividad y presión antrópica constante.

Las principales especies de flora de interés que se distinguen en el lugar son: la Brea (*Tessaria absinthioides*), la Hierba sosa (*Sarcocornia fruticosa*), Grama salada (*Distyclus spicatta*), Totora (*Typha angustifolia*), Hierba del rocío (*Mesembrianthemum cristalinum*), y el Junquillo (*Juncus acutus*).

Con respecto a la fauna se han avistado especies como la Gaviota Reidora (*Larus atricilla*) ave que había sido antes registrada solo en la I región de Tarapacá. Este registro amplía en más de 1.500 km el rango de distribución de esta especie en Chile y convierte además a El Culebrón en el límite sur de su distribución.



Rellenos en la parte alta de la quebrada al construir urbanizaciones nuevas
Fotografía de la autora

El sitio alberga, durante la época estival, la mayor concentración de Gaviotas de Franklin (*Larus pipixcan*) de la bahía de Coquimbo. Se ha observado además la presencia de Becacinas (*Gallinago paraguaiae*), y otras aves Charadriiformes en estado vulnerable a la extinción.

La zona de la playa es una de las más interesantes del lugar ya que tiene gran diversidad de aves playeras, tales como Perritos y Gaviotas, y aves migratorias interhemisféricas (Charadriiformes), las que se alimentan de la rica fauna de invertebrados que el humedal sustenta. Es posible avistar además Garzas Cucas y Huairavos.

Finalmente, el Parque Urbano está conformado por las zonas más arborizadas de la quebrada, en su mayoría por especies introducidas debido a una larga trayectoria de intervenciones antrópicas netamente en el punto más bajo, que se mantienen debido a la existencia de esteros subterráneos y napas freáticas a poca profundidad. En este sector destaca la presencia de fósiles marinos y cetáceos por lo que constituye un patrimonio paleontológico relevante que puede encontrar en toda la quebrada parte de la Formación Coquimbo, formación sedimentaria del Mioceno y Plioceno.

Esta quebrada es uno de los sitios más impactados por la presión inmobiliaria actual, ubicada en medio de una zona urbana concentrada en constante expansión. Por su morfología y pendiente profunda hace parte de una serie de espacios naturales que entorpecen la trama urbana, fomentando la discontinuidad y la segregación urbana. Estos espacios intersticiales están siendo amenazados al ser utilizados como microbasurales, depósitos y rellenos de escombros en sus riberas, además de sufrir constantes alteraciones de su cauce en los puntos más bajos.

Además, hay que agregar a esto la construcción de un puente de mediano tonelaje sobre la desembocadura, y el tránsito de un ferrocarril metalero en su sector medio. Esto sumado a las alteraciones que están teniendo las precipitaciones por los efectos del cambio climático y la erosión, genera que el humedal haya perdido su estabilidad, y que el Parque esté perdiendo su vegetación y su carácter de área verde urbana por lo que demanda urgentes acciones de protección y restauración.






Microbasurales en el perímetro del humedal
Fotografía de la autora



Cartografía de la quebrada El Culebrón 1/50000

Elaboración propia en base al estudio de línea base elaborado por MANKUK

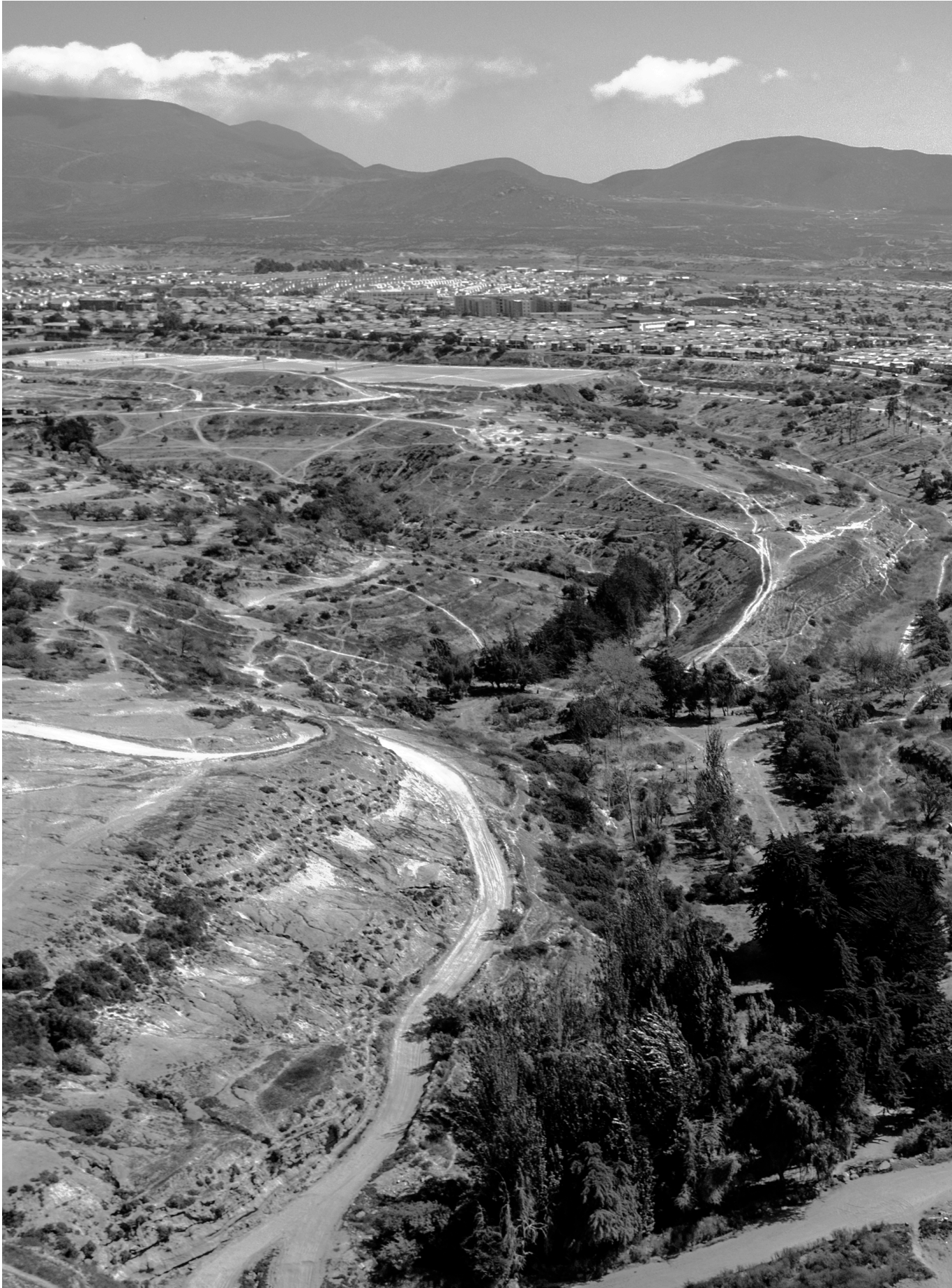
- | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------------------|
|  | Vías principales |  | Puntos de acceso |
|  | Vías de acceso |  | Sistema quebrada el Culebrón |
|  | Estero el Culebrón |  | Humedal el Culebrón |
|  | Canales y huellas |  | Parque Urbano el Culebrón |
| | |  | Áreas de valor paleontológico |



Zonificación de la quebrada El Culebrón 1/50000

Elaboración propia en base al nuevo Plan Regulador de Coquimbo en proceso de aprobación

- Z.U.12 Zona mixta residencial : residencial, equipamiento, infraestructura de transporte, espacios públicos y áreas verdes
- Z.U.4. Zona mixta residencial : residencial, equipamiento, industria, almacenaje, infraestructura de transporte, espacio público y áreas verdes
- Z.U.3. Zona mixta residencial : residencial, equipamiento, espacio público y áreas verdes
- Z.A.V. Zona de áreas verdes : parques, plazas y áreas libres destinadas a áreas verdes que no son bienes de uso público
- Z.P.I. Zona de parques inundables: áreas verdes y espacio público



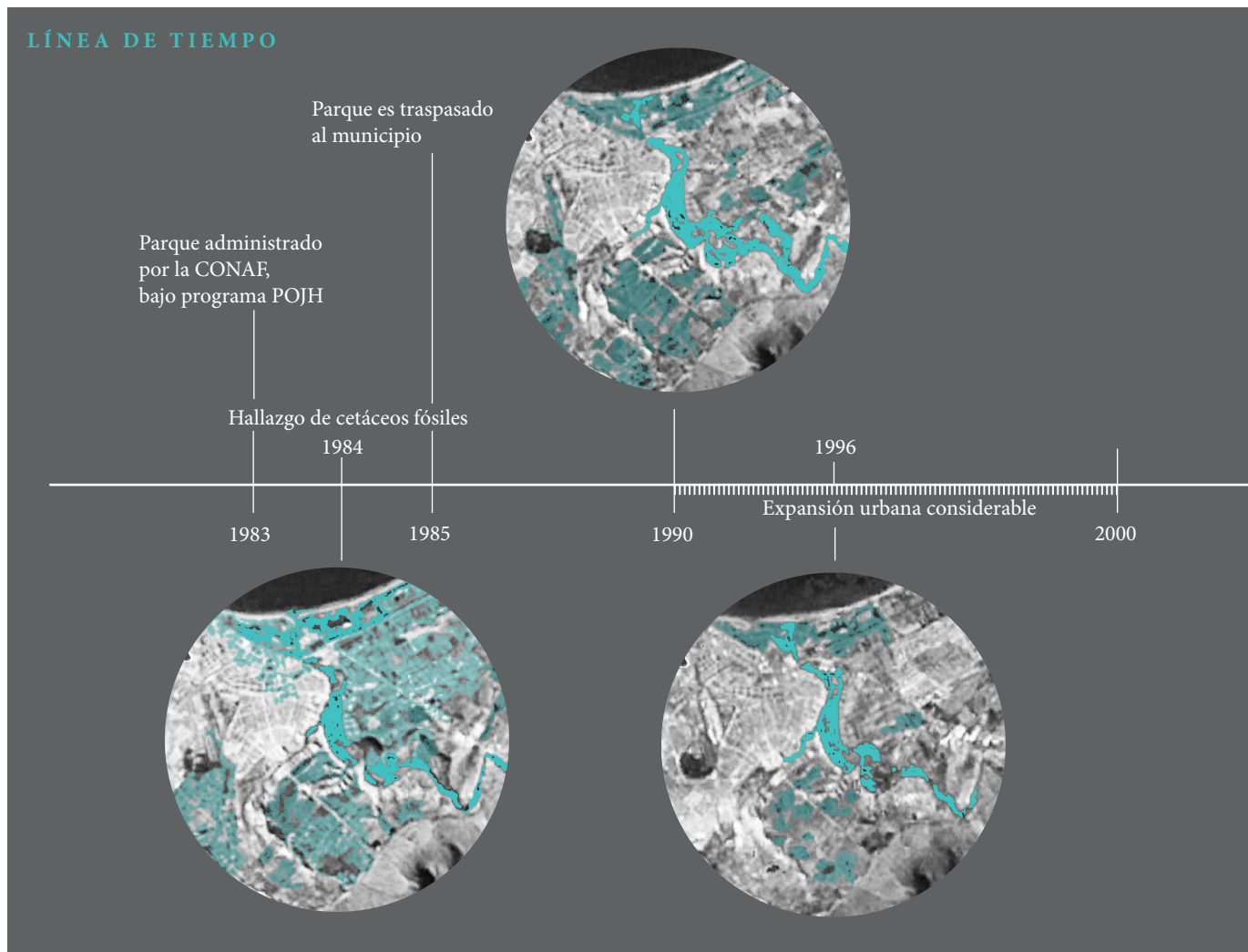
Parque el Culebrón en Coquimbo
Fotografía aérea de Felipe Figueroa



Parque el Culebrón

El lugar de intervención de este proyecto de título es el Parque el Culebrón de 45 hectáreas de superficie. Considerando que es parte de un sistema complejo de importante biodiversidad y que intervenirlo tiene un impacto directo en el sistema completo de la quebrada, estero y humedal, se analiza la escala territorial y urbana del proyecto, comprendiendo este lugar como un parque urbano identitario de la comunidad de San Juan, pero también como un bastión importante en una grieta hídrica mayor, el sistema el Culebrón que toma el carácter de cuerpo de agua subterráneo y espacio natural intersticial.

En sus orígenes, los terrenos de este espacio hacían parte de un fundo privado, pero al convertirse en un parque natural pasa a estar en manos de la CONAF (Corporación Nacional Forestal) que realizó obras de regadío y reforestación el año 1983 y 1984, en ese entonces el desempleo era muy alto y el Estado crea el POJH (Programa Ocupacional para Jefes de Hogar). De esta manera, la CONAF logró construir una red de acequias y reforestar parcialmente el parque pagando un sueldo mínimo a jefes de hogar desempleados. El parque pasa a estar en manos del municipio en 1985 y su mantención es obstaculizada por la falta de recursos, es entonces cuando comienza a degradarse siendo dejado de lado por el municipio pero manteniendo su resguardo por



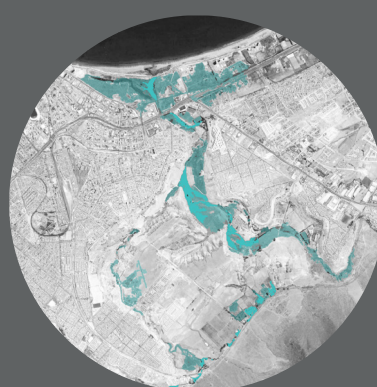
la comunidad netamente por un grupo de vecinos que continúan hasta hoy defendiendo y luchando por su rehabilitación.

