Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos

Magíster en Arquitectura

TIHUM : TIERRA HÚMEDA

Agro-parque fitodepurador para la recarga hídrica del río Copiapó en Tierra Amarilla

TALLER ENERGÍA Y TERRITORIO
MARQ + MAPA 2019 - 2020

Alessia Valenti

Tesis proyectual para optar al grado de Magíster en Arquitectura
Profesores guía: Arturo Scheidegger / Ignacio García Partarrieu / Pilar García

A Chili, compañero de aventuras

I.	**INTRODUCCIÓN**	**6**
I.I	_Abstract	8
I.II	_Introducción al problema	10
I.III	_Preguntas de investigación	12
I.IV	_Hipótesis	13
II.	**DEL PLANETA A LA CUENCA**	**14**
II.I	_Humedad en la sequía: contexto global	22
II.II	_Rastros en la corteza	28
II.III	_Fragmentación cambiante	32
II.IV	_Hasta la roca impermeable	40
III.	**DE LA CUENCA AL PUEBLO**	**48**
III.I	_Crisis hídrica del Copiapó	52
	_Colapso hidrogeológico: riesgos	
	_Escenario hídrico económico	
III.II	_Piezas dispersas: obsolescencia en el desierto	66
	_Acueductos	
	_Pozos	
	_Tranques de relaves	
III.III	_*Mallacuíferabierta*	72
	_Sistema territorial hídrico híbrido	
	_Manejo hídroecológico: estrategias	
III.IV	_Anti-Oasis Tierra Amarilla	84
	_Manifestaciones espaciales de una sequía selectiva	
	_Anti-extractivismo comunitario: la percepción social de la sequía	
IV.	***Buscando el agua perdida***	**94**
V.	***TIHUM*: TIERRA HÚMEDA**	**102**
V.I	_Tierra Amarilla	106
	_Mallas existentes	
	_Planta Mina San José	
	_Tranque de relaves El Buitre	
V.II	_Para habitar una sequía inundable	126
	_ Ecourbanismo hidríco	
	_Resiliencia de sistemas húmedos	
V.III	_Coexistir en la humedad: reflexión crítica	136
	_Micro-parasitas y ecología planetaria: lazos	
	_*Homo sapiens* entre otras especies	
	_El agua común	
V.IV	_Tihum: agro-parque húmedo	148
	_Estrategias de proyecto	
	_Manejo del caudal hídrico recuperado	
	_Actores y modelo de gestión	
	_Operaciones	
V.V	_Aferrándose al río	160
	_Sistema hídrico híbrido progresivo	
	_Fases del agua	
	_Tihum I: cauce inundable	
	_ Propuesta hidroecológica	
VI.	**CONCLUSIONES**	**202**
VII.	**ANEXO**	**204**
VIII.	**BIBLIOGRAFÍA**	**210**

I. Introducción

Esta tesis se desarrolla en el ámbito del taller de investigación y proyecto Energía + Territorio del año 2019-2020 en la Escuela de Arquitectura UC. El objetivo general del taller es entender el impacto, los problemas y las oportunidades de la producción, transmisión y materialización de la infraestructura de energías renovables sobre el territorio de Chile. Este enfoque tiene la voluntad de aportar a la discusión sobre el diseño de nuevos modelos de infraestructura para la energía, bajo la conciencia que los antiguos modelos de desarrollo no logran sustentarse ni cumplir con las condiciones, que hoy, en la primera mitad del siglo XXI, la sociedad les demanda.

"Water challenges us to consider ambiguity as a condition for accepting instead of erasing. Water builds an acute awareness of time through its absence and presence. It takes us into a sectional world, an appreciation of depth. "

(Nicholas Pevzner y SaNjukta Sen, *An Interview with Anuradha Mathur and Dilip da Cunha,* 2010)

Entre las infraestructuras protagonistas del contexto territorial de la Región de Atacama, el sistema hídrico toma un rol relevante en la transformación del paisaje, así como en condicionar las dinámicas económicas, sociales y ecológicas que lo caracterizan. La gravedad de la situación de escasez hídrica registrada en las últimas décadas en las área semi-desérticas del Norte de Chile llama a una reflexión sobre las causas de este preocupante conflicto ambiental y sobre las posibilidades alternativas de diseño en el contexto ampliado al paisaje de las cuencas.

La urgencia de esta discusión crítica se debe entonces a que el agua es elemento esencial para la supervivencia de los ecosistemas naturales y para el desarrollo de las prácticas humanas. Su disponibilidad es uno de los condicionantes que determina la presencia de fauna y flora de cualquier parte del planeta Tierra y ha afectado así el desarrollo de nuestra especie.

El imaginario generado por la civilización se refiere mayormente a la idea de agua en forma líquida, como los ríos y el mar. Bajo este aspecto, el agua nos parece familiar y apta para ser utilizada como recurso. Sin embargo su ciclo incluye procesos y manifestaciones físicas variadas, que dependen de factores como la evaporación, las precipitaciones, la temperatura, los vientos dominantes y la composición de suelo.

El ciclo hidrológico en su extensión y complejidad puede entonces volverse sujeto a una comprensión más profunda del elemento agua, que transforme la percepción de los paisajes secos. Especialmente donde la falta de agua caracteriza intrínsecamente el territorio, como en la región de Atacama, su presencia condiciona el despliegue de la antropización, influenciando tanto el tejido ecológico como el productivo. Donde el agua parece ausente, signos de su condicionamiento a la vida y a la energía nos llevan a la percepción de un paisaje húmedo extendido más allá de las fronteras del cauce fluvial.

[fig. I.01] Patrick Zachmann, *Measuring water,* Desierto de Atacama (Magnum Archieve, 2010)

[fig. I.02] Vegetación xerófita, Caldera,
Región de Atacama, elaboración propia.

I.I_Abstract

El cambio climático y la sobre explotación del agua por parte de agroindustria y minería hacen que la cuenca del río Copiapó esté sujeta a creciente escasez hídrica. El efecto ya evidente sobre los ecosistemas y los campos de cultivo llama a la regeneración de la *mallacuífera*, red de agua en forma liquida superficial y subterránea, en movimiento desde el altiplano hacia la costa en el cauce propio del río, en los canales de riego y en las quebradas, y viceversa movida hacia arriba en los acueductos de agua desalada.

A pesar de la condición semidesértica y de la sequía mencionada, el agua sigue siendo un elemento penetrante del lugar. Genera así situaciones de humedad donde vida vegetal, animal y humana se integran en un ecosistema equilibrado. Donde ese equilibrio está amenazado, se buscan estrategias que pongan en relación las variables de flujo hídrico para regenerar el tejido agro-productivo ahora en crisis y contribuir al sustento del humedal radicado en la cuenca.

Se propone entonces un escenario de ocupación antrópica del territorio alternativo al existente, donde los desechos líquidos de las actividades productivas alimenten la presencia humana en el valle. Se supone en este sentido que la reactivación con agua recuperada de las superficies de cultivo a través de una malla acuífera artificial y según principios sustentables pueda garantizar un aporte hídrico fijo a la cuenca.

El estudio se enfoca en Tierra Amarilla, pueblo agro-minero del valle fluvial, donde se propone contribuir a la recarga del acuífero a través de la recuperación de agua contaminada por procesos mineros. El agro-parque Ti-hum se abastece e infiltra al Copiapó agua fitodepurada del tranque de relaves El Buitre.

Palabras clave:
Cuenca del Copiapó
Recarga artificial de acuífero
Agro-parque
Mallacuífera
Fitodepuración

I.II_Introducción al problema

La crisis hídrica de la cuenca se debe principalmente a la extracción masiva de agua subterránea por parte de la agricultura de riego a partir de los 80's, cuando la transición a un modelo económico neoliberal promovió la privatización de los derechos de aprovechamiento hídrico, favoreciendo el libre mercado y el desarrollo de la industria exportadora.[1]

Debido a problemas de tipo legislativo, técnico-informativos y económico-sociales, no se ha respetado el Limite de Extracción Sustentable del acuífero, provocando escasez hídrica en aumento sobre y bajo tierra[2]. El continuo decrecimiento del nivel piezometrico[3] del área ha provocado la crisis del sector agrícola del valle, además de la fragmentación del corredor húmedo del río.

Se considera que en las próximas décadas, la actividad minera va a estar abastecida progresivamente por agua desalada.[4] Aunque la medida pueda mitigar el efecto de la explotación extractivista minera, la bajada de los flujos extraídos de las napas no sería suficiente para restablecer el balance hídrico de la cuenca. Esto se debe al hecho que el principal usuario hídrico del valle es la agricultura[5], de tipo industrial extensivo, para la exportación. Además, los desechos líquidos no recuperados en el proceso minero van a seguir almacenados en tranques de relaves con alto riesgo de contaminación de las quebradas en caso de episodios aluviales.

---

[1] Wada, Y., van Beek, L,P,H,, van Kempen, C.M., Reckman, J.W.T.M., Vasak S, Bierkens M.F.P. (2010). *Global depletion of groundwater resources. Geophys. Res. Lett.*, *37*, L20402, doi:10.1029/2010GL044571

[2] **Sustainable Abstraction Limit (SAL)** en Rinaudo G, Donoso G., (2018), *State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile)*, International Journal of Water Resources Development

[3] **Nivel piezométrico:** Nivel que alcanza el agua de un acuífero, debido a su propia presión; fuente: http://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/2017/10/30/diccionario-ambiental

[4] Proyecto de ley en estado de discusión en Congreso Nacional; fuente: https://www.terram.cl/2017/09/buscan-obligatoriedad-de-uso-de-agua-desalada-en-la-gran-mineria/

[5] Rinaudo G.D., Donoso G., (2018), *ibidem*

El conflicto ambiental de la cuenca llama entonces a la consideración integral del tejido hídrico que sustenta el valle. Se elige nominar este sistema territorial *mallacuífera,* con el objetivo de ampliar la consideración del agua en la cuenca más allá de los limites del lecho del río. La *mallacuífera* se compone tanto de las tramas superficiales y subterráneas como del agua conducida por bombeo y depositada en los estanques. Donde el cruce entre sistema fluvial y productivo genera una potencial utilización de agua recuperada, una *mallacuífera* artificial puede sustentar la presencia humana y restituir la condición de humedad al valle, como ocurre en los oasis.

Entre los asentamientos humanos del valle, la situación de Tierra Amarilla, ubicado centralmente respecto al curso superficial del río Copiapó es particularmente crítica. Aquí se manifiestan simultáneamente los efectos de la presencia minera y agro-industrial. La primera ha modificado la topografía con los depósitos de relaves generando cambios en las condiciones atmosféricas del lugar, mientras la segunda, desarrollada alrededor del pueblo, ha contribuido a la sobre-explotación de las napas.

Surge entonces la necesidad de entender el problema incluyendo estas variables negativas en la búsqueda de una estrategia territorial para regenerar la vida del lugar en sus distintas formas. Según lo sugerido por Morton el pensamiento activo o *praxis*[6], considera los desechos de la actividad humana como recursos para la construcción de un forma alternativa de habitar el ecosistema, mejorando su condiciones ecológicas, económicas y socio-culturales.

---

[6] Morton, Timothy, *Introducción* en *El Pensamiento Ecológico*. Editorial Paidos Ibérica, Barcelona, 2018

I.III_Preguntas de investigación

¿Cuáles estrategias territoriales podrían contribuir al restablecimiento del balance hídrico de la cuenca, integrando el desarrollo del ecosistema fluvial con las actividades productivas que han permitido la presencia humana en el territorio semidesértico?

¿Cómo el entendimiento y la aplicación del concepto de *mallacuífera* al sector de la cuenca más afectado por la crisis hídrica puede detonar una redistribución del recurso que aporte beneficios ecológicos, económicos y socio culturales al valle?

¿De qué manera la intervención antrópica, en la forma de una nueva urbanización y arquitectura relacionada, podría contribuir a la progresiva generación de situaciones húmedas y finalmente al *encuentro del agua perdida*?

I.IV_Hipótesis

La investigación intenta explorar un escenario de ocupación del territorio donde vida vegetal, animal y humana crezcan interconectados por una infraestructura hídrica híbrida entre el sistema fluvial y el antrópico. Se plantea que es posible sustentar la presencia humana en el valle a través de una *mallacuífera* a cargo de la reorganización del ciclo del agua contaminada por los procesos mineros y de su otorgamiento al tejido agroproductivo y al río, así regenerados.

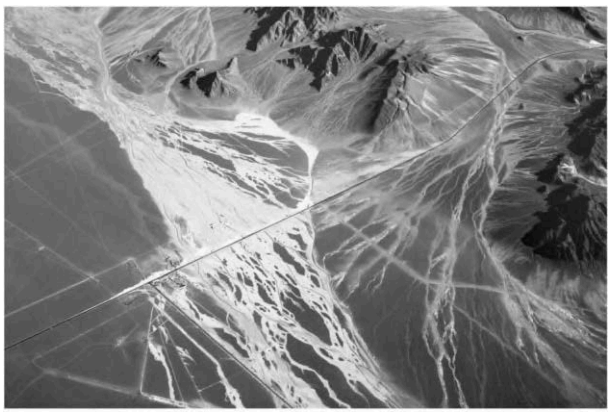
Dicha infraestructura hídrica híbrida contribuiría a la redistribución del recurso entre los actores de la cuenca. El sistema artificial de manejo hídrico podría integraría con el ecosistema vegetal y animal existente para colonizar varios asentamientos del valle caracterizados por el tejido agrícola. Esta estrategia territorial aplicada al pueblo agro minero de Tierra Amarilla aportaría por un lado una recarga hídrica fija a la cuenca y por otro lado al mejoramiento de las condiciones ecológico-sociales del lugar en un agro-parque semi-público.

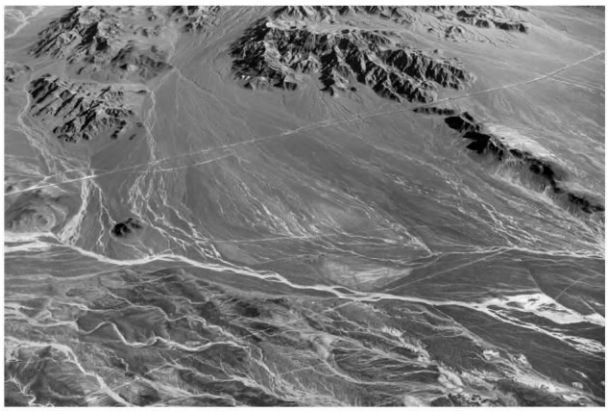
Las soluciones de diseño asociadas al agro-parque Tihum que integran los artefactos técnicos del agua al elemento arquitectónico del techo podrían contribuir al acercamiento del elemento agua y del ecosistema húmedo a la experiencia humana, replanteando la percepción del recurso y despertando su cura. Así el tejido agrícola húmedo se podría volver lugar de coexistencia entre los habitantes animales y vegetales del valle semi desértico.

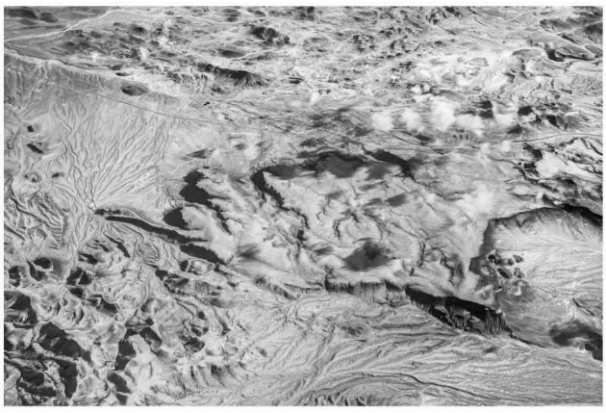
II. **Del planeta a la cuenca**

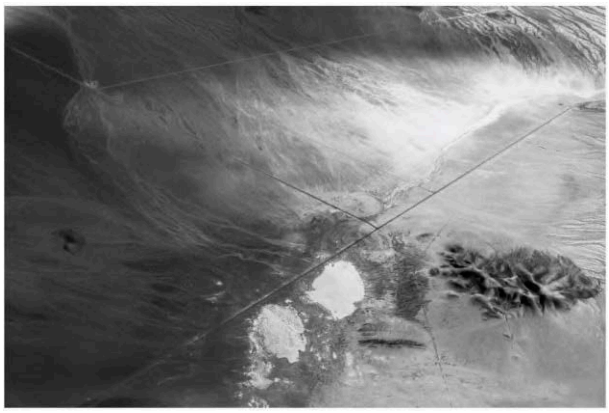
"La crisis ecológica a la que nos enfrentamos es tan evidente que resulta fácil - para algunos extrañamente o inquietantemente fácil - unir los puntos y comprobar que todo está interconectado. Eso es el pensamiento ecológico. Cuanto más lo pensamos, tanto más se abre nuestro mundo."

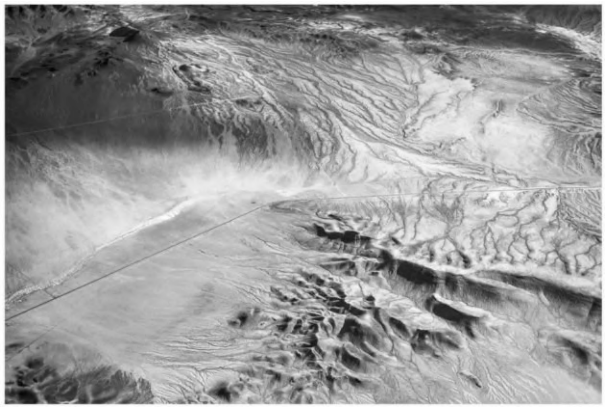
(Morton, *El Pensamiento Ecológico* Editorial Paidos Ibérica, Barcelona, 2018, p.10)

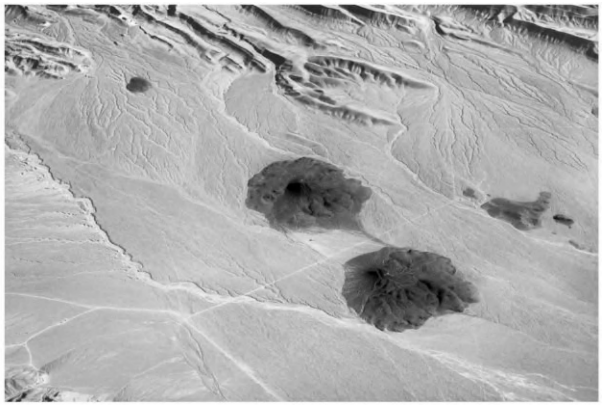


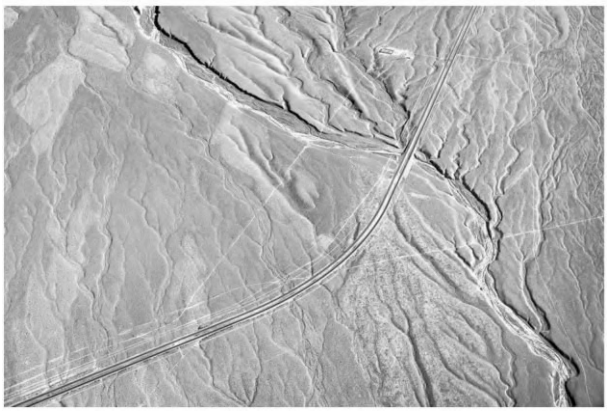


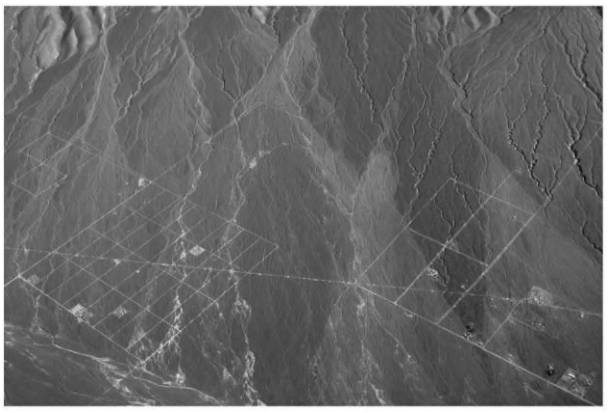












La necesidad de pensar "a lo grande" al trabajar sobre un problema ecológico local se basa en la conciencia de la interconectividad de los entes que configuran nuestro entorno, a distintas escalas. Si ver la Tierra del espacio puede considerarse el comienzo del pensamiento ecológico es porque equivale a mirarnos desde otro punto de vista. Aceptar e involucrar otras perspectivas en entender un problema específico nos ayuda a tener una postura al mismo tiempo crítica y abierta sobre los *extraños forasteros* que nos envuelven en la *malla* de las cosas.[1]

Ya sea imaginándola como una nave espacial con recursos limitados[2] o como un conglomerado de materia donde la aparición del agua generó la vida, la mirada satelital de la corteza terrestre alarga nuestro horizonte de percepción. Sobre todo nos deja apreciar la característica que distingue nuestro planeta de los otros en el sistema solar: el protagonismo del agua líquida en la superficie.

A menudo los paisajes del desierto de Atacama se ligan con el imaginario de Marte. Por un lado esta similitud estética, radicada en la similar geología rocosa roja y en la exposición continua a la luz solar, expresa un carácter intrínseco al paisaje del Norte de Chile: su desolación y aridez. Sin embargo las estrías y grietas visibles desde el alto que conforman el desierto terrestre nos sugieren una inmemorial acción catastrófica de las aguas, aún capaz de hacerse evidente en el lugar más seco de la Tierra.[3]

En esta sección se intenta representar a grande escala la presencia hídrica, desde lo global hasta la cuenca del Copiapó. Al enfocarse en esta, una mirada cenital permite observar el sistema fluvial en su cruce con los sistemas antrópicos productivos. Paralelamente la representación en sección del territorio nos hace dar cuenta de su presencia subterránea y del rol determinante que toma en la conformación de la corteza.

---

[1] *extraño forastero* es término utilizado por Timothy Morton (*El Pensamiento Ecológico,* Editorial Paidos Ibérica, Barcelona, 2018) en lugar de "animal" o "ser humano"; "*este forastero no es solo extraño. Él ella o ello - ¿lo sabemos? ¿como? - es extrañamente extraño. Su propia extrañeza es extraña." Malla* se refiere "*a los agujeros de una red y a los hilos que la forman. Sugiere tanto fortaleza como delicadeza. (…) significa una situación compleja o una serie de hechos en los que una persona se ve envuelta, una concatenación de fuerzas o circunstancias restrictivas; una trampa" (I*bidem*)*

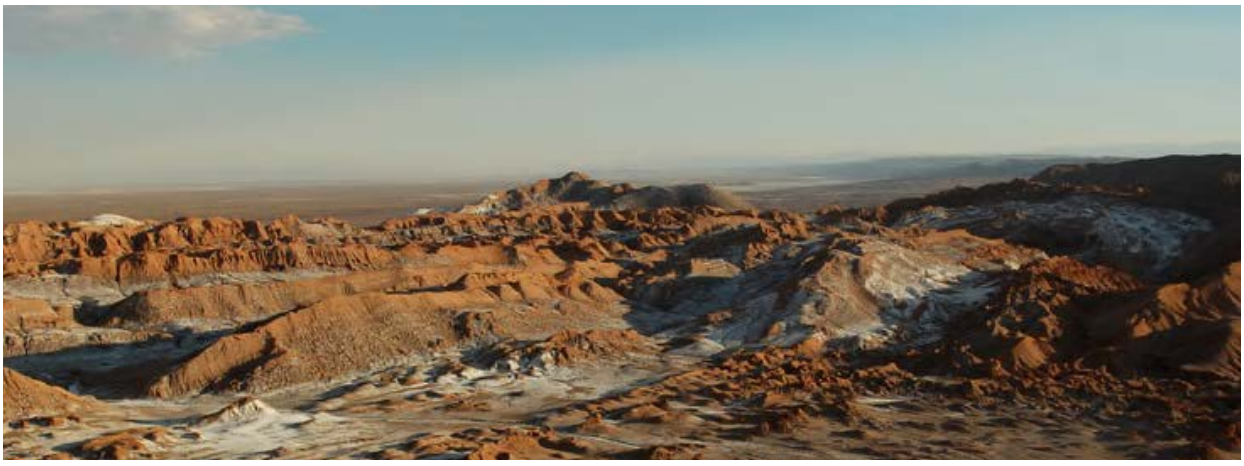
[2] *Nave Espacial Tierra* como "vehículo planetario simulado para vastas comunidades humanas" (Buckminster Füller, *Operating Manual for Spaceship Earth*, Southern Illinois University Press,1969)

[3] Perez de Arce Rodrigo, *Las escalas del agua*, revista Arq <43>, 2-20

pp. anteriores
[fig.s II.01] William Rugen,*Outpost,* photo-serie "*Sometimes even the places near home can seem like an alien terrain*."

pp. siguientes
Rastros del agua, imaginario
de alto hacia abajo, de izquierda a derecha

[fig. II.02] N*ASA, Solar System Exploration © NASA; fuente:* <http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/gallery/PIA17944_Mcam-SOL538-WB.jpg I>
[fig. II.03] Cordillera de la Sal (Mountain of Salt), San Pedro de Atacama, Chile (2015) © Fernanda Energici B. for LOFscapes
[fig. II.04] NASA Reformats Memory of Longest-Running Mars Rover (2015) © NASA
[fig.s II.05-06-07] Amelie Labourdette, *Traces of a Human Occupation*, Tunisia, 2016-2018
[fig.s II.08-09-10] Elena Chernyshova, *Days of Nights,* 2012



"*Tras observar las fotografías de la superficie de Marte se nos viene una idea a la cabeza: nuestro Desierto de Atacama no es tan diferente. La similitud es conciliadora, pero la erosión y lo no vivo como lugar común se nos presenta como una alerta asociada al manejo de los recursos en relación al desarrollo de las ciudades contemporáneas como consumistas de los diversos ecosistemas. (…) más que un paisaje nuevo, Marte es una hipérbole de la aridez terrenal, que lleva al entendimiento del territorio fuera de la misma tierra cuando se piensa en la necesidad de encontrar nuevos sitios para urbanizar y que impulsa a cuestionarnos tanto práctica y teóricamente el futuro dominio de paisajes remotos, ejercicio que ya hicimos en nuestro mismo pero bondadoso planeta, tan sólo un par de siglos atrás.*"

(Camila Medina, *Futuriza: Panorama y Materia*, revista LOFscapes, 05.05.2015)

Traces of a Human Occupation tiene como objetivo capturar a través de estratos temporales en evolución las huellas dejadas por la ocupación humana en los diferentes paisajes y lugares singulares que constituyen el territorio de la cuenca minera de la Gobernación de Gafsa en Túnez. Aquí, la situación climática similar a la región de Atacama y las prácticas extractivas explotadoras han contribuido a la desaparición del recurso agua.

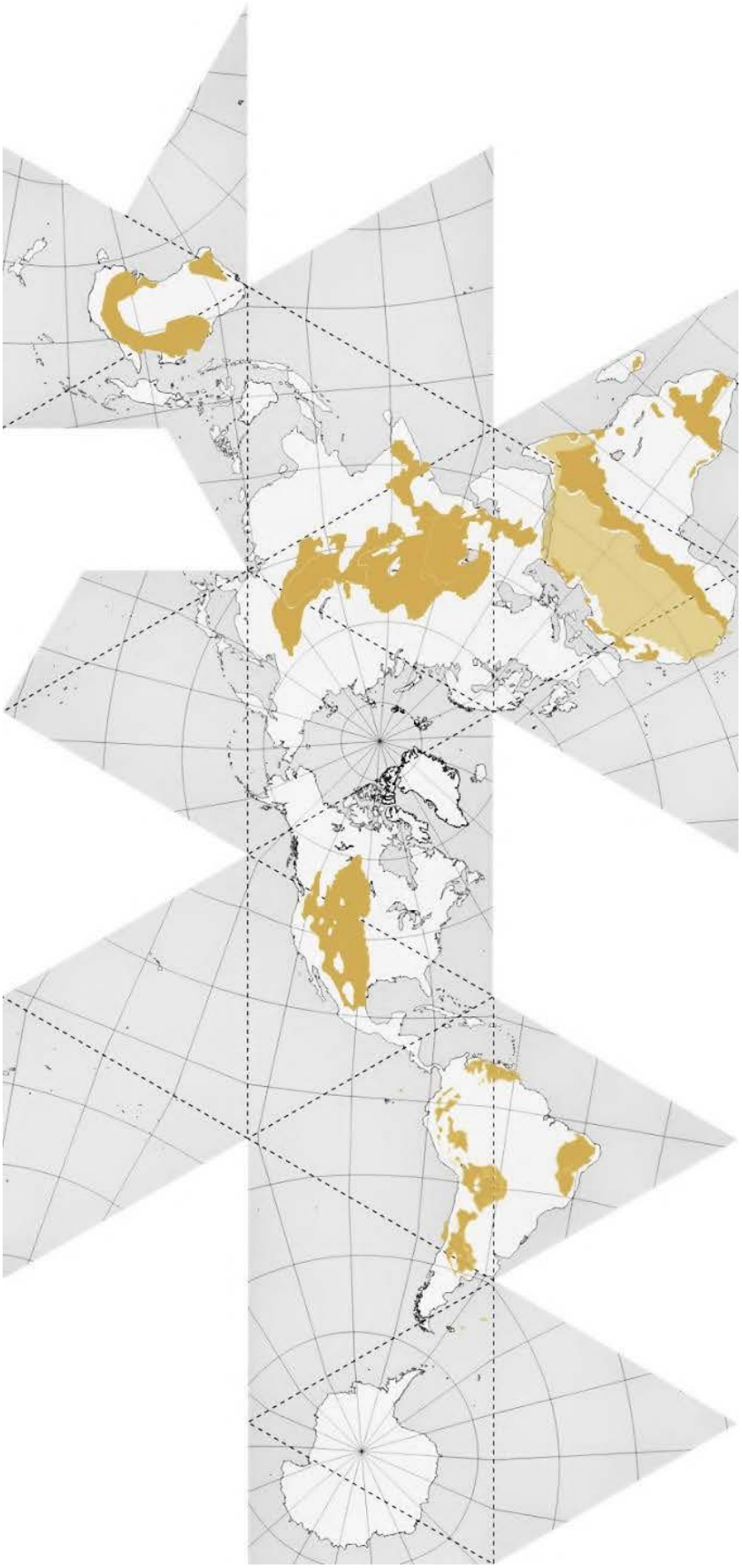
"Las excavaciones que se han llevado a cabo han revelado el vínculo entre la presencia de agua subterránea y la continuidad de una presencia humana desde el Paleolítico Medio (40 000 AC) hasta nuestros días. El territorio ha estado durante más de un siglo bajo la tutela de la GPC, la Compañía de Fosfatos de Gafsa creada bajo el protectorado francés y, que explota los depósitos minerales. Fuertemente afectada por el desempleo endémico y la pobreza desde la reducción drástica de sus empleados en la década de 1990 por la GPC, esta región es en 2008 el escenario de levantamientos populares severamente reprimidos por el ejército. La industria del fosfato ha alterado el paisaje en menos de 40 años con las canteras a cielo abierto y el lavado de minerales ha creado riesgos reales de agotamiento de los recursos hídricos al requerir casi diez millones de m cúbicos de agua por año, bombeados de las capas fósiles."

(Amelie Labourdette, *Traces of a Human Occupation*, Tunisia, 2016-2018)

"***Days of Nights*** trata sobre la vida cotidiana de los habitantes de Norilsk. Norilsk es una ciudad minera, con una población de más de 170,000, la más septentrional en el mundo. La temperatura promedio es de -10° C y alcanza mínimos de -55° C en el invierno. Durante dos meses al año, la ciudad se sumerge en la noche polar, con cero horas de luz solar. Toda la ciudad, sus minas y sus fábricas metalúrgicas fueron construidas por prisioneros del cercano gulag, Norillag, en las décadas de 1920 y 1930. El 60% de la población actual está involucrada en los procesos industriales de la ciudad: minería, fundición, metalurgia. La ciudad se encuentra en el mayor depósito de níquel-cobre-paladio del mundo, con casi la mitad de la extracciones totales. En consecuencia, Norilsk es la séptima ciudad más contaminada del mundo."

(Elena Chernyshova, *Days of Nights*, 2012)

El proyecto documental tiene como objetivo investigar la adaptación humana al clima extremo, el desastre ambiental y al aislamiento. Aún en una condición de abundancia de agua, opuesta a la desértica, las prácticas humanas han por un lado permitido habitar un lugar inhóspito y por otro lado han agravado esta dificultad produciendo contaminación de aire y agua.



[fig. II.11] Mapa Autha, territorios secos, elaboración propia; fuente datos: *MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESMENT*, Global research project, 2005

II.I_Humedad en la sequía: contexto global

El mantenimiento de la humedad en la sequía es el factor determinante para habitar los lugares secos de la tierra. En los fragmentos de corteza más áridos, a la búsqueda del agua liquida escondida en las napas ha seguido el desarrollo de técnicas para mantener la condición de humedad útil a la supervivencia. El hombre ha buscado condiciones climáticas favorables para alimentarse en la aridez. En este sentido no se ha preocupado solo de llevar el agua donde faltaba para cultivar su entorno si no que también ha generado artificialmente condiciones de sombra para condensar la humedad ya presente en la atmósfera.

En ecosistemas desérticos, donde la exposición solar produce la evaporación rápida del agua liquida superficial, las técnicas de transporte del agua se han desarrollado bajo tierra, terminando en microclimas artificiales donde han servido no solo el sustento humano si no que también de la vida animal y vegetal. Estas células, como *arquitecturas del entorno bien climatizado*[4] no difieren mucho de los oasis generados casualmente en el desierto por exposición superficial del nivel freático debido a la erosión del suelo, una falla, o la combinación de ambos factores.

Las células húmedas han aparecido puntualmente en las superficies áridas de la tierra, que cubren aproximadamente el 14% del planeta. Por otro lado, a sus bordes, los lugares con un deficit hídrico menos extremo han hospedado corredores húmedos continuos donde el trazado de los ríos.[5] Estas áreas están mayormente sujetas a los impactos del cambio climático en curso. El equilibrio de sus ecosistemas se ve amenazado no solo por la falta de agua, si no que también por la violencia de los erráticos eventos aluviales. Estos últimos agarrarían de hecho más intensidad debido al aumento de la escorrentía superficial sobre suelos secos erosionados y fragmentados.[6]

[fig.s II.12-17] Ferdinando Scianna, *Tunisia,* Magnum Photos, 2008
El reportaje del fotógrafo italiano visibiliza situaciones de humedad generada artificialmente en el desierto de Norte Africa. Las palmas se ocupan también para generar la capa de sombra más alta.

[4] traducción oficial del título del libro de Reyner Banham: *The architecture of Well Tempered Environment*, Architectural Press, London, 1969

[5] Aronson Shlomo, *Aridscapes, Proyectar en tierras ásperas y frágiles*, Barcelona, 2008

[6] Ezcurra Exequel, *Global Deserts Outlook, S*an Diego Natural History Museum, 2006

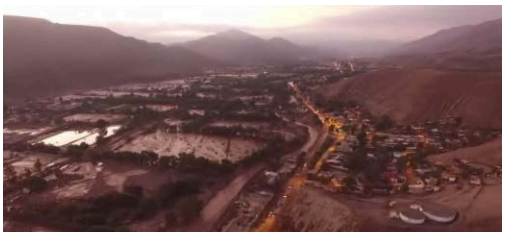
[fig.s II.18-22] Aluvión del Copiapó, marzo 2015, localidad Copiapó; fuente: Publimetro Nacional

[fig.s II.22-34] Aluvión del Copiapó, mayo 2017, localidad Tierra Amarilla; fuente: Tierra Amarillano, revista virtual

Los eventos de precipitación intensa que se produjeron entre el 24 y 26 de marzo de 2015 en la región del Desierto de Atacama (26-29°S), en el Norte de Chile, dejaron alrededor de 30000 personas afectadas, siendo uno de los eventos de mayores magnitudes de los últimos 50 años. Los flujos de detritos que se incrementaron durante la crecida inundaron gran parte de las ciudades de Copiapó y Tierra Amarilla. La mayor concentración de material aluvial se concentró a lo largo del cauce principal del río Copiapó, con una altura máxima de 2.4m. El paisaje del rio se reconoce en este fenómeno repentino más que un río en si mismo, porque aparece, como ***"sin limites, llevador de la diversidad de una cuenca, su terreno, temporadas, personas, historias, tecnologías, conexiones y conflictos."***

(Anuradha Mathur, Dilip da Cunhua, *Mississippi Floods: Designing a Shifting Landscape*, Yale University Press, 2001)

Un evento aluvial similar produjo la inundación de Tierra Amarilla en mayo de 2017, con consecuencias graves sobre espacios públicos y campos de cultivos.



II.II_Rastros en la corteza

La fisionomía del tejido hídrico de Chile no solo ha definido históricamente límites político fuertes, como la frontera con Argentina generada por la Cordillera, sino que también la lógica territorial de las cuencas es un paradigma de interpretación valido para entender como se despliegan sus ecosistemas.

Como ocurre sobre la mayoría de la corteza terrestre, en Chile la mano antrópica ha interceptado todos los fragmentos de tierra emergida, con intervención directa, o por conocimiento extendido y preciso mediado por las herramientas satelitales. Si en una primera aproximación la mirada cenital nos muestra una malla de cursos hídricos y huellas de vida ecológica, contexturas de suelos y topografía que , parecen siempre más evidente los rastros antrópicos, con las redes de energía, movilidad o aglomeraciones productivas.

"Inscrita en la figura de los cursos naturales está la contextura de suelos, la forma topográfica del territorio, predispuesta para una primera lógica de ocupación de una comarca (...). El agua modela el territorio incidiendo en las delimitaciones entre estados, pudiendo definir centros y limites."
(Pérez de Arce Antoncich, *Las escalas del agua*, ARQ No. 43 ,Noviembre 1999, pp. 2-20)

Cuando nos ponemos a buscar la morfología previa la intervención humana, según una actitud arqueológica a grande escala, logramos entender que las relaciones entre el sistema de flujos hídricos y sus bordes habitados no son casuales. En el caso de la región de Atacama, al vincular la *mallacuífera*[7] que fluye según gravitación hacia el mar con el sistema originado por el hombre, no solo aparece innegable la relación directa entre los ríos y los asentamientos, si no que también su conexión con los sitios productivos, minería sobre todos.

De hecho, si bien es posible afirmar que factores geológicos contribuyen a que haya una mayor concentración de minerales extraíbles donde formaciones rocosas distintas se encuentran (por ejemplo en correspondencia de las laderas de un valle fluvial), la cercanía de los sitios de extracción minera a los cauces fluviales se debe también a la indispensabilidad del recurso agua en los procesos industriales conexos. Donde hay agua, no solo hay vida animal y vegetal, si no que la explotación extractiva parece volverse más intensa.

[fig. II.35] Mapa de los ríos de Latinoamerica; elaboración propia. Fuente: Mapa World of rivers, National Geographic.https://www.nationalgeographic.org/hires/world-rivers/

[fig. II.36] Mapa de los ríos de Chile. elaboración propia, fuente datos: AA. VV., *Altas de Aguas Chile 2016*, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile.

[fig. II.37] Redes hidrográficas, elaboración propia, fuente datos: *ibidem*.

[7] El término se refiere en esta tesis a la red de agua en sus múltiples formas líquidas superficiales y subterráneas. Se pone así el enfoque en el carácter penetrante de la presencia hídrica, alejándose de la percepción normalizada que define límites claros entre el agua fluvial, en movimiento, y el suelo, sólido y firme.

_Región de Atacama: sistema hidrológico

Si bien como mencionado la disponibilidad previa de agua condiciona la presencia de asentamientos y sitios productivos, las infraestructuras hídricas son capaces de manipular e interrumpir los flujos originales para llevar el recurso donde falta.

De esta manera el despliegue del sistema hidrológico antiguo se modifica bajo las necesidades antrópicas, como la generación de energía, los medios de transporte, las defensas contra los eventos aluviales. En este nuevo orden territorial se generan así situaciones de abundancia hídrica donde antes superficies secas y sequía donde las faldas acuíferas estaban activas.

La intervención humana construye una *mallacuífera* comparable al conjunto de venas hídricas que conducen el agua hacia el océano. Con su extracción, acumulación y transporte, se permite el desarrollo de condiciones de urbanidad en el desierto.

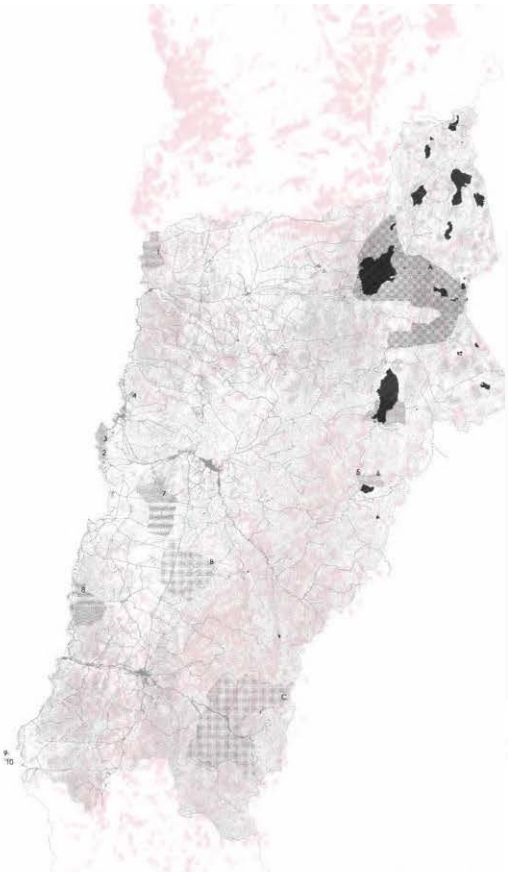
Así mismo, los artificios de manejo hídrico generan un nuevo paisaje donde el agua se esconde, como en los acueductos subterráneos o en los tranques domésticos, se muestra en forma controlada, en los canales por ejemplo, o se deposita alterada químicamente por los procesos productivos en los estanques.

La explotación territorial en la Región de Atacama ha operado mayormente a en los valles de las cuencas que ocupan su superficies. En particular el espacio de la meseta ha sido intervenido en favor de la extracción minera y de la agricultura con una concentración evidente en el valle de la cuenca del Copiapó.

[fig.s II.38-41] Sistema hidrológico de la Región de Atacama: capas de información, elaboración propia, fuente datos: AA. VV., *Altas de Aguas Chile 2016*, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile.

[38] TOPOGRAFÍA

[39] CUENCAS HIDROGRÁFICAS



[40] ECOSISTEMAS Y AREAS PROTEGIDAS

[41] SITIOS PRODUCTIVOS

Por la intensa explotación llevada adelante por la industria y por la sequía metereológica registrada en los últimos 15 años, esta cuenca presenta una brecha hídrica[8] entre la más altas del territorio de Chile. Junto con las otras regiones del Norte Chico, aquí el aumento de la temperatura y la sequía de las faldas acuíferas ha provocado un desequilibrio por lo cual las precipitaciones no alcanzan a alimentar los ecosistemas superficiales.[9]

Con siete plantas operativas a lo largo de la costa y tres en proceso de activación, la desalinización ha sustentado hasta ahora solo parcialmente los procesos mineros de los sectores montañosos, donde la extracción sigue según la lógica del extractivismo capitalista. Los acueductos de agua desalinizada construyen hasta ahora brazos hídricos que alcanzan solo hasta la meseta, mientras dejan los sectores más altos de la Región sujetos a la extracción de los pozos.

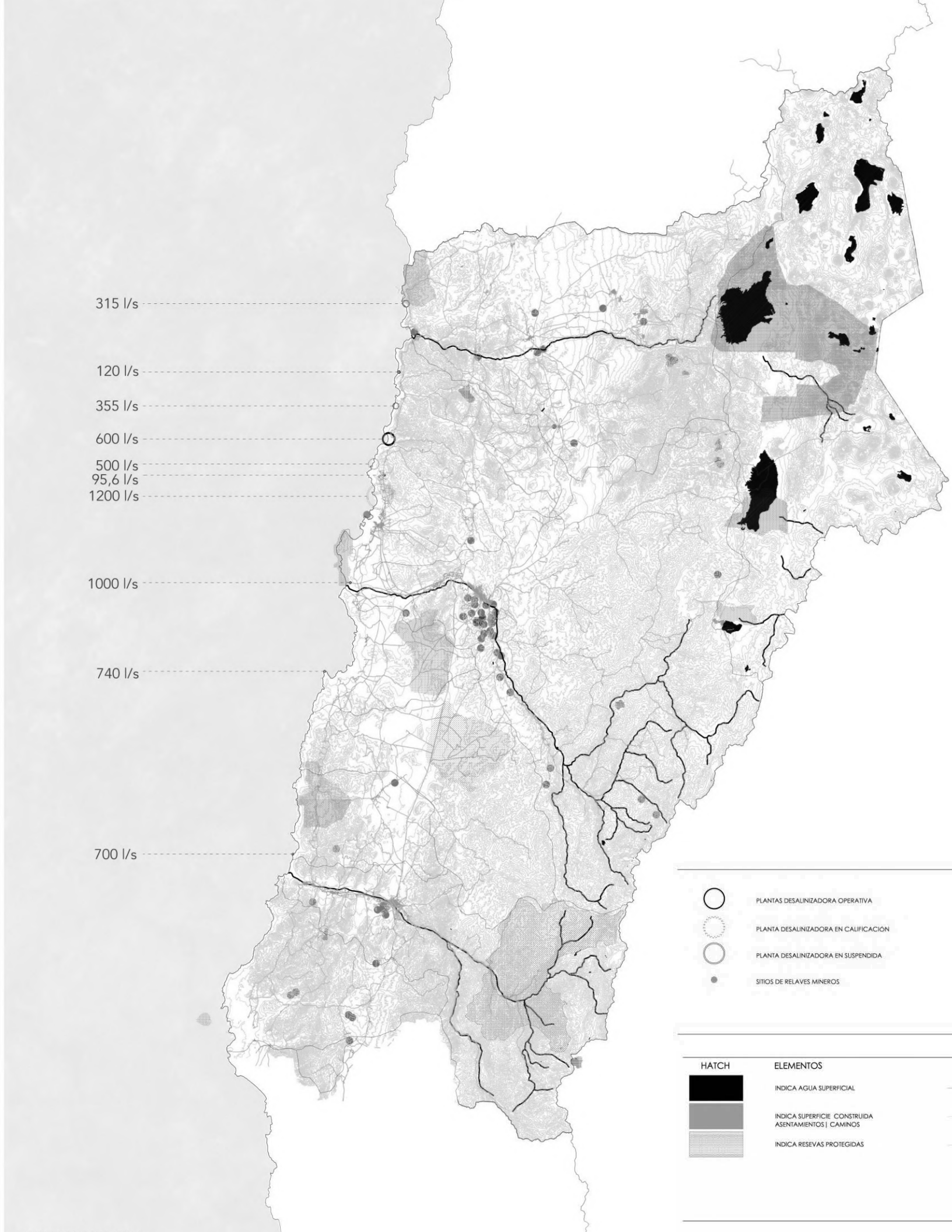
Si bien la representación de la *mallacuífera* superficial que comprende tanto los ríos permanentes como las quebradas aluviales nos muestra una condición de abundancia, estos hilos se ven destinados a desaparecer en las próximas décadas.

Es urgente en este sentido una reflexión sobre como la intervención antrópica pueda volcar la práctica extractiva hacia una utilización del recurso hídrico disponible que recoja la *mallacuífera* fragmentada en un tejido continuo.

[fig. II.42] Sistema hidrológico de la Región de Atacama, cruce de información, elaboración propia, fuente datos: *Atlas del agua,* Chile, 2016

[8] Brecha Hídrica: relación entre disponibilidad referencial y consumo de agua en una cuenca hidrográfica, de forma superficial y subterránea (AA.VV., RADIOGRAFÍA DEL AGUA: BRECHA Y RIESGO HÍDRICO EN CHILE, Chile, MOP, MMA, DGA, Junio 2018)

[9] Ibidem


315 l/s
120 l/s
355 l/s
600 l/s
500 l/s
95,6 l/s
1200 l/s
1000 l/s
740 l/s
700 l/s
PLANTAS DESALINIZADORA OPERATIVA
PLANTA DESALINIZADORA EN CALIFICACIÓN
PLANTA DESALINIZADORA EN SUSPENDIDA
SITIOS DE RELAVES MINEROS
HATCH
ELEMENTOS
INDICA AGUA SUPERFICIAL
INDICA SUPERFICIE CONSTRUIDA ASENTAMIENTOS | CAMINOS
INDICA RESEVAS PROTEGIDAS

II.III_Fragmentación cambiante

Observando el acción erosiva del agua sobre la topografía de la región de Atacama, el territorio emerge como una entidad dinámica, sujeta a la constante transformación de los flujos prístinos y de su conducción forzada que alteran la conformación de la *malla*.

A pesar de esta condición cambiante del territorio, la presencia hídrica se hace evidente en el rastro principal del río que define la cuenca hidrográfica. Esta, como sistema territorial generado por fuentes en el altiplano que alimentan quebradas y esteros a confluir en un cauce principal, se extiende más allá de los límites del río que ocupa su valle principal. En este último, a pesar de la condición semidesértica alrededor, puede generarse un corredor ecológico activo que desemboca en un cuerpo de agua mayor, el océano en el caso del Copiapó.[10]

Si bien la presencia vegetal es más intensa donde el flujo de agua superficial es mayor, los rastros visibles de las quebradas permiten entender un movimiento, una existencia ocasional pero detonante. Especialmente en el Norte de Chile, donde el agua es una entidad esporádica, escasa por buena parte del año y destructiva en los fenómenos aluviales, observar la arqueología del agua en la superficie en relación a la presencia antrópica sirve para entender donde más esta última ha alterado el ciclo ecosistémico de manera dañina.

---

[10] Una cuenca hidrográfica es la superficie terrestre adentro de la cual las agua precipitadas son drenadas por un río o una red de cauces. En caso de que las aguas drenadas desembocan en u cuerpo de agua o en el mar, la cuenca se denomina exorreica. Por otra parte, si las aguas confluyen hacia un valle cerrado sin salida, la cuenca se denomina endorreica." (DGA, MOP, *Atlas del agua*, 2016).

De las cinco cuencas que ocupan la región, la del Copiapó es la más extendida por superficie. Junto con la del río Huasco, presenta un flujo superficial casi continuo. En la última década, de hecho, la creciente reducción de flujo ha implicado la intermitencia del río Copiapó especialmente en los sectores centrales de su surco.

La cuenca del río Copiapó ocupa un área de 18.538 km^2 sobre los territorios comunales de Tierra Amarilla, Copiapó y Caldera, rodeando el trazado del flujo hídrico superficial que atraviesa el valle homónimo por 162 km. El clima semi árido extendido a lo largo de la cuenca y las bajas precipitaciones (28mm medios por año) en diminución[11] no excluyen que el comportamiento del río resulte muy variado a largo plazo, con alternancia de décadas de sequedad y años de posibles aluviones.

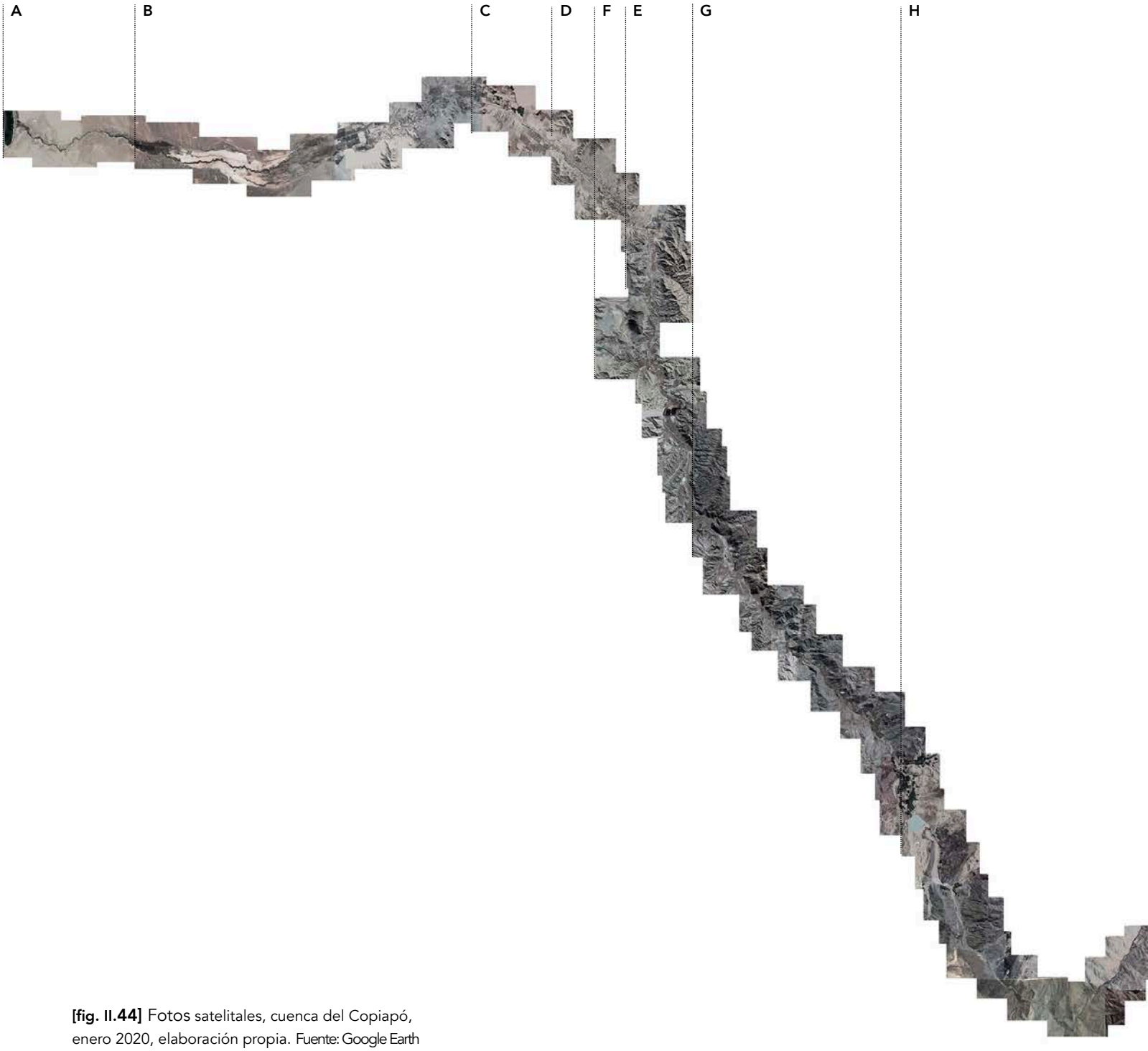
El caudal medio mensual del río varía entre 1,49 m^3 (valor medio) y 1,83 m^3 (sector II). Esta última tiende a disminuir en los sectores bajos a causas de las extracciones. A parte de los tres principales afluentes del río, Manflas, Jorquera y Pulido, existen numerosas quebradas, estrechas valles laterales, que sirven la cuenca con aguas lluvias: la principal es la de Paipote.[12]

"La energía necesita espacio. Ocupa el espacio como recurso, sitio de producción, canal de transporte, ambiente por el consumo, y espacio para acumulación de capital. Todos los sistemas energéticos industriales implican espacio, capital, tecnología para construir su propias geografía de potencia energética y inscriben su orden tecnológico como una manera de organizar las relaciones sociales, económicas y políticas."

(Ghosn Rania, *Landscape of Energy,* New Geographies 02, Harvard University, 2010, p.7)

[11] Con respecto a la media histórica, las precipitaciones en los últimos años se han reducido del 52%, pasando de 19,3 mm anuales a 10,1mm entre 2013 y 2014. Fuente: AA. VV., *Altas de Aguas Chile 2016*, Ministero de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile.

[12] AA. VV., *Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011.



[fig. II.44] Fotos satelitales, cuenca del Copiapó, enero 2020, elaboración propia. Fuente: Google Earth

[A] Puerto Viejo - desembocadura del río
[B] Puerto Viejo - campos de cultivo
[C] Pietra Colgada - campos de cultivo secos
[D] Copiapó - manzanas residenciales, cultivos
[E] Tierra Amarilla - campos de cultivo secos
[F] Tierra Amarilla - minera Candelaria
[G] Nantoco - campos agro-industria vinícola
[H] Embalse Lautaro

A

B

C

D

E

F

G

H

En el caso de la cuenca del Copiapó, junto con los rastros hídrico naturales, la corteza muestra desde el alto la explotación agrícola y minera secular de sus suelos. Comparando la intensidad de ocupación agro-industrial con el aridez de los fragmentos de territorios, es posible darse cuenta de la relación directa entre la explotación y la falta de vida vegetal.

La superficie del valle está efectivamente largamente ocupada por propiedades agrícolas, que según el SIG son 2.073, por un área cultivable total de 12.753 ha. La destinación principal de uso es el la viña (9.004 ha), campos de olivos (1.293 ha), hortalizas (1.234 ha), granadas (522 ha) y hierbas médicas (364 ha). Otros cultivos corresponden a arboles frutales (54 ha) y maíz (48 ha). La exportación de uva de mesa, que constituye un aporte económico relevante para la cuenca, es entonces la principal destinación de la parcelación visible desde el alto. Esta actividad productiva ocupa por ahora solamente agua de pozos de extracción, directamente proveniente del cauce natural.[13]

La vocación agrícola del valle se manifiesta claramente en la cuadrícola que sustenta esta actividad productiva, articulándose con los tejidos residenciales de los asentamientos. El sistema de riego ha configurado así estructuralmente el territorio del valle. Del encuentro entre fragmentos de residencias y parcelación agrícola es posible reconocer patrones alternativos: cuando el riego es sometido al rigor del trazado urbano repitiendo su ley o cuando la ciudad asume las trazas del riego.

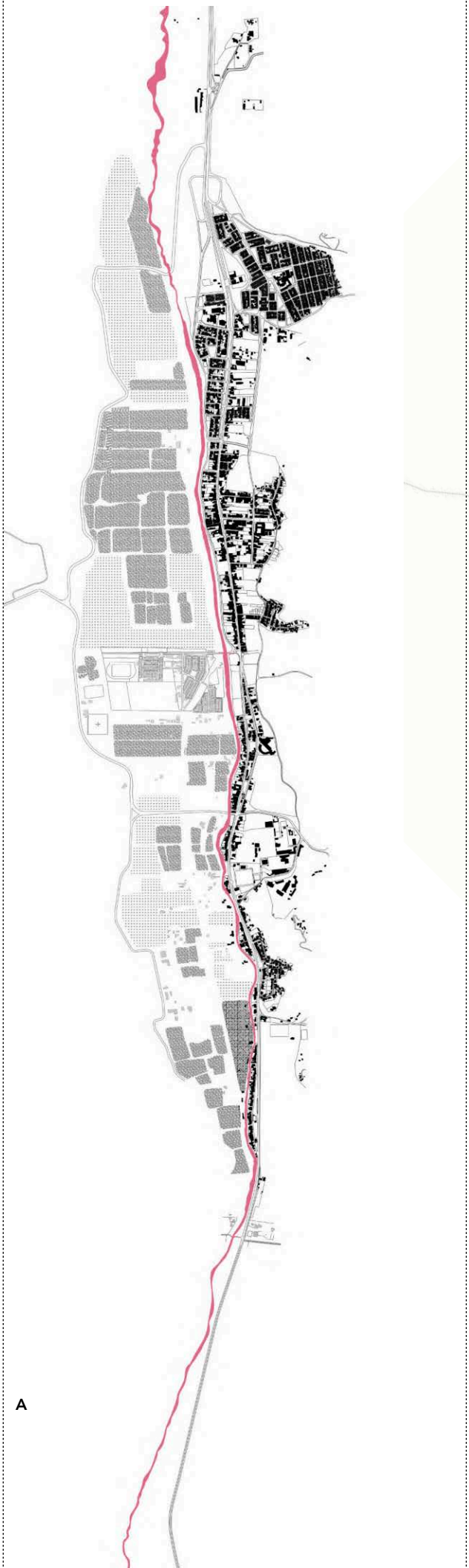
[13] AA. VV., *Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011, p. 14.

Se puede asumir que la segunda hipótesis sea válida para la mayoría del valle, por la similitud de tamaño y forma que caracteriza las parcelas agrícolas de cultivo local y la división en manzanas residenciales. Esta forma de génesis urbana refleja una lógica de ocupación del territorio de tipo gravitacional, primariamente utilitaria.[14]

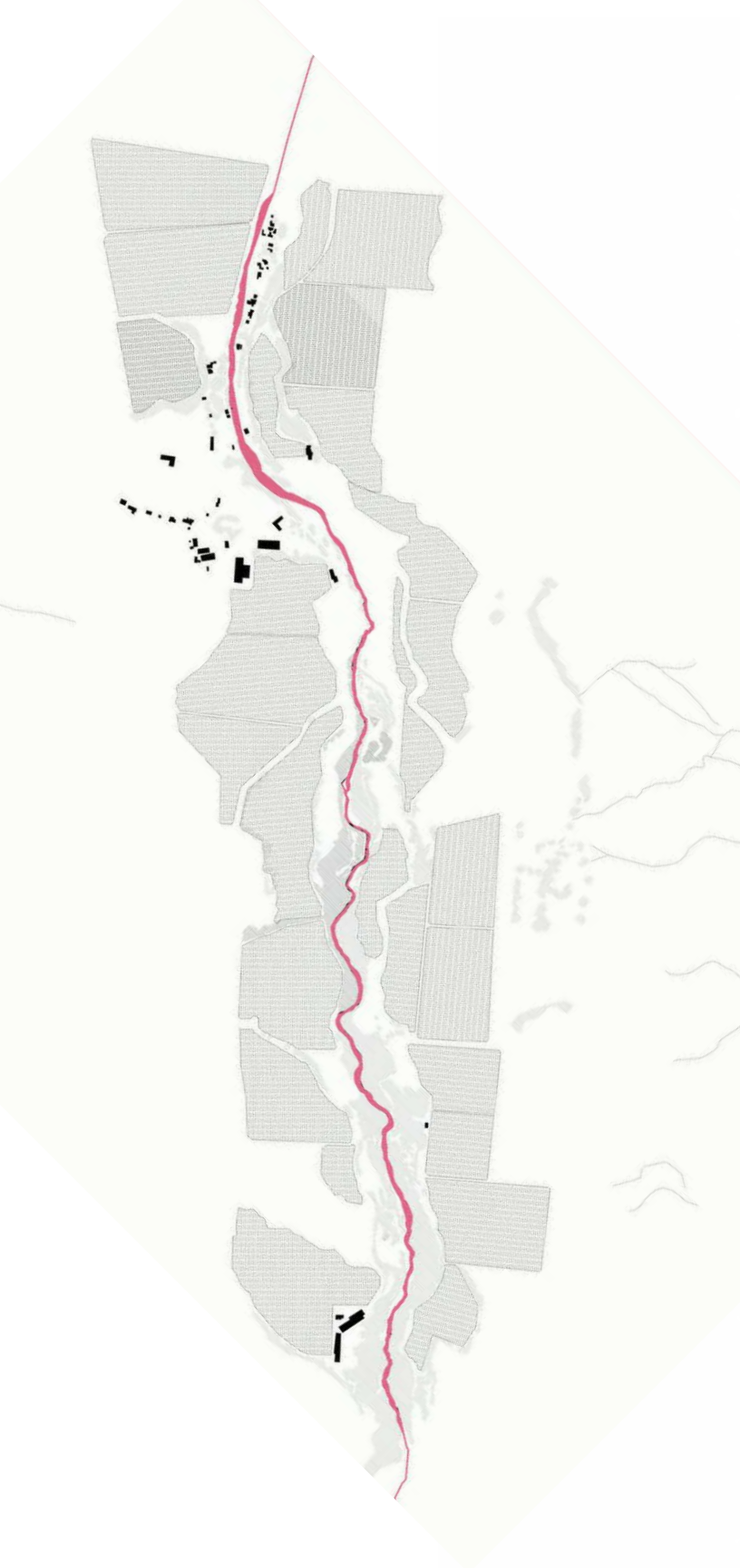
Si bien meramente funcional en origen, esta conformación espacial de superficie genera un tejido continuo, donde la relación entre porciones urbanas más densamente construidas y campos de cultivo, si bien contrapuesta, refleja una condición no sectorizada de las actividades primarias que caracterizan el valle: habitar, cultivar.

A esta forma de ocupación del territorio se contrapone la división operada por la agro-industria de exportación, las cuales parcelas muestran una escala que se escapa de la condición de los asentamientos. Estas grandes superficies cultivadas se despliegan en la mayoría de la superficie permeable al agua del valle, presentándose como el factor productivo principal que utiliza del recurso hídrico.

[14] Pérez de Arce Antoncich, *Las escalas del agua*, (ARQ No. 43 ,Noviembre 1999) pp. 2-20.

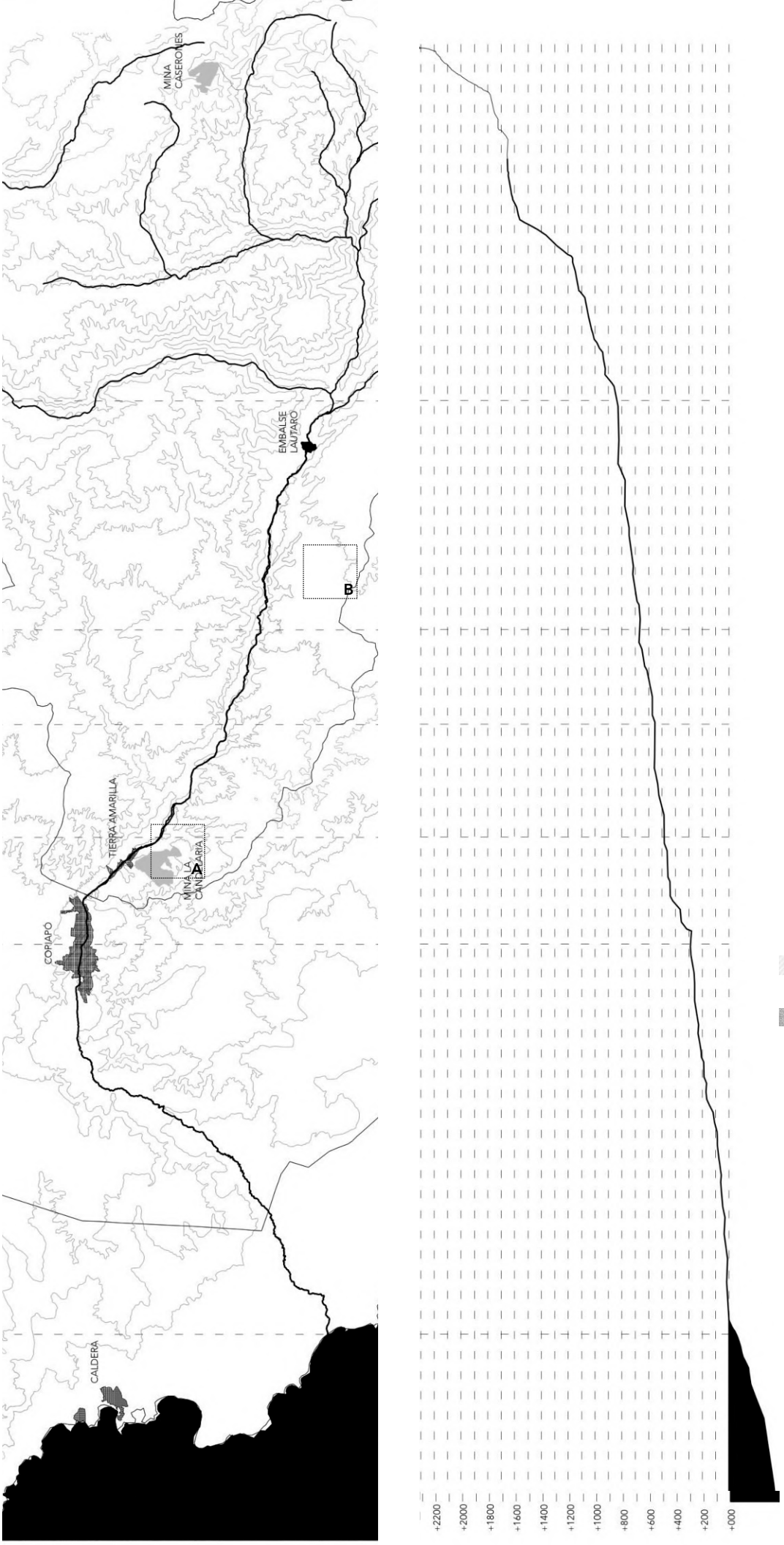


A



B

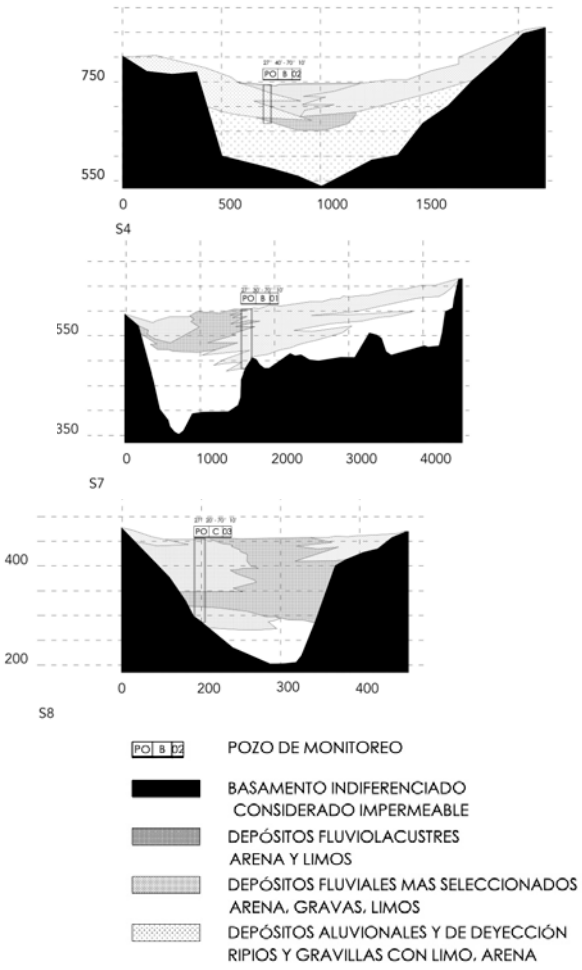
0 1km



agro-industria vinícola

agricultura local

Valle del Copiapó, mapas comparativos fragmentación agrícola, elaboración propia
[fig. II.45] Superficies agrícolas, sector IV, localidad Tierra Amarilla, elaboración propia
[fig. II.46] Superficies agrícolas, sector III, localidad Los Loros, elaboración propia
[fig. II.47] Cuenca del Copiapó, Trazado y corte altimétrico del río, elaboración propia



[fig. II.48] Cortes hidrogeológicos que muestran las capas geológicas de la sección permeable de la cuenca, elaboración propia; fuente datos: AA. VV., *Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011.
[fig. II.49] Mapa suelos aluviales superficiales, cortes hidrogeológicos que muestran la parte permeable de la cuenca, elaboración propia; fuente datos: AA. VV., *Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011.

II.IV_Hasta la roca impermeable

El agua utilizada para regar las superficies agrícolas proviene solo en mínima parte de los flujos superficiales de la *mallacuífera*. De hecho, el agua visible desde el alto constituye una porción muy baja de la totalidad disponible para su utilización en favor de actividades humanas.

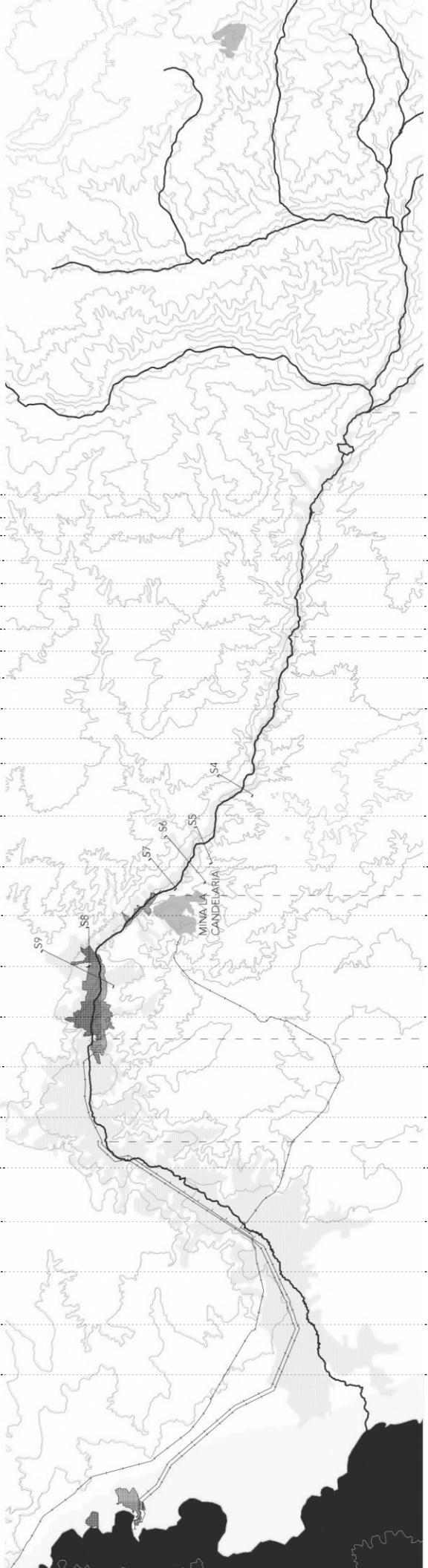
La ciudad atrapa las aguas necesarias a su producción agrícola en una infraestructura de pozos de extracción, plantas depuradoras y ductos subterráneos. La historia del desarrollo técnico del manejo hídrico subsuelo del caudal limpio en ámbito urbano ha alimentado el interés hacia la geología de los suelos permeables al agua. En el siglo XIX la ingeniería hidráulica y los estudios geológicos desarrollaron paralelamente una vinculación con el mundo subterráneo no solo para necesidades funcionales, si no que también como registro del tiempo profundo, como "indice concreto de un acontecer natural y humano inmemorial".[15]

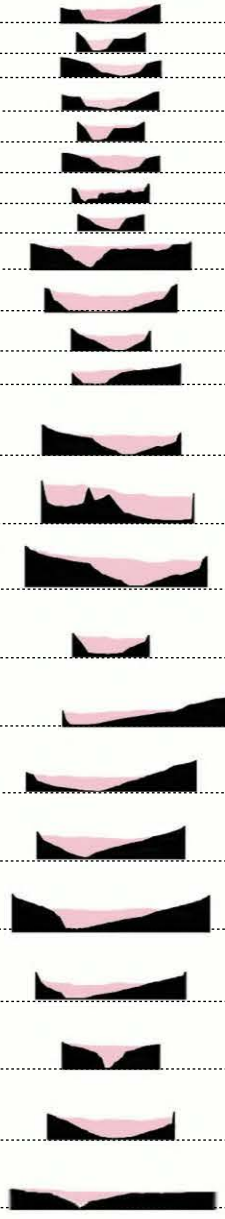
La estratigrafía del suelo en sus diferentes escalas permite aún en el siglo XXI visualizar las condiciones de presencia hídrica bajo tierra en el territorio. Los cortes geológicos muestran la parte permeable al agua de la cuenca, donde el basamento rocoso tiene distintas conformaciones que influyen sobre la profundidad de los pozos de extracción y las áreas mas explotables. Se hace finalmente clara la extensión del agua mas allá del lecho superficial del río, así como emerge la morfología del valle en el encuentro de las laderas rocosas con los depósitos aluviales que constituyen su suelo superficial.