Desde los días de la participación de la CONAF en el parque que es reconocido como “el antiguo pulmón verde de Coquimbo”, vecinos que pudieron prestar su testimonio y que lo han defendido durante años como Juan Carlos Contreras y Enrique Ulloa, relataron que solía ser un área verde muy concurrida y que cuerpos de agua afloraban. Algunos también cuentan que alguna vez hubo una pequeña laguna donde bañarse en el lugar con agua permanente.

Sin embargo, hoy el suelo tiene claras huellas de agua y de circulaciones informales entre los pastizales secos, pero no hay signos de humedad salvo en los pocos días de lluvia que hay en la región, donde puede estancarse agua en la zona inundable del parque, fenómeno que dura solo unos pocos días al no ser un parque mantenido ni regado por el municipio. La tierra es incapaz de absorber el agua que corre por la fuerte pendiente de las laderas por el nivel de erosión del suelo por lo que la mayor arborización presente se encuentra en el punto más bajo del parque. Ahí, la proximidad a las napas subterráneas permite alimentar las raíces de antiguos pinos plantados hace muchos años que aún



2007



2017

Proyecto para recuperación del parque

2010

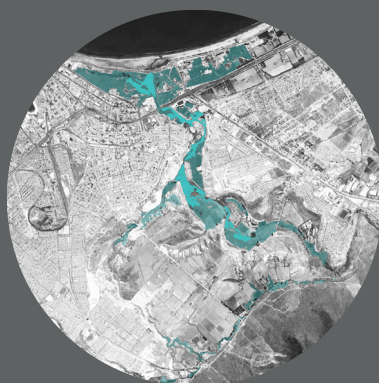
2013

2015

2016

Periodo de abundante sequía

2011



Elaboración propia en base a noticias de la prensa local y a las entrevistas realizadas a las autoridades y a los defensores del parque. Las imágenes satelitales en distintos años buscan mostrar la evolución del crecimiento urbano y la intensidad del verdor visible pintado que contrasta y va en decadencia perceptivamente en la misma época del año

- >BID inicia la elaboración del Plan de Acción para la conurbación
- >Parque el Culebrón es proyecto detonante
- >Se reciben fondos de la Embajada de Canadá para su mantención
- >Bienes Nacionales entrega al CEAZA zona de humedal

sobreviven, entre secos y vivos, en una hilera de árboles que recuerdan a un bosque foráneo y que la profundidad de la pendiente desorienta y sumerge en un lugar que parece estar a kilómetros de cualquier ciudad.

El parque se instala en medio de la población San Juan, construida por el municipio con subsidios durante los años 60 para erradicar las tomas que habían en el sector dando una solución habitacional a la población más vulnerable de la ciudad. La población tiene un nivel de integración media, tiene segmentos C3, D y E por lo que es habitada mayoritariamente por población de estratos socioeconómicos bajos.

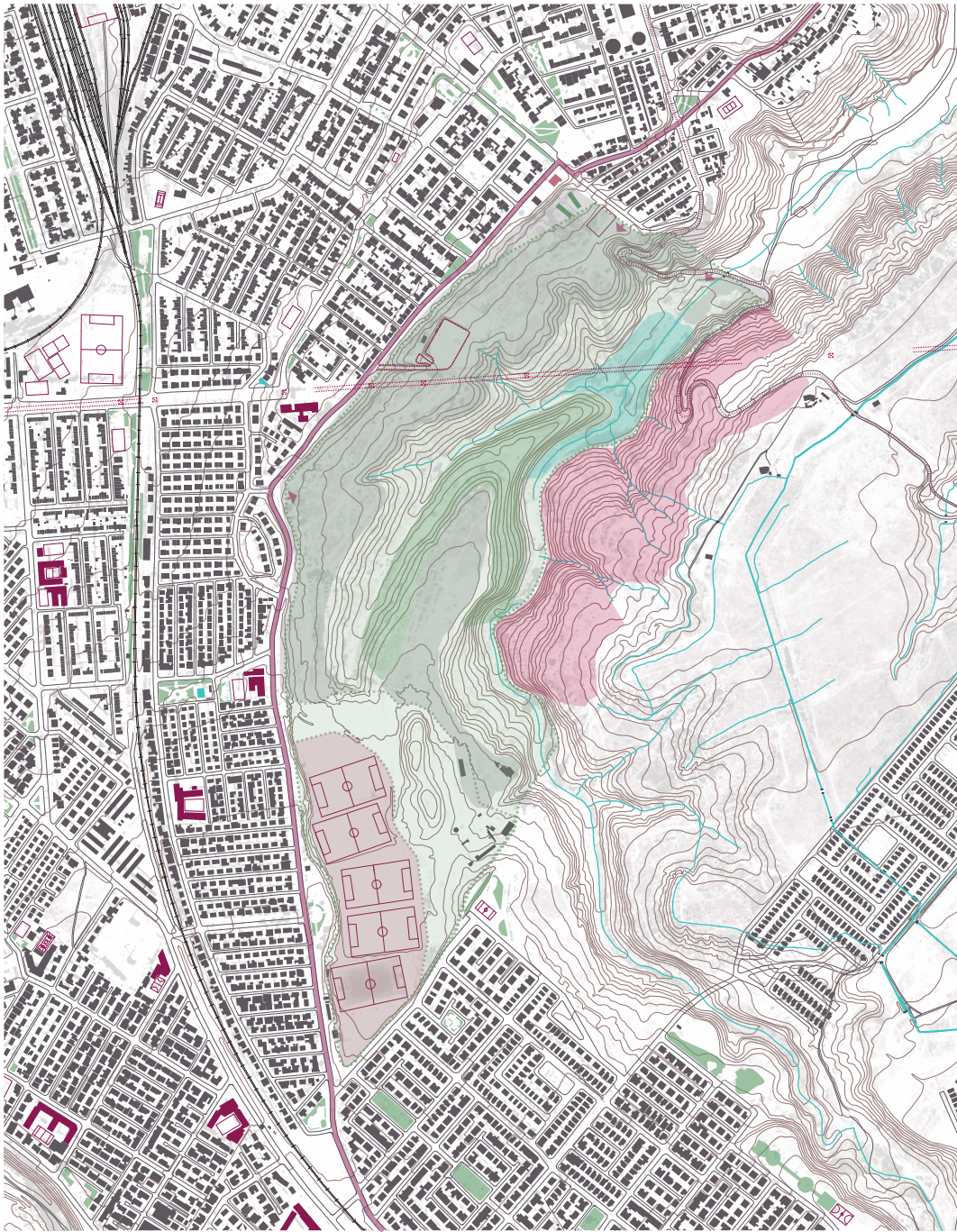
Este sector es un foco de delincuencia y narcotráfico reconocido, esto se manifiesta visiblemente recorriendo el parque a todas horas del día al observar pequeños grupos ingiriendo sustancias ilícitas como alcohol y drogas, muchos bajo el efecto notorio de estas por lo que es un lugar inseguro para el uso cotidiano al carecer de límites, de cierres y de vigilancia. Durante el fin de semana, los días festivos y el periodo estival el parque adquiere un carácter diferente, donde se pueden apreciar familias haciendo picnics, asados, caminando, andando en bicicleta, deportistas corriendo, gente descansando junto a sus mascotas o bien realizando excursiones.

Otras actividades recreativas que se realizan en este sector corresponden a deportes extremos como el Motocross y Bicicross sin embargo al no estar regulados los circuitos específicos, generan altos impactos en las laderas del parque, sobre todo en la vegetación nativa y dañan considerablemente el patrimonio paleontológico del lugar por la remoción de sedimentos y la extracción ilegal de conchas fósiles. Al ser parte de lo que se conoce como la Formación Coquimbo, el parque está inmerso en una zona rica en fósiles marinos siendo encontrados en los años 80 dos cetáceos completos. La relevancia paleontológica del lugar es importante sobre todo en las laderas donde se puede encontrar el mayor número de muestras. Si bien no corresponde a un lugar de alto valor como el Cerro Ballena en la región de Atacama, su preservación es importantísima para poder llevar a cabo estudios y recolección de material. Se ha planteado la opción de crear un museo paleontológico en el lugar principalmente por instituciones como el CEAZA (Centro de Estudios para Zonas Áridas) por la falta de lugares en Chile donde poder almacenar y estudiar los hallazgos paleontológicos existentes.

Lamentablemente los bordes del parque y de la quebrada en general se han ido transformando en microbasurales y zonas de deposición de escombros. Además, se observan varios puntos de extracción de áridos que alteran la constitución del suelo. También, se pueden apreciar tomas ilegales de terreno, en el borde sur del parque además de una perrera municipal.

Este parque ha sido una gran promesa de campaña para varios alcaldes, y ha habido muchos proyectos de intervención, y si bien parecen haber voluntades, todos los estudios y mesas de trabajo convocadas se han estancado ya que el costo de construir y más aún de mantener y regar un parque tan extenso en una zona árida es la principal traba a la hora de concretar.










En el último tiempo ha habido ciertos avances, el Banco Interamericano de Desarrollo ha elaborado un Plan de Acción para la conurbación posicionando el Parque El Culebrón como un área verde potencial a rehabilitar por su importancia ecológica y paleontológica. Se elaboró recientemente un Estudio de Línea Base del Sistema el Culebrón que busca poner en valor este espacio natural e intervenir la zona del humedal como área de conservación y el parque en su ejecución futura.














Plano de usos de suelo del parque y su contexto inmediato 1/10000

Elaboración propia

Usos de suelo del contexto urbano

- | | | |
|---|--|--|
|  Viviendas |  Colegios y jardines infantiles |  Áreas verdes |
|  Culto |  Planta de reciclaje |  Taxis |
|  Canchas |  Huella de canales |  Planta eléctrica |

Usos de suelo del parque

- | | | |
|--|--|---|
|  Vía de acceso pavimentada |  Punto de acceso |  Línea de alta tensión |
|  Vía de acceso no pavimentada |  Área de pastoreo de animales |  Toma de terreno |
|  Canchas municipales comodato |  Área de microbasurales |  Área de bicicross |
|  Área de picnic |  Área de reforestación | |

Catastro flora y fauna predominante

FLORA

Parque urbano arborizado



Espino
Acacia caven



Ambrosia
arborescens



Buddleja globosa



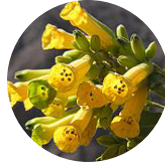
Ciprés
Cupressus sempervirens



Rapistrum rugosum



Heliotropium
stenophyllum



Nicotiana glauca



Álamo blanco
Populus alba



Rábano
Raphanus sativus



Sauce chileno
Salix humboldtiana



Pimiento
Schinus molle



Silybum marianum



Cynara humilis

FAUNA



Queltehue



Zorzal



Chincol



Culebra



Lagartija



Conejo



Liebre



Ratón oliváceo
Abrothrix olivaceus

Área seca en recuperación con vegetación arbustiva dispersa



Espino
Acacia caven



Algarrobo
Prosopis chilensis



Pimiento
Schinus molle



Chañas
Geoffroea decorticans



Tara
Caesalpinia spinosa



Belloto del norte
Beilschmiedia miersii

Laderas de matorral



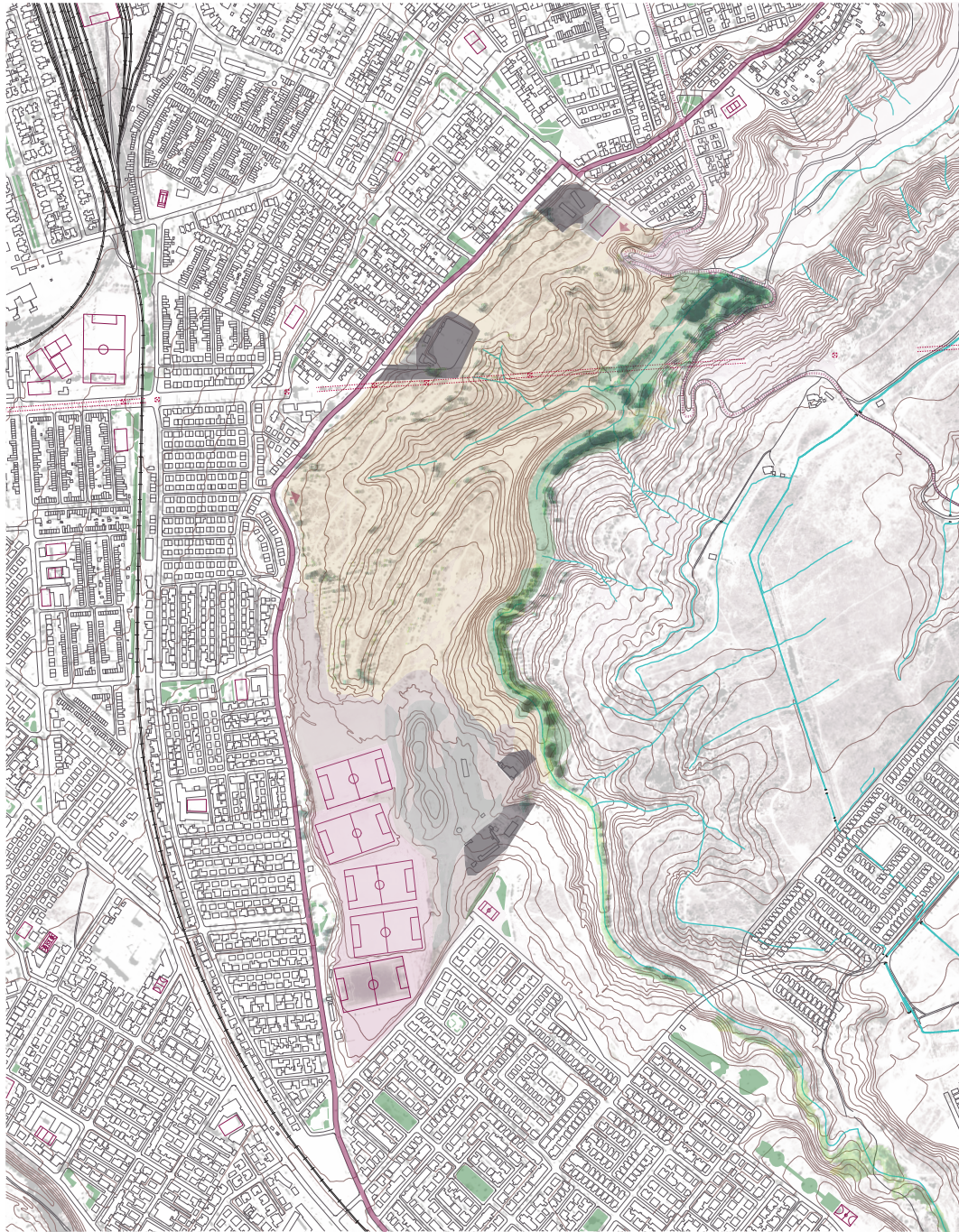
Heliotropium
stenophyllum



Haplopappus






Catastro de flora y fauna existente

Elaboración propia en base a estudio de línea base de Mankuk



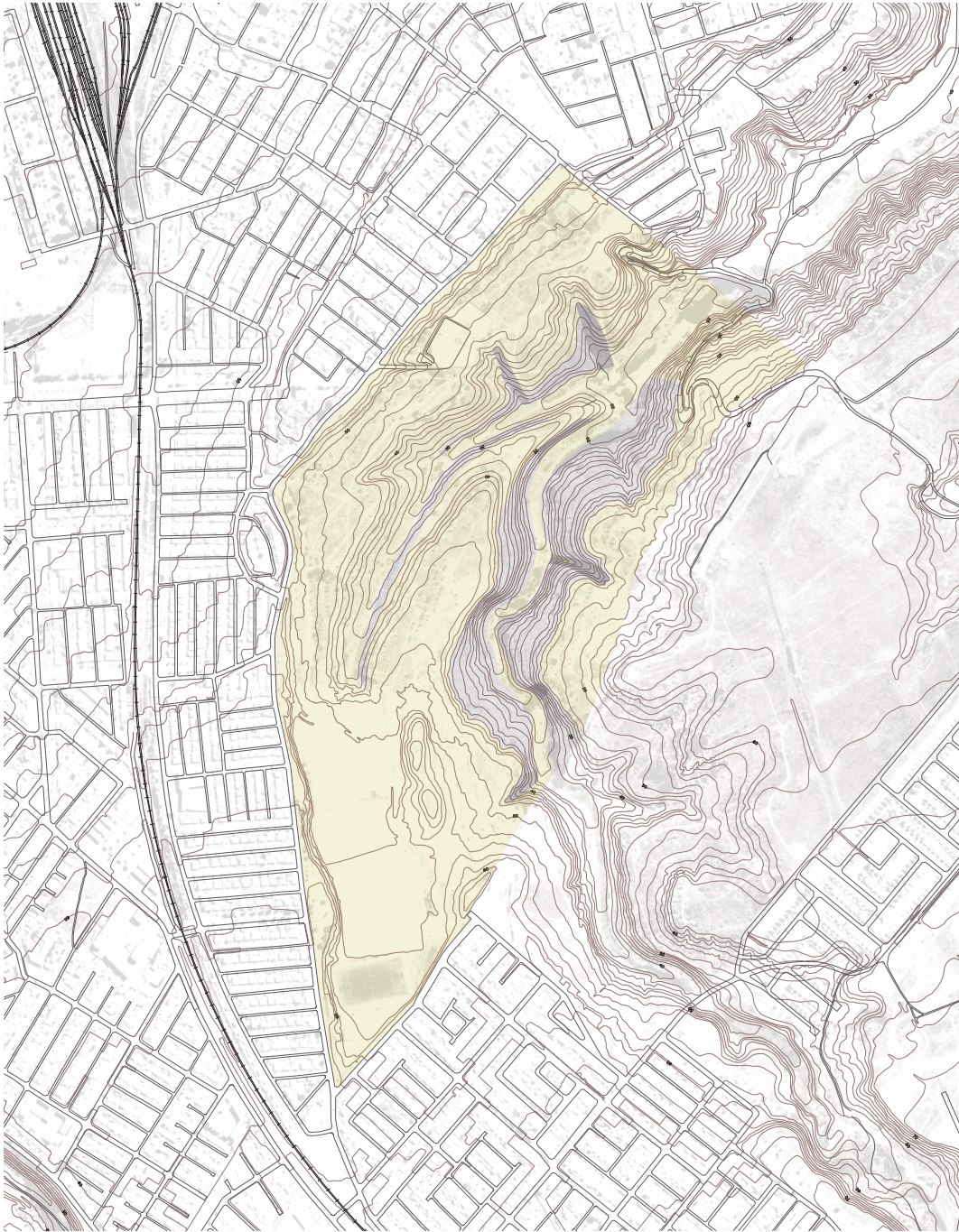
Plano de vegetación del parque 1/10000

Elaboración propia


- | | | |
|---|---|--|
|  Área construida |  Sin vegetación por la erosión |  Ladera de matorral |
|  Área seca en recuperación con vegetación arbustiva dispersa |  Parque urbano arborizado con especies introducidas (pinos, eucaliptus) y nativas (espino, chañar) | |



La sombra de los árboles conforma los mayores puntos de sombra del parque
Fotografías de la autora



Plano de asoleamiento del parque 1/10000
Elaboración propia

 Asoleamiento todo el día

 Asoleamiento parcial

 Zona de sombra

04 | Proyecto

Crterios de intervencin

Retomando toda la informacin plasmada en esta memoria, es importante exponer los criterios de intervencin que determinaran la propuesta.

La escala territorial del proyecto es el sistema humedal, estero y parque urbano el Culebrn, una grieta hídrica con distintas macrozonas y biodiversidades que est amenazada por factores antrpicos y climáticos como ya mencionamos. El sistema completo apunta a ser un corredor ecológico, rea verde o parque inundable con un gran potencial de intervencin en distintos subproyectos.

Se decide tomar el parque el Culebrn como rea de intervencin en su totalidad por ser un parque ya existente con una identidad creada pero olvidado y abandonado por largos aos. Al plantear la propuesta se estudia el impacto que puede tener la irrigacin del territorio en un punto alto, en el sistema bajo del humedal y el estero. Se establece en conversacin con expertos que la inyeccin de agua al parque alimentará los acuíferos que pasan a pocos metros bajo el nivel del suelo pudiendo no solo tener un impacto positivo en el parque pero también en la mantencin del caudal del estero y el humedal permitiendo una mejora en el hábitat que generan estos lugares.

El proyecto tiene dos escalas de intervencin: la de zonificacin de un territorio limitado y la escala arquitectónica donde se interviene un lugar puntual y estratgico, punto en el que se instala el edificio.

La problemática del proyecto es el cómo recuperar un territorio erosionado sin utilizar agua a un alto costo como es el agua potable o de camiones aljibes, ya que no es sustentable ante la escasez hídrica de la regin y el municipio no es capaz de mantenerlo factor que ha estancado durante muchos aos su intervencin concreta.

De esta manera, esta propuesta proyecta la regeneracin natural del parque El Culebrn por medio de una estrategia de conservacin y activacin a travs de una zonificacin conducida por el agua y la eficiencia en la utilizacin de este recurso escaso fomentando un paisaje xerófito y estrategias de diseo adaptadas a zonas áridas. Se establecen zonas definidas para usos de diversas actividades, zonas de intervencin y de conservacin paisajística, y zonas de borde y lmite del territorio.

Para lograr este objetivo se plantea el diseo de un sistema de irrigacin con el fin de canalizar el riego a los puntos y zonas estratgicas netamente el corredor ecológico que constituye el punto más bajo de la quebrada conectando el parque con el humedal. Se estudia un punto de captacin de aguas residuales en el borde sur del parque, que retoma el flujo de más de 2000 casas al sur del parque siendo interceptadas y canalizadas hacia el edificio central de este proyecto, una planta de reciclaje de aguas residuales que, por medio del sistema Tohá, filtrara y limpiara el agua siendo reutilizada para el riego del parque.

El edificio funcionar como punto de arranque para el sistema de riego, pero albergará otros programas. En su cubierta habitable se instalará el vivero que gestará los árboles y especies para reforestar el parque haciendo uso del humus, residuo de la planta de reciclaje de aguas. Paralelamente el edificio tendrá un sector de bodegaje y laboratorio para las investigaciones del CEAZA en materia paleontológica entendiendo que durante la construccin del mismo edificio y del resto de las intervenciones del parque pueden surgir diversos descubrimientos en el sitio a preservar.

Objetivos

Objetivo general de la propuesta

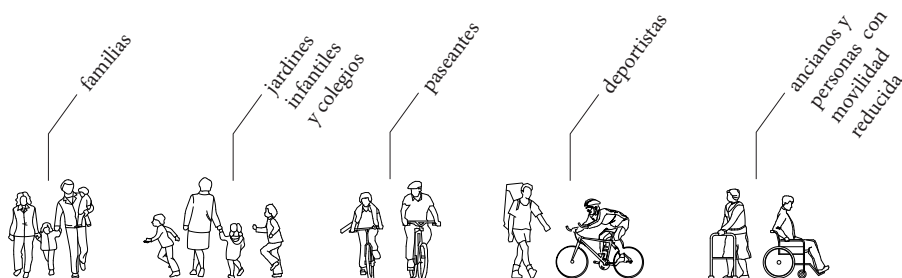
Regenerar el paisaje natural y preservar el patrimonio paleontológico del parque el Culebrón, propiciando el uso sustentable y activo de un espacio natural degradado en medio de una grieta urbana mayor presionada por la expansión urbana.

Objetivos específicos

1. Proponer una zonificación para el parque que limite a través de senderos los efectos de la circulación dispersa de los usuarios y proteja de la erosión el patrimonio vegetal y paleontológico degradado.
2. Hacer accesible el parque a una amplitud de usuarios y rangos etéreos a través de circulaciones verticales y ascensores que permitan llegar a la quebrada verde a personas con movilidad reducida, ancianos y niños haciendo el parque más inclusivo a la comunidad.
3. Incorporar una infraestructura mínima al paisaje que facilite la circulación peatonal y el traspaso desde ambos lados de la quebrada integrando ambas laderas al parque y al barrio.

Usuarios

Los usuarios del parque serán variados, principalmente la comunidad del sector de San Juan y los habitantes de los nuevos barrios proyectados serán los usuarios más activos que transitarán cotidianamente. Los programas deportivos del parque (canchas, parque bmx, senderos de caminata y bicicleta) traeran otro segmento de usuarios deportistas al lugar. La proximidad del parque a gran cantidad de colegios y jardines infantiles lo convierte en un punto atractivo para paseos y aprendizaje en la naturaleza. Finalmente el parque serán accesible a personas con movilidad reducida a través de ascensores cercanos a los puntos de estacionamiento.



Gestión y mantención del proyecto

La gestión y mantención de este proyecto dependerá en cada etapa, algunas siendo responsabilidad del Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) y otras del Municipio de Coquimbo.

El proyecto comprende un área de 45 hectáreas y seis macrozonas de intervención siendo la zona del borde urbano la más construida y costosa por lo que se separará en un proyecto posterior distinto.

El área del parque urbano que comprende todo el interior a los límites del parque, el límite de borde natural, la zona de intervención mixta, las rutas de senderos y miradores, las zonas de restauración y conservación y el parque urbano arborizado del fondo de la quebrada harán parte de una misma licitación pública expuesta en Mercado Público por el SERVIU de la región de Coquimbo. La zonificación propuesta implica un orden cronológico en la construcción de las obras por etapa para garantizar el éxito de la propuesta detallada a continuación:

Etapas I (18 meses):

La primera etapa se ejecutará en 18 meses y se centrará en generar las condiciones para mejorar el resguardo del lugar y construir los elementos indispensables para impulsar la estrategia de regeneración natural para el parque el Culebrón.

Se construirá en primera instancia el cerramiento perimetral de todo el parque estableciendo los accesos y construyendo una barrera natural xerófita con especies como cactáceas y bromelias generando una límite visual que disuada el acceso informal. Posteriormente se iniciarán las obras del edificio y planta de agua que irrigará el 20% del parque, el parque arborizado y las zonas de senderos y mirador.

Se construirán las canalizaciones de entrada y de salida del agua y sus drenajes, los senderos y ciclovía de todo el parque. Comenzará la intervención en la zona de conservación aplicando la hidrosiembra en invierno para empezar el trabajo de recuperación de la cubierta vegetal en las laderas de la quebrada.

Etapas II (12 meses):

En una segunda etapa tomará 12 meses, durante este periodo se construirá toda la infraestructura necesaria para la accesibilidad y la habitabilidad del parque como los módulos de acceso, de baños, puntos limpios, y estacionamientos.

Se comenzará a arborizar durante los meses de invierno, el parque bajo, plantando especies frondosas de bajo consumo de agua y construyendo zonas de plantas ornamentales próximas a los canales en funcionamiento.

Paralelamente se completará el circuito de agua construyendo la pasarela/acueducto que transportará agua de riego y hará accesible el parque a la ladera oriente de la quebrada. Se completará la pasarela y el acceso norte con los dos ascensores del parque permitiendo una mayor facilidad de mantención y transporte de elementos a la quebrada haciendo más inclusivo el acceso posterior al parque arborizado.