La representación del suelo subterráneo, alejándose de una intención puramente científica, muestra la proporción entre las capas geológicas y constituye una herramienta para visualizar la humedad. Se reconoce así como esta se encuentre "*en todas partes antes de ser agua en alguna parte*"[16], abriendo una pista en la *búsqueda del agua perdida*.

[15] Pérez de Arce Antoncich, *Las escalas del agua*, (ARQ No. 43 ,Noviembre 1999) pp. 2-20.

[16] Anuradha Mathur, Dilip da Cunhua, *OCEAN OF WETNESS: A PLATFORM FOR DESIGN*, research platform: https://www.mathurdacunha.com/ocean-of-wetness, 2010.


S4
S5
S6
S7
S8
S9
MINA LA CANDELARIA

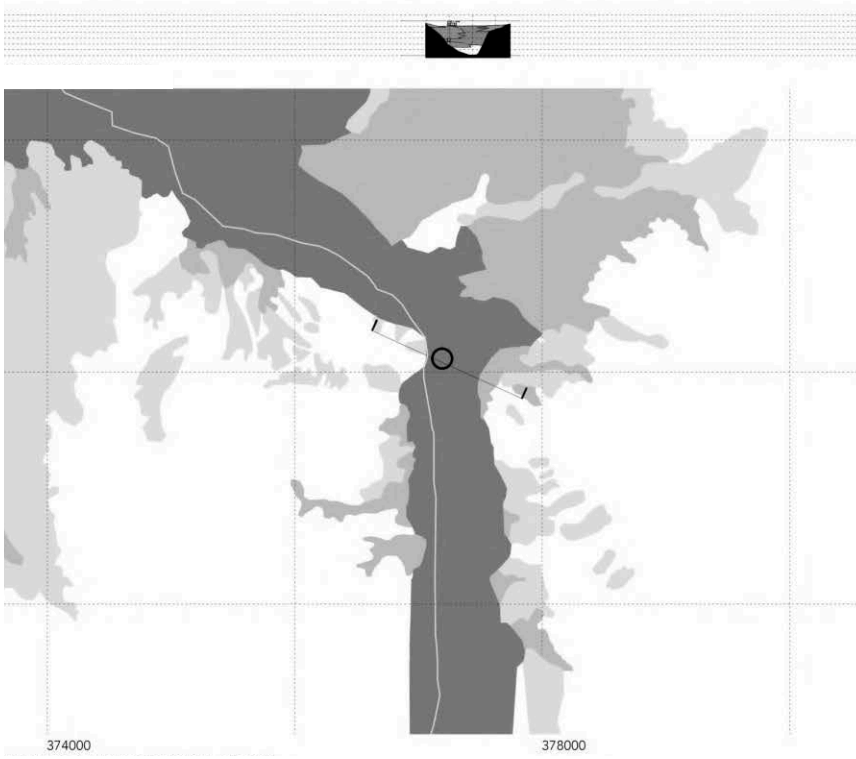


El suelo aluvial de la cuenca del Copiapó se ve de hecho impregnado por aguas subterráneas. La geología de las sección acuíferas del valle muestra como varían las condiciones de humedad a lo largo de su despliegue hacia el océano. El valle atravesado por el río Copiapó se caracteriza, según el mapa geológico de Chile[17], por el tipo de suelo Qf (Pleistoceno-Holoceno) , compuesto por gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Este sigue sin interrupciones hasta la cordillera. Sin embargo, la conformación superficial de suelo varia a lo largo del trazado del río, como apreciable de los recortes cenitales. Las variaciones de textura superficial dependen de las condiciones climáticas y del grado de explotación hídrica que afecta los fragmentos.

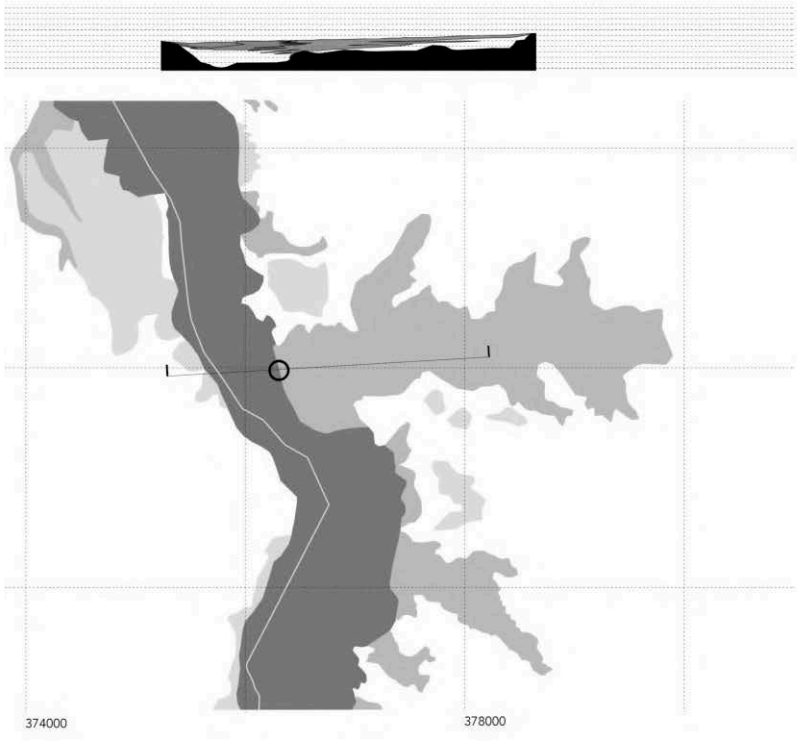
Las capas geológicas que bordean los depósitos aluviales del valle varían con la altitud. Los espacios de cruce entre las fallas corresponden a menudo con los bordes más abundantes por minerales. La humedad perdida de la cuenca se concentra entonces en el corredor central del valle, donde se extrae para riego y se lleva a los sitios mineros ubicados en las franjas transversales al valle.

[fig. II.50] Mapa suelos aluviales superficiales; unidades hidro-geológicas que muestran la parte permeable de la cuenca, elaboración propia; fuente datos: AA. VV., *Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011.

[17] Gobierno De Chile Servicio Nacional De Geologia Y Mineria Subdirección Nacional De Geología, *Mapa Geologico De Chile:* Version Digital, 2016



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA A



UNIDAD HIDROGEOLÓGICA B

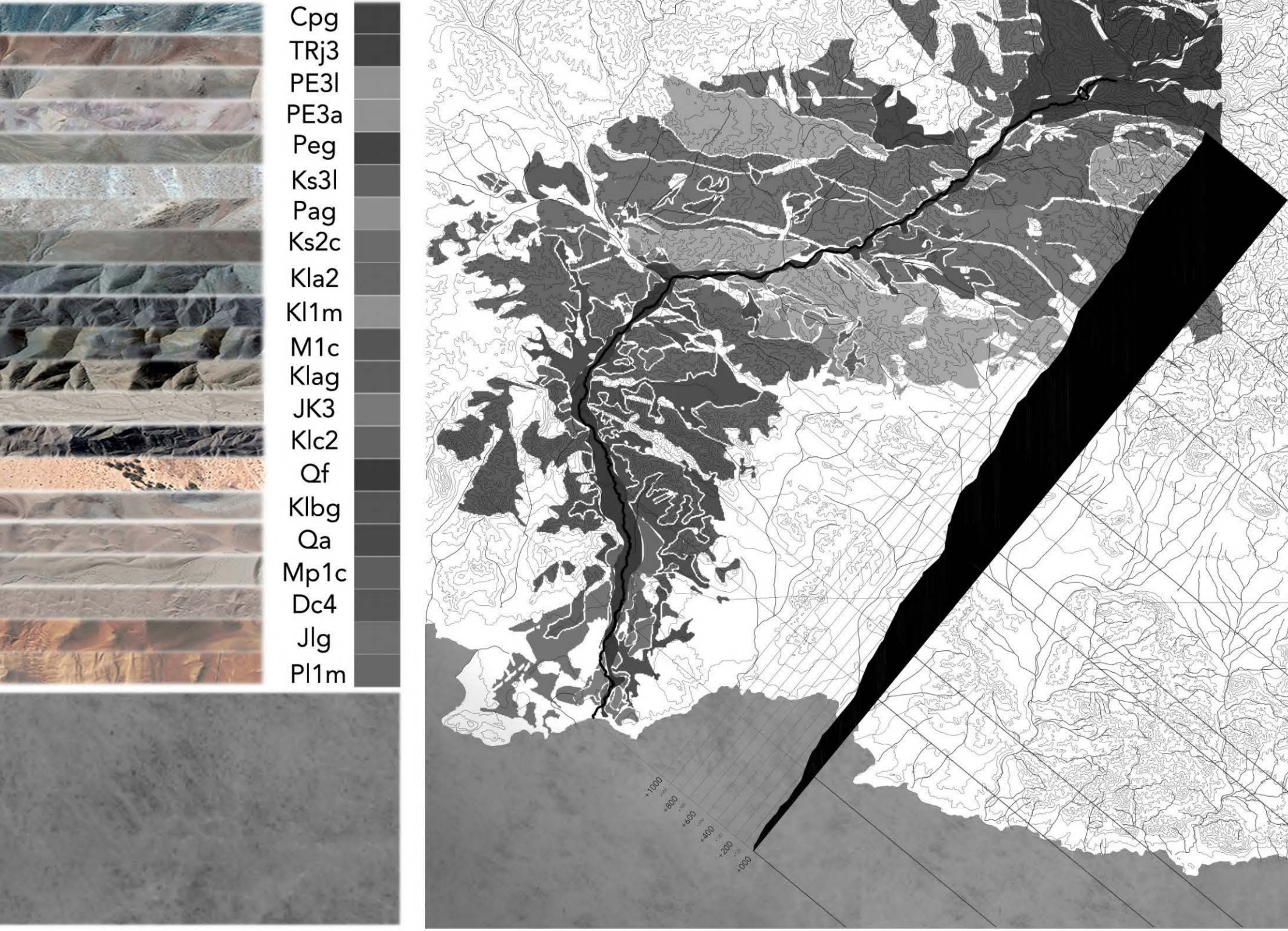
POZO DE MONITOREO

BASAMENTO INDIFERENCIADO CONSIDERADO IMPERMEABLE

IMP. HIDR. BAJA

IMP. HIDR. MEDIA-BAJA

IMP. HIDR. ALTA


Cpg
TRj3
PE3l
PE3a
Peg
Ks3l
Pag
Ks2c
Kla2
Kl1m
M1c
Klag
JK3
Klc2
Qf
Klbg
Qa
Mp1c
Dc4
Jlg
Pl1m
+1000
+800
+600
+400
+200
+000

[fig. II.51] Mapa geológico cuenca del Copiapó con ortofotos relativas a los suelos superficiales, elaboración propia; fuente datos: DICTUC, *Hidrogeología en Análisis integrado de gestión en cuenca del Río Copiapó*, Tomo II: Sistematización y Levantamiento de Información de Usos y Demandas, SIT N. 211, 2010

[01]

[07]

[13]

[02]

[08]

[14]

[03]

[09]

[15]

[04]

[10]

[16]

[05]

[11]

[17]

[06]

[12]

[18]

III. De la cuenca al pueblo

"Por cualquier camino que se viaje a Copiapó, es preciso atravesar desiertos de arena, riscos áridos i vastas llanuras despojadas de toda señal de vejetación. El calor i la sed quizás no mortifican tanto al viajero, como el aspecto horrible de una naturaleza sin vida [...] Al acercarse, pues, a Copiapó, al divisar sus arbole- das, sus elevados sauces, cuyo alegre verdor resalta en el fondo descolorido de las alturas que terminan el paisaje, el alma cree despertar de una odiosa pesadilla, e involuntariamente estalla nuestro alborozo [...] ¡Salud, valle hermoso, oásis encantado del desierto!"

(José Joaquín Vallejo, 'Jotabeche', *Copiapó y "Mineral de Chañarcillo*, ortografía original, 1842, pp. 9-10)

Si bien no es común referirse al agua como energía, esta última, como recurso indispensable al funcionamiento de todas las actividades productivas de la región de Atacama, necesita de un sistema infraestructural que transforma el territorio de manera análoga a lo que hacen las líneas de transmisión eléctrica. Esto ocurre de manera evidente en la cuenca del Copiapó.

En el ciclo hidrológico extendido más allá del lecho del río, el agua atraviesa estadios químicos múltiples y ocupa aparatos técnicos que catalizan su transformación y movimiento, como los pozos de extracción, los acueductos, los estanques y las maquinas de tratamiento. Por el hecho que su disponibilidad es limitada, estas infraestructuras operan de manera incisiva sobre la cuenca, insertándose con su estética funcional en la homogeneidad de los paisajes secos del valle.

Si por un lado el desarrollo de esta mecánica paralela o contraria de movimiento del agua ha permitido que los recursos más abundantes en la región, la luz solar y los minerales, hayan sido aprovechados, esto ha ocurrido solo en favor del crecimiento económico. Los artefactos del agua han aportado hasta ahora por la mayoría hacia el crecimiento económico de actores privados.

Más allá del sustento humano local, las necesidades del sistema neoliberal han impuesto la alteración del equilibrio ecosistemico del río. En la cuenca del Copiapó la sobre explotación del agua por parte de agroindustria y minería ha llevado a la actual situación de escasez hídrica. La diminución del flujo y la perdida del humedal asociado al río es el efecto más evidente de esta alteración bajo suelo. Además la distribución no equitativa del recurso entre actores humanos, especialmente en el sector central, ha provocado la sequía de los campos de cultivo.

En esta sección se quiere reflexionar entonces sobre como la competición por el agua se ha manifestado espacialmente a la escala de la cuenca y como el pueblo agro-minero de Tierra Amarilla ha sido sujeto a las consecuencias más graves de esta explotación. Se va finalmente a discutir sobre como la percepción del conflicto ambiental en curso por la sequía de las napas ha generado instancias sociales anti-extráctivistas y de reivindicación de la vocación agrícola de la meseta versus la actividad minera.

pp. anteriores
[fig.s III.01-18] objetos del agua: infraestructuras de manejo hídrico en la cuenca del Copiapó; Andrea Bit, 2016.

[01] Embalse Lautaro
[02] Río Copiapó - sector III
[03] Río Copiapó - sector III
[04] Terrenos abandonados - Tierra Amarilla
[05] Río Copiapó, humedal - sector V
[06] Río Copiapó, humedal - sector VI
[07] Acueducto Amolanas - sector II
[08] Acueducto Amolanas - sector II
[09] Planta Aguas Chañar - localidad Copiapó
[10] Diga canal de riego - sector IV
[11] Estación de bombeo - agua desalinizada
[12] Estanque agua de mar - Bahia Inglesa
[13] Estanque doméstico - sector III
[14] Planta Aguas Chañar - localidad Copiapó
[15] Estanque urbano - Tierra Amarilla
[16] Diga canal de riego - sector IV
[17] Artefacto de monitoreo - carretera 5
[18] Pozo antiguo - carretera 5

[fig. III.19] Estanque de agua potable; localidad Caldera, camping Bahia Inglesa; Foto del autora
La situación hídrica inestable hace los estanques domésticos un artefacto esencial.

pp. siguientes
[fig. III.20] artículos de prensa: conflictos ambientales en la cuenca del Copiapó, elaboración propia. Fuentes:
www.chilesustentable.net
Reporte Minero Nacional
www.casub.cl

Se muere el río Copiapó (I): Consumo humano, agrícola y minero están en riesgo

09.07.2009

Por Francisca Skoknic

TEMAS: Agricultura, Agua, Medio Ambiente, Minería

Contraloría objeta acuerdo ambiental entre municipalidad y Minera Candelaria

Minera Candelaria mantiene el 100% de sus operaciones con agua desalinizada

Autor: Reporte Minero , 10 de diciembre de 2019

Compartir:

INDH presenta recurso contra organismos del Estado por contaminación en Paipote y Tierra Amarilla

Una misión de observación del INDH detectó que los habitantes de Copiapó y Tierra Amarilla viven con el inminente riesgo de consumir agua contaminada. Relaves, tronaduras, derrames y material particulado enfrentan a las comunidades Colla y los poblados atacameños con las faenas mineras de la región.

DIRECCIÓN DE AGUAS SANCIONA A CASERONES CON MULTA DE $325 MILLONES

ESTO POR LA EXTRACCIÓN IRREGULAR DESDE SIETE POZOS AL INTERIOR DE QUEBRADA LA BREA EN TIERRA AMARILLA. DESDE LA EMPRESA APUNTARON A QUE LA OPERACIÓN ES NECESARIA Y A SU JUICIO, EL MONTO DE LA SANCIÓN NO ES ACORDE.

III.I_Crisis hídrica del Copiapó: entre privatización y sequía

A partir de los 80's, la agricultura de riego se ha desarrollado significativamente en Chile con una creciente utilización de agua subterránea.[1] Esta tendencia, típica de países desarrollados como de emergentes, ha generado muchos casos de extracción masiva, que ha provocado el colapso de economías dependientes de este recurso.[2]

De hecho hay situaciones donde el agua subterránea puede ser sobre explotada a pesar de la existencia de sofisticada legislación, instituciones y entes públicos efectivos responsables del manejo de la misma. Las políticas publicas consideran con relevancia creciente la necesidad de estrategias políticas que aseguren la sustentabilidad a largo plazo de la explotación del agua subterránea.[3]

El Limite de Extracción Sustentable[4] fija el nivel de agua utilizable por año en un acuífero, calculado para garantizar la continuidad de uso para las generaciones futuras y asegurar que los ecosistemas dependientes del agua subterránea, como torrentes o humedales, satisfagan propiamente su función ecológica. Este modelo de manejo del agua no ha sido aplicado efectivamente en la cuenca del río Copiapó, que en las ultimas tres décadas ha sufrido creciente escasez de sus recursos.

SAL (Sustainable Abstraction Limit): el SAL es el valor de extracción de agua subterránea aceptable para garantir la continuidad de uso de las generaciones futuras (la toma de agua no debería superar la recarga a largo plazo) y para asegurar que los ecosistemas dependientes de la falda acuífera satisfacen propiamente su función ecológica.

(McKay, *Groundwater management: looking to the future so there is a future,* Water International n.37, 2012, 721-726)

[1] Wada, Y., van Beek, L,P,H,, van Kempen, C.M., Reckman, J.W.T.M., Vasak S, Bierkens M.F.P. (2010). *Global depletion of groundwater resources.* Geophys. Res. Lett., 37, L20402, doi:10.1029/2010GL044571

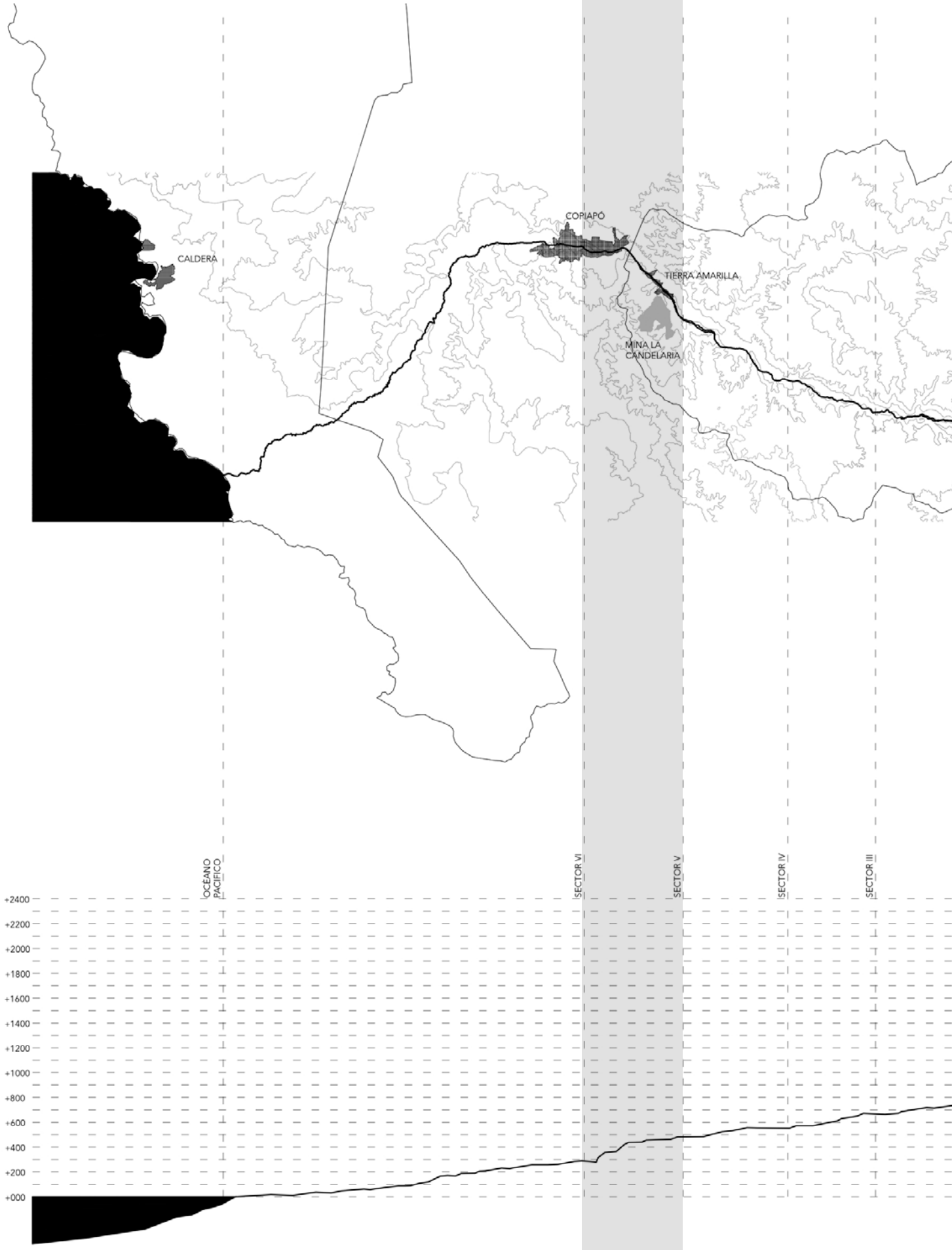
[2] Mays, L.W. (2013) *Groundwater Resources Sustainability: Past, Present, and Future*. Water Resources Management 27 (13)

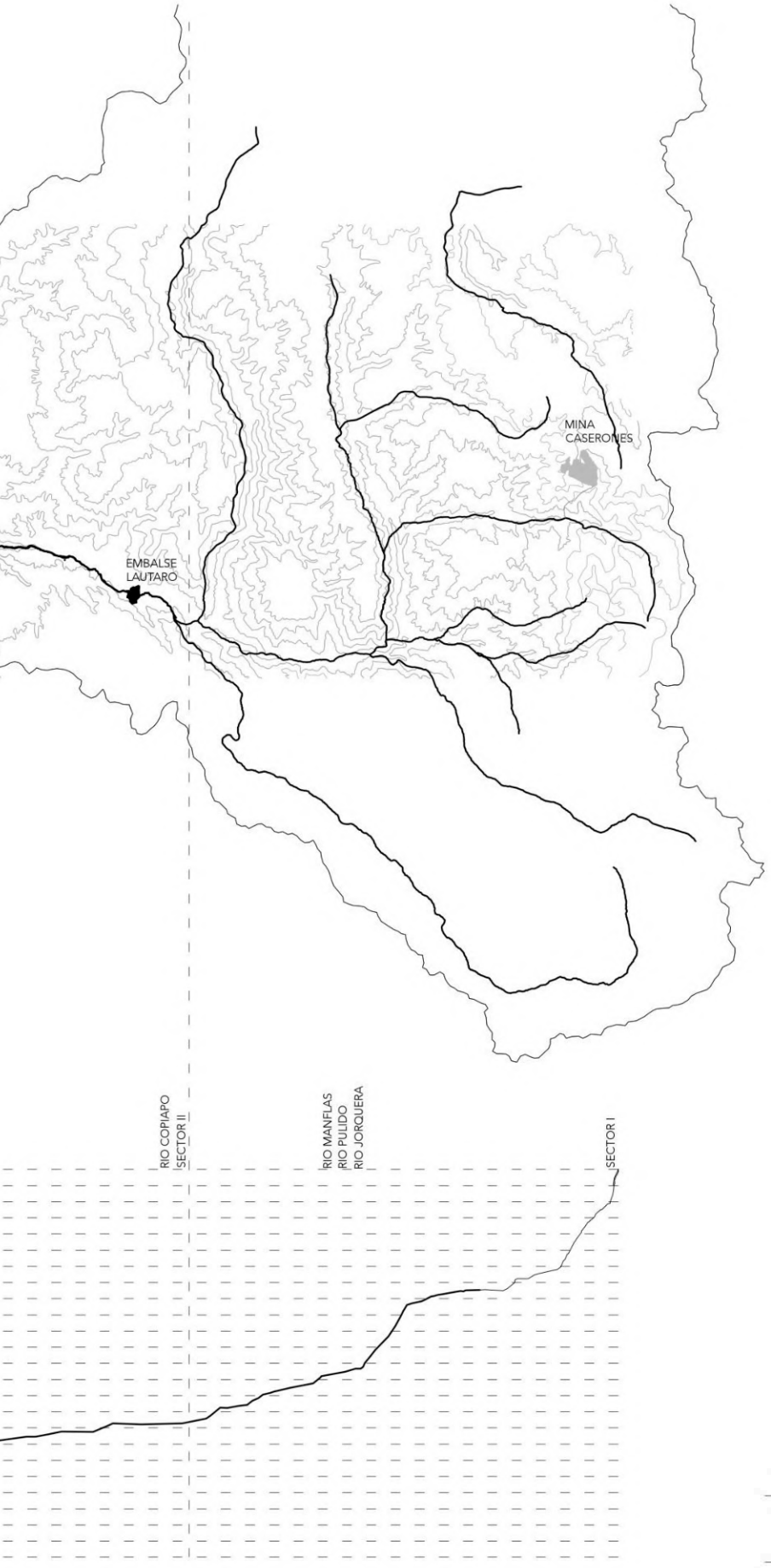
[3] McKay, J. (2012). *Groundwater management: looking to the future so there is a future*. Water International *37* (7),721-726

[4] Rinaudo G.D., Donoso G., (2018), *State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile)*, International Journal of Water Resources Development

[fig. III.21] Campo de cultivo seco, localidad Tierra Amarilla, fuente:https://portal.sma.gob.cl/index.php/2018/07/24/ minera-candelaria-acepta-y-paga-multa-cursada-por-la-sma.

pp. siguientes
[fig. III.22] Cuenca del Copiapó, Trazado y corte altimétrico del río, elaboración propia.


COPIAPÓ
CALDERA
TIERRA AMARILLA
MINA LA CANDELARIA
OCÉANO PACIFICO
SECTOR VI
SECTOR V
SECTOR IV
SECTOR III
+2400
+2200
+2000
+1800
+1600
+1400
+1200
+1000
+800
+600
+400
+200
+000



ESCALA GRAFICA:

0 20 km

_Colapso hidrogeológico: riesgos

En particular, la explotación de los pozos superó considerablemente (casi dobló) la media anual de recarga natural del acuífero. El deficit es evidente en los sectores del río 3 y 4, antes considerados de alta capacidad extractiva, donde los niveles de agua bajaron de 10m (1990) a 150m (2015) de profundidad.

Finalmente el balance hidro-geológico ha crecido negativamente a partir de los 1990's: la reserva total de agua bajó acerca de 30 millones m^3 por año entre 1990 y 2012, con una siguiente aceleración brusca entre 2005 y 2012.[5] En los últimos 22 años, se estima una perdida estimada de 830 millones de m^3, el equivalente a 6.5 años de recarga promedia.[6]

La reserva de agua continuará disminuyendo si la tasa de extracción permanece en su nivel actual, a menos que la precipitación promedio aumente a las cantidades registradas en la década de 1980.[7]

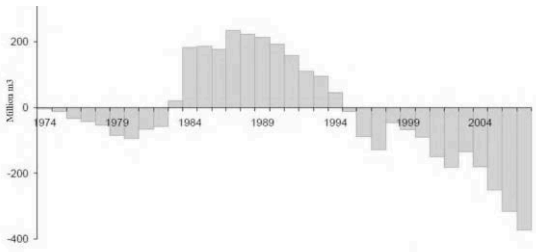


Figure 3. Change in the total volume stored in the Copiapó aquifer between 1974 and 2007 (Hidromás CEF limitada 2013)

[fig. III.23] Cambio en el volumen total almacenado en el acuífero del Copiapó entre 1974 y 2007; fuente: AA. VV. Hidromás CEF limitada. (2013), Actualización de la modelación integrada y subterránea del acuífero de la cuenca del río Copiapó, Informe S.I.T. No 332) Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.

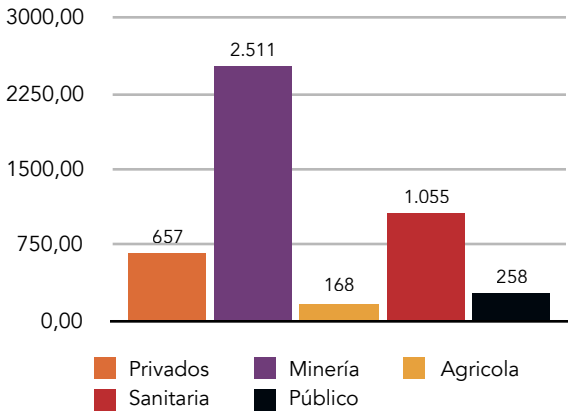
[5] *Groundwater Crisis in Copiapó Valley* en Rinaudo G.D., Donoso G., (2018), *State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile)*, International Journal of Water Resources Development

[6] McFarlane, D. & Norgate, T. (2012). S*ummary report on Copiapó water yields and demands. Unpublished report to AusAID as part of the study: "Copiapó River Basin, Chile – analysis study of shortfalls in water rights, industrial usage and social requirements' from the Minerals Down Under Flagship*, CSIRO. Fuente: https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=csiro:EP126400&dsid=DS4

[7] AA. VV. Hidromás CEF limitada. (2013), *Actualización de la modelación integrada y subterránea del acuífero de la cuenca del río Copiapó,* Informe S.I.T. No 332) Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Fuente: http://documentos.dga.cl/SUB5460v1.pdf

Con respecto a dichos sectores, el colapso hídrico de la capa freática[8] coincidió con la compra por parte de las empresas mineras de Derechos de Agua Subterránea a los agricultores del sector 5. Esto provocó el detrimento de las actividades agrícolas en la cuenca y la hostilidad difundida hacia el sector minero, capaz de pagar precios más altos en en el mercado de DA[9] (los valores de precio variaban hasta un 48%).

A pesar de la reducción del volumen de extracción de Agua Subterráneas por parte de la minería, con la instalación de plantas desalinizadoras, los pozos de extracción y los derechos correspondientes fueron mantenidos como suministro de emergencia. Minera Candelaria declara actualmente de ocupar el 100 % de agua desalada por los procesos mineros propios.[10] La misma medida ha sido implementada por la empresa Cap Mineria en el sitio de Cerro Negro Norte.[11] Las medidas no fueron suficiente para frenar la caída continua del nivel piezometrico[12] porque era y es la agricultura el principal usuario de agua en la cuenca.



[fig.III.24] Gráfico distribución derechos de agua, localidad Tierra Amarilla, elaboración propia s/g fuente:AA.VV., Informe técnico: *DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS OTORGADOS EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ*, S.D.T. N° 327, Departamento de administración de recursos hídricos, MOP, DGA, Gobierno de Chile, Santiago, 2016.

pp. siguientes

[fig. III.25] Cuenca del Copiapó, Río Copiapó, Mapa de flujos, elaboración propia según datos: AA. VV. Hidromás CEF limitada. (2013), *Actualización de la modelación integrada y subterránea del acuífero de la cuenca del río Copiapó.*

[fig. III.26] Cuenca del Copiapó, Río Copiapó, Mapa de pozos de pozos de extracción Minera Caserones, elaboración propia según datos: AA. VV.,Minera Caserones,*Estudios Hidrogeológicos Complementarios Control Infiltraciones Depósitos de Lamas Quebrada La Brea, Proyecto Caserones,* Anexo III; proyecto aprobado por SEA CHILE.

---

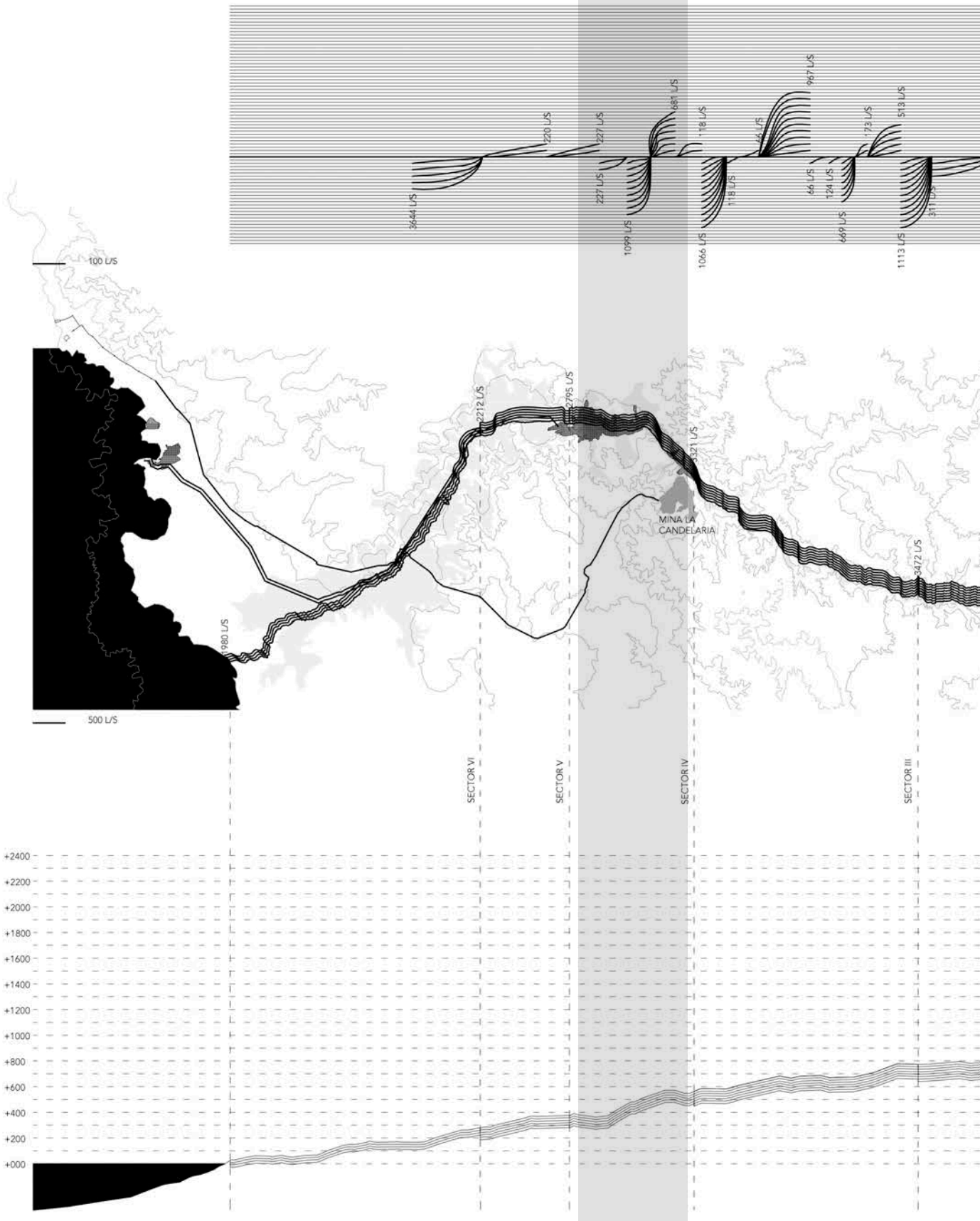
[8] **Capa freatica**: "Es la primera capa de agua subterránea que se encuentra al realizar una perforación y la más susceptible a la contaminación antrópica. (…) Constituye el acuífero libre, el que se extiende en profundidad hasta alcanzar un nivel más impermeable. Constituye la capa acuífera en contacto vertical directo con la atmósfera a través de la zona de aireación. Está sometida solamente a la presión atmosférica y no tiene estrato confinante superior. La profundidad de este sustrato compacto varía con el medio geológico, comprendiendo desde algunos centímetros hasta varias decenas de metros, según la región." - CUSTODIO, E., *Gestión y Protección de Acuíferos. Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de Hidrogeología Subterránea*. Mar del Plata, 1993.