Se construirán las zonas de senderos y miradores con sombreaderos que permitan tener zonas de sombra mientras la arborización crece, y las zonas de picnic, y juegos infantiles.

Etapas III (3 meses):

En una última etapa para la zona de parque se procederá a finalizar las intervenciones paisajísticas en las distintas zonas, reforestando las laderas de la zona de conservación ya intervenidas con hidrosiembra, con especies arbustivas y se arborizará la red de senderos y miradores.

Se intervendrá la zona de parque bmx para hacerlo accesible al público y se abrirán las puertas comenzando el uso efectivo del parque solo durante el día, cerrándolo de noche y teniendo un equipo de vigilancia que circule y haga uso de las torres de mirador con el fin de preservar la tranquilidad en el lugar y el buen uso del espacio.

Etapas posteriores:

Una vez ya operativo el parque el Culebrón se podrán gestar nuevos proyectos asociados al lugar.

La zona del borde urbano hará parte de una segunda licitación financiada por el Municipio de Coquimbo, permitiendo generar un borde duro, que funcione como ciclovía, y eje de circulación peatonal, integrando ciertas zonas de sombra, juegos de niños y áreas de deporte además de enfatizar los puntos de acceso al parque integrándolo al contexto urbano.

En el futuro, cuando se urbanice la ladera oriente de la quebrada será necesario un proyecto de borde urbano de las mismas características una vez este constituida la trama urbana y la forma de su límite.

La zona de intervención mixta permanecerá en su estado natural de pradera de matorral bajo abierta a ser intervenida por distintas propuestas entre las que destaca la creación potencial de un Museo Paleontológico en el lugar y la construcción de equipamiento municipal.

Mantenimiento:

La planta de aguas se auto sustentará con un flujo constante de aguas residuales provenientes del barrio adyacente, produciendo humus que servirá al vivero para la producción de árboles para el parque, pudiendo además comercializarse el humus y las plantas en caso de haber un excedente.

El parque será mantenido por el Municipio con un equipo de trabajo del área de parques y jardines constante que mantenga la planta de aguas, la extracción de humus y el correcto funcionamiento del sistema de riego. Las intervenciones paisajísticas realizadas no necesitarán mayor mantenimiento más que podas anuales y remplazo eventual de especies que no logren sobrevivir sobre todo durante los primeros años hasta lograr una mejor calidad del suelo.

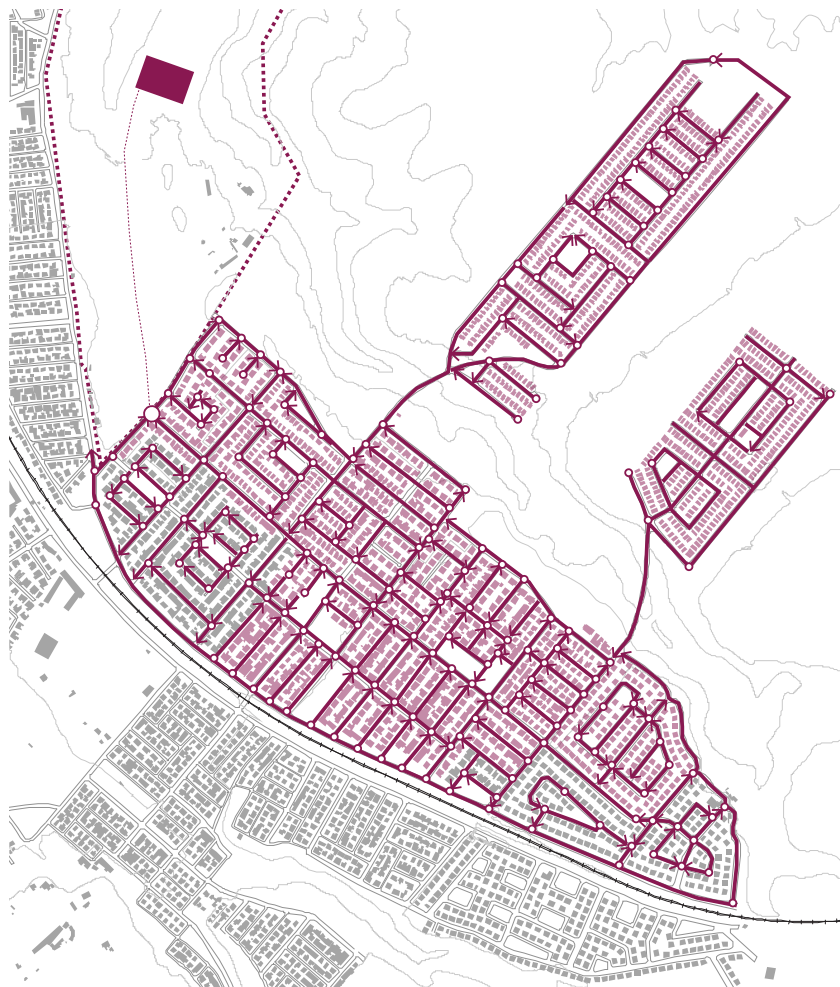
Las zonas de bodegaje y estudio del patrimonio paleontológico serán administradas por el Centro de Estudios para Zonas Áridas CEAZA, quienes tendrán la autonomía del uso del edificio y sus instalaciones para fines científicos.

Sistema Tohá : reciclaje de aguas residuales para riego

Para resolver la problemática de cómo regar a bajo costo se estudió la factibilidad de implantar diversos sistemas económicos de bajo impacto. Al estar ubicado en una zona próxima al borde costero se pensó en la tecnología del atrapa nieblas, pero no era factible por la baja densidad de la niebla en la zona del proyecto. De esta manera surgió la idea de utilizar un sistema que reciclara las aguas residuales del barrio adyacente eligiendo el sistema Tohá . Esta tecnología de tratamiento de aguas residuales fue creada y desarrollada por el Dr. José Tohá Castellá en el laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, y patentada a mediados de los años '90, desde entonces se ha utilizado en proyectos en todas partes del mundo. El mecanismo de funcionamiento del sistema es un filtro colador compuesto de diferentes estratos filtrantes y lombrices. El agua residual es filtrada a través de las diferentes capas filtrantes, quedando retenida la materia orgánica la que posteriormente es consumida por las lombrices y desechada transformada en humus, fertilizante natural rico en nutrientes para las plantas.

El proyecto al ubicarse en un punto alto de la quebrada tiene un sistema de alcantarillado que desciende hacia el borde costero donde se encuentra la planta de aguas servidas que limpia el agua para derramarla al mar haciendo óptima la intercepción en un punto estratégico que retoma el agua residual de 1630 casas.

- Límite del parque
- Flujo aguas residuales
- Colectores
- Punto de intercepción de la red de alcantarillado
- Canalización aguas residuales a planta Tohá
- Casas con agua interceptada
- Planta sistema Tohá
- Planta de aguas servidas de la Pampilla



Plano de alcantarillado y ubicación de planta de aguas servidas
Elaboración propia en base a planos consultados de Aguas del Valle



Vista aérea de la ubicación de la planta de agua, punto estratégico por la altura impulsando por gravedad el agua a diversos puntos del parque.
Fotografía aérea de Felipe Figueroa

Datos base:

Área del parque : 45 hectáreas = 450.000 m²
Porcentaje de área a regar : 20%
Área del parque a regar = 90.000 m²
Evapotranspiración utilizada : 10 mm/día

Viviendas disponibles: 1630
Promedio de habitantes por vivienda= 4
Dotación de agua por habitante= 200 L/día
Factor de recuperación (fc) : 0,8

Cálculos de caudal y superficie sistema Tohá

1. Agua necesaria para regar :

Área de riego en m² x evapotranspiración en metros/día = m³ de agua/día

Resultados:

m³ de agua/día necesarios para regar el 20% del parque = 90.000 x 0,01 = **900.000 L/día**

2. Caudal de aguas residuales a tratar =

Nº viviendas x Nº hab/vivienda x dotación de agua/ persona/día x fc

Resultados:

Caudal de aguas residuales a tratar = 1630 x 4 x 200 x 0,8 = **1.043.200 L/día**

Se debe restar el 15% que se pierde en el proceso que corresponde a **156.480 L/día** quedando **886.720 L/día** , faltarán 13.280 L/día pudiendo ser contrarrestados eligiendo especies de evapotranspiración más baja en ciertas áreas.

3. Sistema Tohá: 1 m² de sistema Tohá limpia : 500 L/día

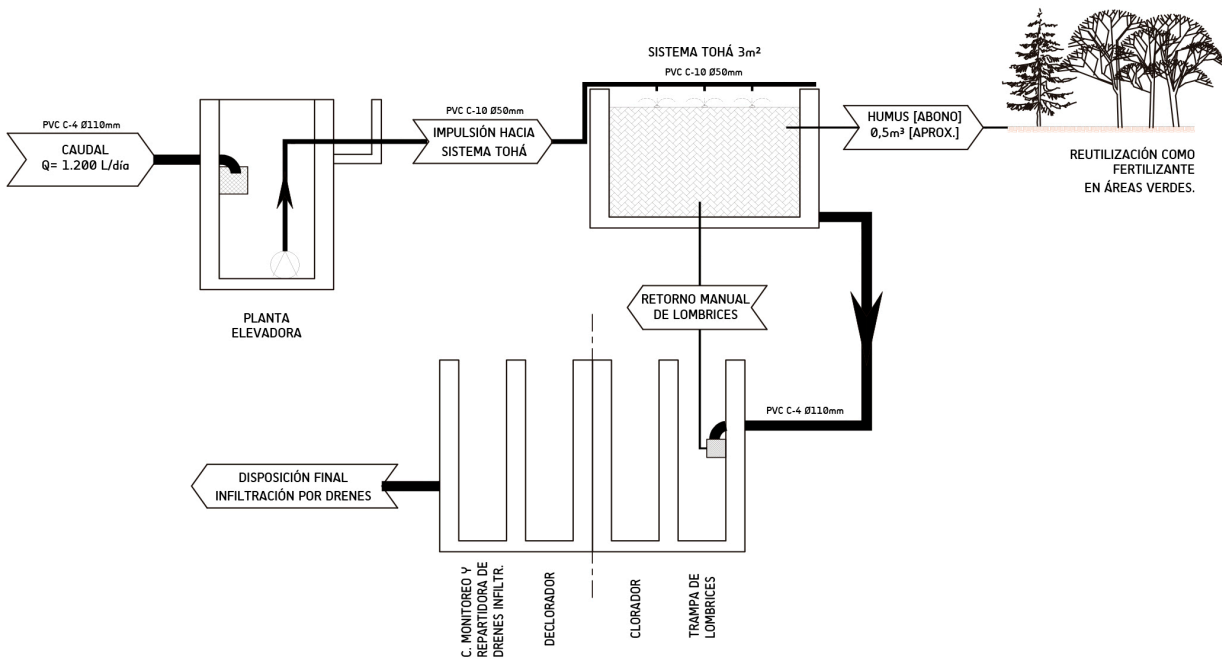
Resultados:

Área del sistema Tohá a diseñar = 886.720 / 500 = 1773.4 m²
*** 1774 m²**

Se calcula el área del sistema Tohá por 900.000 L/día para darle holgura al diseño al estar basados los cálculos en promedios.

Resultados:

Área del sistema Tohá a diseñar = 900.000 / 500 = **1800 m²**



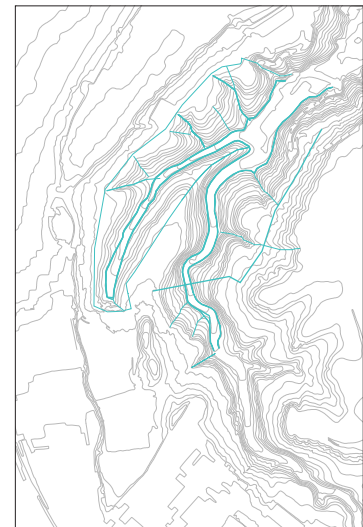
Esquema de funcionamiento sistema Tohá para una planta tipo de 3m² para la producción de un caudal de 1200 L/día Fuente: Gemat, sistema Tohá

Propuesta de zonificación del parque

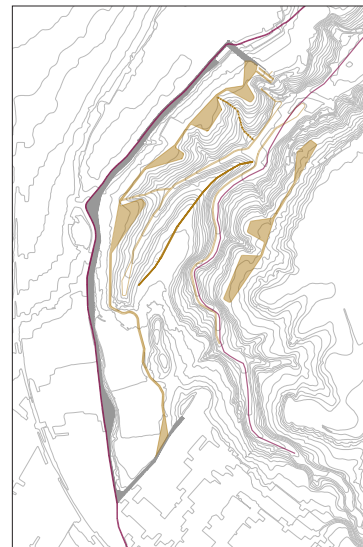
Leyenda

- ||||||| Vialidad propuesta
- ||||| Ciclovía
- ▶ Accesos
- Estacionamiento
- ▭ Edificio/ Planta de tratamiento de aguas
- Drenajes
- Canales propuestos

- Senderos y miradores
- Parque arborizado
- Zona de conservación
- Zona mixta
- Borde urbano
- Barrera vegetal
- Canchas deportivas
- Parque bmx



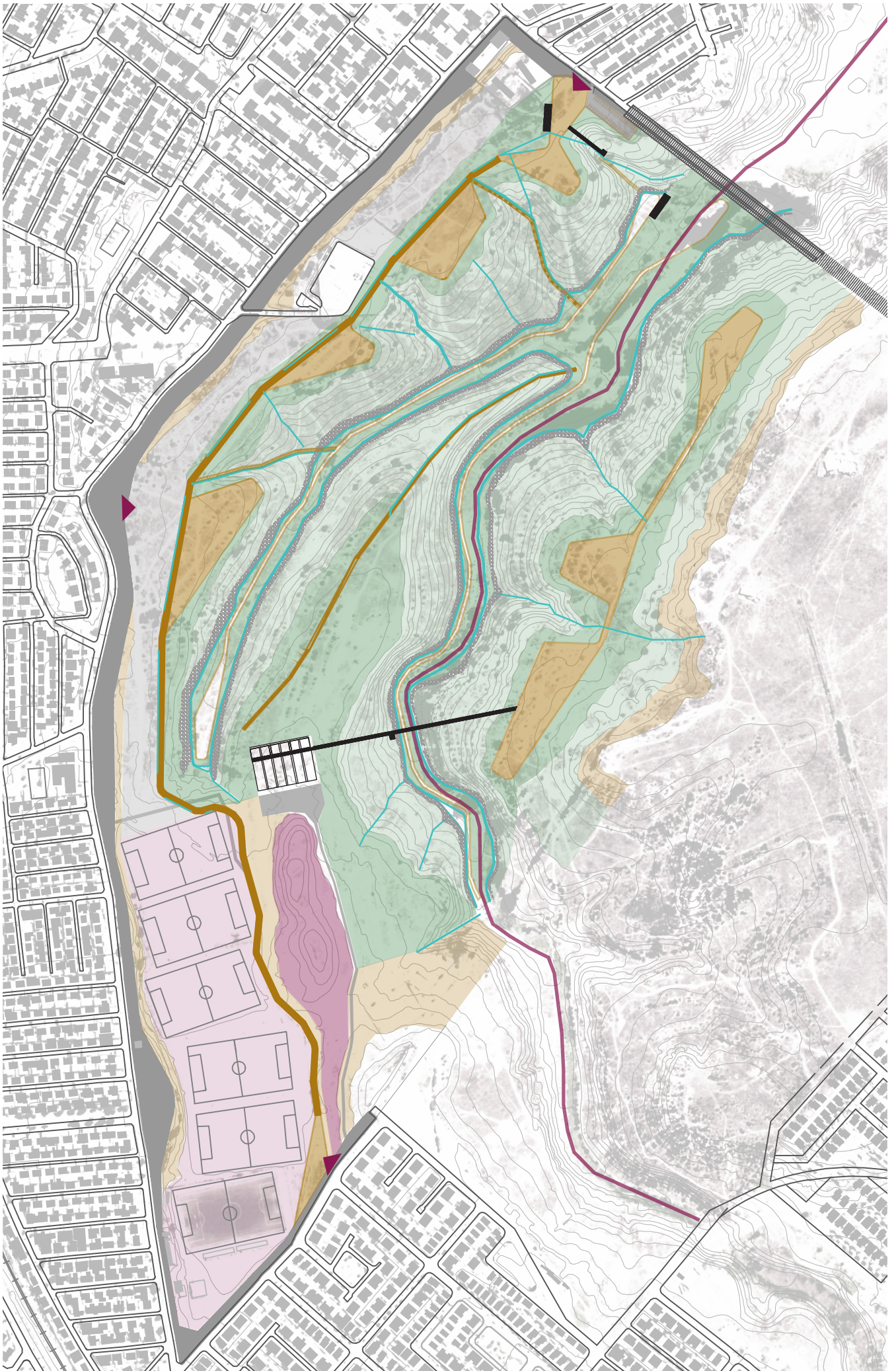
Red de irrigación



Circulaciones



Planta general propuesta de zonificación del parque el Culebrón 1/5000
Elaboración propia



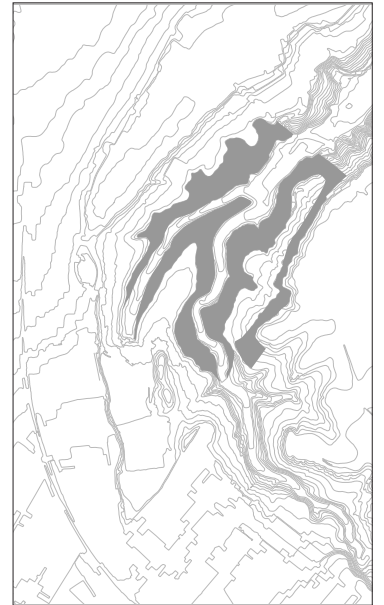
Zona de conservación sin riego

Esta zona comienza en las laderas sobre el 30% de pendiente de ambas quebradas. Es una zona muy erosionada por la fuerza del agua, por la exposición solar continua y por el uso deportivo de bicross y motocross reiterado que genera una remoción de tierra amenazando el patrimonio paleontológico del lugar por lo que estará exenta de personas y será inhabitada. Constituye la principal zona de rehabilitación ecológica ya que será intervenida por la plantación de hidrosiembra, mezcla húmeda de semillas, mulch, fertilizantes y sustancias adherentes conformando una pradera de gramíneas y pastos verde en invierno y café en verano que fomentará la restauración de la cubierta vegetal de las laderas. Se reforestará en forma con arbustos leñosos en parches que generen un efecto nodriza y se propaguen progresivamente en los taludes añadiendo colores amarillos y blancos a las praderas en primavera.

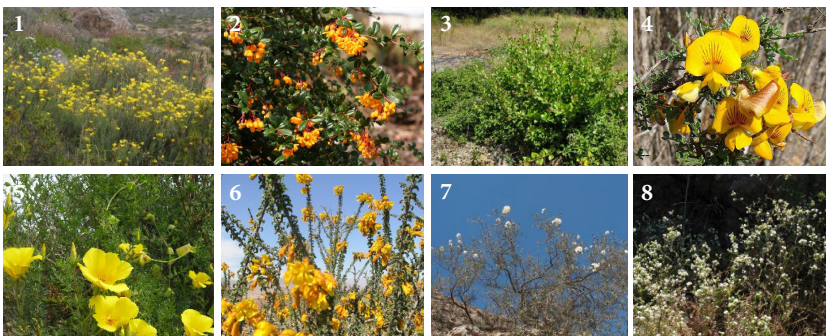
Intervención paisajística: hidrosiembra en las laderas durante el invierno verde en invierno, seca en verano + vegetación arbustiva endémica

Gestión y mantención : compra de semillas e hidrosiembra de las laderas en invierno, plantación posterior de especies arbustivas, costo bajo.

Referentes paisajísticos: Hidrosiembra de gramíneas en los taludes

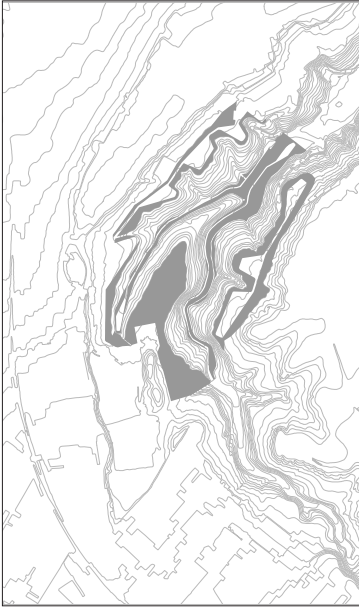


Reforestación con arbustos leñosos dispersos



1. Maravilla del campo
2. Michay
3. Litre
4. Varilla
5. *Balbisia peduncularis*
6. Algarrobilla
7. Carbonillo
8. *Moscharia pinnatifida*

Parque arborizado con riego



Teniendo un conocimiento previo del territorio, de la comunidad de San Juan y la imagen de “pulmón verde” que anhelan ver en el parque se plantea el desafío de no solo idear una estrategia para rehabilitar la cubierta vegetal del territorio que permita en primera instancia crear un sustrato adecuado al crecimiento de especies endémicas, pero permitir que se sustente en el tiempo.

Esta zona es el punto más bajo de la quebrada y constituye el parque arborizado a mantener y potenciar como pulmón verde, generando más puntos de sombra y zonas de picnic, baños, puntos limpios y basureros, además de un sendero contemplativo con pequeños jardines ornamental en proximidad de los canales que repartirán el riego por goteo y un sendero de bicicleta, ambos continuos que permitan seguir recorriendo la quebrada hacia el humedal proyectando la futura continuidad del parque.

Intervención paisajística: reforestación con especies de árboles frondosos regados por goteo y de raíces profundas generando puntos de sombra + vegetación ornamental

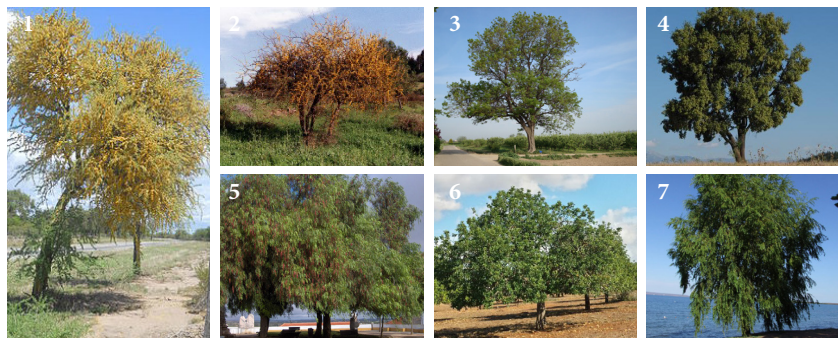
Gestión y mantención : árboles donados por CONAF y mantenidos en el vivero en un proceso de crecimiento con mejoramiento de la tierra, compra de plantas y arbustos en viveros para ser plantadas posteriormente.

Referentes paisajísticos: Jardines xerófitos en puntos más abiertos



Reforestación con arboles de raíces profundas

1. Chaña
2. Espino
3. Acacia tres espinas
4. Quillay
5. Falso pimiento
6. Algarrobo
7. Sauce chileno



Zona de barrera vegetal sin riego

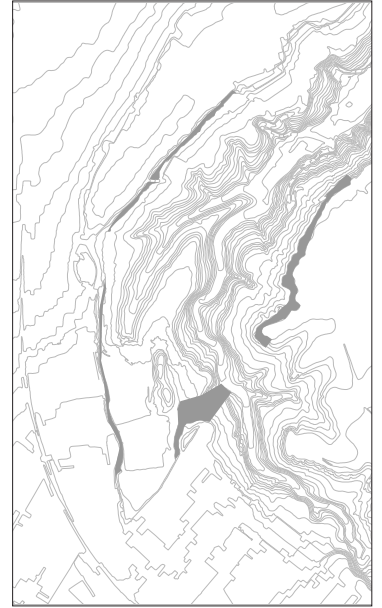
Esta zona comienza después del cerramiento del parque en los bordes oriente, poniente y sur y constituirá una barrera vegetal de plantas xerófitas con espinas y exposición al sol constante que no se regará, manteniéndose con el riego ocasional de la lluvia, la neblina costera y el rocío.

Será una zona deshabitada que no contempla circulaciones cuya única función es dar una imagen más vegetal a un cerramiento perimetral y disuadir el intento de saltar la reja. De esta manera deberá constituir un cuerpo denso desde el borde haciéndose más abierto y disperso al avanzar hacia el parque. En los bordes poniente y oriente es un área de fuerte pendiente por lo que la vegetación recubrirá taludes sobre un 30% de pendiente marcando más el límite.

Intervención paisajística: plantación de bromelias, cactáceas nativas y suculentas, plantas xerófitas que no necesitan mayor riego

Gestión y mantención : compra de plantas y producción en vivero, riego eventual con de la lluvia, la neblina costera y el rocío, menos de 100 mm/anales

Referentes paisajísticos: Jardín desértico

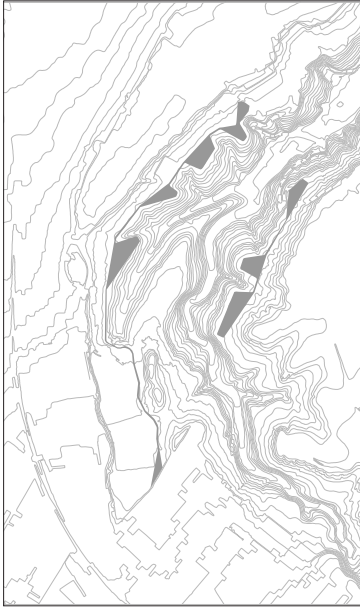


Plantación de especies vegetación xerófita con espinas



1. Copiapoa coquimbana
2. Cumulopuntia sphaerica
3. Agave
4. Eriosyce subgibbosa
5. Echinopsis chiloensis
6. Chaguales

Zona de senderos y miradores con riego



Los senderos y miradores corresponden a un área extensa en las terrazas altas de ambas laderas del parque que conformará una red de amplios miradores con sectores de picnic, juegos de niños y áreas de sombra articulados por un sendero conector con un canal paralelo regando esta área de arborización y jardines ornamentales.

Mientras los árboles crecen se generará sombra en áreas de sombreaderos asociados a las áreas de permanencia del circuito en los miradores.

Intervención paisajística: plantación plantas ornamentales de distintos colores, gramíneas, bromelias, cactáceas nativas, suculentas, y árboles frondosos como el pimiento, la acacia tres espina, algarrobos y el espino entre otros.

Gestión y mantenimiento : compra de plantas y producción en vivero, riego cada dos días por goteo y aspersión

Referentes de mobiliario:

- Sombreaderos
- Módulos de baños y acceso
- Puntos Limpios
- Zona de picnic



Referentes paisajísticos: Parque Quilapilún



Jardín ornamental de bajo riego y colores mixtos

1. Muhlenbergia capillaris
2. Muhlenbergia emersleyii
3. Festuca gracillima
4. Falso pimiento
5. Dedal de oro
6. Añañuca
7. Espino
8. Acacia tres espinas



Zona de intervención mixta

La zona de intervención mixta es un área reservada en el parque a proyectos posteriores a la construcción del mismo. Está en una terraza elevada que tiene directa relación con el borde urbano y la barrera vegetal, teniendo una posición estratégica y de fácil acceso para eventuales proyectos futuros.