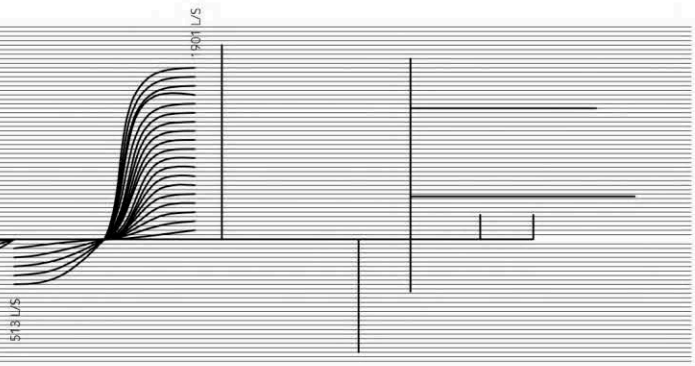
[9] **Derecho de aprovechamiento:** "El Derecho de Aprovechamiento es un derecho real que recae sobre aguas de dominio público y que consiste en el uso, goce y disposición de ellas con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el presente Código" en Codigó de Aguas (1981) Artículo 6, Gobierno de Chile

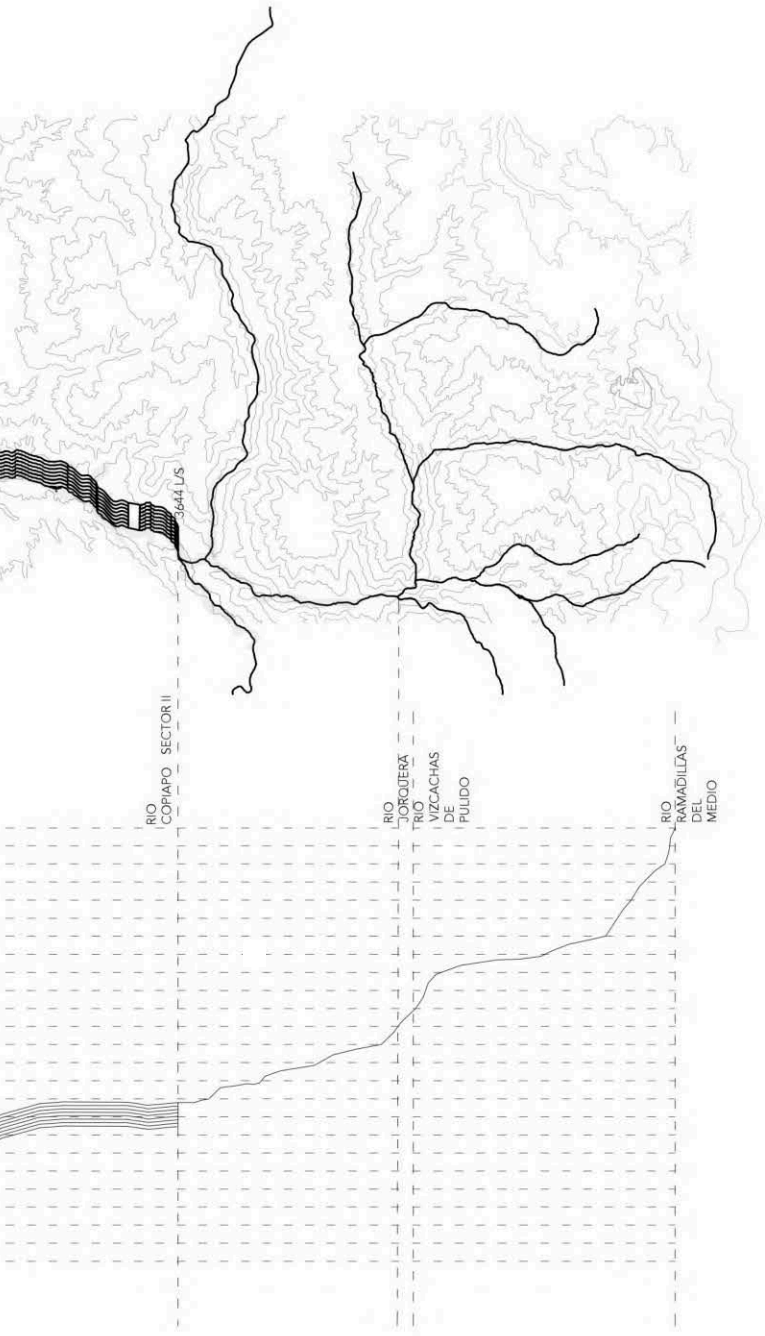
[10] fuente: http://www.capmineria.cl/capmineria/delegados-de-la-apec-visitaron-cerro-negro-norte-el-yacimiento-de/2019-08-12/104131.html

[11] Ibidem

[12] **Nivel piezométrico:** Nivel que alcanza el agua de un acuífero, debido a su propia presión. Fuente: http://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/2017/10/30/diccionario-ambiental

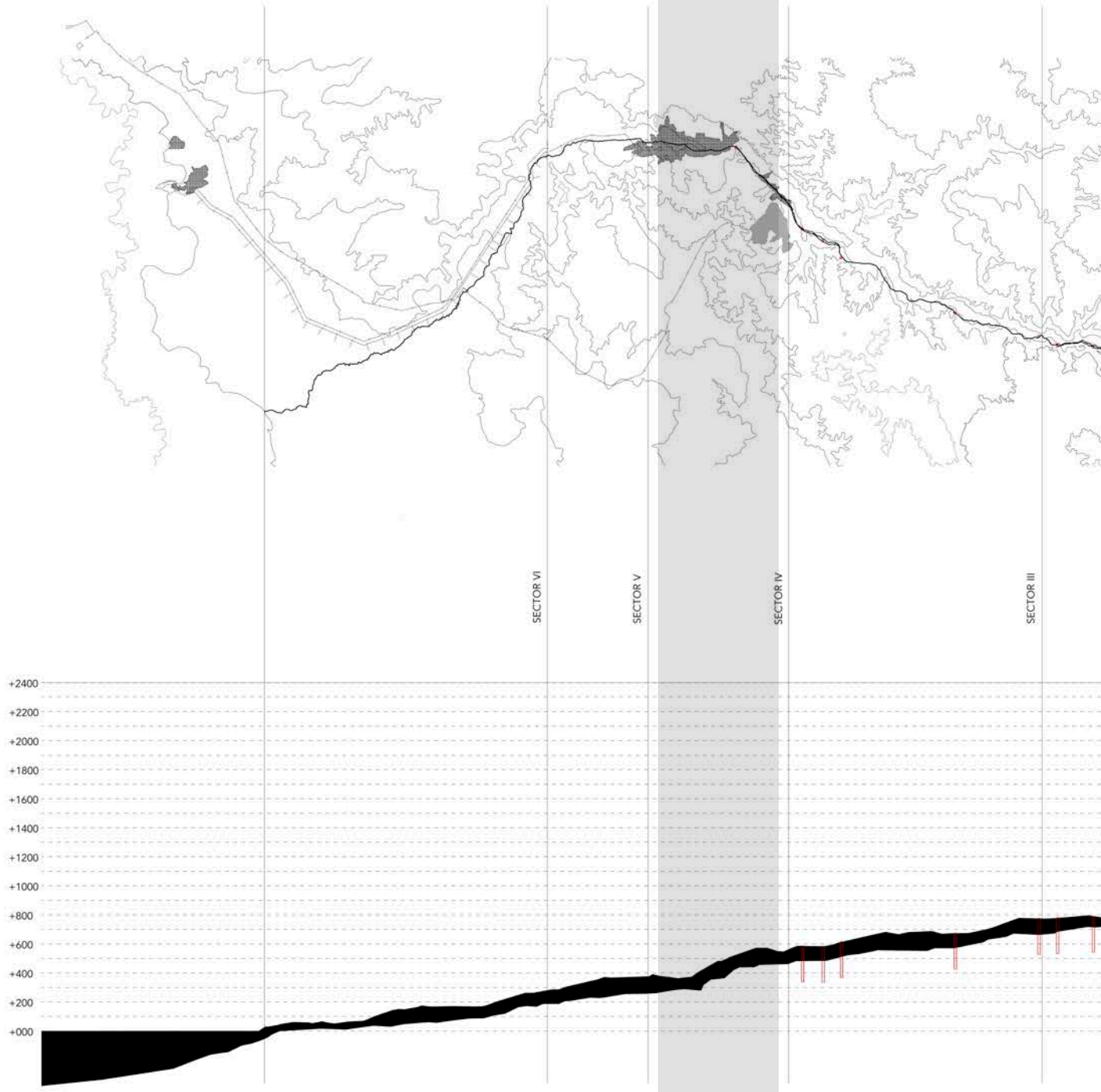

3644 L/S
220 L/S
227 L/S
227 L/S
1099 L/S
681 L/S
118 L/S
1066 L/S
118 L/S
967 L/S
66 L/S
124 L/S
669 L/S
173 L/S
1113 L/S
513 L/S
100 L/S
1980 L/S
2212 L/S
2795 L/S
3321 L/S
MINA LA CANDELARIA
3472 L/S
500 L/S
SECTOR VI
SECTOR V
SECTOR IV
SECTOR III
+2400
+2200
+2000
+1800
+1600
+1400
+1200
+1000
+800
+600
+400
+200
+000

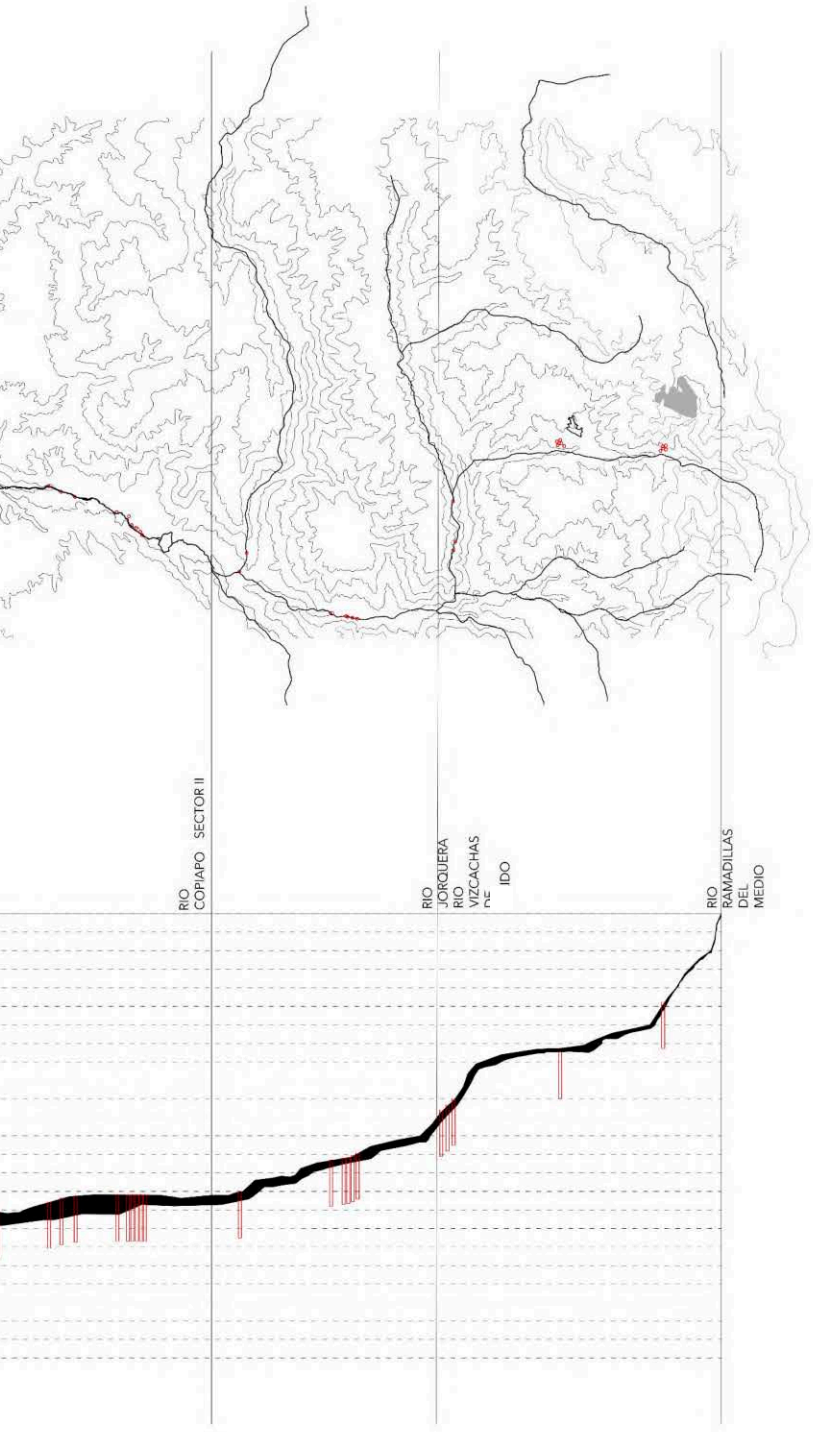




ESCALA GRAFICA:

0 20km


SECTOR VI
SECTOR V
SECTOR IV
SECTOR III
+2400
+2200
+2000
+1800
+1600
+1400
+1200
+1000
+800
+600
+400
+200
+000



ESCALA GRAFICA:

0 20km

[fig.III.27] Minera Caserones, comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó. Fuente: https://www.caserones.cl/nuestra-operacion/.

_Escenario hídrico económico

La situación hídrica sigue entonces crítica: las capas profundas semi-confinadas del acuífero, al ser golpeadas, no se reponen y los nuevos pozos no son realmente productivos (varios pozos de 110m de profundidad se secaron en un periodo de dos años)[13], las quiebras de las empresas agrícolas fueron amortiguadas solo parcialmente mediante la venta de DA y no hay ninguna indicación que sugiera cualquier inversión de esta tendencia. Además, Minera Caserones pronto empezará operaciones de extracción de agua arriba de la cuenca (Sector 1) , haciendo un uso intensivo de los derechos de Agua no utilizados y vendidos por los mismos agricultores [fig. 26, pag. antecedente]. Sin medidas de contención, ciertas áreas de los sectores 3,4 y 5 van a secarse en el futuro próximo.[14]

El fuerte desarrollo del sector minero contribuye al crecimiento del producto interno bruto regional, superior a la media del país, con exportaciones de cobre (75%), hierro (19%), oro y plata (6%). Las inversiones financieras conectadas generan un alto crecimiento en el sector construcción, de los servicios financieros y empresariales. Sin embargo, "*A pesar de las relevancia que tienen las transacciones comerciales con el mundo internacional (MM$- 2008 966.724), existe un déficit comercial respecto a su transacciones con el resto del país (MM$ -2008 1.488.000).*" Finalmente, el balance comercial integral es deficitario para la cuenca, o sea los ingresos de la exportación no resultan suficientes para balancear las compras totales importadas desde afuera (otras regiones o extranjero).[15] El retorno económico de las actividades productivas es casi nulo para el territorio.

---

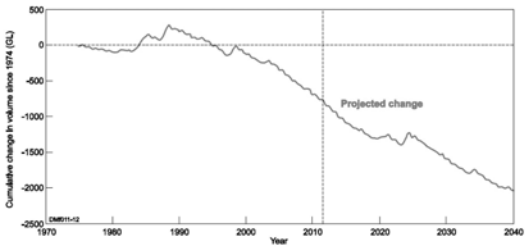
[13] Rinaudo G.D., Donoso G.,*State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile), International Journal of Water Resources Development,* 2018.

[14] Minera Luminar Copper Chile, *Informe consolidado de la evaluación del estudio de impacto ambiental del proyecto "proyecto caserones" [Consolidated report of the environmental impact study of the "Caserones project"*]. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile, 2008. Fuente: http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=bf/48/8acf01d3b400a0712e7534538619cebebf58.

[15] Ibidem

Dada entonces la baja capacidad actual de absorción de valor económico del área, debido a restricciones hídricas que limitan las cantidades de actividades productivas posibles, la conveniencia en adquirir bienes de primera necesidad de otras zonas y la carencia de un plan territorial de desarrollo endógeno (capacidad del territorio de construir una dinámica de desarrollo sinérgico entre los actores), el escenario futuro es ambientalmente preocupante.[16]

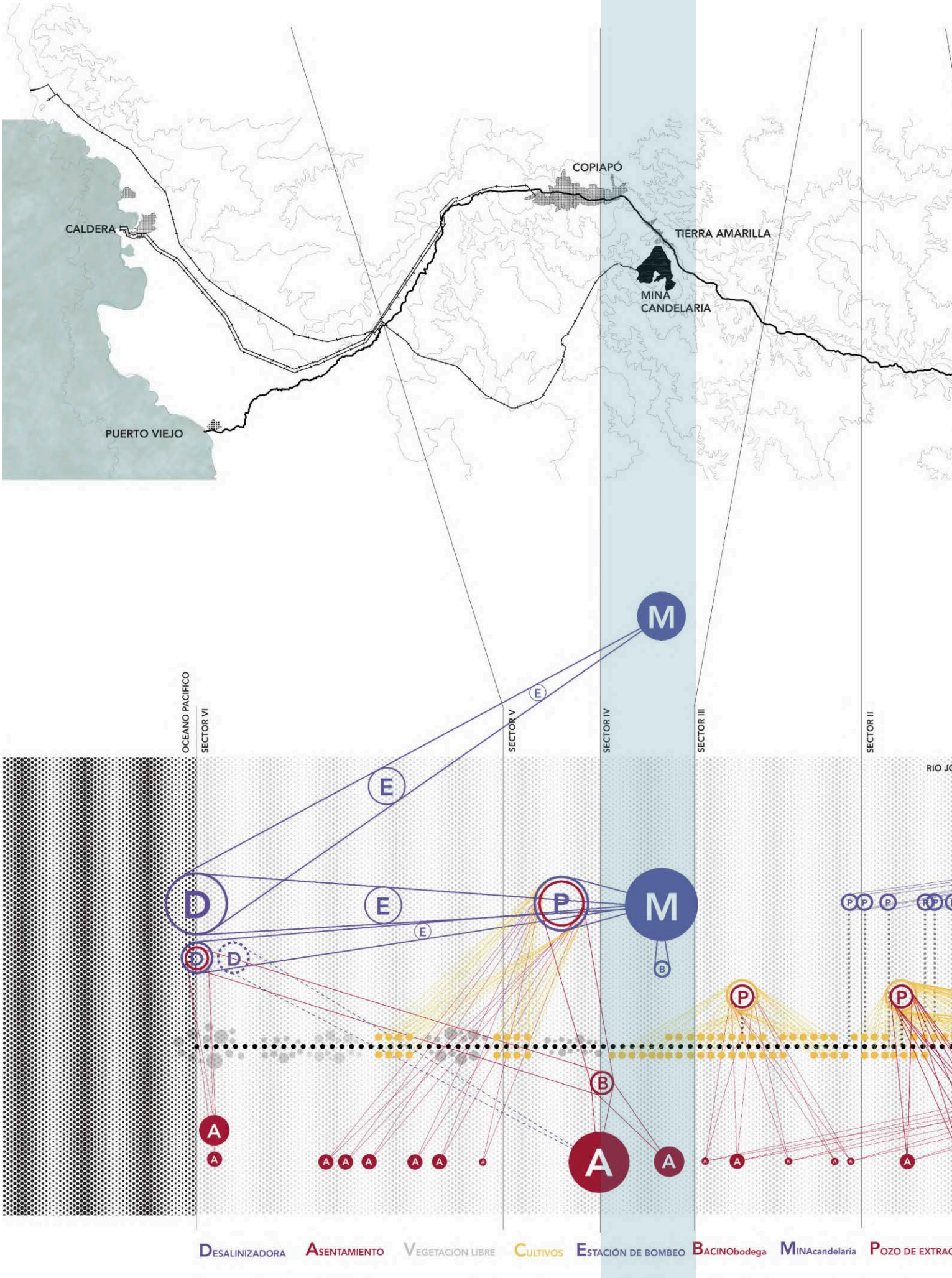
Sintetizando, si el colapso del sistema acuífero se debe principalmente al consumo agrícola, no hay agua disponible ni para el sector mencionado ni para los nuevos proyectos mineros diseñados para el área, que van a tener que producir internamente sus propios recursos, tomando en consideración la demanda directa (para los procesos mineros propios) y la demanda inducida (por ejemplo el agua potable para los nuevos trabajadores).[17]

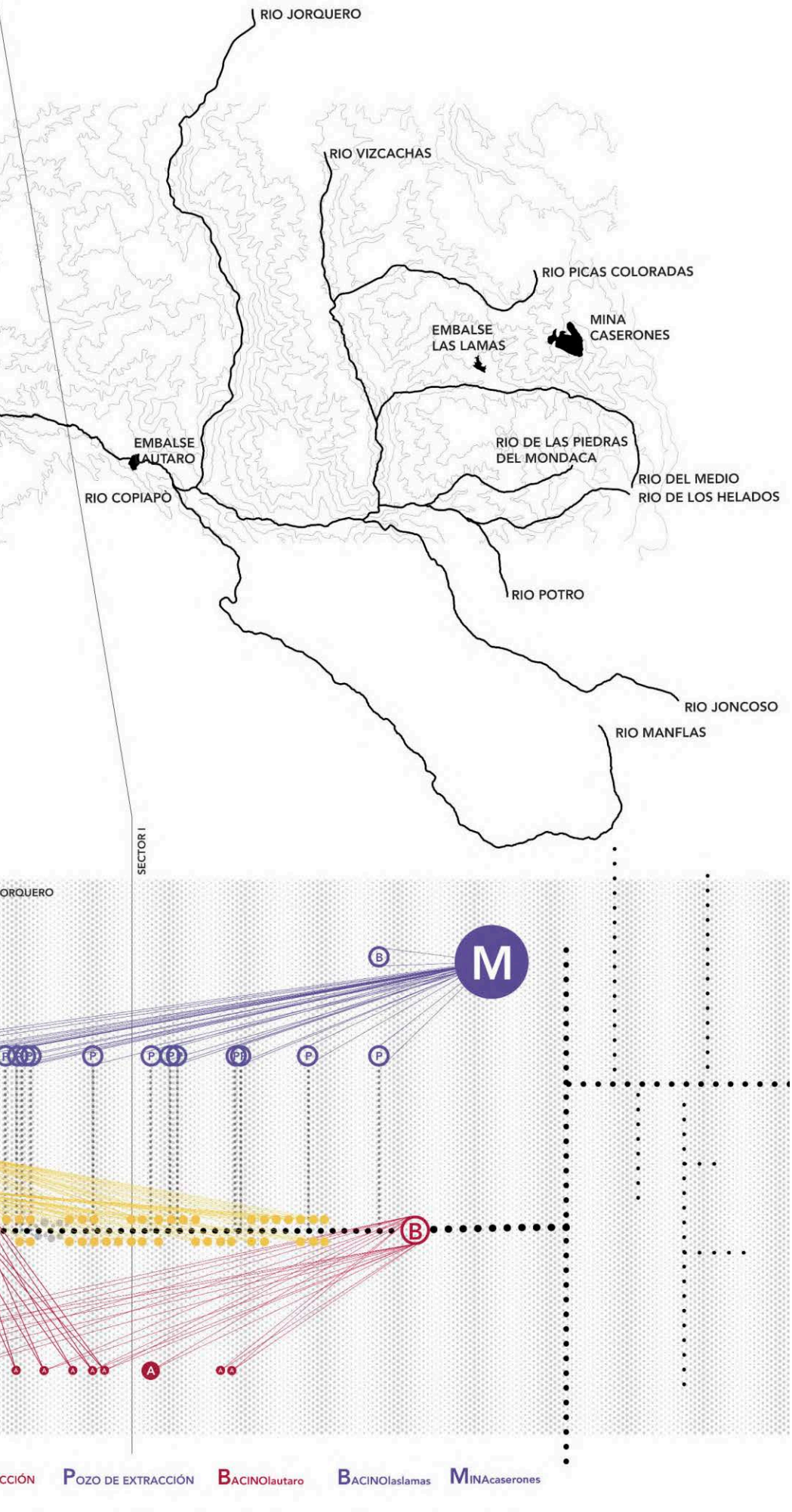


[fig. III.28] Cambios cumulativo caudal del Copiapó hasta el 2012 con proyección hacia el 2040; fuente: AA.VV., Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011.

[16] Para una mayor profundización sobre el tema ver Anexo: entrevista a Guillermo Donoso, Agrónomo, Profesor PUC, autor de *State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile), International Journal of Water Resources Development,* 2018.

[17] Mineurita LTDA por GOBIERNO DE CHILE, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, *Análisis vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos cuenca del rio Copiapó*, III Región de Atacama, S.I.T. n° 355, 2015


COPIAPÓ
CALDERA
TIERRA AMARILLA
MINA
CANDELARIA
PUERTO VIEJO
OCEANO PACIFICO
SECTOR VI
SECTOR V
SECTOR IV
SECTOR III
SECTOR II
RIO JC
M
E
D
P
B
A
DESALINIZADORA
ASENTAMIENTO
VEGETACIÓN LIBRE
CULTIVOS
ESTACIÓN DE BOMBEO
BACINObodega
MINAcandelaria
POZO DE EXTRAC



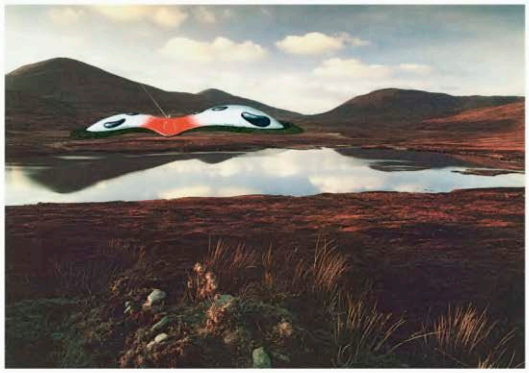
El escenario hidro-productivo de la cuenca del Copiapó ve:

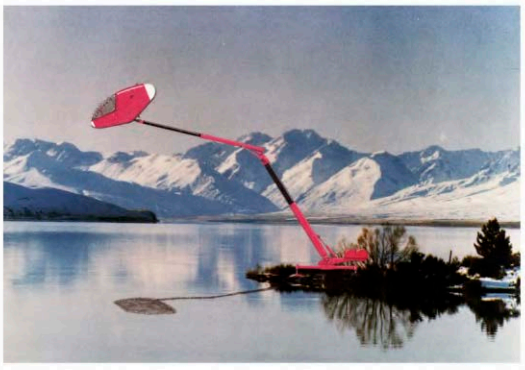
- Minera Caserones explotar los pozos en el sectores altos de la cuenca
- Minera Candelaria ocupar agua desalinizada pero generando desechos hídricos contaminantes
- el agro industria contribuir a la explotación del agua

Esta última, encontrándose principalmente en su forma líquida en el cauce propio del río, a decir en valle aluvial, como flujo superficial u como recurso productivo en las infraestructuras mineras, urbanas y agrícola, se encuentra sometida a competición por parte de cuatro macro actores:

- Empresas mineras, a la cuales pertenecen los sitios extractivos, las plantas desalinizadoras, las estaciones de bombeo y los deposito de relaves
- Asentamientos
- Empresas Agricolas
- Ecosistema fluvial , con sus microclimas húmedos: bofedales, vegas

[fig.III.29] Cuenca del Copiapó, mapa de actores, situación 2019; elaboración propia





III.II_Piezas dispersas: obsolescencia en el desierto

La situación ambiental crítica expuesta anteriormente no se conecta solo a la falta de agua si no que también al carácter obsolesciente de las infraestructuras extractivas.

En el desierto la mayoría de los artificios nacen de hecho con un objetivo específico y dejan de ser utilizados cuando este se cae. Los artefactos en abandono se tratan como residuos, al igual que los desechos urbanos. La práctica del reciclaje es prácticamente ausente: todo lo que se consuma llega desde lejos y termina su vida después del uso.

De esta manera tanto los objetos técnicos como los suelos transformados por las prácticas extractivas han construido históricamente un paisaje ajeno a la percepción normalizada de la "naturaleza". Lejos de la estética del *sublime tecnológico*[18], estos objetos habitan el paisaje del desierto aún como símbolos de una tecnología antagónica a los ecosistemas "naturales".

El estado de abandono de estos artefactos ha alimentado una visión desilusionada respecto a la intervención antrópica en el desierto, donde la relación entre la ecología industrial y ambiental ha permanecido conflictiva desde su primera colonización. El carácter *retro-futurista* de las lineas eléctricas, de los pozos, de las plantas mineras en desuso hace que estos personajes del desierto parezcan extraños, mientras expresan "*una fuerza estética paradójica y ambigua*"[19].

[18] Young, Liam. (2019), *Architecture without people*, en Machine Landscapes : Architectures of the Post Anthropocene, AD (Architectural Design). Págs. 8-13

[19] *Ibidem*

[fig.III.30-33] Ex sitio extractivo Humberstone, antigua mina de salitre (1862-1960), *Copiapó Valley,* Patrick Zachmann, Magnum Archieve, 2003
[fig.III.34-35] *Future Systems-Progressivism Laboratory,* Kaplický, (1970)
Representaciones visuales de *extraños forasteros* tecnológicos en la forma de objetos obsolescientes u artefactos imaginarios retro-futuristas

_Acueductos

El primer ejemplo en este sentido es el acueducto de Amolanas, construido en 1890. Transportaba agua desde la cordillera hacia la ciudad de Copiapó, antes de la construcción de la diga Lautaro (1930). El ferrocarril, que funcionaba para abastecer de agua la parte baja del valle hasta la realización del primer acueducto subterráneo, es otro ejemplo de arquitectura obsolesciente. Este carácter puede ser extendido a los acueductos mineros que transportan agua desalada a las minas: las tres plantas actualmente operativas son del 2013.[20] Generalmente con el cierre de los sitios de extracción, que permanecen activos por un periodo medio de 17 años, estas líneas de transporte quedan igualmente abandonadas.

_Pozos

A pesar de la activación de plantas desalinizadoras que se estima en 2014 en la región de Atacama hayan cubierto el 24% del agua total utilizada, y de tecnologías de recupero en proceso que han permitido reutilizar el 73,9%[21] del recurso, las faldas acuíferas siguen siendo la fuente hídrica más explotada. Los pozos de extracción han sido así sujetos a una bajada de nivel que ha dejado parte de estos artefactos secos.

La bajada de los niveles hídricos en los pozos cercanos a la ciudad de Copiapó por ejemplo ha alcanzado una media de 4.86mm por año.[22]De los veinte pozos que alimentaban la ciudad con profundidad de 90m, hoy solo uno permanece activo. Para el utilizo del agua extraída en nuevos pozos ubicados a 180m de profundidad, que se presenta rica en minerales, ha sido necesaria la construcción de una planta desalinizadora en Placilla Serralta.

---

[20] Mineurita LTDA por GOBIERNO DE CHILE, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, *Análisis vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos cuenca del rio Copiapó*, III Región de Atacama, S.I.T. n° 355, DOCUMENTOS INSTITUCIONALES MOP, 2015.

[21] C. M. Prunés, E. C. Dintrans, J. C. Araya, Hydrological Consumption in Copper Mining for 2014, 2015, COCHILCO (Chilean Copper Commission).

[22] AA. VV., *Altas de Aguas Chile 2016*, Ministero de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile, Santiago, 2016, p. 94.

_Tranques de relaves

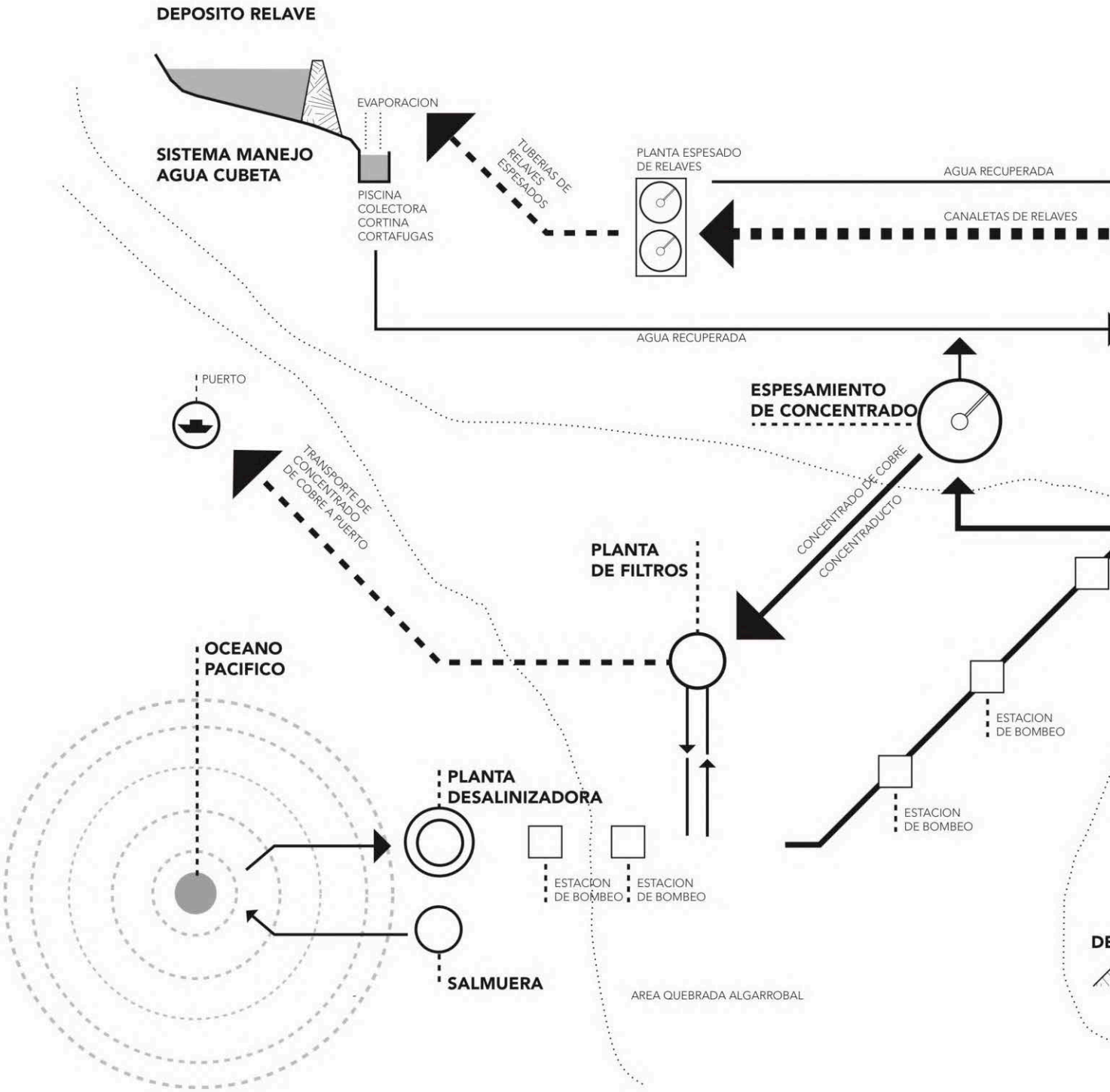
Es posible reconocer un régimen de consumo y abandono además en la misma actividad de extracción. En los tranques se almacenan relaves líquidos de los procesos mineros, con un impacto ecológico fuerte sobre las faldas acuíferas cercanas en caso de aluvión y desborde. Si bien estas amplias superficies de agua contaminada se construyen generalmente lejos de los asentamientos y quedan como residuo escondido de la actividad extractiva, constituyen un factor de riesgo para las comunidades vegetales y animales de la meseta. Son percibidos finalmente como *wastelands* inhóspitos, testimonios de una explotación desprevenida sobre el rol potencialmente activo en el ciclo hídrico de la cuenca. La ecología industrial[23] del desierto no ha sido implementada aún para convertir estos residuos líquidos depurables en recurso para las actividades agrícolas de la cuenca.

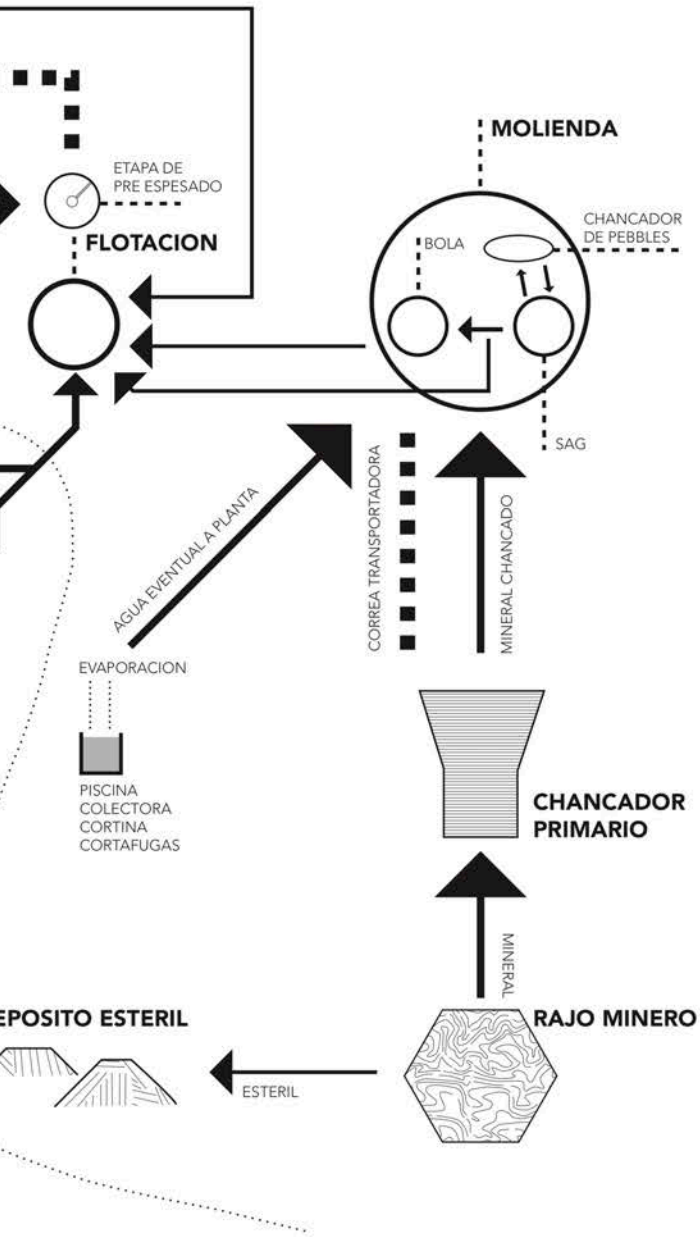
[fig. III.36] Acueducto de agua desalada, localidad Tierra Amarilla, 2003, fuente: http://www.abengoa.es/web/es/noticias_y_publicaciones/galeria_videos/galeria_imagenes/energia.

[fig. III.37] Pozo de extracción Copiapó, 2017, fuente:http://www.chilesustentable.net/comienza-nuevo-procedimiento-para-controlar-las-extracciones-de-aguas-subterraneas/.

[fig. III.38] Tranque de relaves, III Región, fuente:https://noalamina.org/latinoamerica/chile/item/13986-ministra-de-mineria-de-chile-confirma-91-relaves-mineros-abandonados-en-atacama.