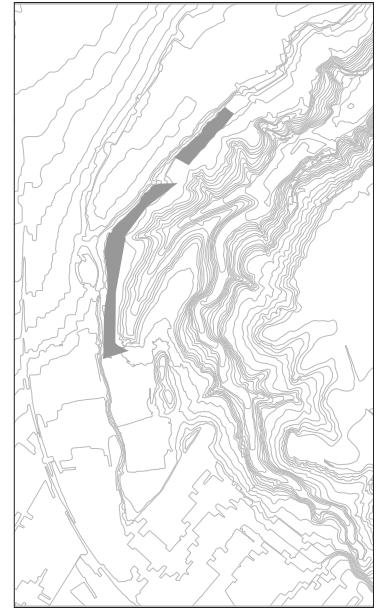
Algunos programas que podrían instalarse en este lugar son centros deportivos o equipamiento municipal relacionados al parque, o un eventual museo paleontológico, idea que ha surgido en procesos participativos ligados al parque para crear conciencia sobre la preservación de los fósiles y evitar la extracción ilegal de especies. El CEAZA ha manifestado su interés por el proyecto, sobretodo por la falta de lugares en Chile donde exponer y estudiar hallazgos paleontológicos.

Actualmente esta zona tiene muchas huellas de circulaciones informales deteriorando la cubierta vegetal y la zona de pastizales. Al instalar la red de senderos y miradores se espera que esta zona se restaure naturalmente al no ser pisada ni intervenida.

Intervención paisajística: esta área se mantendrá en su estado de matorral bajo, formando una pradera verde en invierno y café en verano.

Gestión y mantención : zona sin riego, sin mantención

Referentes paisajísticos: pradera abierta



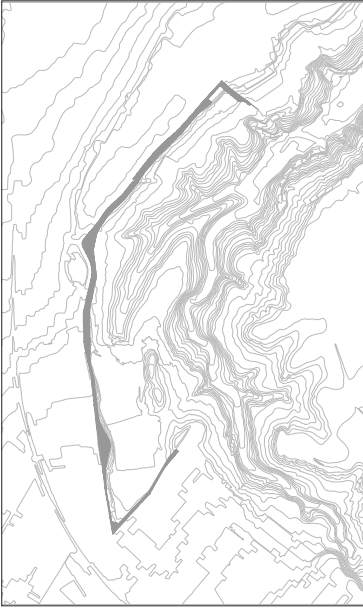
Imágenes objetivo de equipamiento en parques



1. Concurso Público para el Centro Cultural y Polideportivo del Parque Sinchi Roca ;Distrito de Comas, Lima - Perú. MASUNOSTUDIO

2. Primer Lugar en Concurso del Escenario Deportivo de Nuevo Gramalote / Colombia, de CONTRAPUNTO Taller de Arquitectura.

Zona de borde urbano



La zona de borde urbano será un proyecto posterior a la puesta en marcha del parque. Será un borde duro, con ciertos puntos de arborización en alcorques para generar sombra.

Funcionará como eje de circulación peatonal seguro, con amplias luminarias y visibilidad. También contará con una ciclovía por avenida Portugal que empalme con avenida Suecia.

Mientras los árboles crecen se generara sombra en áreas de sombreaderos asociados a las áreas de permanencia y plazas con programas como máquinas y juegos de niños.

Intervención paisajística: plantación de árboles de rápido crecimiento en alcorques para generar puntos de sombra.

Gestión y mantenimiento : mantenido por la municipalidad e Coquimbo

Referentes paisajísticos de diseño urbano:

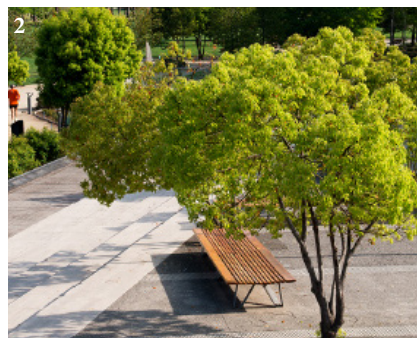
Borde duro del parque Bicentenario y borde urbano del parque Kaukari ambos proyectos de Teodoro Fernández, se retoma el trabajo de pavimentos y niveles y la integración a la zona urbana.



Ejemplos de borde urbano construido

1. Borde duro parque Kaukari

2. Borde urbano de Parque Bicentenario



Propuesta arquitectónica del edificio y planta de agua

Para poder sustentar el sistema de reciclaje de aguas residuales es necesario diseñar un edificio que contenga la planta de sistema Tohá de 1800 m² como definimos anteriormente. La forma más óptima para el funcionamiento del sistema es la planta rectangular por lo que se opta por un rectángulo de 60 m x 30 m logrando los 1800 m². El edificio se ubica en un punto central del parque, la lengua que parque la quebrada en dos estando en uno de los puntos más altos para aprovechar la pendiente del terreno en las canalizaciones de agua, conectando fácilmente con el punto de intercepción de aguas residuales y con la ladera oriente a través de una pasarela y con la poniente directamente.

Además de la planta de aguas, se necesita integrar otro tipo de programas en un parque como zonas de bodegaje, oficinas de administración, y áreas de descanso para el equipo del parque.

Surge por un lado también la necesidad de pensar en un sistema circular para promover la sostenibilidad del proyecto, retomando los desechos de la planta (humus) como fertilizante para el parque y producción de árboles y plantas en un vivero aprovechando la proximidad del recurso hídrico producido en el lugar. Por otro lado el patrimonio paleontológico extraído y removido durante la construcción de las diversas obras del parque demanda áreas de bodegaje y de estudio para poder aprovechar la oportunidad de excavar y analizar las especies encontradas poniendo en valor el lugar previo a que exista eventualmente un museo paleontológico en la ciudad.

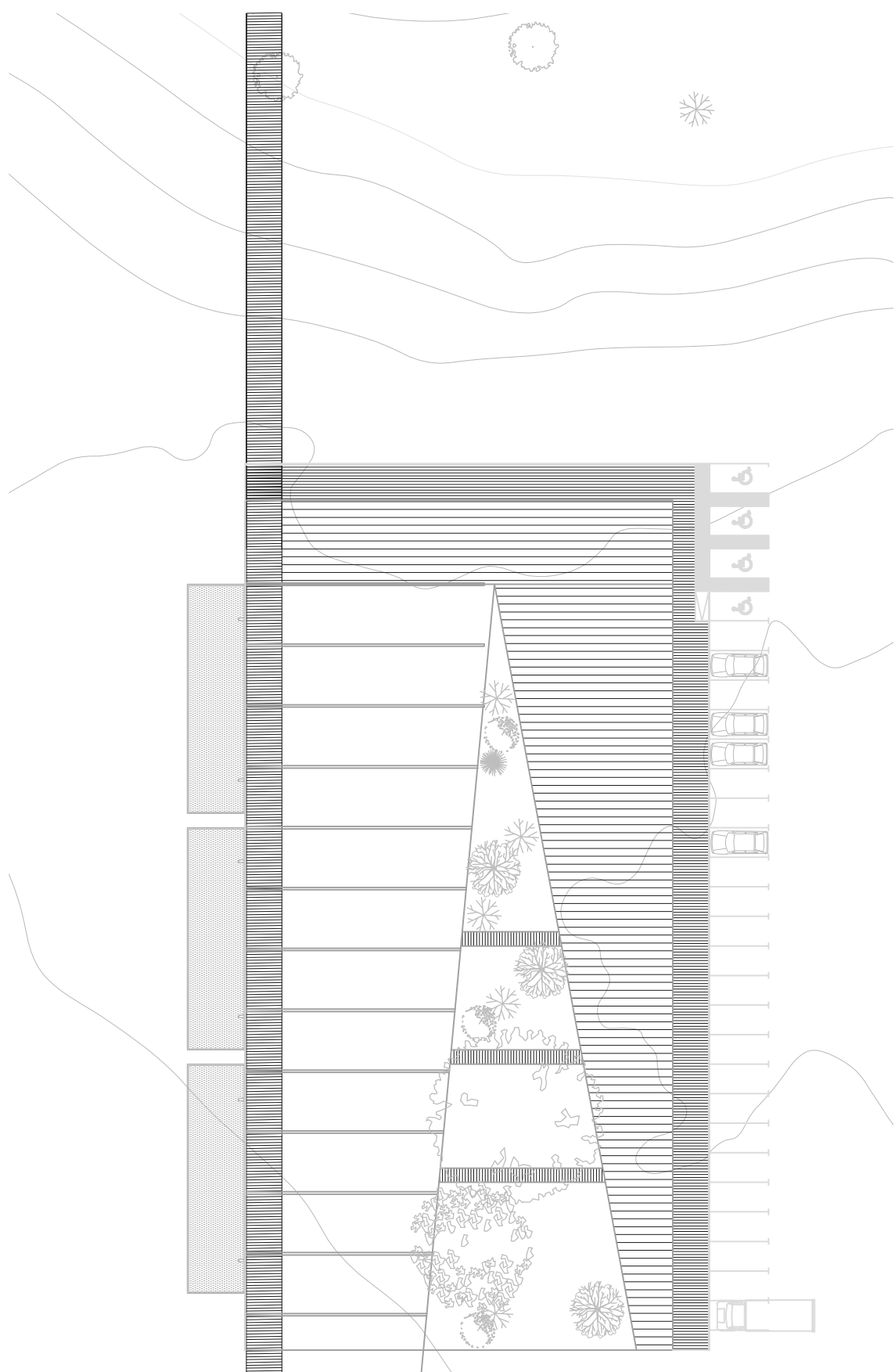
De esta manera el edificio responde en sus programas a los diversos requerimientos del lugar, partiendo desde la base de la funcionalidad como criterio de diseño pero también de la integración al paisaje.

Al conformar un hito en el paisaje se decide disminuir el impacto visual diseñando en su cubierta un espacio habitable integrado al espacio público y funcione como núcleo de circulaciones y punto de bombeo de agua al resto las zonas irrigadas.

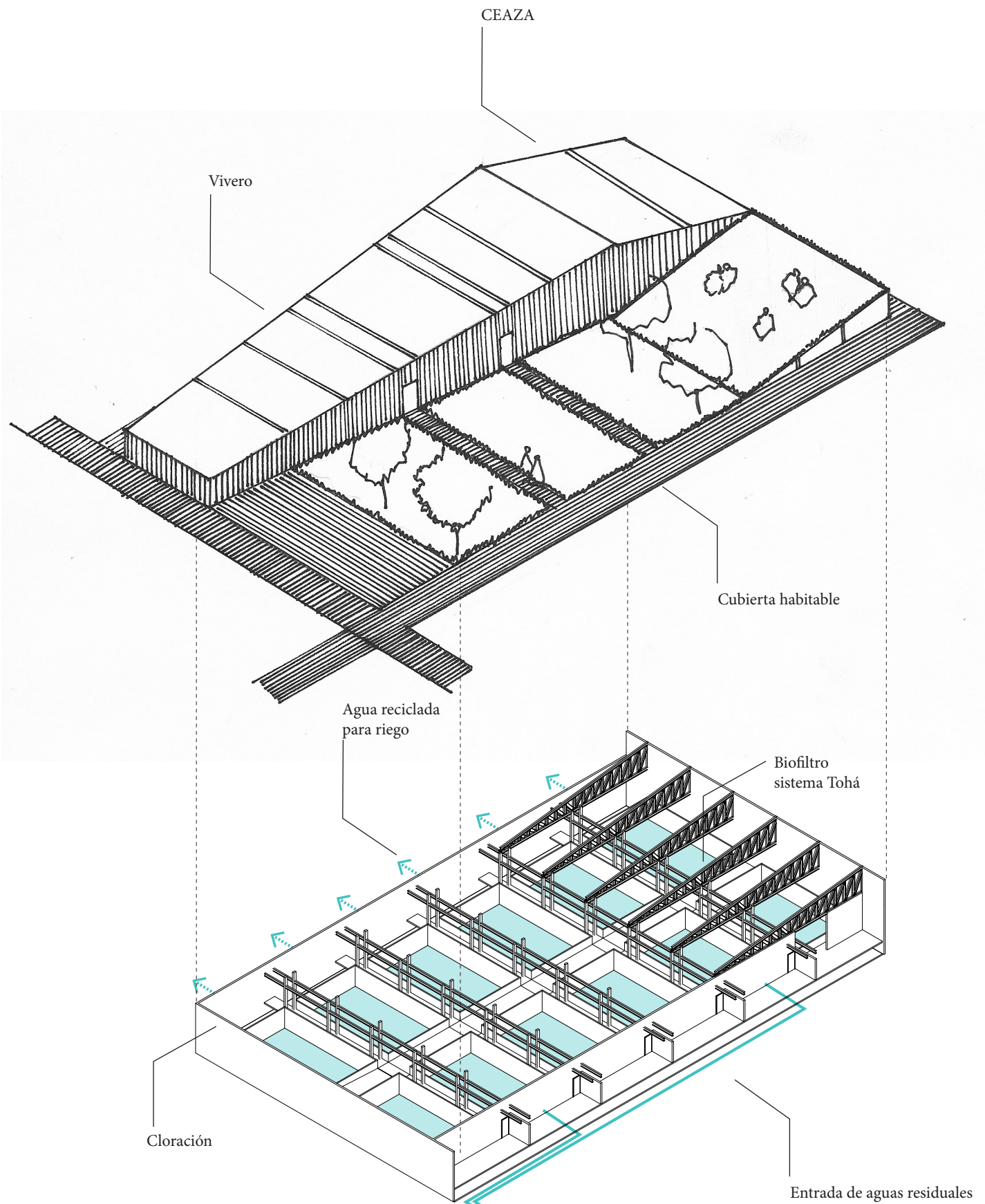
Referente formal de cubierta verde habitable:



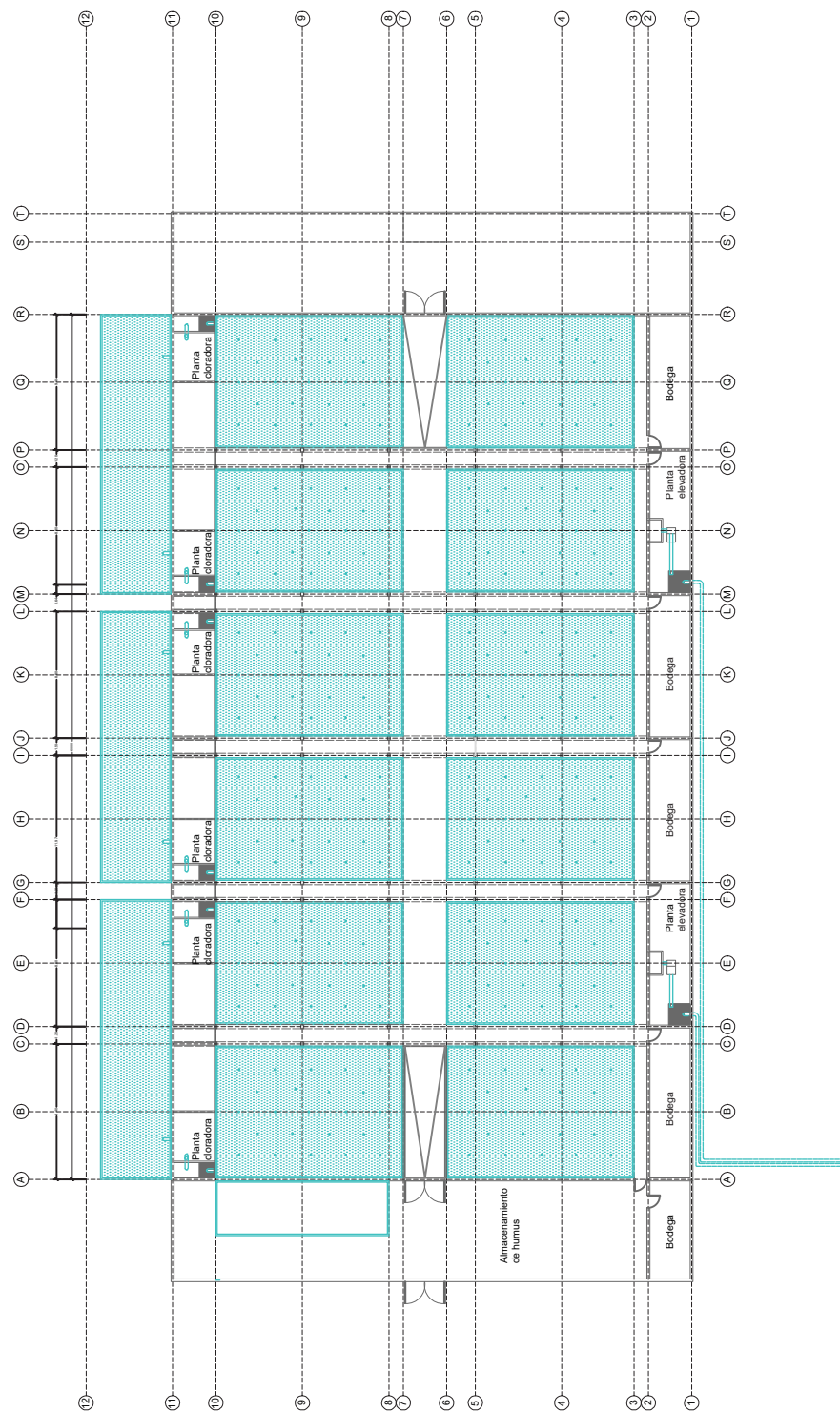
Complejo Escolar en Rillieux-la-Pape / Tectoniques Architects



Planta edificio nivel 0.0 m 1/500
Elaboración propia



Axonometrica de la planta de tratamiento de aguas residuales y cubierta habitable
Elaboración propia



Planta edificio nivel -3.0 m 1/500
Elaboración propia

Ascensor/ Pasarela

El paisaje será intervenido ,en algunos puntos, por infraestructura menor, una pasarela que funcionará como acueducto e integrará un ascensor para bajar al parque arborizado en el punto bajo de la quebrada bajando 20 metros. Un segundo ascensor estará ubicado en el acceso norte del parque que bajará 16 metros. Ambas torres de ascensor serán iguales ajustando su estructura en pisos de acero cortén, material que no se corroe estando próximo a la costa.

Referentes:

Puente Peatonal y Ascensor Limmat
/ Leuppi & Schafroth Architekten

Pasarela Montornès
/ Alfa Polaris, S.L. Xavier Font



Se retoma la esbeltez y ligereza del elemento arquitectónico superpuesto en el territorio

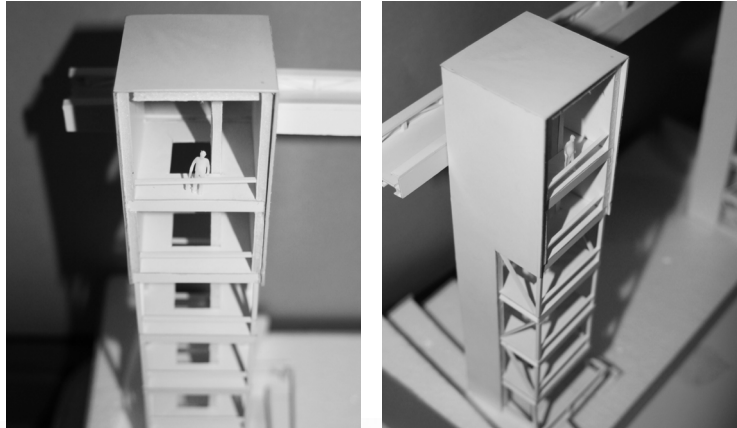
Se rescata el uso del acero cortén y el uso de las vigas como barandas que envuelve al peatón

Fuente :Leuppi & Schafroth Architekten

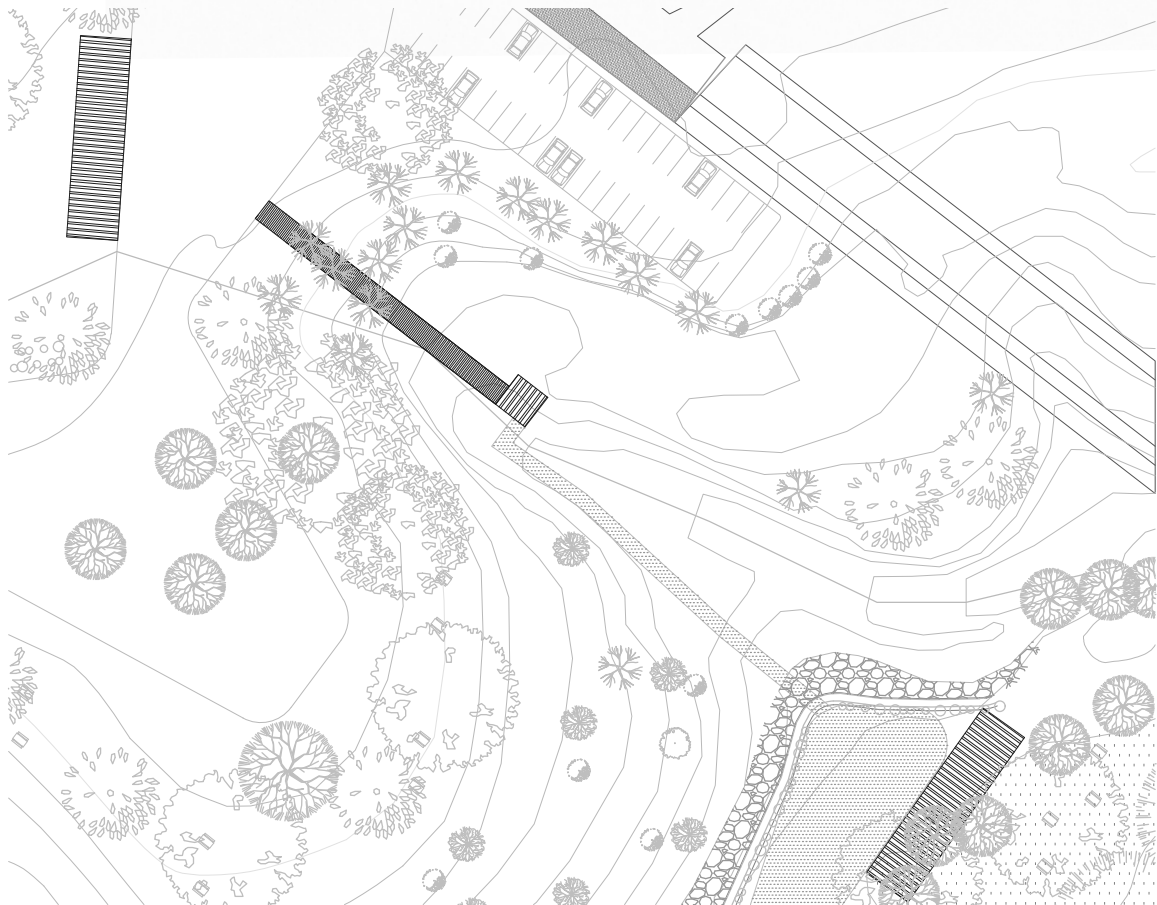
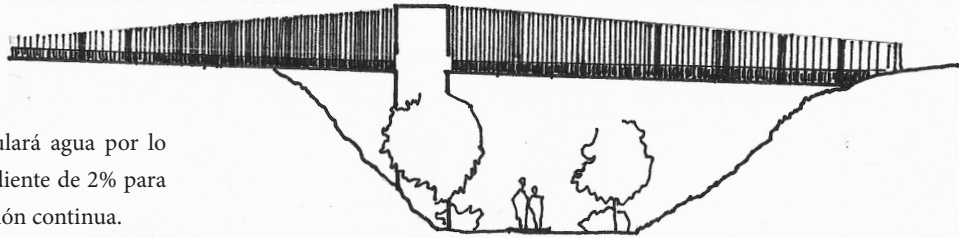
Fuente : <http://www.arquitecturaenacero.org>

Maquetas de proceso del ascensor
Elaboración propia

El ascensor será una torre mirador en algunos pisos permitiendo tener una vista amplia al parque, de igual forma la pasarela tendrá un punto de observación único, permitiendo ver la quebrada desde arriba.



Por la pasarela circulará agua por lo que tendrá una pendiente de 2% para mantener la circulación continua.



① **Planta de punto de acceso norte con torre ascensor 1/1000**
Elaboración propia

05 | Reflexiones finales

Después de haber tenido una primera aproximación al lugar y a una metodología participativa en una práctica previa en el parque que me llevo a conocer directamente a la comunidad local y a la forma en la que operan los gobiernos locales de ambas ciudades de la conurbación, puedo decir que en mi experiencia el espacio público en Chile ha sido por muchos años retomado como un componente urbano que sin duda beneficia, pero no es considerado elemental.

Más aún, en las ciudades actuales chilenas el concreto está apoderándose de todos los espacios urbanos, y olvidamos el privilegio que es que aun existan lugares naturales que quizás permanecen por la complejidad que representa habitarlos y resguardarlos, pero que nos recuerdan que debajo de las capas de concreto hubo siempre tierra, agua y una flora y fauna local.

Trabajando en este proyecto por largos meses me doy cuenta de que el paisaje urbano en las tiene mucho que entregarnos y aproximarnos al estado primero de como era nuestro país antes de ser urbanizado y que los lugares donde hay ciudades fueron quizás los puntos más atractivos del territorio local, cercanos a las fuentes de agua abundante y alejado de las zonas climáticas más complejas.

Pienso que es muy importante que como arquitectos trabajemos con conciencia y respeto por el medio en el que habitamos, y no hablo solo del contexto urbano y la integración de la arquitectura a una entidad mayor, sino más bien de que pensemos en el territorio, en la eficiencia de los recursos y en el aprovechamiento de las variables morfológicas, geográficas, climáticas y los elementos estéticos del paisaje para valorar el estado inicial de la tierra en que vivimos.

06 | Bibliografía

Libros consultados

Aristóteles. (libro I). *Metafísica*.

Aronson, S. (2008). *Aridscapes: Proyectar en tierras ásperas y frágiles*. Barcelona: Gustavo Gili .

Bélanger, P. (2017). *Landscape as infrastructure*. New York: Routledge.

Convención de Ramsar. (2016). *Manual de la Convención de Ramsar : Introducción a la convención sobre los humedales*.

Corporación Ambientes Acuáticos de Chile, CAACH. (2005). *Los humedales no pueden esperar : Manual para el Uso Racional del Sistema de Humedales Costeros de Coquimbo. Coquimbo*.

Jiménez, B., & Asano, T. (2008). *Water reuse: An International Survey of current practice, issues and needs*.

Riedeman, P., Aldunate, G., & Teillier, S. (2016). *Flora Nativa de valor ornamental, identificación y propagación Chile zona norte*. Ediciones Jardín Botánico Chagual.

Semsar Yazdi, A. A., & Labbaf Khaneiki, M. (2017). *Qanat Knowledge: Construction and Maintenance*.

Artículos

De las Rivas Sanz, J. L. (2013). *Hacia la ciudad paisaje. Regeneración de la forma urbana desde la naturaleza*. Urban, 79-93.