[23] Ecología industrial es término ocupado por John McHale en *The future of the future* (1968, George Braziller, Nueva York) para referirse a un área de la ingeniería, alternativa a los sistemas industriales del siglo XX, que se basa en extraer los recursos de los ecosistemas, emplearlos y, una vez han sido explotados, devolverlos a los ecosistemas de forma degradada. Els concepto fundamental también en la investigación Deserta de Pedro Alonso (*Ecología Industrial en Deserta: Ecología e industria en el Desierto de Atacama*. Ediciones ARQ, Santiago. 2012, Págs 174-181).


DEPOSITO RELAVE
EVAPORACION
SISTEMA MANEJO
AGUA CUBETA
PISCINA
COLECTORA
CORTINA
CORTAFUGAS
TUBERIAS DE
RELAVES
ESPESADOS
PLANTA ESPESADO
DE RELAVES
AGUA RECUPERADA
CANALETAS DE RELAVES
AGUA RECUPERADA
PUERTO
ESPESAMIENTO
DE CONCENTRADO
TRANSPORTE DE
CONCENTRADO
DE COBRE A PUERTO
CONCENTRADO DE COBRE
CONCENTRADUCTO
PLANTA
DE FILTROS
OCEANO
PACIFICO
ESTACION
DE BOMBEO
PLANTA
DESALINIZADORA
ESTACION
DE BOMBEO
ESTACION
DE BOMBEO
ESTACION
DE BOMBEO
SALMUERA
AREA QUEBRADA ALGARROBAL



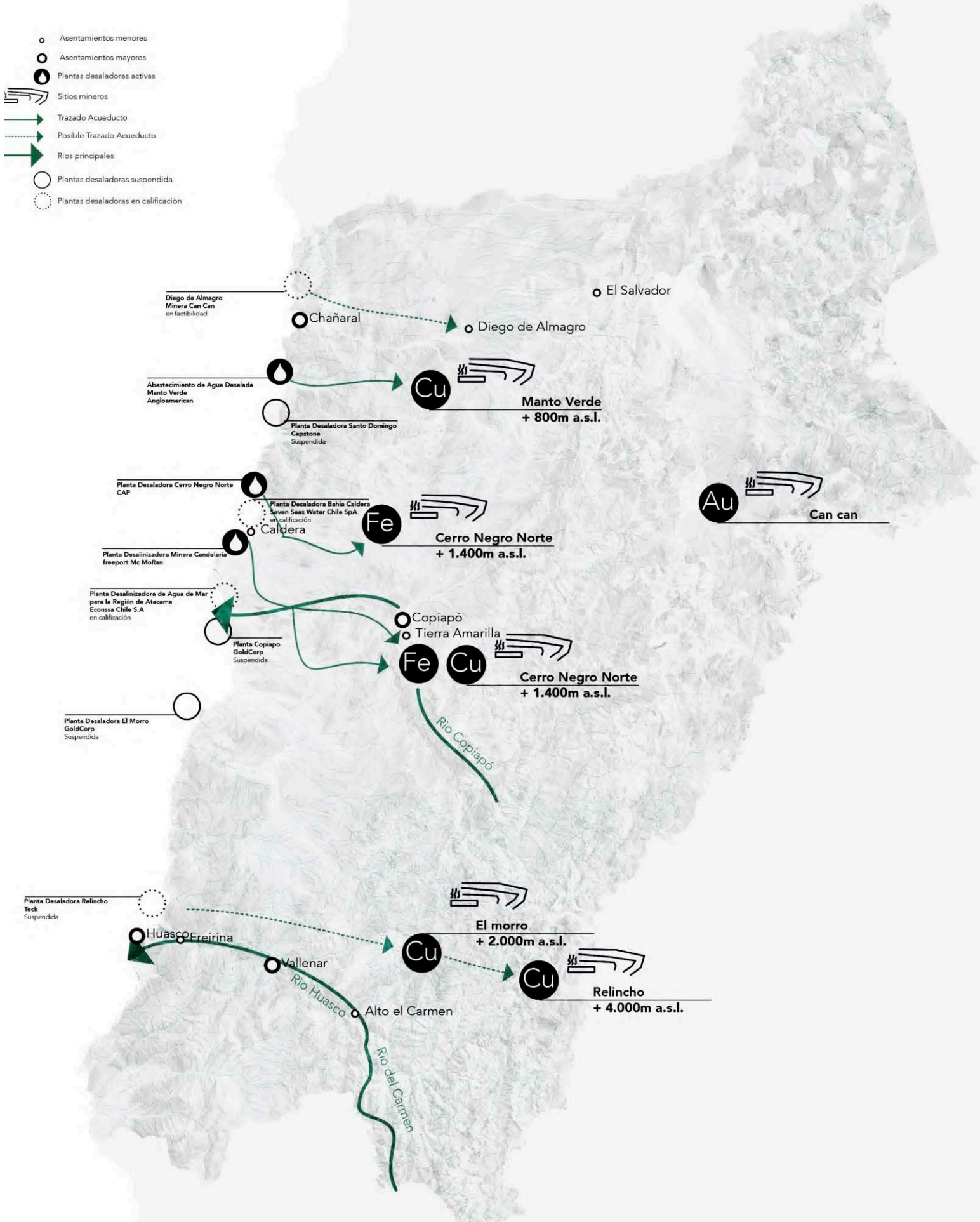
[fig.III.39] Ciclo productivo proceso minero, elaboración propia

El mineral de cobre presente en las rocas extraíbles se encuentra combinado con oxígeno y azufre, de los cuales se separa en los procesos de refinamiento. El material extraído del rajo pasa de hecho por un proceso de chancado.

En el caso de los metales sulfuros (combinados con el azufre) el proceso continúa en la planta concentradora, apta para la molienda del material, al cual se le agrega agua y aditivos para triturar la mezcla a través de rodillos y así obtener partículas a formar una pulpa. Esta última pasa por proceso de flotación, en el cual, para separar el mineral del resto de los elementos, se hace burbujear oxígeno desde el fondo de los estanques de manera que las partículas de cobre presentes en la pulpa se adhieren a las burbujas de aire, suban con ellas y se acumulen en una espuma. La espuma es recolectada y pasa por procesos de decantación y filtración donde se obtiene el concentrado de cobre que luego se lleva a la fundición.

En la planta concentradora la mayor pérdida de agua ocurre en las sustancias líquidas remanentes que finalmente forman los relaves. Recuperar el agua de los relaves requiere una distancia breve y altura limitada del tranque o depósito con respecto a la planta. r eso normalmente esa agua queda estancada hasta evaporación o recubrimiento con material inorgánico. El consumo hídrico en esta actividad corresponde al 71,3% del total, el mayor de la industria minera.

Fuente datos:
CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE (CODELCO). Diccionario minero. [En línea] Codelco Educa. Disponible en: https://www.codelcoeduca.cl/


Asentamientos menores
Asentamientos mayores
Plantas desaladoras activas
Sitios mineros
Trazado Acueducto
Posible Trazado Acueducto
Rios principales
Plantas desaladoras suspendida
Plantas desaladoras en calificaciòn
Diego de Almagro
Minera Can Can
en factibilidad
Chañaral
Diego de Almagro
El Salvador
Abastecimiento de Agua Desalada
Manto Verde
Angloamerican
Cu
Manto Verde
+ 800m a.s.l.
Planta Desaladora Santo Domingo
Capstone
Suspendida
Planta Desaladora Cerro Negro Norte
CAP
Planta Desaladora Bahia Caldera
Seven Seas Water Chile SpA
en calificación
Caldera
Fe
Cerro Negro Norte
+ 1.400m a.s.l.
Au
Can can
Planta Desalinizadora Minera Candelaria
freeport Mc MoRan
Planta Desalinizadora de Agua de Mar
para la Región de Atacama
Econssa Chile S.A
en calificación
Copiapó
Tierra Amarilla
Planta Copiapo
GoldCorp
Suspendida
Fe
Cu
Cerro Negro Norte
+ 1.400m a.s.l.
Río Copiapó
Planta Desaladora El Morro
GoldCorp
Suspendida
Planta Desaladora Relincho
Teck
Suspendida
El morro
+ 2.000m a.s.l.
Huasco
Freirina
Vallenar
Río Huasco
Alto el Carmen
Río del Carmen
Cu
Cu
Relincho
+ 4.000m a.s.l.

III.III_*Mallacuíferabierta*

El sistema territorial de la cuenca comprende entonces tanto los flujos naturales como los artificios que hospedan el agua útil, sean estos activos u obsolescientes. Estrechar la relación entre los lugares u corredores que hospedan el agua, fluvial o industrial, equivale entender la *mallacuífera* en su complejidad y potencial ecológico.

_Sistema territorial hídrico híbrido

La cuenca del río Copiapó ocupa un área de 18.538 km^2 sobre los territorios comunales de Tierra Amarilla, Copiapó y Caldera, rodeando el trazado del flujo hídrico superficial que atraviesa el valle homónimo por 162 km. El clima semi árido extendido a lo largo de la cuenca y las bajas precipitaciones (28mm medios por año) en diminución[24] no excluyen que el comportamiento del río resulte muy variado a largo plazo, con alternancia de décadas de sequedad y años de posibles aluviones. La portada media mensual del río varía entre 1,49 m^3 (valor medio) y 1,83 m^3 (sector II). Esta última tiende a disminuir en los sectores bajos a causas de las extracciones. A parte de los tres principales afluentes del río, Manflas, Jorquera y Pulido, existen numerosas quebradas, estrechas valles laterales, que sirven la cuenca con aguas lluvias: la principal es la de Paipote.[25]

[fig.III.40] Principales infraestructuras hídricas, región de Atacama, elaboración propia

Tres acueductos de agua desalada sirven actualmente los procesos de mineros Cerro Negro Norte y minera Candelaria. Por la misma cuenca también, el proyecto Aguas Atacama preve abastecer con recurso potable los asentamientos de Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla. Por otro lado Minera Caserones, ubicada en el altiplano, por sus procesos mineros se sirve exclusivamente de agua extraída por pozos en el sector mas alto del río.

[24] Con respecto a la media histórica, las precipitaciones en los últimos años se han reducido del 52%, pasando de 19,3 mm anuales a 10,1mm entre 2013 y 2014. Fuente: AA. VV., *Atlas de Aguas Chile 2016*, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile.

[25] AA. VV., *Anàlisis Integrado de Gestiòn en cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, Santiago, 2011.

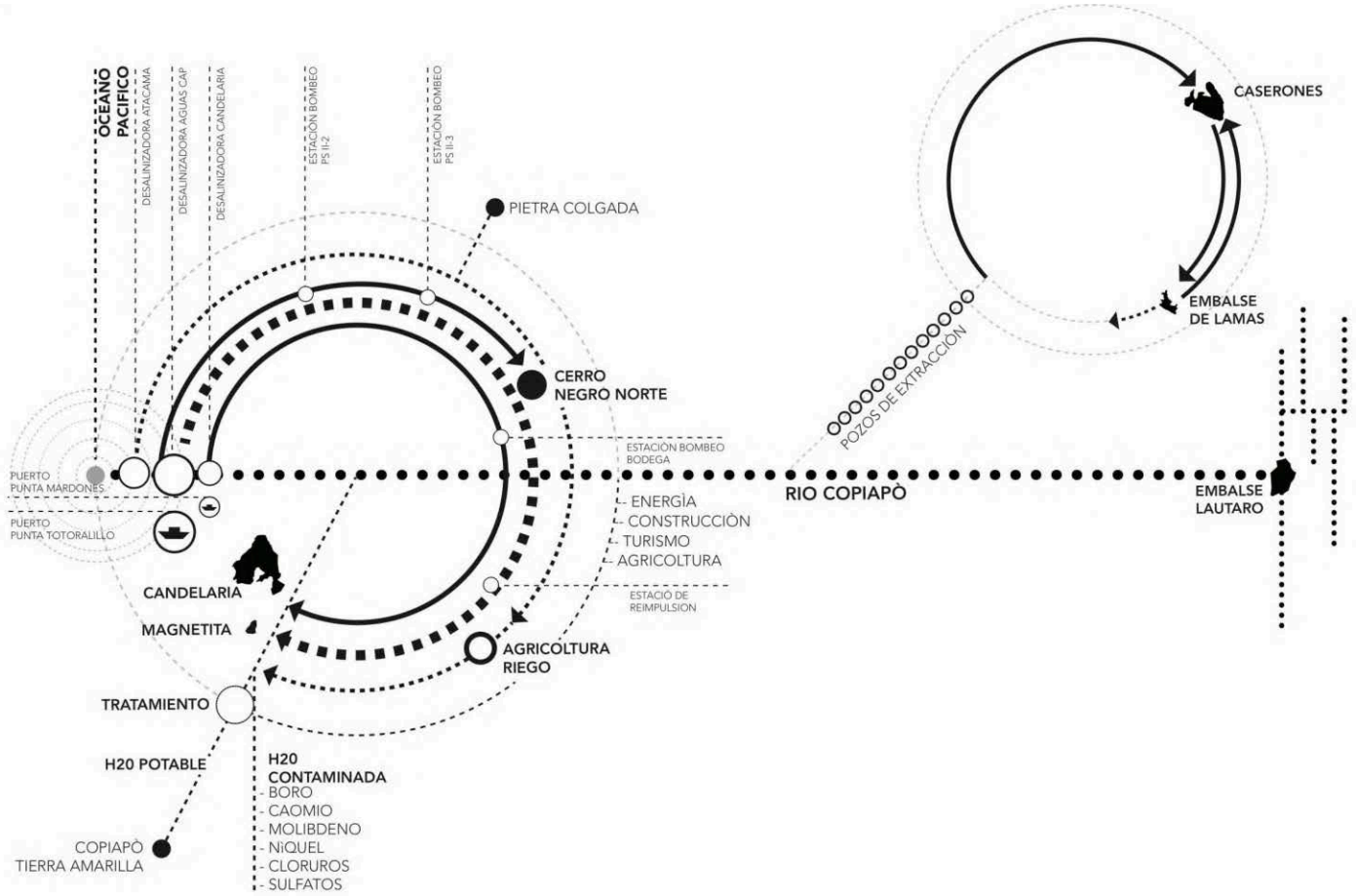
El agua de flujo superficial constituye una porción muy baja de la totalidad presente en el valle, que en su suelo aluvial extendido a lo largo de la cuenca, se ve impregnado de aguas subterráneas. Alimentada de dichas napas, la superficie del valle está largamente ocupada por propiedades agrícolas, que según el SIG son 2.073, por un área cultivable total de 12.753 ha. La destinación principal de uso es el la viña (9.004 ha), campos de olivos (1.293 ha), hortalizas (1.234 ha), granadas (522 ha) y hierbas médicas (364 ha). Otros cultivos corresponden a arboles frutales (54 ha) y maíz (48 ha). La exportación de uva de mesa constituye un aporte económico relevante para la cuenca, junto con las cultivaciones de uva para Pisco. Esta actividad productiva ocupa por ahora solamente agua de pozos de extracción, directamente proveniente del cauce natural.[26]

Por otro lado, la industria minera de la provincia se sirve actualmente de dos plantas desalinizadoras activas, Candelaria y Aguas Cap, por una capacidad total de aporte a los procesos de 1.1000 l/s. El agua procesada en la costa se bombea en varias estaciones. La planta desalinizadora Candelaria produce 500 l/s enviados, a través de un acueducto subterráneo de 60cm de diámetro con desnivel de 600 m y pasante por la estación de bombeo de Bodega, al sitio minero homónimo cerca de Tierra Amarilla. La planta desalinizadora AguasCap produce en cambio 600 l/s, destinados en parte a Minera Cerro Negro Norte (120 l/s), a través de un acueducto de 40cm de diámetro con desnivel de 1400m, en parte al sitio minero de Planta Magnetita (434 l/s), con agua pasante por 60cm de acueducto de desnivel 700m.[27]

[26] AA.VV. Ibidem

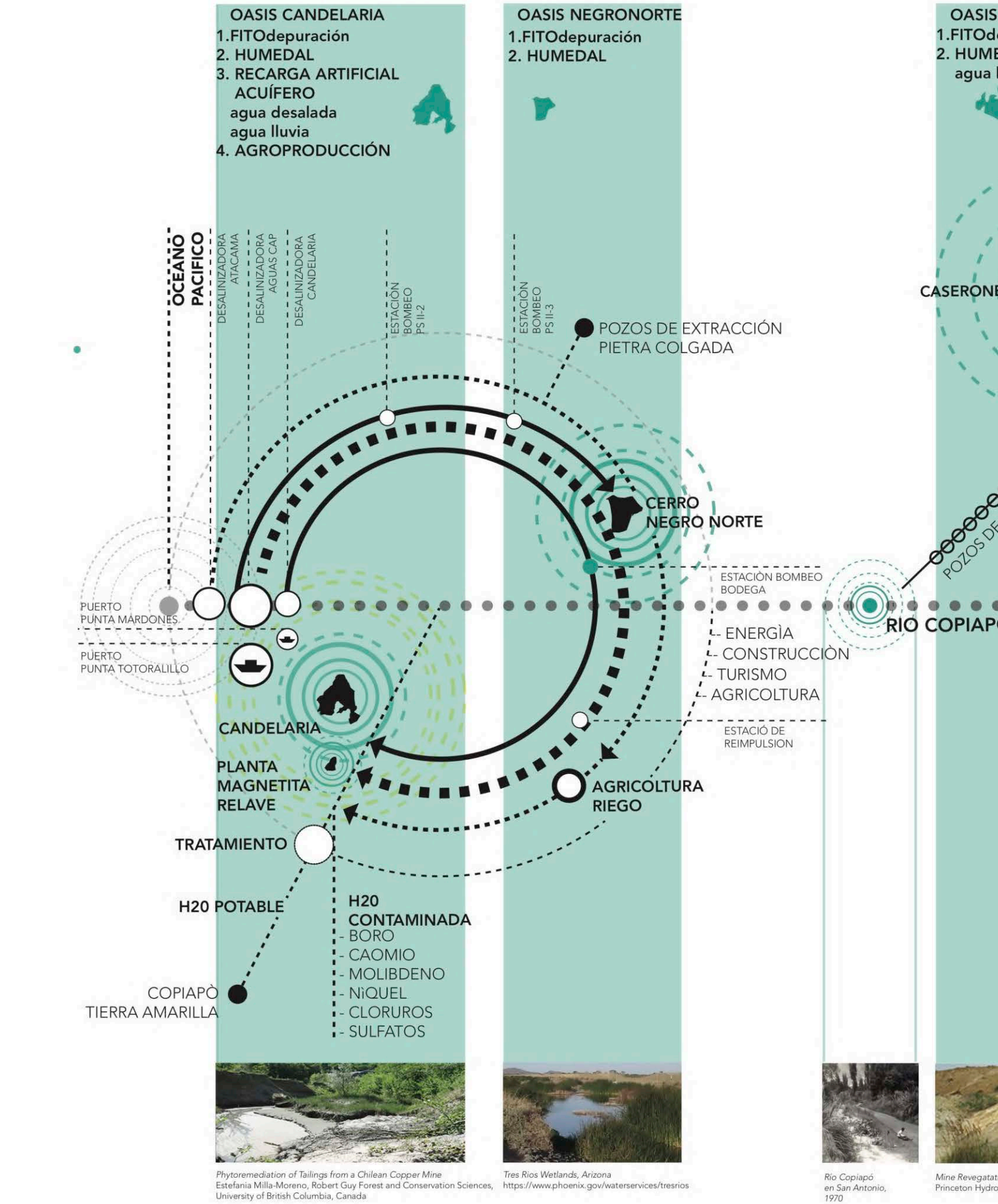
[27] AA. VV., *Atlas de faenas mineras Regiones de Antofagasta y Atacama (versiòn actualizada*), Mapas y Estadìsticas de Faenas Mineras de Chile n.7 2011, 2011, Sernageomin, Santiago, Chile

El proyecto actualmente aprobado por el SEA por la planta desalinizadora Atacama[28] llevaría una portada de 1000 l/s a través de un acueducto directo hacia Pietra Colgada, donde actualmente se ubican la mayoría de los pozos de agua potable para Copiapó y asentamientos cercanos, así como para las cultivaciones. Los volúmenes de agua agregados al sistema acuífero territorial serán vendidos por parte de la empresa privada Aguas Atacama a la población y empresas locales como flujo del sistema del agua urbana.



[fig. III.41] Cuenca del Copiapó, Ciclo productivo del agua, elaboración propia

[28] AA. VV., E*studio de impacto ambiental, proyecto planta de agua potable Atacama, Descripción de Proyecto,* SGA, soluciones en gestión ambiental, AGUAS ATACAMA, 2013, Santiago, Chile

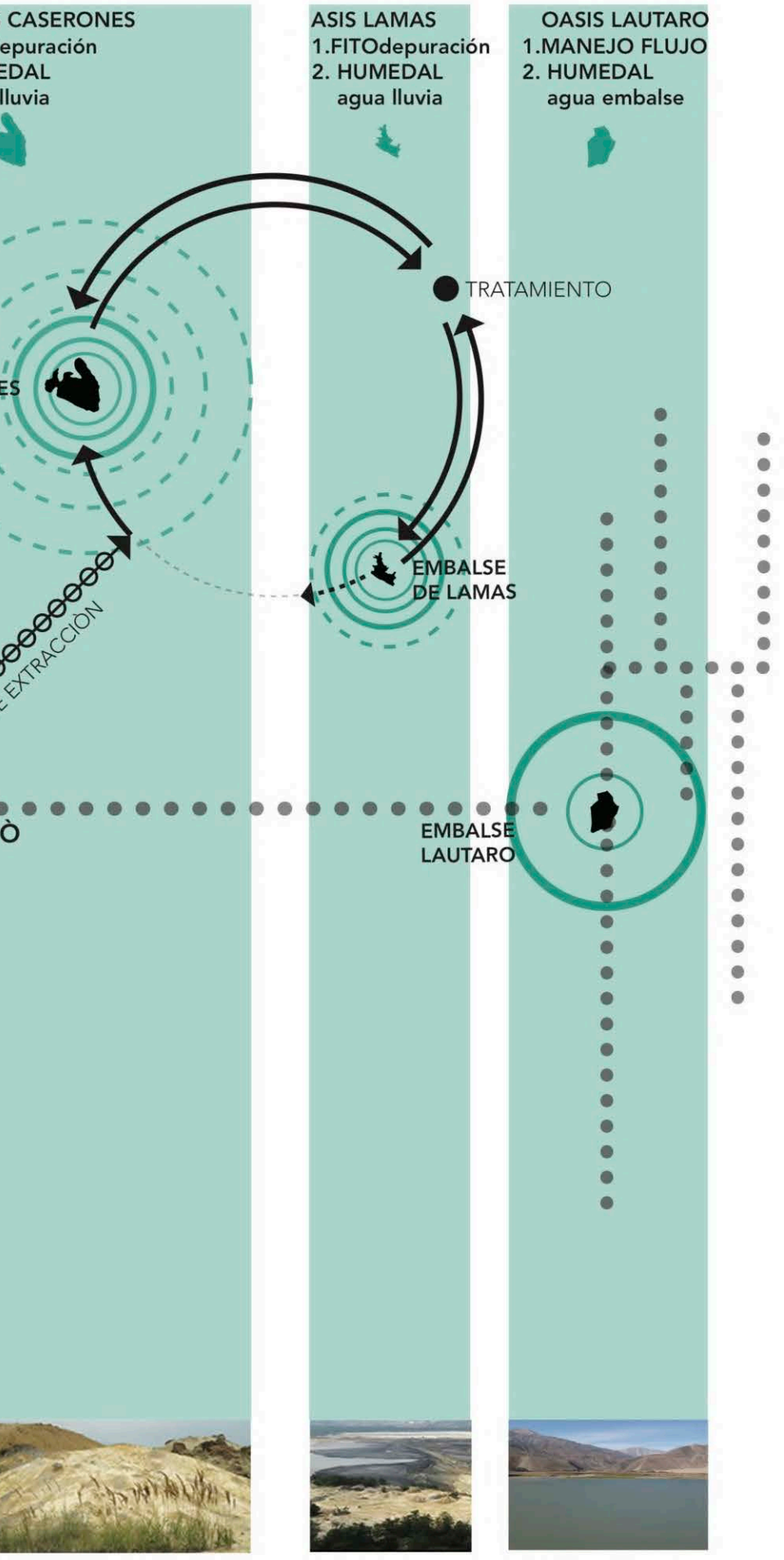


Phytoremediation of Tailings from a Chilean Copper Mine
Estefania Milla-Moreno, Robert Guy Forest and Conservation Sciences, University of British Columbia, Canada

Tres Rios Wetlands, Arizona
https://www.phoenix.gov/waterservices/tresrios

Río Copiapó en San Antonio, 1970

Mine Revegatat
Princeton Hydro



ion and Wetland Restoration
,2001

Embalse de relave
GUÍA TÉCNICA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE DEPÓSITOS DE RELAVES
DSM/07/31 de Diciembre 2007

Embalse Lautaro 2.0
Junta Vigilancia Río Copiapó
http://jvrc.cl/embalse-lautaro-2-0/

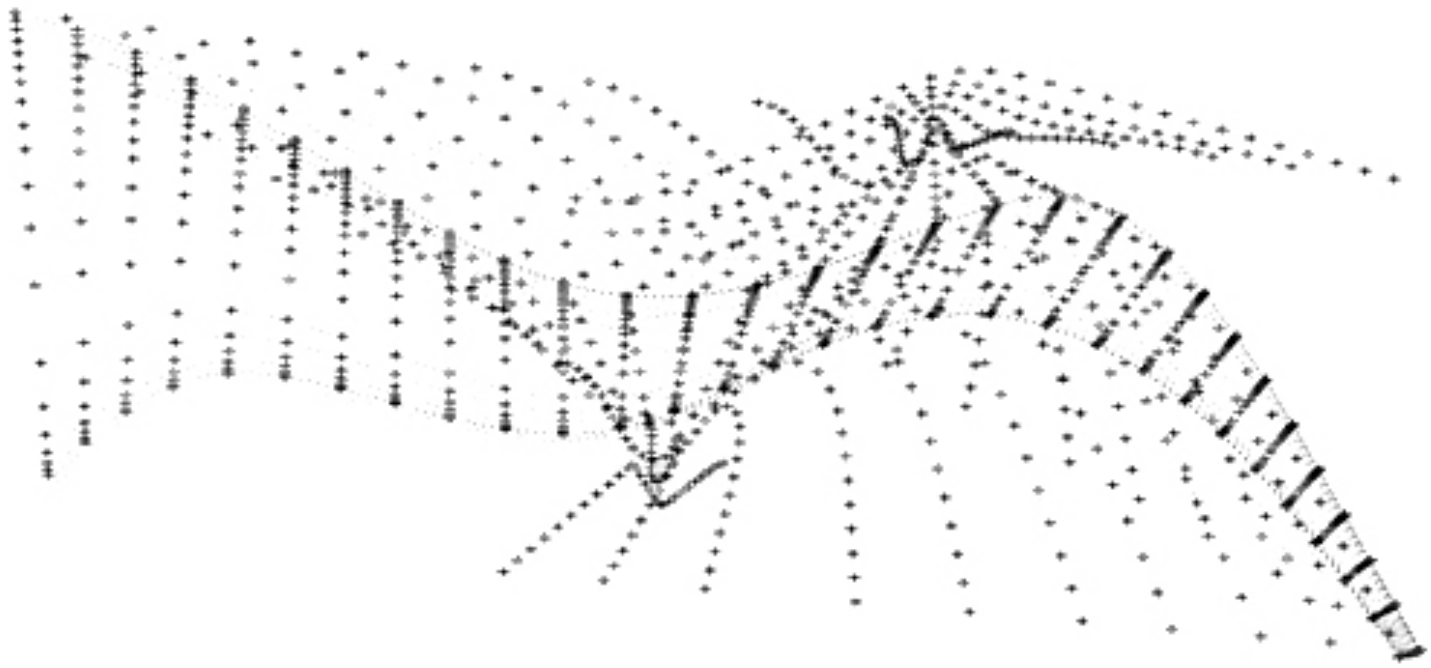
El sistema hídro-productivo 2040 del valle del Copiapó funciona según dos ciclos que involucran las infraestructuras a servicio de mina Candelaria y mina Caserones, recuperadas en favor de una infraestructura ecológica.

El diagrama representa la relación entre las oasis y la infraestructura hídrica, que constituyen una red controlada: el sistema está compuesto por la malla acuífera de flujo (ríos, acueductos=negro) y los nodos de concentración biológica (humedales diseñados por el tratamiento del agua contaminada en círculos verde-azúl).

Además de constituir microclimas protegidos de vida y ser reservas de biodiversidad, las oasis pueden actuar como plantas fitodepuradoras del agua contaminada por los procesos productivos. El sistema se vuelve así capaz de autorregulación y resiliencia contra las crecientes variaciones de disponibilidad hídrica.

En el caso especifico de Tierra Amarilla, el oasis se vuelve además superficie agrícola productiva, para el desarrollo del *habitar* humano que revalúa el paisaje contaminado minero con prácticas ecológicamente sustentables.

[fig.III.42] Provincia de Copiapó, nuevo ciclo hìdro productivo propuesto del agua, elaboración propia



"Malla se refiere a los agujeros de una red y a los hilos que la forman. Sugiere tanto fortaleza como delicadeza.(...) Por extensión, malla significa una situación compleja o una serie de hechos en los que una persona se ve envuelta, una concatenación de fuerzas o circunstancias restrictivas; una trampa."

(Morton Timothy, *Introducción* en *El Pensamiento Ecológico*, Editorial Paidos Ibérica, Barcelona, 2018, p.9)

_Manejo hídroecológico: estrategias

La infraestructura hídrica híbrida constituida por la red fluvial y las canalizaciones funciona hoy exclusivamente como recurso para actividades productivas. Si bien estos dos sistemas podrían considerarse similares porque operan con la misma energía, el agua, hasta ahora la primera se ha visto explotada y no igualmente recompensada en su nivel hídrico.

El conflicto hídrico se manifiesta entonces en un desbalanceo entre los ecosistemas y las infraestructuras antrópicas. La resolución de este conflicto en la perspectiva de la desertificaciòn regional y global empuja a una concepción del medio-ambiente abierta. El pensamiento ecológico, según Morton[29], implica una apertura radical al espacio-tiempo que habitamos, a través de una *acción reflexiva* o pensamiento activo que caracterizan la *praxís*.

En este sentido a pesar de que los artefactos del agua en el desierto construyan un paisaje lejano, escondido y a veces incómodo a la vista humana, constituyen nuestro horizonte de relación y merecen por esta razón ser conocidos, investigados, respetados. Sobre todo representan un espectro de posibilidad de acción y transformación en la conciencia de pertenecer a la *malla* de las cosas. Esta, con sus antinomias, *"afecto y desvanencencia (…), infinitud y proximidad (…), exterioridad y transigencia silenciosa"*amarra los más lejos posible, pero también nos lleva adentro de los microcosmos cercanos.

[29] Morton, Timothy (2018.), *Introducción* en *El Pensamiento Ecológico*. Editorial Paidos Ibérica, Barcelona

[fig. III.43] *Conductors* (2010), Karen M'Closkey and Keith VanDerSys, PEG Office of Landscape + Architecture

Resulta apropiado en este sentido hacerse cargo de la presencia del agua como *malla acuífera* y evocar escenarios futuros fruto del rediseño de "*los elementos caóticos actuales de nuestro desarrollo y del sistema metabólico humano 'externalizado' en una serie de ciclos ecológicos cerrados por fases*"[30]. El sistema binario de subida y bajada a través del territorio, que entra en contacto y depende de otras infraestructuras antrópicas, como la red vial y la red eléctrica, y alimenta la producción agrícola y los micro ecosistemas del altiplano andino emerge como elemento de proyecto si los consideramos componentes de una *superficie productiva* según la definición de White[31]

El desbalanceo que ha caracterizado la *mallacuífera* en el tiempo de la explotación productiva podría convertirse en una relación simbiótica en favor de la regeneración ecológica de la cuenca. El ecosistema húmedo del río como los artificios del agua podrían generar juntos una *mallacuíferabierta.* El carácter de apertura de este nuevo tejido hídrico híbrido se asocia a su capacidad potencial de generar situaciones de humedad aptos a la aparición de la vida. La transición hacia un modelo ecológico de manejo hídrico se puede construir bajo algunas premisas.

Considerando que en Chile desde el 2014 está en discusión en Parlamento una ley que obligaría las mineras que ocupan más de 150 l/s en abastecerse solo con agua desalinizada, se anticipa que la red artificial de acueductos del mar hacia la meseta podría soportar toda la actividad productiva, con una bajada significativa en los flujos extraídos de la cuenca.

---

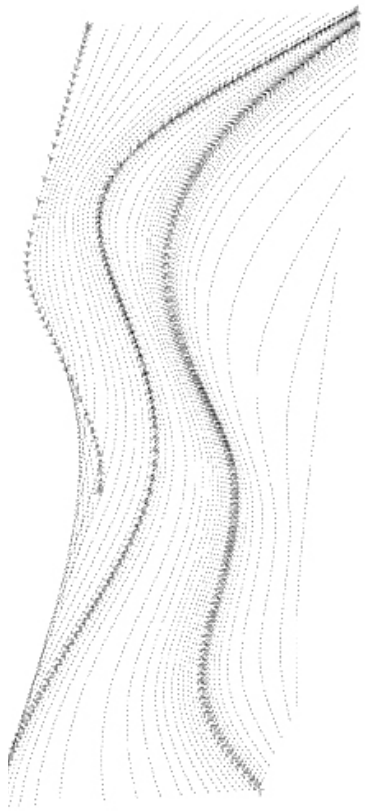
[30] Traducción del paso: "In essence, we have to redesign the present chaotic elements of our development (…)" en McHale John, *The ecological context*, G. Braziller, 1970, p.19.

[31] La palabra se refiere a la capacidad de una superficie diseñada en generar componentes utilizables y completa la idea por la cual las empresas agrícolas e industriales trabajan como *sistemas operativo ecológico* juntos con los macro-sistemas biológicos existentes.
White, M. (2010), *The Productive Surface*, en: *On farming* , Mason White, Maya Przybylski, Barcelona: Actar, pp. 99-105.

Paralelamente, las aguas residuales de los procesos extractivos que hoy quedan almacenadas en los tranques de relaves podrían constituir una fuente hídrica de recupero útil a la recarga de la cuenca afectada por la bajada del nivel de las napas. Estas aguas de recupero, depuradas, podrían abastecer la actividad agrícola de sustento local. Además, podrían constituir un aporte hídrico fijo a la cuenca y generar hotspots húmedos para la reactivación del ecosistema vegetal y animal.

Guillermo Donoso[32] propone, como estrategia política prioritaria, introducir incentivos para la ocupación de tecnologías de riego eficiente con consecuente reducción del agua necesaria por Ha cultivado. Segundo, sugiere la manutención y ampliación de las superficies urbanas permeables, agrícolas o de vegetación espontánea, para el mantenimiento de la capacidad de absorción de la cuenca y su recarga. En último, se considera la posibilidad que los DA actualmente no utilizados por las empresas mineras sean administrados por la Comunidad de Aguas Subterráneas en la redistribución proporcional del recurso a los actores privados del área mayormente afectados por la sequía de los pozos de extracción asignados.

Tejer la relación física entre las superficies de agua líquida contaminada por la actividad del valle y el humedal del río constituye una estrategia extensible a lo largo de la cuenca. La investigación se enfoca sin embargo en una propuesta de desarrollo donde más se han manifestados los efectos de la falta de *apertura ecológica*, en Tierra Amarilla.



"La malla no sugiere un punto de partida, y esos racimos de distan mucho de ser lineales. Cada punto de la malla es tanto el centro como el borde de un sistema de puntos, de modo que no hay ningún centro ni borde absoluto."

(Morton, *Introducción* en *El Pensamiento Ecológico,* Editorial Paidos Ibérica, Barcelona, 2018, pp.38-39)

[fig. III.43] *Conductors* (2010), Karen M'Closkey and Keith VanDerSys, PEG Office of Landscape + Architecture

pp. siguientes
[fig. III.44] Tierra Amarilla, área Norte-este**,** fuente: Google Earth

[32] Guillermo Donoso es profesor Titular PUC, curso en Economía de los recursos Naturales, Optimización; Ingeniero Agrónomo PUC; Ph.D. Agricultural and Resource Economics, University of Maryland, 1994. Para una mayor profundización sobre el tema ver Anexo.

2003

2004

2005

2007

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019 | 01

III.IV_Anti-Oasis Tierra Amarilla

_Manifestaciones espaciales de una sequía selectiva

En el área del valle cerca la ciudad de Copiapó, a partir de los 80's, la puesta en vigor del Código de Agua ha permitido una creciente apertura a las grandes explotaciones mineras y al mercado transnacional. Esto ha provocado el crecimiento urbano de los asentamientos cercanos a los sitios productivos, Minera Candelaria en el caso de Tierra Amarilla, donde la especulación inmobiliaria se ha tomado la demanda del crecimiento demográfico debido a la llegada de trabajadores mineros. La construcción de una economía regional ha involucrado entonces también la industria de la construcción con un aumento del PIB[33] relevante con respecto a la media país (entre 1965 y 2005 del 9,08% al 6,62%).[34]

Cuando los agricultores no industrializados de los sectores rurales cercanos a la ciudad se han visto despojados de las fuentes de agua superficial y subterránea debido al bajo nivel de las napas[35], han reducido sus hectáreas cultivadas, con cambio de uso de suelo por falta de regadío, y sido víctimas de un incremento significativos en los costos de producción.

[fig. III.45] Levantamiento histórico del crecimiento de la minera Candelaria, período 2003-2019; fuente: Google Earth, elaboración propia

[33] **Producto Interno Bruto**: Es el valor total de los bienes y servicios producidos en el territorio de un país en un periodo determinado, libre de duplicaciones. Se puede obtener mediante la diferencia entre el valor bruto de producción y los bienes y servicios consumidos durante el propio proceso productivo, a precios comprador (consumo intermedio). Esta variable se puede obtener también en términos netos al deducirle al PIB el valor agregado y el consumo de capital fijo de los bienes de capital utilizados en la producción. Fuente: https://www.hacienda.cl/glosario/pib.html

[34] Carrasco P. (2009), Crecimiento Urbano de Copiapó. Causales, Patrones y Perspectivas, Copiapó, Nodo Tecnológico.

[35] **Napas**: capas de agua subterránea ubicadas a diferentes alturas en el perfil del subsuelo. Estas son susceptibles de ser alcanzadas por contaminantes de diversa naturaleza: orgánica, inorgánica, etc.
fuente: Custodio, E. (1993), *Gestión y Protección de Acuíferos. Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de Hidrogeología Subterránea*, Mar del Plata

Esto ha provocado en algunos casos la venta de los terrenos agrícolas a inversionistas inmobiliarios, que según Pizarro[36] corresponde al fenómeno típico de las economías neoliberales de la *Producción del espacio*[37] que se substituye a la *Producción en el espacio*.

La crisis hídrica y la desvalorización de la agricultura local están conectados a los grandes modos de producción regionales (minería, agricultura industrial) que transforman el medio ambiente, produciendo superficies impermeables inaptas al desarrollo de los ecosistemas vegetales.

La agricultura de pequeña producción no es directamente desplazada por los flujos de capital que la desposeen de agua; sin embargo la sobre-acumulación de bienes (terrenos) por parte de la industria inmobiliaria capitaliza la desvalorización agrícola en la competencia por el agua con las industrias regionales.[38] Es posible observar en Copiapó y Tierra Amarilla la manifestación espacial de la acumulación por *desposesión* explicada por Harvey. [39]

---

[36] Pizarro F. A., (2014), *¿Acumulación por desposesión hídríca? Crecimiento inmobiliario, neoliberalismo minero y mercantilización del agua en Copiapó, Chile*, Ecología Política, No. 47, Ciudades (Junio 2014), pp. 62-66

[37] Lefebvre, H (1991), *The Production of Space*, Oxford, Blackwell

[38] Pizarro F. A., (2014), Ibidem

[39] La acumulación por desposesión consiste en el uso de métodos de acumulación para el mantenimiento del sistema capitalista, mercantilizando ámbitos hasta cerrados al mercado. Tiene como objetivo la perpetuación del sistema capitalista a través de: privatización, financiarización, gestión y manipulación de crisis y redistribuciones estatales de la renta de bienes,, que involucran hasta servicios públicos y propiedades comunales.
Fuente: *Los Nuevos Rostros del Imperialismo*, entrevista a David Harvey por Araceli Varela Sánchez y Marcos Mariño Beiras (Zürich, 18 de enero de 2004: originalmente publicada en la revista mensual gallega Tempos Novos)

La especulación del espacio involucra, en Tierra Amarilla, subsuelo minero, agua y suelo agrícola y refleja la multiple mercantilización de las superficies del territorio regional, que implica contradicciones y asimetrías del progreso urbano. "El progreso que muestra sus escenarios visibles en las transformaciones espaciales inmobiliarias cuenta también sus patios traseros de sequedad".[40] El río Copiapó y su cauce aparecen como fantasmas (en el año 2004 llegó a sequía completa en áreas urbanas del sector III) y visibiliza las múltiples especulaciones tejidas entre la economía regional, el crecimiento urbano y las transformaciones neoliberales, que han implicado el desplazamiento de la agricultura en función del mercado inmobiliario.

En este contexto económico, el asentamiento Tierra Amarilla, rodeado por los depósitos de relaves de Minera Candelaria, ha sido protagonista de un proceso de politización y revaluación social del espacio público. En los discursos de los agricultores afectados por los fenómenos antes descritos, el medio ambiente ha tomado un lugar como discurso demandante, como motor de actividades asociativas (la de Copiapó es la primera Comunidad de Aguas Subterráneas en el país) y de declaraciones oficiales de emergencia socio-ambiental por partes del grupo Coordinador Regional por la Defensa del Agua y del Ambiente[41].

Sin embargo, el contexto, representado también por los otros potentes actores económicos, presenta aún una marcada indiferencia social respecto al tema y la realidad ve la agricultura local rendirse a la especulación inmobiliaria.

pp. siguientes
[fig. III.46-55] Levantamiento fotográfico terrenos agrícola, localidad Tierra Amarilla, 2018
Autor: Cesia Campos

[40] Pizarro F. A., (2014), Ibidem.

[41] *Conformacin de la Coordinadora Regional por la Defensa del Agua y el Medioambiente* [artículo de prensa virtual], 24 enero 2009.
Fuente: http://www.olca.cl/oca/chile/region03/mineras017.html.

[fig.III.56] Mitológico Chupacabras. Fuente: http://www.elfwood.com/~mpaday/Chupacarbra.3060188.html

_Anti-extractivismo comunitario: la percepción social de la sequía

La literatura contemporánea es capaz de sintetizar las dinámicas socio-económicas y ecológicas desiguales que caracterizan la sociedad humana que habita el lugar de estudio. La novela *Tierra Amarilla* de German Marín cuenta de la búsqueda por parte de un periodista en visita al desierto de Atacama del monstruo misterioso que aterroriza los pequeños agricultores de la región, el *chupacabras.*[42] El vampirismo del animal mítico constituye en la narración la metáfora de una amenaza oculta a la vida del homónimo pueblo humilde que se despliega alrededor del río Copiapó: el extractivismo omnipresente de la minería y de la agroindustria en la provincia.[43]

El autor presenta el lugar como un espacio infernal, saqueado por las actividades productiva de exportación que a partir de los años '80 han transformado topografía y condiciones hidrogeológicas y atmosféricas del territorio. Si la aridez caracteriza intrínsecamente su paisaje, su preocupante intensificación se conecta culturalmente con la industria, que se manifestó en el pueblo a través de los camiones que pasan, los obreros itinerantes, las emisiones de desechos tóxicos. Los minerales, percibidos según la perspectiva neoliberal como riqueza explotable, aparecen solo en la forma de residuos tóxicos, como *"anti-valor que socava la vida humana".*[44]

[42] Marín, G. (2014), *Tierra Amarilla,* Fondo de Cultura Económica, Chile.

[43] Burner, L. (2018), *De Jotabeche a Germán Márin: narrativas de la minería sostenible, la agricultura extractivista y el agua en el desierto del Norte Chico chileno,* en (2018) *Anales de Literatura Chilena,* Año 19, diciembre, número 30, pp. 183-193.

[44] *Ibidem*

Los subproductos de la minería, que llevan contaminación, enfermedades y muerte a los habitantes vegetales, animales y humanos se consideran así antítesis del agua, simbólicamente fuente de vida y purificación. Tierra Amarilla misma parece a los ojos del protagonista *"una mancha humana en medio de la desolación de esos cerros explotados"*. [45]

Por otro lado, la producción agrícola juega un rol ambivalente, al mismo tiempo representando la violencia explotadora de los campos de cultivo de la industria frutera (palta y uva de mesa) y la esperanza de vida por su simbiosis con la urbanidad y el placer estético que evoca en el valle rodeado por laderas arenosas.

Siendo que la abundancia agrícola de las plantaciones protagonistas del escrito se basa en el trabajo de familias pobres, la percepción negativa del modelo económic extractivista, con su monopolización tanto de los recursos hídricos como de lo humanos en la zona, parece extenderse a la agricultura. Sin embargo, si la minería se asocia al polvo, a los ripios y a la toxicidad, la agricultura mantiene su imaginario simbólico de fertilidad, belleza y placer.

---

45 Marín, G. (2014), *Tierra Amarilla,* p. 112, Fondo de Cultura Económica, Chile

Emerge así una distinción cultural esencial entre las dos actividades productivas de la zona: las prácticas *perdurables y reproductivas* versus las *agotadoras y destructivas.* [46] El debate contemporaneo sobre el conflicto entre el extractivismo y la sostenibilidad parece quedar irresuelto donde sus efectos se manifiestan tan duramente, en Tierra Amarilla.

El trasfondo histórico del lugar, que corresponde a la violencia física, económica y ecológica de la colonización extráctivista, permitido por la política económica neoliberal. sobre el territorio, se demuestra entonces en el ejemplo literario[47] a la valorización profunda del elemento agua como verdadera riqueza del desierto. Su rol catalizador en el *habitar* del valle, cuando se utiliza por productos de consumo local, se refleja en sus representaciones literarias positivas. Estas se pueden considerar realmente conectadas con la percepción de la población local, sin embargo desilusionada por la desaparición progresiva del recurso.

La búsqueda de modalidades anti convencionales de manejo del agua, que especialmente en los territorio semi desérticos se presenta bajo formas apenas perceptibles a los ojos, como el vapor del aire, la agua lluvia y sobre todo los flujos subterráneos, se vuelve así posible camino de enriquecimiento ecológico y cultural. La recolección, extracción y redistribución del agua por actividades de autosuficiencia, la *cara afortunada* de la agricultura, contribuye a mantener condiciones climáticas estables y permite dar nuevo significados a las transformaciones antrópicas que generaron el anti-oasis Tierra Amarilla.

[fig.III.57] Mina San José desde Tierra Amarilla, autor: Constanza Bianchini, 2019, collage elaboración propia

[46] Burner, L. (2018), *De Jotabeche a Germán Márin: narrativas de la minería sostenible, la agricultura extractivista y el agua en el desierto del Norte Chico chileno,* en (2018) *Anales de Literatura Chilena,* Año 19, diciembre, número 30, pp. 183-193

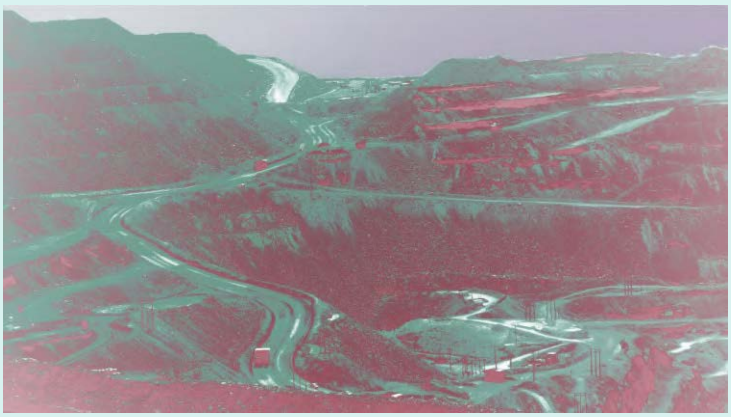
[47] Marín, G. (2014), *Tierra Amarilla,* Fondo de Cultura Económica, Chile

"el recorrido se hizo lentamente más amable [...] enverdecido el horizonte por el cultivo de viñas, el cual me ayudó en parte a dar por superadas las condiciones del viaje. También se advertían al pasar ciertas arboledas cargadas de paltos y otros de olivos, las que me favorecieron además de sentirme mejor de ánimo, seguro de que no terminaría enterrado en el desierto a la búsqueda del chupacabras!"

(Marín G., *Tierra Amarilla*, Fondo de Cultura Económica, Chile, 2014, p.16 en Burner, *De Jotabeche a Germán Márin: narrativas de la minería sostenible, la agricultura extractivista y el agua en el desierto del Norte Chico chileno,* en *Anales de Literatura Chilena,* Año 19, diciembre, número 30, 2018, pp. 183-193)

IV. Buscando el agua perdida

Cuento de fantasía como herramienta de interpretación al tema de la futura escasez hídrica. En un universo lejano, el agua es una reliquia perdida. En el paisaje terrestre privado del agua líquida huellas antiguas guían los buscadores a través de valles y quebradas hacia el último pedazo de hielo, el ultimo arroyo escondido del intenso calor de la atmósfera superficial.



En un desierto de cumbres coloradas[1]

- Montañas señoras elegantes, así tan amables en acoger el azul brillante del cielo en los pliegues de las telas blancas que les cubren las cimas. Las ví hablar jubilosas con silbidos de aire frío cuando todavía se podía llegar a sus pies. Las ví contentas dejarse cruzar por amables flujos transparente...
— Sus ultimas palabras me resuenan tan frescas al despertarme cada mañana. Hoy a mis ojos cansados las cumbres secas parecen tan lejos y los troncos en las laderas parecen negros esqueletos. Hoy todo es tan inalcanzable mirándolo desde la ventana de nuestra cueva subterránea. Las altas cumbres lejanas quedan inexploradas, demasiado lejos del barco de arena flotante en el campamento base de la burbuja Violeta. Algunas veces las soñaba en la noche. Eran lindas visiones amarillas, nostalgia del tiempo anterior al siglo *Destruciento*, eso del pasar enojado del sol quemador, terrible instante sin fin, más espantoso que la memoria de la obscuridad. A veces durmiendo escuchaba gritos cercanos romper el silencio de la espera y veía mi corazón saltar afuera del pecho por la esperanza de alguna presencia amiga en llegada, aún algunas lagrimas perdidas en el silencioso desierto morado afuera.

---

1 *Buscando el agua perdida,* cuento de fantasía, elaboración propia

Terrazas de gigantes brillantes

Que diferencia hay ahora entre mis venas de conexiones electrónicas y los pilones que pueblan las paredes inclinadas de rocas sueltas? Una vez pude ver claramente como esos gigantes relucientes se lanzaban alegres destellos de luz por cadenas sin fin. Eran tan parecidos al brillar de mi traje de exploración. A veces esos gigantes eléctricos se despertaban en la obscuridad para regalarnos espectáculos de estrellas bajas. Se cuenta que el que un día intentó presentarse por mano a esos caballeros del sublime, encontró la éxtasis eléctrica, antes de caer en un sueño profundo. A que nos parecemos más ahora? A la tierra impregnada de metales pesados y poblada de conjuntos de plantas hiper-xerófitas o a la malla de la energía producida que alimenta nuestras hogares cerrados y nuestros equipos?

Buscadores de agua

Cuando un día llegamos a la laguna Los Diques, así siempre la llamaba mi bisabuelo, habían algunas nubes solitarias peleando con el morado del cielo. Mi mascara de filtros anticontaminantes parecía poco útil allí. La suerte de ese lugar escondido era un circulo de cumbres continuas interrumpido por dos brechas. A través de esas, el viento pasaba rapidísimo de una a la otra, quitando las nubes obscuras de polvo. Lo que necesitaba mi cuerpo según el chip que me vibraba en el pulso eran dos tacas más de oxígeno. La altura ya me había quitado un poco.

Rastros de flujos transparentes

La explanada debajo de la ladera arenosa donde se aferraban nuestros pies fluorescentes parecía un plato lleno de migas multicolores. El aire había llevado allí los restos de una antigua mina. Las superficies de roca picada en las pendientes se habían convertido así en superposiciones de círculos planos. Una mancha más densa en el medio de ese mar polvoriento nos llamó la atención. Bajamos al centro de lo que la vista orto-terrestre percibía como la pupila de una iris verderoja y activamos nuestros sensores planeando con dificultad entre las corrientes de aire. El receptor de vibraciones acuáticas sonaba fuerte y las letras de la famosa *memoria del agua perdida* me empujaban una vez más hacia ese resto de vida biológica pasada. Al apoyar el lado de nuestro casco hermético a la tierra plana el amplificador sonoro me permitía distinguir entre los silbidos de los vórtices alrededor una repetición encantadora de gotas. Me las imaginé cayendo lentas, una a una, en una profundísima cueva húmeda. Así al menos me habían contado viejos buscadores.

Entre violetas burbujas

Se me pegaba a la piel alegremente. Era caliente y pegajosa. Parecía quererme contar de su vida pasada infiltrándose en el pelo que aún poblaba mis manos. No había visto esas gotas frescas hace la mañana de los *baños anuales* en la Laguna los Diques. Fue esa mañana cuando mi mamá me sacó suavemente los trajes para dejarme al agua violeta. Cuando salí de ese charco translúcido, quedaba no más de un minuto antes de que desapareciera en burbujas violetas. Faltaban aún pocos golpes agudos de alerta antes de la cotidiana llegada de los rayos asesinos. Tiré mis pies a la laguna Violeta. Voces amigas gritaban de volver abajo. El encanto del líquido flotante acunaba mi mente dispersa. Me sacaron de la luz por las axilas entre chapoteos salados.

Pozo hogar profundo

Mis sueños se derretían en arroyos colorados mientras que el tamborileo del filtro anti-polvo rebotaba de una concavidad a la otra de la pared rugosa. Esos mechones de hilos verdes que habitaban la superficie curva sin fin siempre habían tenida algo familiar, un reflejo de tranquilidad. Trepaban entre las grietas del concreto antiguo, para alcanzar los pliegues más húmedos. Parecían lentamente perseguirse. Buscaban en el aire denso minúsculas concentraciones de partículas transparentes. Cuando una noche sentí un pellizco de frío en mi mano colgante sobre el vacío, mi mente se fue a las gotas invisibles que los primeros habitantes del pozo habían dibujado con paciencia en mi cueva del descanso. Giré mi cabeza hacia el bajísimo obscuro. No logré dirigir mis ojos a la nube que subía rápida el cilindro enterrado, tan violento era su empuje. De repente los párpados se abrieron hacia una tela morada. Venía otro día de interminable espera.

Tihum tierra húmeda

Habíamos recién dejado a nuestras espaldas unas nubes de partículas verdes cuando apareció al este un brillo suave. Giré mis ojos varias veces antes de encontrar de nuevo el ángulo de esa presencia lejana. Apunté mi láser en esa dirección para llamar la atención de los otros, que parecían dispersos hacia otras luces. Todos nos lanzamos a nuestras puntas. Volé arriba de la quebrada seca, siguiendo el rastro fragmentado de un antigua huella en la arena. Llegué a una explanada, el morado de las laderas tenía algo familiar. Bajé la mirada hacia el suelo cercano de nuevo. Algunos ya se habían tirado hacia unas lineas rectas, que parecían repetirse al horizonte de la cuenca. Aterrizado, entre unos arbustos espinosos, me demoré pocos respiros en quitar las ramas de ese selva gruñona para llegar a la fuente de mi agitación. Me miré en un espejo ondulado. Al girar la cabeza reconocí entre los troncos delgados mis compañeros. Las luces apuntaban a las telas húmedas que poblaban ese mundo debajo de la cubierta intrincada. La superficie de gravillas se desplegaba en un tejido regular de pozas cuadradas. Tihum no pertenecía mas a esas palabras olvidadas. Me mojé finalmente la cara.

[fig.IV.01-06] *Buscando el agua perdida,* cuento de fantasía, imágenes, elaboración propia.

V. Tihum_Tierra húmeda

"We live in the time of wetness, a wetness that is everywhere before it is water somewhere. It aligns us to a design imagination that accommodates fluidity, openness, and complexity. But it also pushes us to expose the deep-rooted landcentric imagination that has disciplined the world around us to subjugate water. It is a world that is unraveling before us. (...) we believe that ubiquitous wetness in place of the land-water binary holds the way forward."

(Mathur, da Cunhua, *OCEAN OF WETNESS: A PLATFORM FOR DESIGN,* research platform: https:// www.mathurdacunha.com/ocean- of-wetness, 2010)

Entre los asentamientos humanos del valle del Copiapó, el anti-oasis Tierra Amarilla se ha reconocido como el lugar donde más los efectos combinados de las actividades mineras y agro-industriales han sacado el carácter de humedad que había históricamente permitido la agricultura en el desierto. Se elige entonces poner a prueba en esta situación particular el despliegue de la estrategia de regeneración hídrica elaborada a la escala de la cuenca.

Se propone relacionar dos elementos obsolescientes del paisaje, un tranque de relaves en desuso y un tejido agrícola seco, a través de una *mallacuífera* artificial híbrida entre canalización existente y propuesta. De esta manera se trata entender como el sistema técnico elegido para este objetivo pueda declinarse a través del diseño en un lugar de coexistencia entre especies distintas. Cinco operaciones de proyecto principales conducen a la generación de un agro-parque híbrido entre superficies públicas y privadas, sustentado por agua fitopurada. El agro-parque TiHum toma la apariencia de una nueva urbanización agrícola, estructurada a partir de la parcelación existente pero diferente por densidad habitacional y sistema de cultivo.

El diseño a escala humana de la nueva forma de habitar Tierra Amarilla permite reflexionar sobre como la arquitectura pueda generar situaciones de humedad aptas a la coexistencia entre especies. El workshop *Oasis* dirigido por Nicolas Norero ha estimulado la conversión de las operaciones técnicas propuestas en artificios materiales a componer la *mallacuífera.* Se han buscado en este sentido soluciones de diseño capaces de integrar los elementos técnicos necesarios a la depuración, transporte, monitoreo y utilizo del agua con el elemento arquitectónico del techo, a veces doble. Este ultimo ha sido considerado en su función de generador de sombra y de espacios aptos a la fruición animal por la condición de humedad generada en el suelo.

[fig.V.01] Vegetación xerofita, Caldera, Región de Atacama, elaboración propia.

Buscando el agua perdida cuenta de un futuro lejano, donde el agua es solo una reliquia. Sin embargo, el supuesto de la investigación es que en el desierto, a pesar de su asociación conceptual directa a la falta de agua, sea posible generar situaciones de humedad que favorezcan el desarrollo integrado de la vida humana, animal y vegetal. Esta foto tomada en la localidad de Caldera, muestra como comunidades vegetales xerófitas crezcan espontáneamente en las dunas arenosas, donde el agua se esconde bajo tierra y en la humedad del aire.

pp. siguientes
[fig.V.021] Foto satelital, visión a vuelo de pájaro, localidad Tierra Amarilla. Elaboración propia. Fuente imagen: Google Earth Pro.

156

V.I_Tierra Amarilla

Considerando las reflexiones de los capítulos anteriores, resulta apropiado profundizar ulteriormente en el problema ecológico-urbano que el poblado de Tierra Amarilla se encuentra hoy obligado a enfrentar. Se irá así evidenciando su carácter neurálgico en la estrategia de restablecimiento del balance hídrico de la cuenca en su totalidad.

_Morfología hídrica

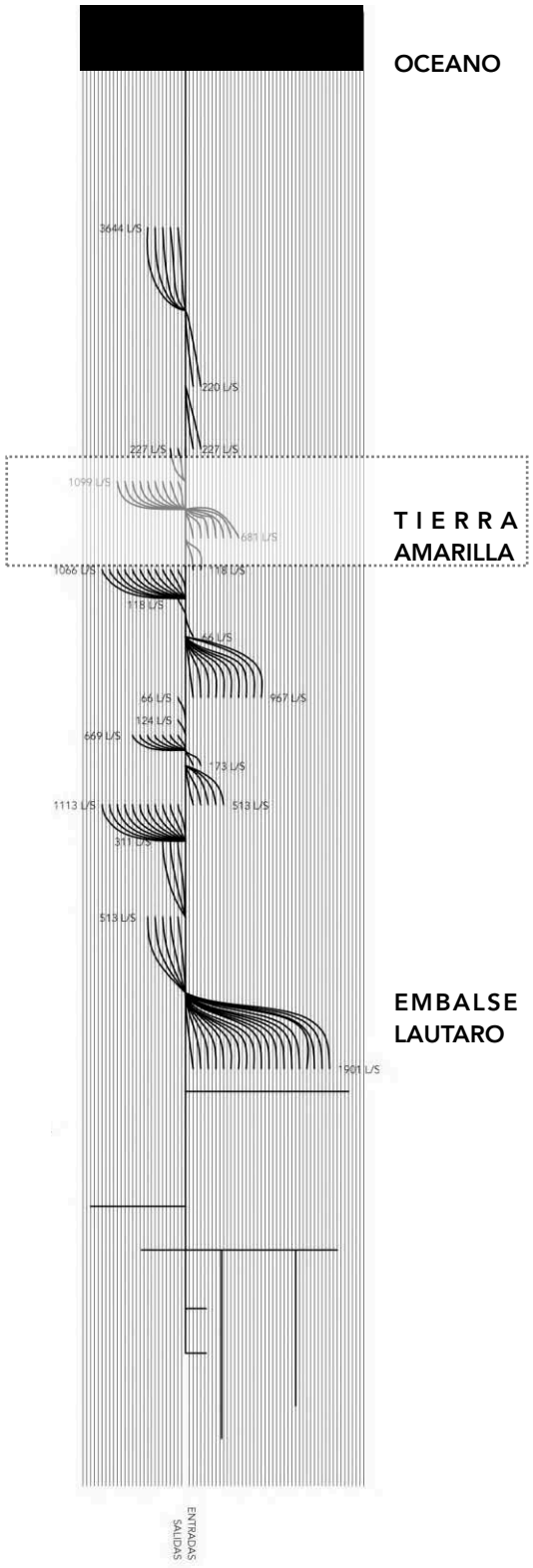
La ciudad, además de ser víctima de un alto grado de sequía por las razones previamente ilustradas, aparece como nodo relevante del sistema fluvial por tres razones al menos: porque anticipa la condición urbana de la cercana Copiapó [fig. V.05], porque es el poblado con el más alto grado de explotación minera de toda la cuenca [fig.V.04] y por su ubicación central con respecto al trazado total del río, específicamente en el sector IV [fig.V.06].

[fig. V.03] Campos de cultivos secos, localidad Tierra Amarilla, autor: Andre Bit

[5]

[fig. V.04] Cuenca del Copiapó: mapa de cruces elaboración propia

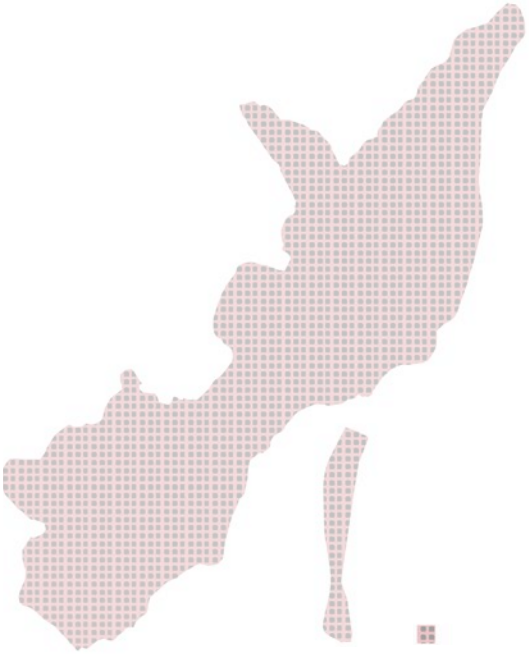
[fig. V.05] *Copiapó y Tierra Amarilla*, elaboración propia, *fuente: Google Earth Pro*

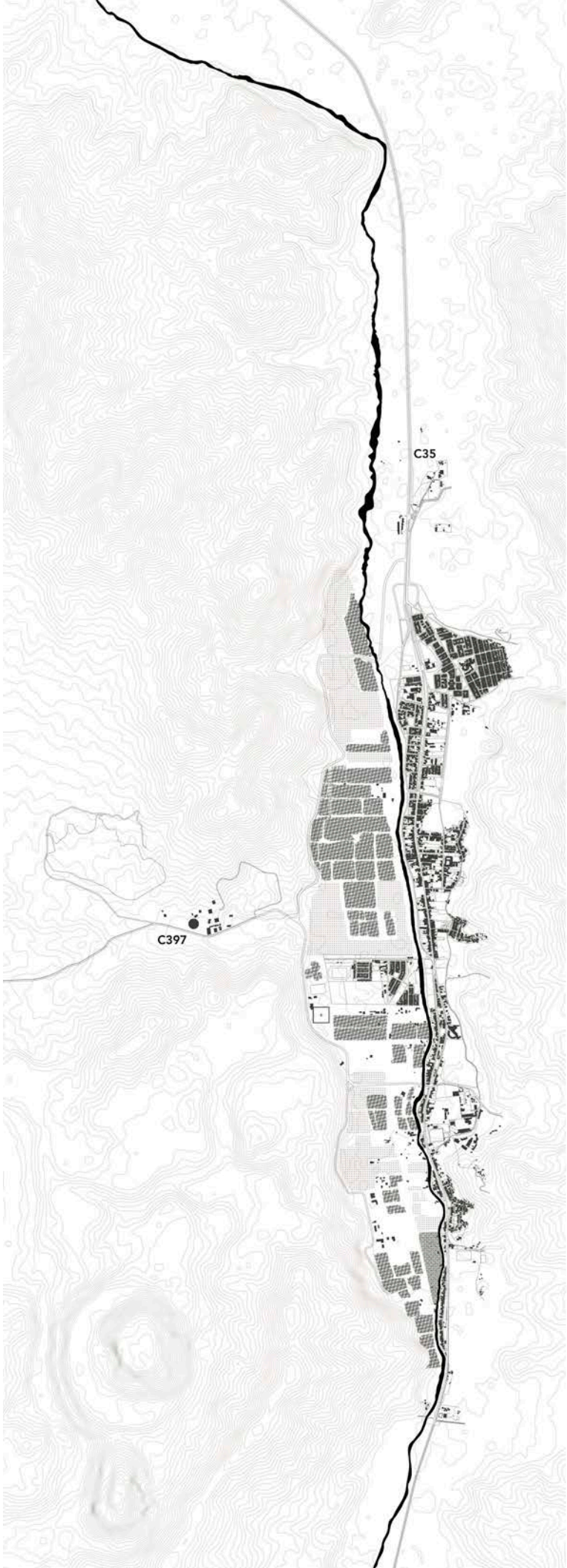


Tierra Amarilla, por situarse en la meseta, recibe efectivamente un flujo hídrico igual a 3321 l/s, disminuido con respecto al entrante por el Embalse Lautaro (3644 l/s). [fig. V.06]. Esto se debe a la explotación agro-minera de los sectores III y II de la cuenca, más altos. Al mismo tiempo se hace cargo del suministro de agua de las actividades productivas de 1326 l/s de su entorno y otorga entonces un caudal de 2795 l/s hacia el paisaje similar de la ciudad de Copiapó, donde un tejido residencial grueso se alterna a cuadrículas agrícolas más radas.[1]

La morfología del asentamiento muestra una división clara determinada por el lecho del Copiapó entre el área Este de manzanas residenciales y el Oeste ocupado en su mayor parte por áreas productivas y campos de cultivo, ahora secos. [fig. 5] A lo largo del borde fluvial la relación entre el tejido residencial y el borde fluvial parece ausente. La calle paralela a la ruta principal C-35 separa de hecho una franja habitada de 100m, en la cual aparece entre los edificios la plaza pavimentada principal, con el dique arenoso del río no transitable.

[1] AA. VV. Hidromás CEF limitada. (2013), *Actualización de la modelación integrada y subterránea del acuífero de la cuenca del río Copiapó,* Informe S.I.T. No 332) Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Fuente: http://documentos.dga.cl/SUB5460v1.pdf





[fig. V.06] Mapa de flujos, cuenca del Copiapó, elaboración propia.

[A] Cerro San Cristóbal, Santiago de Chile
[B] Parque Bicentenario, Santiago de Chile
[C] Plaza de Armas, Santiago de Chile

[fig.V.07] Tierra Amarilla,
levantamiento superficies, elaboración propia.

campos de cultivo abandonados

agricultura local

0 2km

El espacio público más utilizado, junto con la calle principal que temporalmente funciona como sitio de agregación por comercio local o fiestas populares, es la piscina municipal [fig.V.08], ubicada entre dos extensos jardines privados. El álveo fluvial parece quedarse ocultado a la ciudad como espacio de utilización comunitaria, para las cuales se prefiere la calle principal como frecuente lugar de ferias o eventos ciudadanos.[2]

[fig.V.08] Piscina comunal.
Fuente: Google Earth Photos.

Actualmente el Plan Regulador Comunal[3] destina la franja Oeste del asentamiento a una nueva urbanización de tipo zonal. La actual fragmentación en bloques operada por caminos de tierra existentes es enfatizada con la construcción de caminos de asfalto: a cada mega - manzana se atribuye un posible destino entre tres categorías: actividades productivas, residencial mixto y deportivo recreacional. [fig.V.11]

Esta conversión de uso, probablemente con resultado morfológico similar al área recientemente urbanizada, llevaría a la transformación de las superficies de terreno permeable en material duro, con consecuente diminución del potencial de absorción hídrica y aumento de la temperatura superficial. Se propone entonces mantener la vocación agro-productiva de la franja sujeta a futura transformación, integrando los usos mencionados por el PRC en un tejido de cultivo por auto-sustento o comercio local, regenerado a partir de la parcelación y red de canales existente.

[fig.V.09] Tierra Amarilla, foto satelital, fuente: Google Earth

pp. siguientes

[fig.s V10A] Campos de cultivo,Tierra Amarilla, autor: Andrea Bit, 2016.

[fig.s V10B] *Avenida Costanera Maria Rocco,* fuente: Google Earth.

[fig.s V10C] Avenida borde río Copiapó, localidad Tierra Amarilla, autor: Constanza Bianchini, 2018.

[fig. V.11] Areas en desarrollo s/g PRC, Tierra Amarilla, elaboración propia.