Fernández, T. (2004). *Paisajismo para La Reserva*. ARQ, 46-49.

Gastó, J., & Subercaseaux, D. (Abril de 2010). *Dimensión ecológica del paisaje cultural en el siglo XX*. Revista Talca, 60- 71.

Gutiérrez, J. R. (2001). *Importancia de los Arbustos Leñosos en los Ecosistemas de la IV Región*. En F. Squeo, G. Arancio, & G. J.R, Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo (págs. 253-260). La Serena, Chile: Ediciones Universidad de la Serena.

Mongil, J., & Martínez de Azagra, A. (2008). *Restauración de los suelos y de la vegetación en la lucha contra la desertificación*. Sociedad Española de Ciencias Forestales , 309-313.

Moreno, O. (2009). *Arquitectura del Paisaje: Retrospectiva y prospectiva de la disciplina a nivel global y latinoamericano. Enfoques, tendencias, derivaciones*. De Arquitectura(19), 4-12.

Normativas e informes

Código de Aguas . (1967). En Ley 16.640 (pág. Artículo 95).

Código de Aguas. (1981). D.F.L. N° 1.122.

Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, S. y. (2002). *Observación General N°15. El derecho al agua.*

CONAMA. (2005). *Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de Humedales en Chile.*

Departamento de Salud Ambiental, Ministerio de Salud. (2017). *Proyecto de reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises.*

Ministerio de Obras Públicas. (2018). *Ley n° 21.075, Regula la recolección, reutilización, y disposición de las aguas grises.*

ICVU. (2017). *Índice de Calidad de Vida Urbana - Comunas y Ciudades de Chile.*

INE. (2012). *Resultados preliminares Censo de población y vivienda 2012.*

ONU. (2010). Resolución A/RES/64/292.

PNUD. (2016). *Chile: Los costos de la inacción de la desertificación y degradación de las tierras.*

MOP. (2013). *Chile cuida su agua, Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025.*

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2016). *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2015.*

Unidad de diagnóstico parlamentario. (2012). *La Desertificación en Chile.*

Tesis y memorias

Quiróz, A. (2015), *Parque Estuarial Humedal Las Ánimas*; Memoria de título de arquitectura, Universidad de Chile

Valdivieso, B. (2016), *Proyecto Oasis, Parque campamento Likanantay*; Memoria de título de arquitectura, Universidad de Chile

Sitios web

<http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

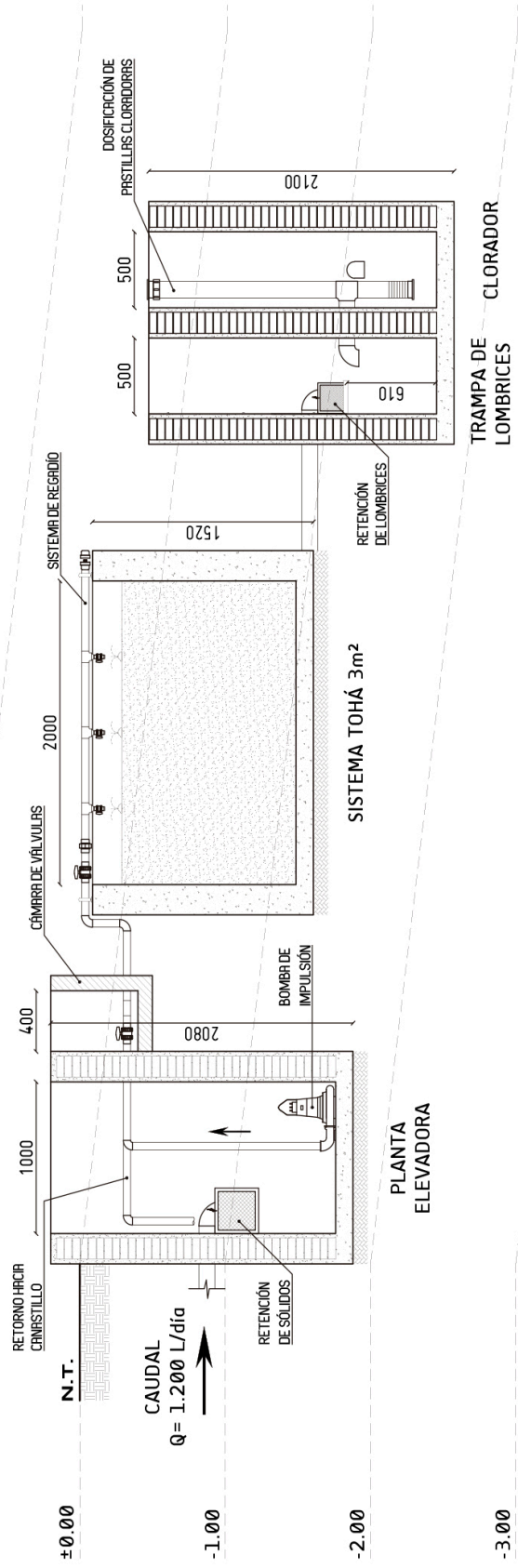
<https://water.usgs.gov/edu/watercyclefreshstorage.html>

https://elpais.com/internacional/2015/03/04/actualidad/1425491803_078422.html

07 | Anexos

**PLANTA DE TRATAMIENTO
PERFIL HIDRÁULICO
ESC: 1/25**







+1.00














-3.00

ANEXO 2: TABLA DE ESPECIES VEGETALES

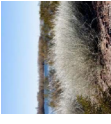










ÁRBOLES

Nombre científico	Nombre común	Árbol, Arbusto, Pasto	Ancho de crecimiento	Alto de crecimiento	Clima	Suelo	Soleamiento	Riego necesario (S/N)	Tipo de hoja	Flores	Origen	Imagen
<i>Cercidium praecox</i>	Chañar Brea	Árbol	3 m	3 a 9 m	Secano	Desértico	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	300 mm / año	Caduca	Amarilla	Mendoza, Argentina	
<i>Prosopis chilensis</i>	Algarrobo	Árbol	8 m	3 a 10 m	Secano	Quebradas	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año Raíces profundas (napas)	Perene	Amarilla	Norte de Chile	
<i>Acacia caven</i>	Espino	Árbol	2m	2 a 6 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año Raíces profundas (napas)	Caduca	Amarilla	Centro de Chile	
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	Árbol	12 m	25 m	Secano	Quebradas	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Perene	Blanca	Chile IV a IX región	
<i>Schinus molle</i>	Pimiento	Árbol	10 m	10a 25 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 mm / año	Perene	Roja	Norte de Chile	
<i>Gleditzia triacantos</i>	Acacia tres espinas	Árbol	4 m	10 a 12 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Caduca	Amarilla	Norteamérica	

PASTOS











Nombre científico	Nombre común	Árbol, Arbusto, Pasto	Ancho de crecimiento	Alto de crecimiento	Clima	Suelo	Soleamiento (S/N)	Riego necesario (S/N)	Tipo de hoja	Flores	Origen	Imagen
Muhlenbergia capillaris	Muhlenbergia capillaris	Pasto	1 m	1 m	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	Si	Estados Unidos	
Muhlenbergia emersleyi	Cola de zorro	Pasto	1 m	1 m	Secano	Degradado	Expuesto	400 mm / año	Perene	Si	Estados Unidos	
Muhlenbergia rigens	Liendresilla	Pasto	1 m	1 m	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	Si	Estados Unidos	
Festuca gracillima	Coirones	Pasto	1 m	1 m	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	No	Chile y Argentina	
Miscanthus	Miscanthus	Pasto	1 m	3 m	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	Blanco	Japón	
Stipa arundinacea	Stipa arundinacea	Pasto	90 cm	90 cm	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	No	Nueva Zelanda	
Stipa caudata	Stipa caudata	Pasto	60 cm	60 cm	Secano	Degradado	Expuesto	400 mm / año	Perene	Blanco	Chile y Argentina	
Nassella tenuissima o stipa tenuissima	Nasela	Pasto	1 m	60 cm	Secano	Drenado	Expuesto	200 mm / año	Caduca	No	Chile y Argentina	
Pennisetum villosum	Pennisetum villosum	Pasto	1 m	50 cm	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	Blanco	África	
Pennisetum rupelianum	Pennisetum rupelianum	Pasto	1 m	1 m	Secano	Degradado	Expuesto	200 mm / año	Perene	Blanco	Sudeste asiático	
Pennisetum setaceum	Pennisetum setaceum	Pasto	1 m	1 m	Secano	Degradado	Semi expuesto	400 mm / año	Perene	Morada	África	

ARBUSTOS

Nombre científico	Nombre común	Árbol, Arbusto, Pasto	Ancho de crecimiento	Alto de crecimiento	Clima	Suelo	Soleamiento (S/N)	Riego necesario (S/N)	Tipo de hoja	Flores	Origen	Imagen
Portulera chilensis	Guayacán / Palo Santo	Arbusto	2m	3 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Perene	Azul	Centro de Chile	
Lithrea caustica	Litre	Arbusto	2m	6 m	Secano	Quebradas	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	400 a 800 mm/ año	Perene	Amarilla	Centro de Chile	
Cordia decandra	Carbonillo	Arbusto	90 cm	3 a 4 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 mm / año	Perene	Blanca	Norte de Chile	
Escallonia rubra	Ñipa	Arbusto	1 m	2 m	Clima húmedo	Quebradas	Algo de sombra. Algo de protección contra el sol por vegetación poco espesa, rocas, etc., que filtran aprox. 20 - 40% de algo de sombra. Algo de protección contra el sol por vegetación poco espesa, rocas, etc., que filtran aprox. 20 - 40% de algo de sombra.	400 a 800 mm/ año	Perene	Roja	Chile	
Berberis	Michay	Arbusto	3 m	3 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Protección contra el sol por vegetación poco espesa, rocas, etc., que filtran aprox. 20 - 40% de algo de sombra.	100 a 300 mm/ año	Perene	Amarilla	Centro de Chile	
Monttea chilensis	Uvillo	Arbusto	50 cm	2 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Planta expuesta, pero con protección contra la luz directa por la niebla costera (camanchaca)	100 mm / año	Perene	Morada	Norte de Chile	
Balsamocarpon brevifolium	Algarrobilla	Arbusto	4 m	2 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 mm / año	Perene	Amarilla	Norte de Chile	
Myrceugenia correfolia	Petrillo	Arbusto	2 m	5 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	400 a 800 mm/ año	Perene	Blanca	Centro de Chile	
Adesmia bedwelli	Varilla	Arbusto	1 m	2 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 mm / año	Perene	Amarilla	Norte de Chile	
Moscharia pinnatifida	Moscharia pinnatifida	Arbusto	1 m	2 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Perene	Blanca	Centro de Chile	
Flourensia thurifera	Maravilla del campo / Incienso	Arbusto	2 m	2 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto, Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Perene	Amarilla	Norte de Chile	

Balbisia peduncularis	Balbisia peduncularis	Arbusto	2 m	2 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto. Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 mm / año	Perene	Amarilla	Norte de Chile	
Senna candolleana	Quebracho / Alcaparra	Arbusto	2 m	2 m	Secano	Quebradas	Expuesto. Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Perene	Amarilla	Centro-norte de Chile	
Echinopsis chilensis	Quisco	Cactáceas	2 m	8 m	Secano	Quebradas, laderas y lugares rocosos	Expuesto. Pleno sol sin ninguna protección. Partes planas o laderas de exposición norte.	100 a 300 mm/ año	Perene	Blanca	Norte de Chile	

PLANTAS ORNAMENTALES

Nombre científico	Nombre común	Árbol, Arbusto, Pasto	Ancho de crecimiento	Alto de crecimiento	Clima	Suelo	Soleamiento (S/N)	Riego necesario (S/N)	Tipo de hoja	Flores	Origen	Imagen
Lavandula officinalis chaix	Lavanda	Planta	2 m	1,5 m	Secano	Fértil	Expuesta	300 mm/ año	Perene	Moradas	Europa	
Eschscholzia californica	Dedal de oro	Planta	1 m	40 cm	Secano	Quebradas	na protección. Partes planas	100 a 300 mm/ año	Perene	Naranjas	Estados Unidos	
Papaver	Amapola	Planta	70 cm	70 cm	Secano	Fértil	Expuesta	100 a 300 mm/ año	Perene	rojás y naranjás	África	
Leucocoryne	Leucocoryne	Planta	25 cm	25 cm	Secano	Quebradas	na protección. Partes planas	100 a 300 mm/ año	Perene	blanca y morac	Centro de Chile	
Kniphofia uvaria	Kniphofia uvaria	Planta	5 cm	60 cm	Secano	las, laderas y lugares	na protección. Partes planas	400 a 800 mm/ año	Perene	Roja	África	
Coreopsis grandiflora	Coreopsis	Planta	50 cm	50 cm	Secano	Fértil	Expuesta	100 a 300 mm/ año	Perene	Amarilla	Norteamérica	
Sedum	Sedum	Suculenta	25 cm	25 cm	Secano	las, laderas y lugares	Expuesta	100 a 300 mm/ año	Perene	No	África	
Agave	Agave	Suculenta	1 m	1 m	Secano	las, laderas y lugares	Expuesta	100 a 300 mm/ año	Perene	Verde	África	
Schizanthus litoralis	Mariposita costera	Planta	30 cm	30 cm	Secano	Quebradas	por vegetación poco espe:	400 a 800 mm/ año	Perene	Moradas	Norte de Chile	
Puya chilensis	Chaguales	Planta	50 cm	2 a 4 m	Secano	Quebradas	na protección. Partes planas	Crecimiento lento	Perene	Verde	Norte de Chile	
Echeverria elegans	Echeverria	Suculenta	25 cm	25 cm	Secano	las, laderas y lugares	Expuesta	100 a 300 mm/ año	Perene	No		