[2] El conocido Carnaval del toro Pullay rellena la calle principal durante tres días en el mes de Marzo; fuente: https://atacamanoticias.cl/2016/03/21/carnaval-del-toro-pullay-unificado-repleto-las-calles-de-tierra-amarilla/

[3] AA. VV., *Análisis Brechas de Infraestructura Urbana MOP en ciudades, Etapa I"*, CIPRES Ingeniería Ltda, MOP

[10C1]

[10B1]

[10A1]

[10B2]

[10C2]

[10B3]

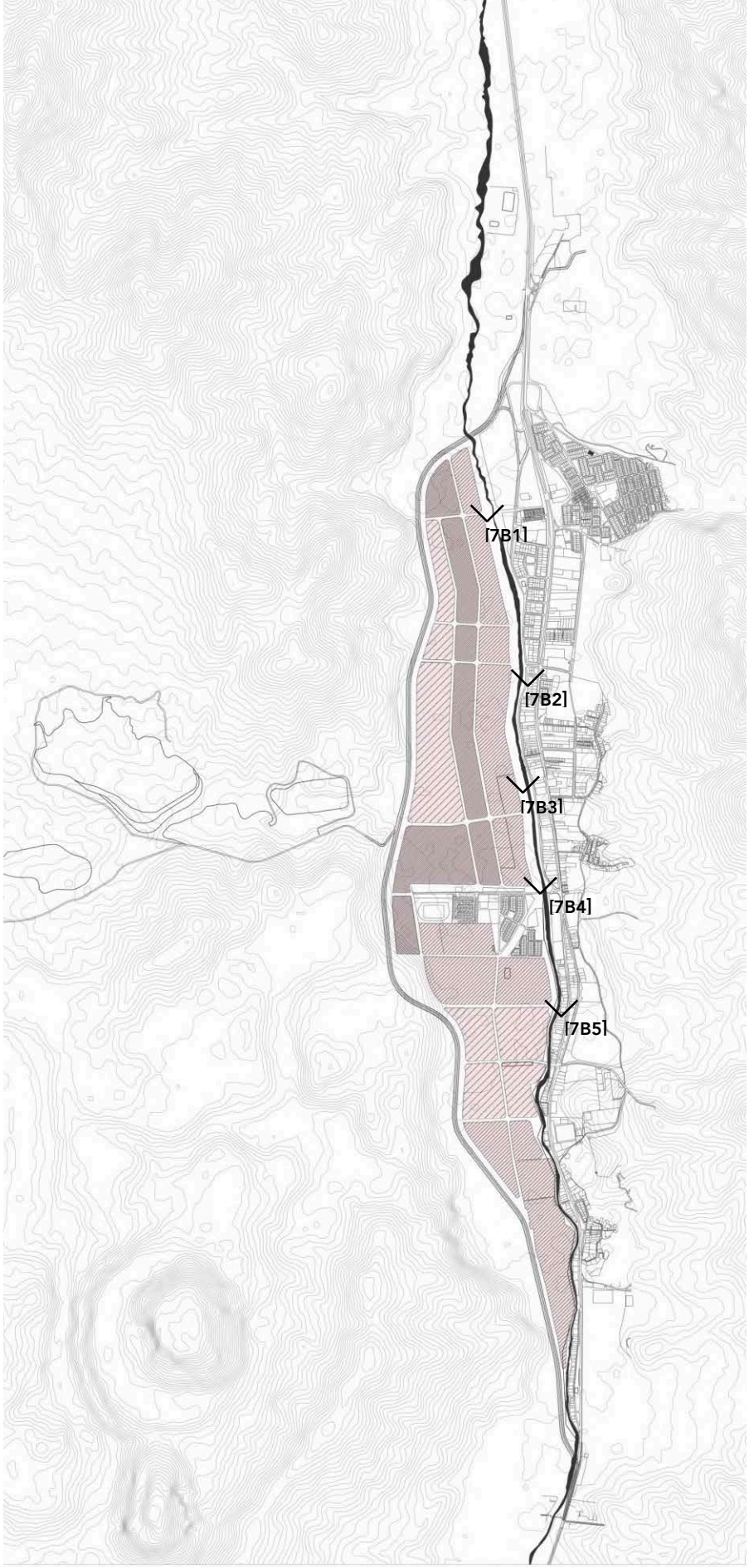
[10A2]

[10B4]

[10B5]

[10C3]

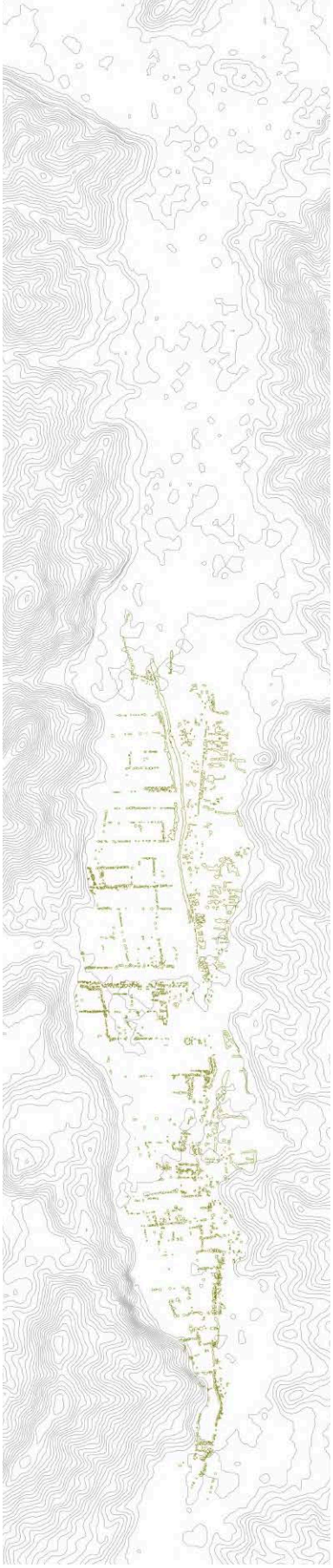
[10A3]



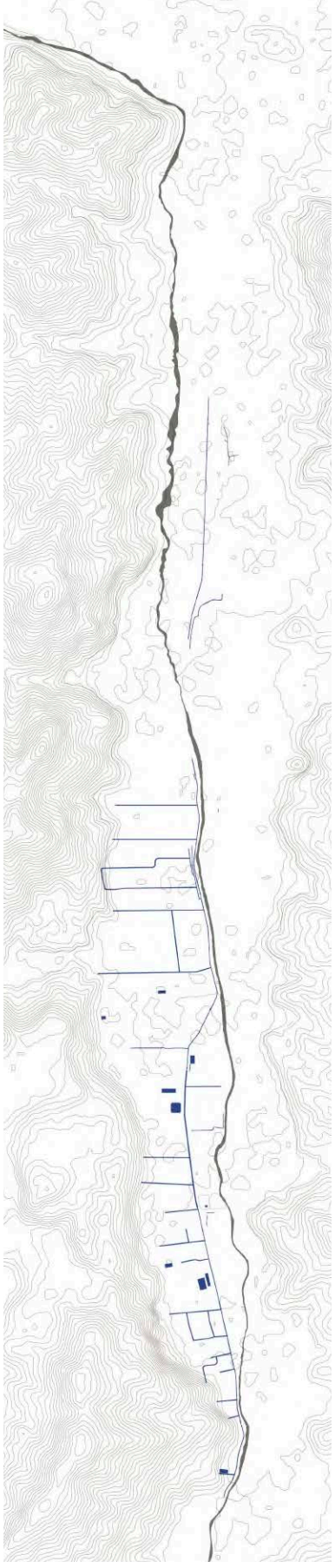
SUPERFICIE AGRÍCOLA DESTINO S/G PRC ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

SUPERFICIE AGRÍCOLA DESTINO S/G PRC DEPORTIVO RECREACIONAL

SUPERFICIE AGRÍCOLA DESTINO S/G PRC RESIDENCIAL MIXTO



[fig. 12A] *Plantaciones*
Tierra Amarilla, elaboración propia



[fig. 12B] *Mallacuífera*
Tierra Amarilla, elaboración propia

[fig. 12C] *Superficie construida,*
Tierra Amarilla, elaboración propia

__Mallas existentes

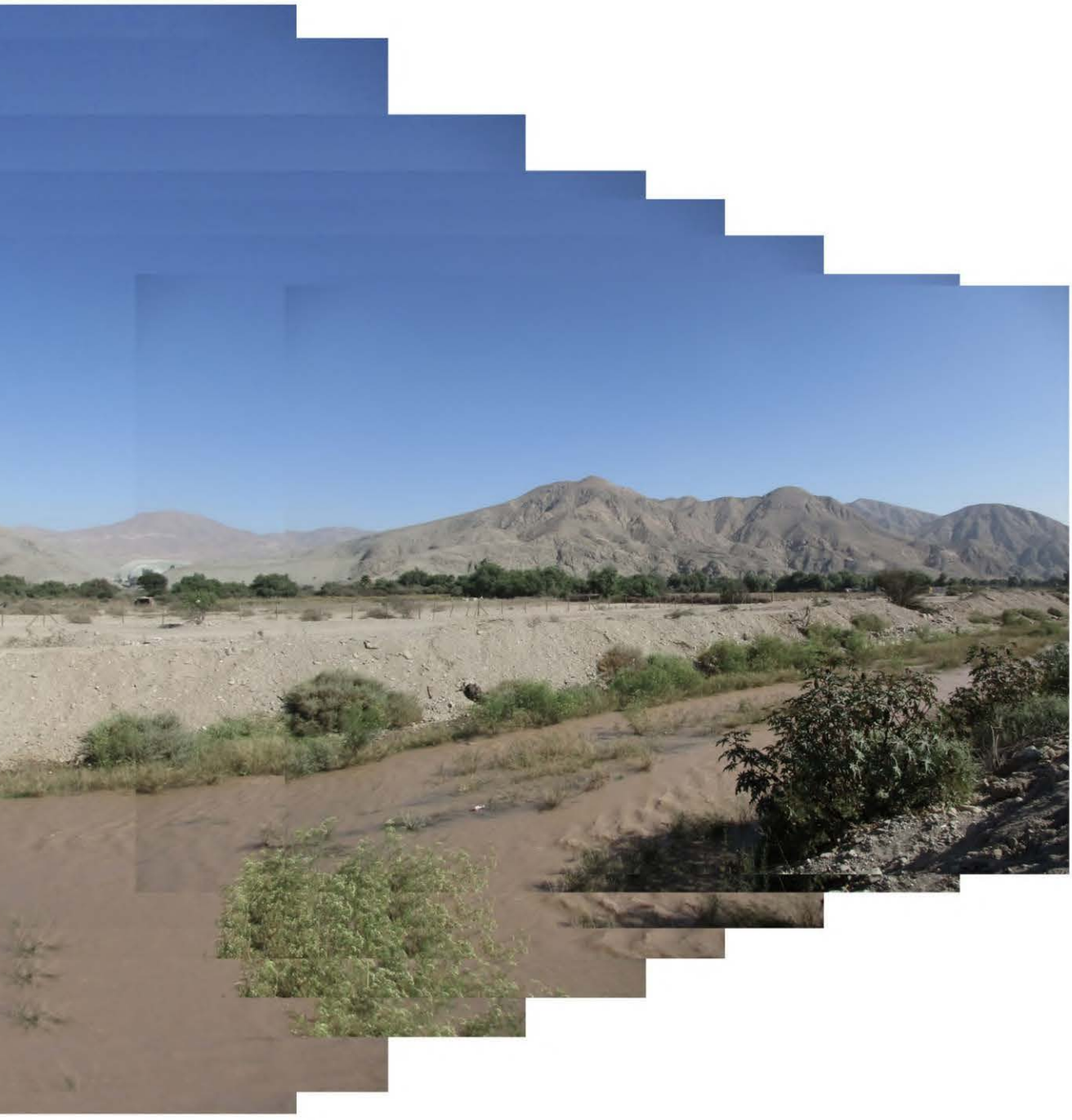
Los campos de cultivo hoy secos estaban abastecidos por una malla extensa. Esta se compone de un canal principal, como eje paralelo al trazado fluvial, de lo cual se ramifican los canales secundarios a dividir transversalmente las propiedades agrícolas. Según el mismo trazado, filas de plantaciones flanquean los canales en función de barrera corta-viento y sombreamiento. [fig.V.12A]

Grupos de plantas símiles ocupan la franja de tierra al borde del río, que corre en un álveo estrecho con diques altos. [fig.V.10B] La definición rígida de los limites del espacio del agua refleja la percepción social del río, lejos de la visibilidad, olvidado en su flujo siempre más escaso, forzado por artificio contra su potencial destructivo en la forma del aluvión. A pesar de la escasa contribución antrópica al desarrollo del humedal fluvial, existe un corredor ecológicamente activo que se nutre de la humedad de los diques del río, distinguible también desde una mirada cenital. [fig. V.13].

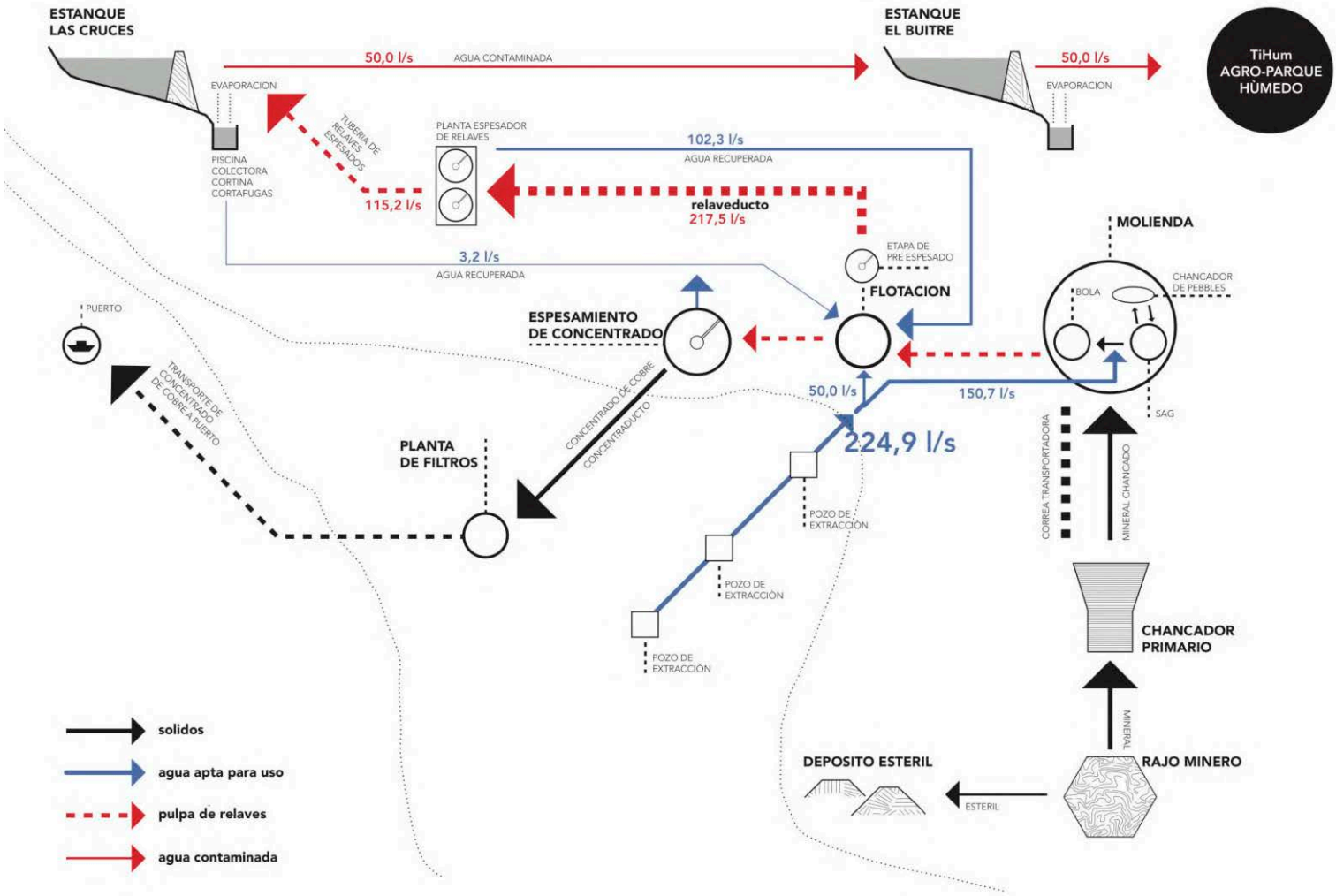
La urbanización de la ciudad, de manera análoga a lo que ocurrió en la cercana ciudad de Copiapó[4], dejó un vacío en el corredor húmedo del río y en su terrazas. El lecho constituye hoy un límite para la ciudad y ha sufrido en las últimas décadas de un deterioro principalmente caracterizado por extracción de piedras, depósito de escombros, además de un flujo bajo debido a la sequía del sector.

[fig.V.13] Vista cenital corredor río Copiapó, elaboración propia. Fuente: Google Earth Pro.

[4] Teodoro Fernández, Paulina Courard, *Parque Kaukari del río Copiapó,* ARQ [artículo de revista] No. 99, Infraestructura, Agosto 2018, pp.70-82.



[fig. V.14] *R*io Copiapó, Tierra Amarilla, elaboración propia, autor fotografías: Constanza Bianchini

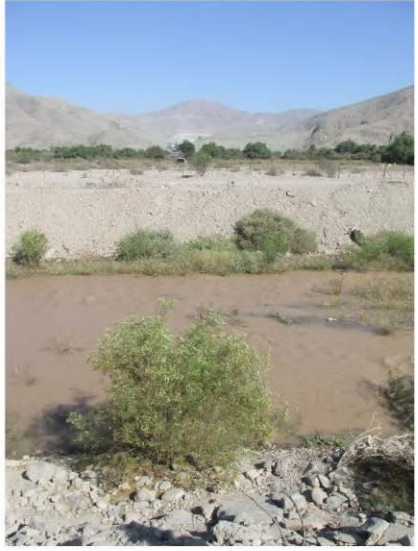

ESTANQUE LAS CRUCES
50,0 l/s
AGUA CONTAMINADA
ESTANQUE EL BUITRE
50,0 l/s
TiHum AGRO-PARQUE HÚMEDO
EVAPORACION
EVAPORACION
TUBERIA DE RELAVES ESPESADOS
115,2 l/s
PISCINA COLECTORA CORTINA CORTAFUGAS
PLANTA ESPESADOR DE RELAVES
102,3 l/s
AGUA RECUPERADA
relaveducto
217,5 l/s
3,2 l/s
AGUA RECUPERADA
ETAPA DE PRE ESPESADO
FLOTACION
MOLIENDA
BOLA
CHANCADOR DE PEBBLES
SAG
PUERTO
ESPESAMIENTO DE CONCENTRADO
TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE A PUERTO
CONCENTRADO DE COBRE
CONCENTRADUCTO
50,0 l/s
150,7 l/s
224,9 l/s
PLANTA DE FILTROS
POZO DE EXTRACCIÓN
POZO DE EXTRACCIÓN
POZO DE EXTRACCIÓN
CORREA TRANSPORTADORA
MINERAL CHANCADO
CHANCADOR PRIMARIO
MINERAL
RAJO MINERO
DEPOSITO ESTERIL
ESTERIL
solidos
agua apta para uso
pulpa de relaves
agua contaminada

_Planta Mina San José

Entre las aguas olvidadas de Tierra Amarilla, como la esporádica lluvia sobre mencionada, se encuentran también superficies liquidas funcionales a la deposición de los relaves mineros. Este fase del proceso minero consiste en el almacenamiento controlado del líquido residual de la extracción de minerales que ocurre en la plantas de flotación.[5]

Entre las otras, la planta San José tiene un rol relevante en la economía productiva de Tierra Amarilla, siendo segunda solo a Minera Candelaria por producción total de concentrado de cobre, pero sobre todo por su ubicación con respecto a las áreas habitadas. Su edificios de procesos son claramente reconocibles desde la carretera principal. Al otro lado del río se distingue bien la cúpula del edificio de molienda, enmarcado entre los depósitos de relaves sólidos que han cambiado la topografía del asentamiento durante 20 años. [fig. V.16]

En la planta se realiza el procesamiento de minerales sulfurados de cobre mediante concentración por flotación.(Actualmente opera con una capacidad de 300.000 toneladas mensuales)[6]. Estos corresponden al 29% del material extraído, como cobre apto a la venta; el restante 71% son relaves, que pasan por ulteriores tratamientos con el fin de recuperar agua (filtrado y espesamiento). Finalmente el relave en pulpa se conduce hacia tranques de deposición. [fig.V.15]



[fig.s V.16] *Mina San José desde Tierra Amarilla*, autor: Constanza Bianchini

[5] AA.VV., *Proyecto ampliación y optimización planta mina San José*, 2013, Gestión Ambiental Consultores S.A, IIIs Región, Chile

[6] *ibidem*

pag. antecedente
[fig. V.15] *Esquema ciclo del agua y otros líquidos en la mina San José,* Tierra Amarilla, elaboración propia

[fig. V.17] Levantamiento histórico del crecimiento de la minera Candelaria, período 2003-2019; fuente: Google Earth

[fig. V.18] Mapa de relación entre mina San José y Tierra Amarilla, elaboración propia

[fig. V.19] Foto satelital, visión a vuelo de pájaro, estanque de relaves El Buitre, localidad Tierra Amarilla, fuente: Google Earth

El proceso hídrico de la planta San José ve entonces como primera etapa la extracción en pozos y el almacenamiento en una piscina existente con capacidad de 8.500 m3. El agua, bombeada hacia otro estanque de agua fresca, alimenta los distintos puntos de consumo en forma gravitacional. Otros estanques se ocupan para la distribución del agua recuperada de los procesos.[7] [fig.V.15]

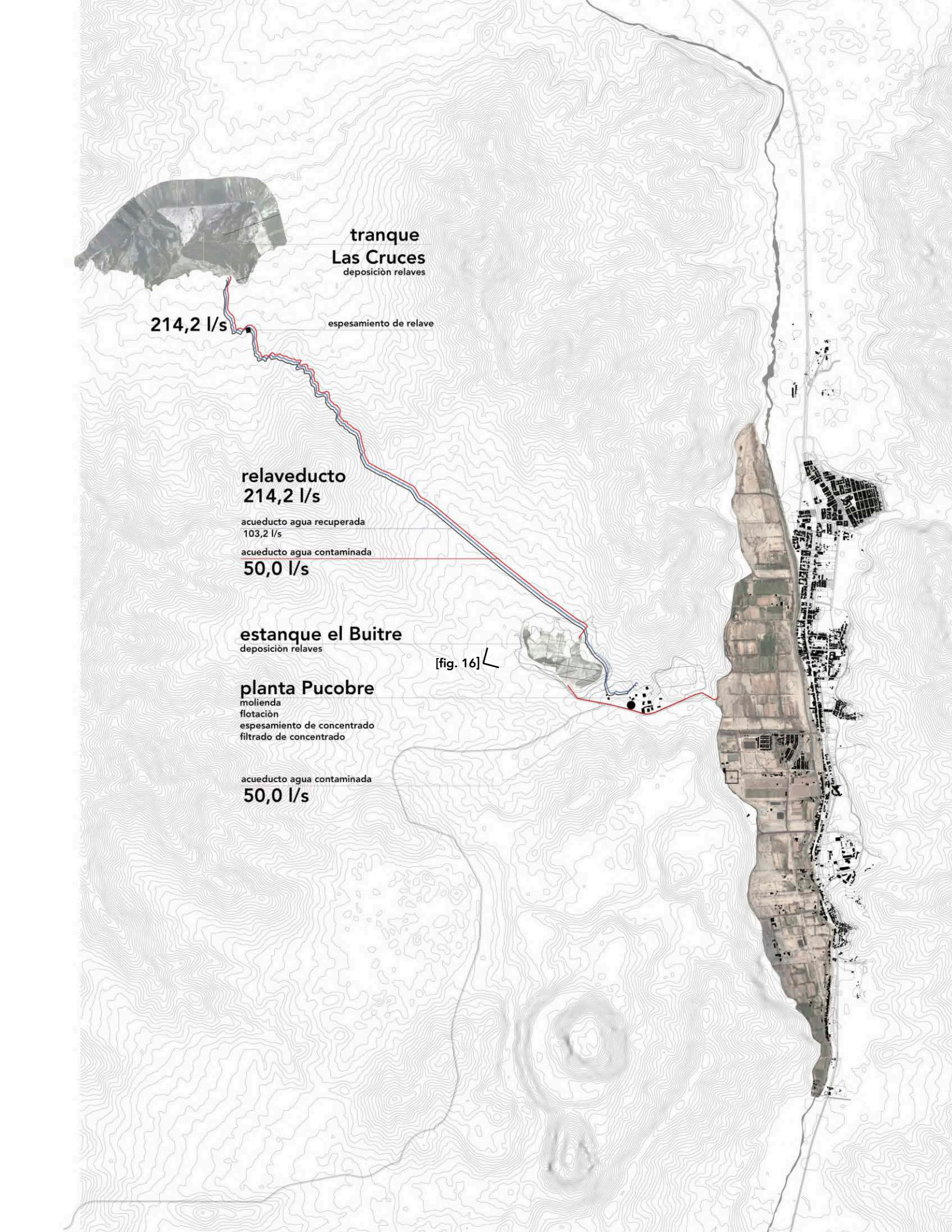
_Tranque de relaves El Buitre

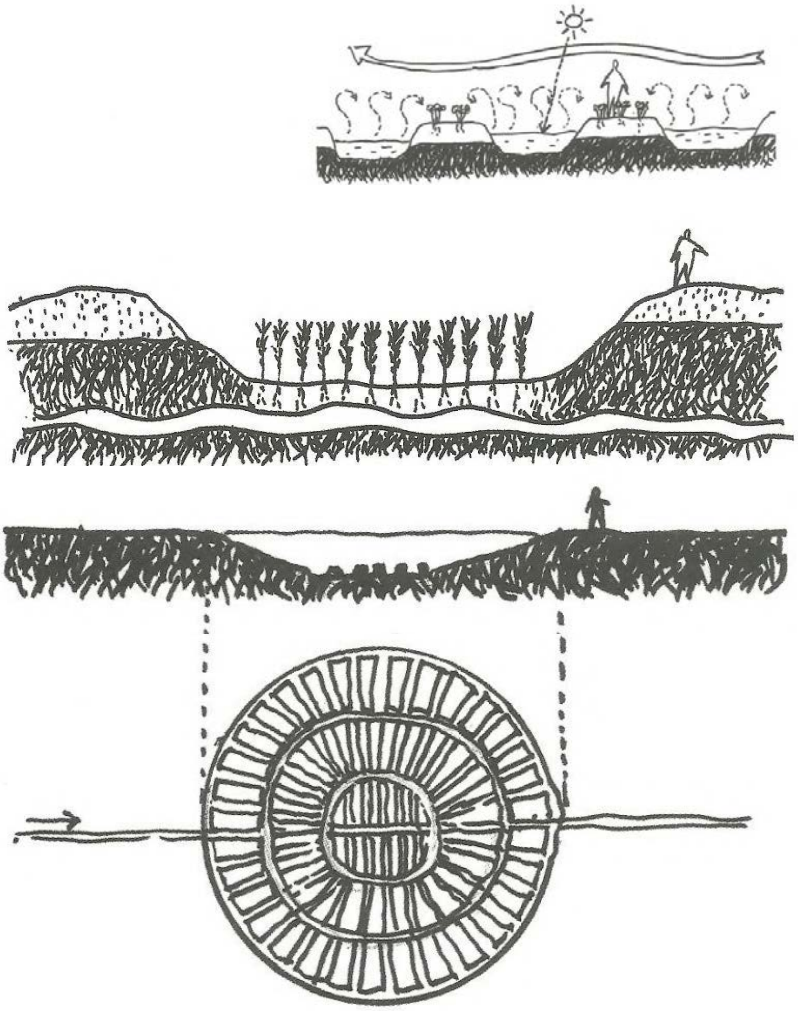
Después del utilizo en los procesos de extracción de mineral, el agua se transporta por un acueducto de 5,2 km hacia los tranques de relaves Las Cruces, actualmente activos. Allí, un espesador cumple la última fase de recuperación. El flujo de relave no recuperable en el proceso minero y entonces almacenado en los tranques corresponde a 116, 7 l/s.

Otro sitio más cercano a la planta de procesos y a la ciudad de Tierra Amarilla, el tranque de relaves ahora inactivo El Buitre, ha almacenado en su historia 15.000.000 toneladas de relaves, en una superficie de 36,4 hectáreas. El tranque podría seguir funcionando como depósito de aguas contaminadas, previo a su transporte y depuración en otra superficies. [fig. V.18]

El acueducto existente que colega los dos estanques podría ser utilizado en esta operación para mover el agua depositada en Las Cruces al tranque el Buitre. De allí, a través de un acueducto paralelo al trazado del camino principal, el agua podría llegar al límite de la ciudad, donde sería finalmente sujeta a depuración para utilizo agrícola y doméstico.

[7] AA.VV., *Proyecto ampliación y optimización planta mina San José*, 2013, Gestión Ambiental Consultores S.A, IIIs Región, Chile


tranque
Las Cruces
deposiciòn relaves
214,2 l/s
espesamiento de relave
relaveducto
214,2 l/s
acueducto agua recuperada
103,2 l/s
acueducto agua contaminada
50,0 l/s
estanque el Buitre
deposiciòn relaves
[fig. 16]
planta Pucobre
molienda
flotaciòn
espesamiento de concentrado
filtrado de concentrado
acueducto agua contaminada
50,0 l/s



[fig.s V.20] Dibujos por Jean Pierre Crousse, en *El paisaje Peruano (*Crousse J.P.,Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016)

[V.20A] ***sistema waru-waru****:* utilización agua de inundación del lago Titicaca.

[V.20B] ***chacras hundidas***: hoyas de cultivo utilizadas en zonas áridas costeras, exacavadas de 2 a 3 mts,; se ubicaban cerca de la napa freática y protegían los cultivos del viento.

[V.20C] ***cocha circular:*** pozos respiraderos (*ojos de agua*) pertenecientes a una red de aguas subterráneas extendida al territorio agrícola

V.II_Para habitar una sequía inundable

Se ha considerado hasta aquí la posibilidad de ocupar el flujo de agua contaminada por la minería en el sustento de la comunidad de Tierra Amarilla y en la regeneración de su ecosistema fluvial. Este objetivo puede cumplirse solo bajo el entendimiento del pueblo como ambiente urbanizado en transformación continua. Siendo la distribución hídrica uno de los factores determinantes de esta morfología cambiante y recurso objeto de la investigación, se presentan en adelante proyectos de referencia que han logrado incluir el agua como componente regenerada en superficies productivas.[1]

[1] El concepto de p*roductive surface* como tejido diseñado para generar componentes utilizables sugiere la idea por la cual las empresas agrícolas e industriales trabajen como *sistemas operativo ecológico* juntos con los macro-sistemas biológicos existentes. White, M. (2010), *The Productive Surface*, en: *On farming* , White Mason, Maya Przybylski, Barcelona: Actar, 99-105

Por un lado las ciencias urbanas del siglo XX han contemplado dos categorías de agua: potable y residual.[2] El diseño de los asentamientos se ha enfocado en este sentido en el suministro de la primera y en la evacuación de la segunda, además del drenaje de las aguas pluviales. Sin embargo la infraestructura hídrica tiene la potencialidad de volverse máquina capaz de recuperar y optimizar los residuos líquidos para el sustento de la vida humana y biológica. Esto ha ocurrido históricamente con los sistemas de manejo hídrico desarrollados en las civilizaciones andinas antiguas. Ejemplar en este sentido es el conjunto de prácticas definido como *crianza del agua* por Crousse[3] cuando estudia la ocupación antrópica del territorio peruano. Distintas conformaciones transversales de suelo han permitido tanto la acumulación de agua para combatir la sequía como una mayor permeabilidad de suelo en caso de inundaciones.

_Ecourbanismo hidríco

Propuestas de urbanización más recientes han tratado igualmente incluir el elemento agua en estrategias territoriales capaces de catalizar los procesos metabólicos urbanos con el fin de maximizar la reciclaje de recursos locales. Es el caso de los proyectos no realizados para las Salinas de Ostia Antica y el Parc-BIT, desarrollados en los '90s. Ambos presentaban estrategias hidrológicas complejas finalizadas a la integración de las infraestructuras de depuración y distribución hídrica como sistema común a los tejidos residenciales y agrícolas. Bajo la conciencia de la futura posible escasez del recurso en el clima mediterráneo seco, las infraestructuras de tratamiento del agua empezaban a tomar un rol clave no solo en su función técnica si no que como elementos de paisaje.

[fig.s V.21] Sistemas de *Crianza del Agua,* la tradición andina muestra soluciones técnicas de manejo de la escasez hídrica en *El paisaje Peruano* (Crousse J.P.,Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016)

[V.21A] *Waru-waru* en Camellones, Perú
[V.21B] *Wanchaques, Chacras Hundidas* , Pisco, Perú
[V.21C] *Puquios,* acueductos en Nazca, Perú

[2] Ruano Miguel, *ECOURBANISMO: ENTORNOS HUMANOS SOSTENIBLES: 60 PROYECTOS,* 1999, Barcelona, 15-16

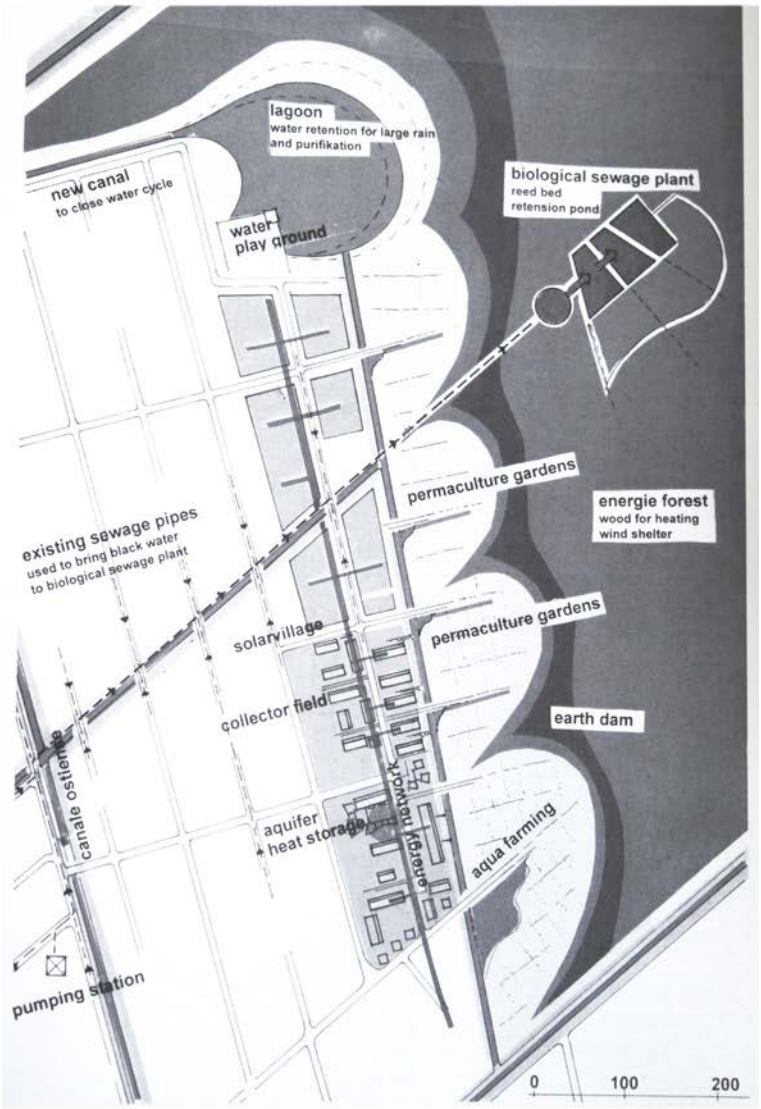
[3] Crousse J.P, *El paisaje Peruano,* Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016

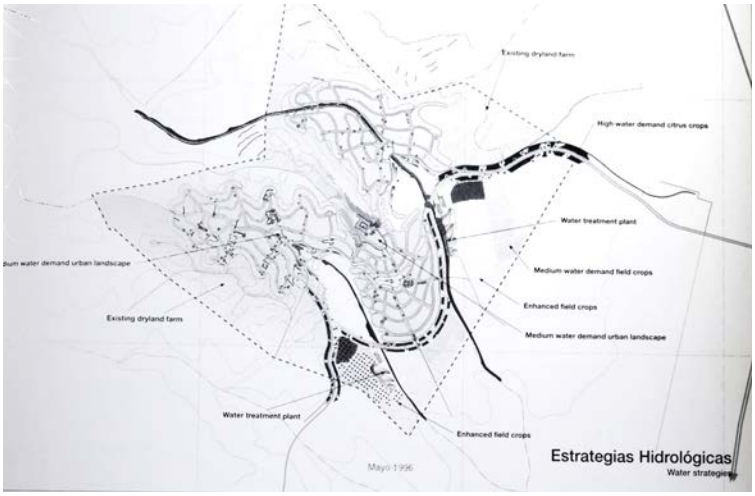
Salinas de Ostia Antica
Roma. Italia, 1995-1996
PRAU Srl

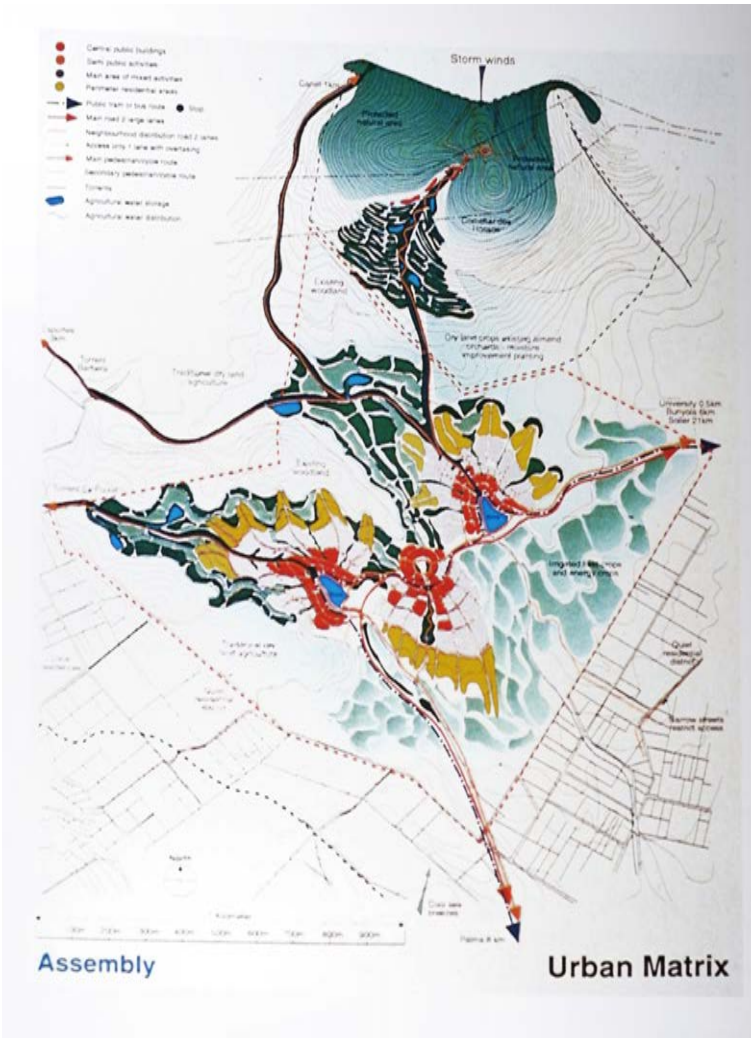
El proyecto Salinas de Ostia Antica tiene como objetivo la revitalización de 90 hectáreas en los suburbios de Roma que han sufrido un proceso cíclicos de consolidaciones y abandonos. Debido a la crisis del agricultura y al crecimiento urbano se ha comprometido su continuidad morfológica y estructural. Las estrategias buscan recomponer las relaciones entre la ciudad, la agricultura y el entorno histórico y paisajístico, estableciendo además lineas guías para la planificación bioclimática, ecológica y orgánica de toda área comprendida entre el mar y el río Tiberio.

"La consideración des ciudades y de los territorios humanizados como tipologías orgánicas duraderas e integradas, en constante evolución en cuanto a uso, tecnología y forma conduce a las principales áreas de investigación del proyecto: recobrar la "sabiduría ambiental" tradicional; recuperar el perdido equilibrio entre los ecosistemas (...), y diseñar de acuerdo con un modelo integrado de organismo vivo, basado en los procesos cíclicos de los elementos básicos y en su autorregulación"

(Miguel Ruano, *ECOURBANISMO: ENTORNOS HUMANOS SOSTENIBLES: 60 PROYECTOS*, 1999, Barcelona,156-160)







ParcBIT
Mallorca, Islas Baleares, España 1994
Richard Rogers Partnership

El proyecto Parc-Bit (Parque Balear de innovación Telemática) pretendía ser un modelo a escala internacional de comunidad humana sustentada por prácticas de reciclaje, energía renovables y planeamiento urbano ecosensible.

La propuesta de desarrollo de Richard Rogers Asociados, articula el Parc-Bit en tres comunidades de uso mixto a escala 'mediterránea', según consideraciones ecológicas que afectan a la arquitectura, la organización urbana, la movilidad, el reciclaje de residuos, el riego y la producción y uso de energía.

"*Dentro de cada pueblo (...), los espacios más públicos (escuela, comercio, ocio) están localizados alrededor del centro, mientras que las zonas residenciales más privadas se ubican en la periferia. Zonas más densas de viviendas y oficinas están ubicadas en las zonas intermedias, pero las fronteras se difuminan, ya que los cambios de densidad de tejido urbano y de uso se producen gradual y informalmente.*"

(Miguel Ruano, *ECOURBANISMO: ENTORNOS HUMANOS SOSTENIBLES: 60 PROYECTOS*, 1999, Barcelona)

Siendo el clima de la isla mediterráneo seco, la estrategia hidrológica busca maximizar el re-uso del agua adentro del asentamiento. Artefactos del agua como las torres de agua, las plantas de tratamiento aguas grises, los acueductos de agua potable, los canales y una red de reciclaje aguas lluvias componen un sistema hídrico complejo que abarca distintas superficies urbanas, cuales agricultura de secano, cultivos alternados de requerimiento hídrico medio o alto.

pag. antecedente
[fig.V.22B] Salinas, Ostia, Italia; fuente propia, 2020
[fig.V.22A] Masterplan, Salinas de Ostia Antica, fuente: Miguel Ruano, *ECOURBANISMO: ENTORNOS HUMANOS SOSTENIBLES: 60 PROYECTOS*, 1999, Barcelona,156-160
[fig.V.23A] Parc Bit, estrategias hidrológicas; fuente*: ibidem*
[fig.V.23B] Parc Bit, matriz urbana; fuente: *ibidem*

_Resiliencia de sistemas húmedos

Otros ejemplos de transformación urbana de la década pasada han intentado en cambio enfrentarlos problemas ligados a la extrema crecida en términos de densidad urbana en los países en desarrollo, como China. Es el caso de dos proyectos de parque construidos en metrópolis afectadas por la contaminación del aire y a la creciente perdida de biodiversidad [fig.s 22,23]. La urgencia del tema de salud urbana ha llevado a la transformación de espacios húmedos abandonados en un paisaje de integración entre uso humano, animal y vegetal. En ambas propuestas de diseño resulta destacable de hecho como al uso productivo agrícola se ha acompañado una red de espacios de recreación cohesivos bajo la experiencia del ecosistema húmedo. En este sentido no han limitado el diseño del agua a su carácter estético de la forma liquida si no que como manifestación de fauna y flora y en la forma de recurso productivo.

Similarmente el proyecto del parque Kaukari en la ciudad de Copiapó [fig.s 24] tiene la intención de integrar distintos usos en la transformación del ecosistema húmedo del Copiapó, sujeto a deterioro y contaminación minera. La necesidad de resiliencia frente a los frecuentes episodios aluviales de las últimas décadas ha llevado a una propuesta de re-naturalización del cauce fluvial. En su porción construida, el proyecto ha logrado no solo contribuir al control de la aluvión del 2015 como solución hidráulica si no que ha constituido desde 2014 un espacio urbano de recreación y de regeneración ecológica.

[fig.V.24] Qunli Stormwater Wetland Park, Qunli, New District, Haerbin City, Heilongjiang Province, China, 2009-2010; fuente: (Turenscape, *Qunli Stormwater Wetland Park,* 2010, descripción de proyecto, Archdaily, 2010, [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente: https://www.archdaily.com/446025/qunli-stormwater-wetland-park-turenscape)

Qunli Stormwater Wetland Park
Qunli New District, Haerbin City, Heilongjiang Province, China, 2009-2010
Turenscape

El proyecto involucra un parque húmedo de 34,2 hectáreas en un asentamiento urbano en crecida. Para enfrentar la desaparición de dicho ecosistema amenazado por el recorte de sus fuentes hídrica, se propone la reconversión del sitio en *esponja verde,* un parque urbano alimentado por aguas pluviales activo ecológicamente. La recolección, filtración y almacenamiento de agua infiltrada al acuífero permite no solo el sustento de la vida animal y vegetal en el humedal protegido, si no que también puede proporcionar nuevas experiencias recreativas y estéticas a la comunidad urbana.

Con este objetivo, cuatro estrategias principales involucran distintas capas y caminos evolutivos:

1. conservación integral del núcleo central del humedal para una transformación independiente
2. creación de un anillo interior o collar de protección al humedal existente como borde de amortiguación. Las aguas pluviales se recolectan exteriormente antes de filtrarse y depositarse a través de los estanques. Los pastos y prados nativos se cultivan en las piscinas de varias profundidades, mientras que en los montículos se cultivan arboledas de abedules plateados nativos como entorno de bosque denso
3. en el nivel de suelo, a lo largo del trazado de borde entre estanques-montículos y humedal central se construye una red de caminos y plataformas de descanso
4. una pasarela une montículos dispersos, torres de observación y pabellones para permitir una vista lejana del ecosistema recuperado

"*A través de la transformación de este humedal agonizante, las aguas pluviales que con frecuencia causan inundaciones se han convertido ahora en un beneficio ambiental positivo en la ciudad*"
(Turenscape, *Qunli Stormwater Wetland Park,* 2010, descripción de proyecto, Archdaily, 2010, [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente: https://www.archdaily.com/446025/qunli-stormwater-wetland-park-turenscape)

Ningbo Eco-corridor
Ningbo, China, 2013
SWA Group, Sausalito, CA

El proyecto transforma 250 acre de área metropolitana al Este de Ningbo en un corredor ecológico que incluye usos de suelos industriales y agrícola. La propuesta busca proveer servicios de recreación, educación y cultura para la ciudad, además de construir un nuevo habitat para flora y fauna. El parque se despliega a lo largo de una borde-malla con un corredor longitudinal al río y corredores húmedos transversales que conectan distritos urbanos de vocación comercial.

Los elementos considerados claves para el diseño de la infraestructura ecológica resultan: la integración con el tejido urbano existente; el balance entre los procesos habitacionales ecológicos y antrópicos; la creación de espacios públicos identitarios; el énfasis en el carácter de detonante ecológico del diseño.

(Asla professional Awards, *Ningbo Eco-Corridor - 3.3 km Living Filter,* SWA Group, 2013, descripción de proyecto, [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente: https://www.asla.org/2013awards/253.html)

[fig.s V.26]; Ningbo Eco-corridor
Ningbo, China, 2013; fuente: *ibidem*

[fig.s V.25] Qunli Stormwater Wetland Park, Qunli, New District, Haerbin City, Heilongjiang Province, China, 2009-2010; fuente: (Turenscape, *Qunli Stormwater Wetland Park,* 2010, descripción de proyecto, Archdaily, 2010, [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente: https://www.archdaily.com/446025/qunli-stormwater-wetland-park-turenscape)

[fig. V.27A] Masterplan, *Parque Kaukari del río Copiapó;* fuente: *Parque Kaukari del río Copiapó,* ARQ [artículo de revista] No. 99, Infraestructura, Agosto 2018)

[fig.s V.27B] Fotografías aéreas, *Parque Kaukari del río Copiapó;* autor: T. Gomez, 2019

[fig.s V.27C] Cauce inundable, *Parque Kaukari del río Copiapó;* fuente: *ibidem*

Parque Kaukari
Copiapó, Región de Atacama, Chile, 2018
Teodoro Fernandez Arquitectos

El parque Kaukari en Copiapó, el asentamiento urbano más cercano a Tierra Amarilla, propone *** la oposición normalizada entre infraestructura y paisaje 'natural'. Al enfrentar un proyecto de infraestructura hidráulica fluvial, la arquitectura opera 'renaturalizando' el río. En alternativa a un diseño del cauce como defensa ante las aluviones que dejaba el lecho en un fondo plano con flujo contenido por muros laterales que impedían el acceso a las riberas, el proyecto pretende funcionar como espacio del uso cotidiano, tanto en sequía como en época de crecidas.

En su extensión de 3,5 km, las secciones tipos se adaptan a distintos caudales, actividades de fauna, flora y humanas. El tramo del parque construido hasta ahora divide el cauce en cuatros espacios principales:
- el permanente, más profundo, plano, que permite el cruce peatonal, con un ancho entre 6 y 10m
- el espacio de crecida hasta 20 años, con ancho entre 10 y 30 metros, con taludes de hasta 10% de inclinación, aptos para vegetación endémica y recreación
- la sección para la crecida centenaria, con inclinación máxima 20%, protegida de la erosión aluvial con rocas, y con fundaciones de taludes profundas para evitar la ampliación del cauce central; algunos trabajos de suelo no invasores permiten el paseo, el descanso, el juego
- un borde libre de 1m mira contener eventualidades, que, con una sección completa entre 60 y 80m, permitió contener casi el doble del caudal proyectado, como ocurrió en las crecidas de 2015 y 2017.

"En el aluvión sufrido por el valle de Copiapó el 12 de mayo de 2017, se demostró que los dos kilómetros del parque Kaukari fueron el único tramo donde el río no se desbordó."

(Teodoro Fernández , Paulina Courard, *Parque Kaukari del río Copiapó,* ARQ [artículo de revista] No. 99, Infraestructura, Agosto 2018)

V.III_Coexistir en la humedad: reflexión crítica

En este momento histórico la supervivencia de muchos individuos de nuestra especie depende de estrategias de confinamiento que nos han visto obligados a una modalidad de relación virtual. La mayoría de la comunidad urbana se ve duramente golpeada no solo por la recesión económica si no que también por la restricción repentina de su horizonte de relación.

Los espacios físicos urbanos se ven ahora sujetos a una política de vigilancia, al control institucionalizado de sus dinámicas frente a la amenaza de la extinción. Estas medidas llevan a una reflexión profunda no solo sobre las posibles soluciones a corto plazo para enfrentar esta falta si no que también sobre sus causas profundas. Se propone aquí entender la restauración de la relación conflictiva entre especie humana y ecosistemas como primer paso hacia la generación de nuevas formas de coexistencia.

La reflexión toma particular relevancia si se considera la actual crisis sanitaria como consecuencia indirecta de la agresiva invasión antrópica de las comunidades vegetales o animales y de un sistema globalizado capitalista en el cual el valor de la vida toma un rol secundario frente al desarrollo económico basado en las actividades extractivas.

En el caso específico de la crisis hídrica de la cuenca del Copiapó, la necesidad de extender los horizontes de coexistencia, en términos conceptuales y prácticos, hacia las otras especies se entiende por la dependencia común al recurso agua. La humedad regenerada por la intervención antrópica en favor de los ecosistemas es una forma de intercambio de espacios que se destaca del concepto de proximidad social urbana para explorar la relación con las formas de vida no humanas.

_Micro-parasitas y ecología planetaria: lazos

Si bien la aparición de un nuevo virus podría ser considerado un episodio históricamente previsible y repetidamente enfrentado por nuestra especie, buena parte de la comunidad científica concuerda en que la crisis sanitaria de este año esté fuertemente relacionada con el modelo global de desarrollo capitalista.[4] Este ultimo relega el valor vida a una posición secundaria frente a los objetivos de acumulación de bienes y privilegios, actuando a través de la explotación de recursos naturales y del mantenimiento de un sistema social basado en la jerarquía económica.

Así como se supone que el desmantelamiento de los *habitat* de las especies selváticas y su proximidad con la especie humana haya empujado el pasaje del virus a nuestra especie, la estructura socio-económica capitalista ha favorecido su rapidísima difusión, generando graves problemas sanitarios donde más ya se concentraba la precariedad del sistema por razones económicas o ambientales. Si por un lado la crisis sanitaria nos ha relegados a espacios limitados divididos, nuestros hogares, por otro lado ha evidenciado una vez más nuestra dependencia de la ecología planetaria encontrándonos inaptos al enfrentar la difusión del virus, especialmente en situaciones urbanas de alta densidad y, paradójicamente, de alta coexistencia con individuos humanos *otros* potencialmente infectos.

Según lo mencionado, las causas de la crisis sanitaria global serían las prácticas que empujan el crecimiento sin límites aspirado por el sistema capitalista: el extractivismo agresivo, las emisiones que modifican la calidad del aire, del agua, de la tierra, la cría intensiva de animales, la densidad habitacional de las metrópolis, los estándar sanitarios y alimentarios inadecuados; a estos se suman una creciente interconexión y movilidad globalizada y un empuje al incremento de la productividad. Las reflexiones llevadas adelante por varios movimientos ético-ecológicos transnacionales llaman al enraizar las instancias medioambientales en un modelo social de convivencia que involucre las otras especies vivientes.

[fig. V.28] *Doble perspectiva*, proyecto Parallel City, 2020; fuente: Milano Animal City Town Planning Design Workshop – Urbanism & Urban Design, Politecnico Di Milano [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente:https://milanoanimalcity.wordpress.com/

[4] Song Jin (ACS Energy Letters) COVID-19, Climate Change, and Renewable Energy Research: We Are All in This Together, and the Time to Act Is Now, 2020, may; fuente: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7228427/

Milano Animal City
PoliMi Urban Planning Studio, 2016

Milano Animal City es un proyecto de investigación desarrollado en el ámbito del taller de urbanismo del Politecnico de Milán en 2016 dirigido por Stefano Boeri y Michele Brunello. Representando transformaciones arquitectónicas, urbanas y ecológicas en la ciudad existente, las visiones urbanas proyectadas en 2030 propone buscar una manera alternativa de entender el habitar humano frente a la crisis climática y ecológica en curso.

En este sentido, propone un enfoque ético no antropocéntrico en el diseño de los espacios urbanos y domésticos. A través de la recolonización por parte de otras especies vivientes de las superficies antropizadas, se busca la regeneración de los ecosistemas en los mismos lugares más construidos y explotado por el crecimiento urbano. El nuevo panorama ético no-antropocéntrico implica aplicar una nueva idea de urbanidad donde el humano busca la coexistencia entre el caleidoscopio de la vida.

Basándose en la idea de un ecosistema urbano constituido por diferentes formas de energía, el estudio del desarrollo de cada espacio de vida podría volverse una manera de entender la urbanización como puesta de límites a otras formas de vida o como observación del proceso de no-crecimiento y retirada del humano en favor de la reaparición de otras especies vivientes.

"We need to think about an urban politics based around inclusion,(...) which affect the future of the whole planet and its ecosystems. This transformation in urban politics, thanks to the adoption of a non-anthropocentric ethical outlook, is therefore a radical one."

(Milano Animal City Town Planning Design Workshop – Urbanism & Urban Design, Politecnico Di Milano [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente: https://milanoanimalcity.wordpress.com/)

PARALLEL CITY

"As Jacques Derrida says in his book 'L'animal que donc je suis', we are all animal living on the same common ground, and as all the other animals we perceive the city in a practical way and we establish a relationship with it depending on our needs."

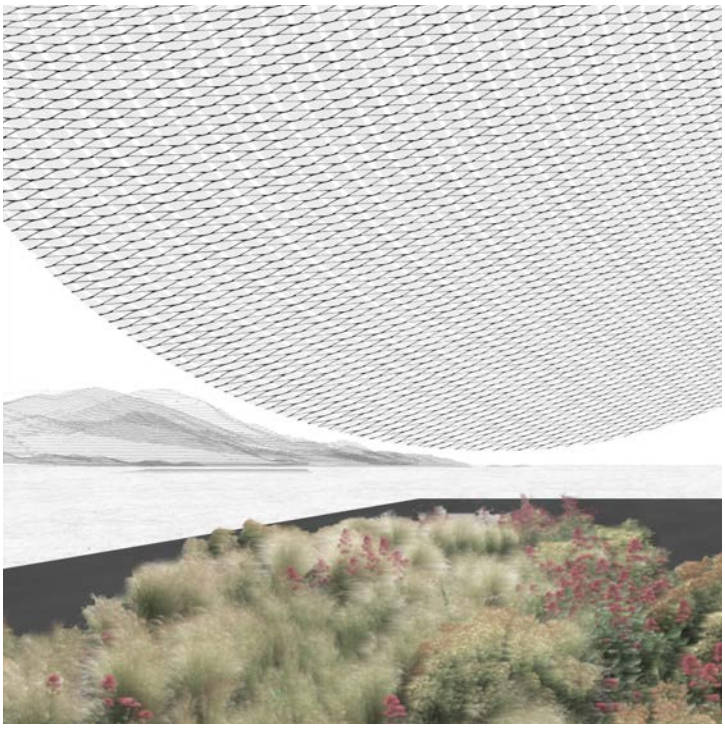
Parallel city se ubica adentro del taller de investigación MAC (Milano Animal City) con un la intención específica de ampliar las posibilidades de biodiversidad y abrir los espacios urbanos para que los ocupen. A través de la conexión e interacción con la ciudad, el lugar se vuelve al mismo tiempo una ruta de comunicación y un espacio habitable para las especies no-humanas. Además, la arquitectura del puente-pasarela en sus conformaciones distintas que dependen del entorno que atraviesa permite una toma de conciencia y aprendizaje sobre los espacios de la vida de flora y fauna colonizadora.

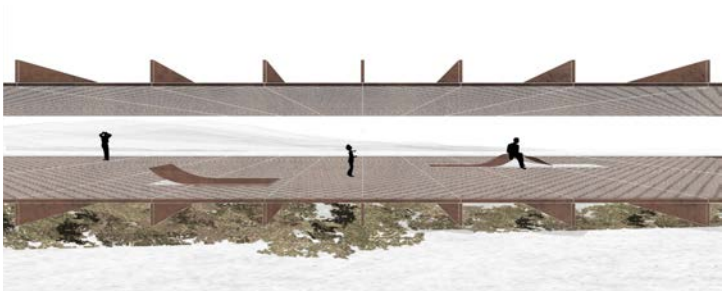
[fig.s V.29] Imágenes de proyecto, *Parallel City*, 2020; fuente: Milano Animal City Town Planning Design Workshop – Urbanism & Urban Design, Politecnico Di Milano [fecha de consulta 31 Julio 2020]. fuente: https://milanoanimalcity.wordpress.com/

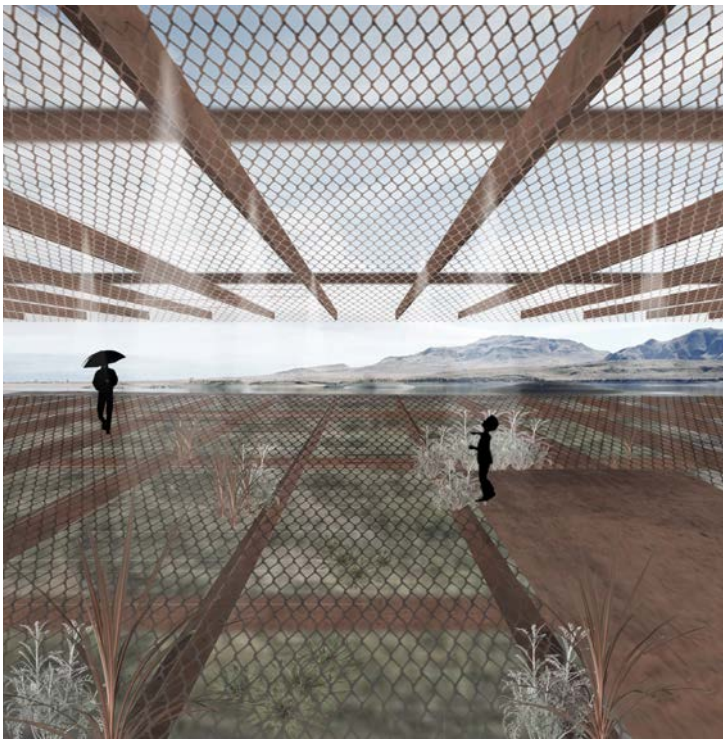
Se puede concordar entonces en que esta transformación tenga que pasar por un cambio de paradigma en nuestro entendimiento de las relaciones sociales a tutelar. Tanto los eventos ambientales catastróficos y la desertificación creciente como la amenaza de muerte ligada a una forma de vida microscópica nos recuerdan la vulnerabilidad de nuestra especie frente a las respuestas de los ecosistemas que agresivamente se intentan doblegar al desarrollo económico. Entonces, bajo la conciencia que la supervivencia de la comunidad humana depende de la adaptación a la ecología planetaria, en la cual el hombre juega un rol fundamental por lo menos en la era geológica que vivimos, definida *Antropoceno*[5], nos vemos ahora obligados a incluir en el proyecto social pospandemia las dinámicas de los ecosistemas vegetales y animales para construir un futuro donde sea no solo posible, si no que realmente deseable, existir.

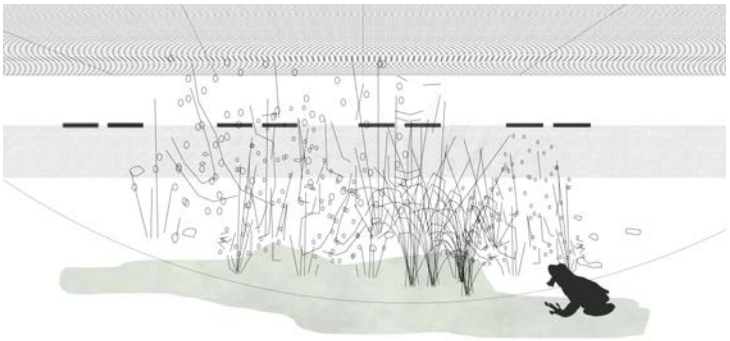
Esta última operación intelectual no corresponde solamente a una admisión de culpa o al restablecimiento de una relación de tipo utilitario entre entes distintos. No basta decir que los ecosistemas nos *sirven* y hacernos entonces cargo de su cura. Más bien se trata de un cambio de paradigma en el entendimiento de la posición de *homo sapiens* arriba de la corteza terrestre. Bajo la renuncia, por lo menos simbólica, de la perspectiva antropocéntrica, es quizás posible para el humano ampliar la percepción de su condición de coexistencia a las formas *otras* de vida que lo generaron. La declinación del concepto de coexistencia expuesta permite finalmente entender el actor humano como uno entre los entes animales y vegetales que dependen del equilibrio ecosistémico en el fragmento de planeta que comparten. La reflexión se enfoca en particular en la dependencia común al recurso hídrico, que, en la cuenca del Copiapó, por las razones expuestas anteriormente, tampoco está equitativamente distribuido entre los mismos humanos.

[5] El concepto de *Antropoceno* fue acuñado en el año 2000 por el premio nobel de química holandés Paul Crutzen. Crutzen. Se utilizó por primera vez el término en la prensa escrita en un boletín de 2000 del Organismo Internacional de la Geosfera y la Biosfera (IGBP), no. 41. Parte de la comunidad científica lo utiliza actualmente para indicar la época actual del período Cuaternario en la historia terrestre donde las actividades humanas han tenido un impacto global sobre los ecosistemas terrestres.









_El agua común

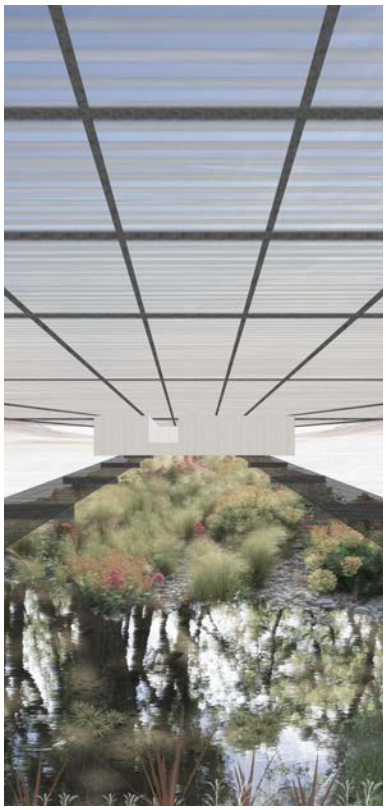
Si bien el problema ecológico de la cuenca del Copiapó llama finalmente a considerar el tejido hídrico que sustenta el valle en su totalidad, resulta igualmente necesario acortar la mirada a los *microcosmos cercanos*[6] de relación donde se manifiesta a la escala humana como se comparte el agua.

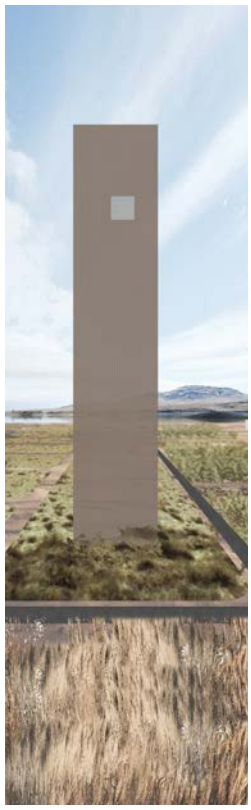
La representación visual de situaciones húmedas ha constituido una herramienta para entender como la intervención antrópica pueda contribuir en ese contexto específico a la coexistencia entre las especies. La narración, en la forma de relato dibujado, trata de replantear la disponibilidad del recurso agua como consecuencia de un intercambio continuo entre las especies capaz de alimentar el ciclo ecológico.

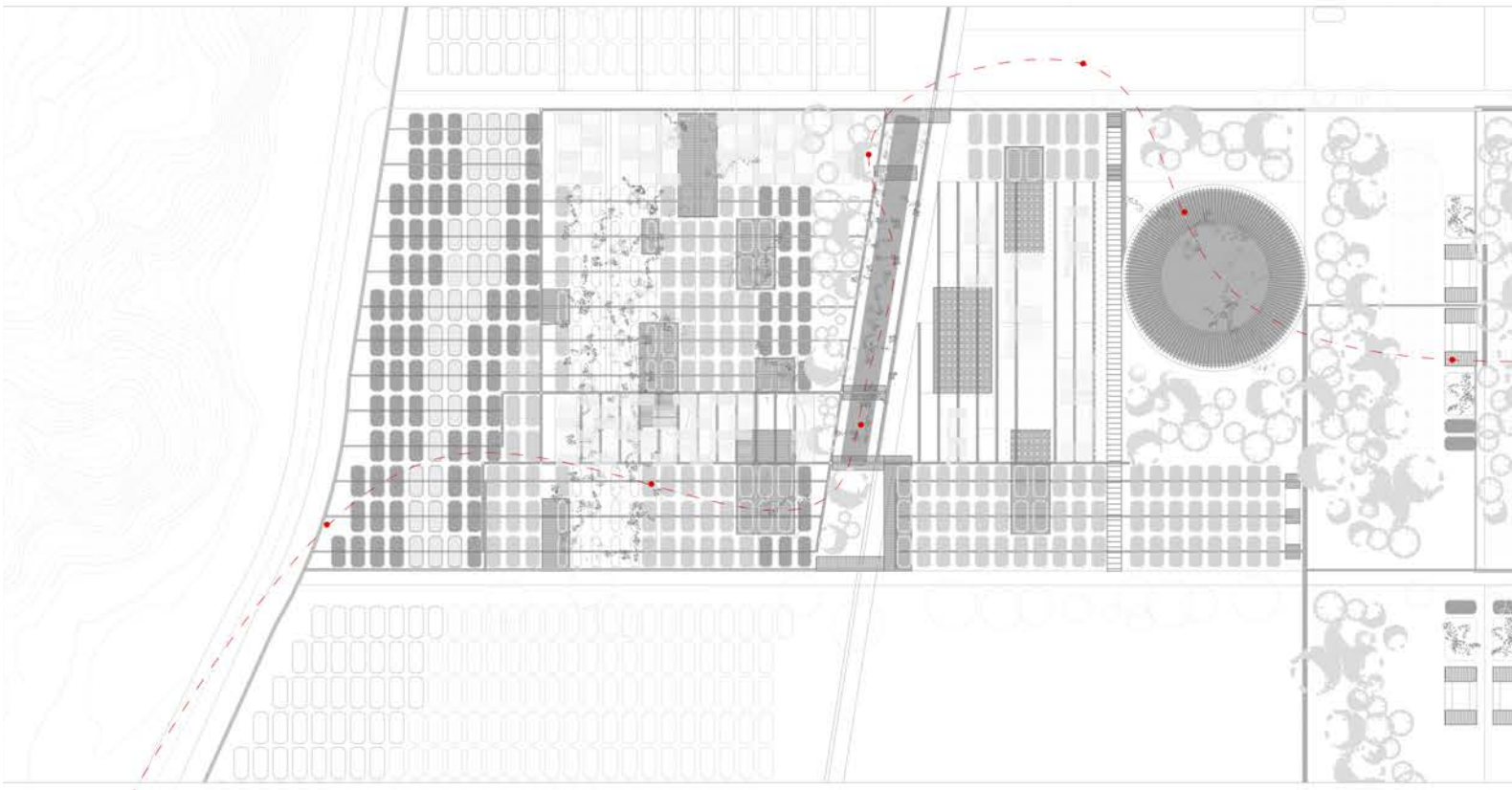
pp. anteriores
[fig.sV.30] Situaciones de humedad, representaciones de proyecto en el ámbito del workshop *Oasis* con Nicolas Norero, Mayo 2020, elaboración propia

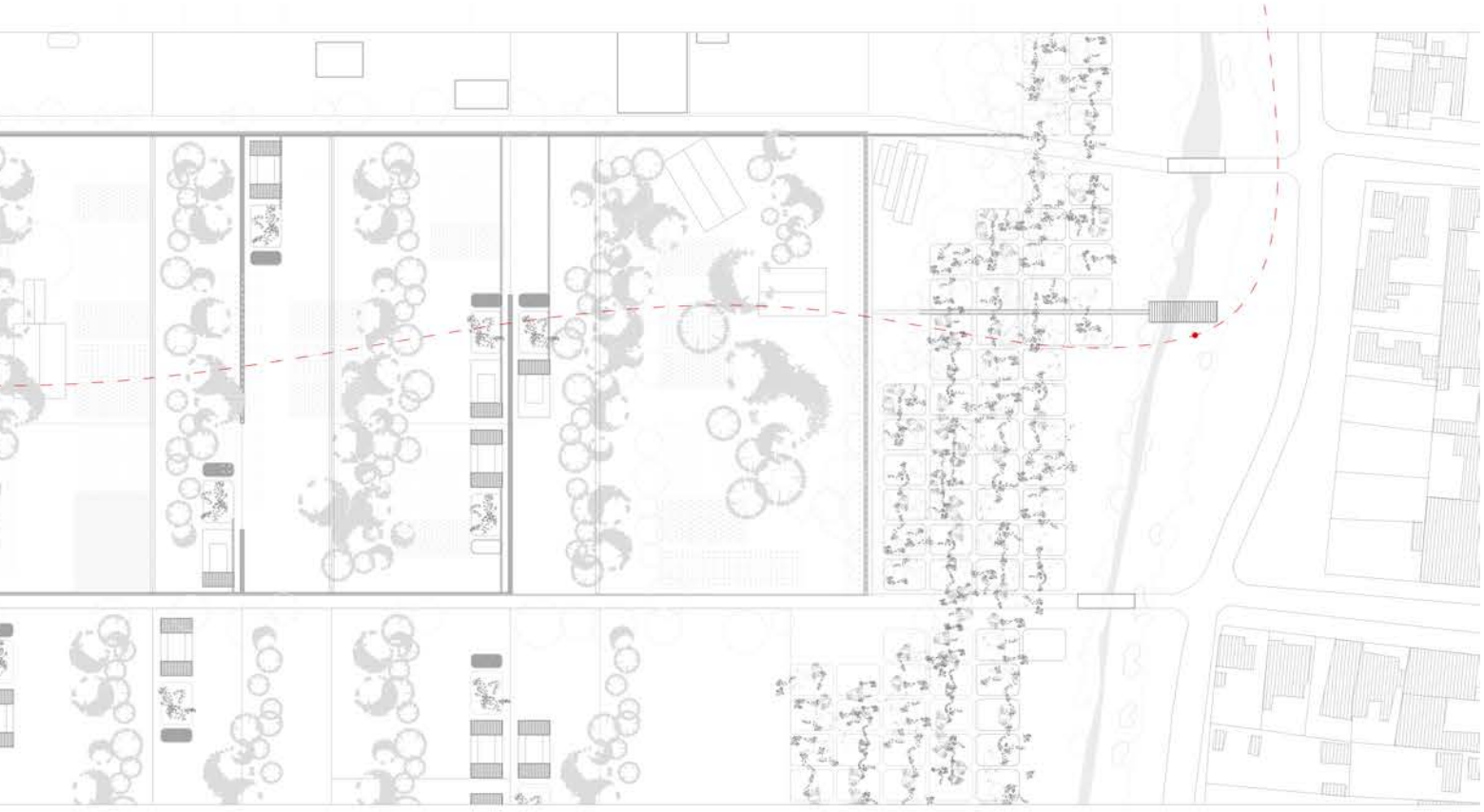
pp. siguientes
[fig. V.31] Imágenes objetivo de proyecto en secuencia según el recorrido de un cernícalo indicado en planimetría desarrollado en el ámbito del workshop *Oasis* de Nicolas Norero, Mayo 2020, elaboración propia

[6] Morton, Timothy, *El Pensamiento Ecológico* (Editorial Paidos Ibérica, Barcelona, 2018), 94









"La civilización india se basa en los textiles y, por lo tanto, es una civilización anti-arquitectónica, anti-mecánica, anti-lógica y anti-constructiva capaz de entender los procesos de entretejido como una filosofía cósmica donde la vida continúa más allá de la muerte, dentro de la disformidad y trama de otras vidas. El telón de fondo de la sociedad india, con sus códigos de identidad metropolitana aún ligados a la presencia de colores y patrones textiles, coincide, mucho más que la arquitectura, con el sistema móvil de cuerpos en un entorno biotecnológico."

(Andrea Branzi, *Weak and Diffuse Modernity, The World of Projects at the Beginning of the 21st Century*, Skira, 2006, p.25-27)

V.IV_Ti.Hum agro-parque húmedo

Bajo el entendimiento de la humedad como carácter esencial para la coexistencia entre especies, se ha buscado definir estrategias para ocupar el flujo de agua contaminada por la minería en el sustento de la comunidad de Tierra Amarilla y en la regeneración de su ecosistema fluvial. Entendiendo la sequía actual del poblado como producto del uso intenso del recurso hídrico por distintos actores privados e suponiendo que recargar el acuífero podría contribuir a la regeneración del sistema húmedo del río, al sustento agrícola y a la mitigación de los daños ecológicos producidos por los relaves mineros, se elige establecer varias estrategias de intervención. [fig. 17]

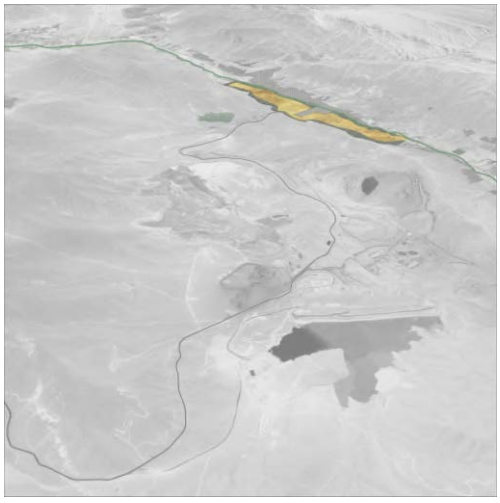
_Estrategias de proyecto

La principal estrategia consiste en la generación de un agro-parque híbrido entre superficies públicas y privadas, completamente sustentado por agua fitopurada y responsable también de la alimentación de la cuenca con las mismas aguas que lo alimentan, previa depuración. A través de la reactivación de los cultivos abandonados se intenta probar entonces que es posible recargar la cuenca, sin eliminar, o más bien *a través de*, las actividades productivas humanas en el valle. La construcción de una malla acuífera artificial de soporte al tejido productivo manejada en su totalidad podría garantizar al mismo tiempo sustento al humano y aporte hídrico fijo al río.

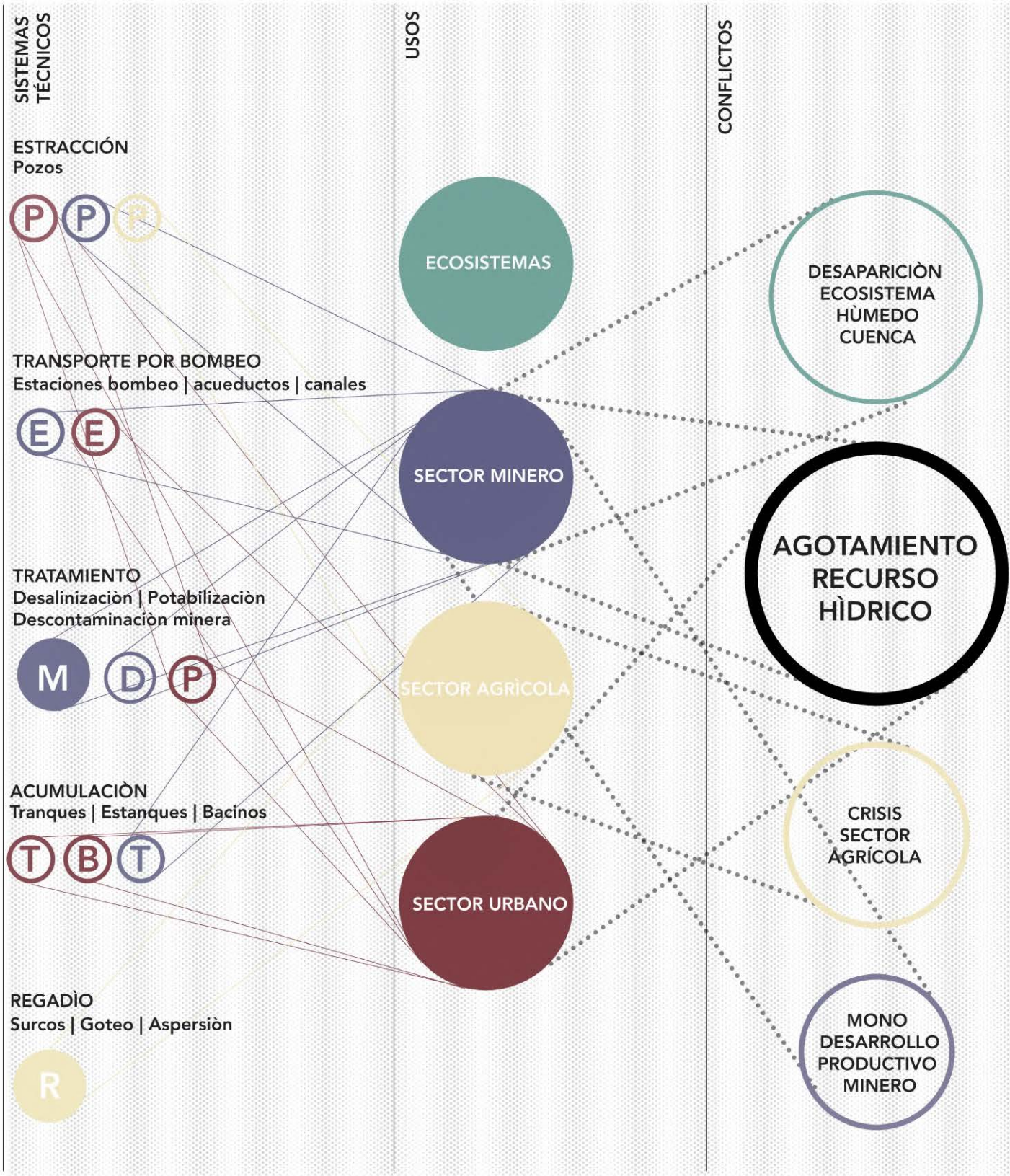
El agro-parque TiHum toma la apariencia de una nueva urbanización agrícola, estructurada a partir de la parcelación existente pero diferente por densidad habitacional y sistema de cultivo. Se imagina transformar el área actualmente considerada en desarrollo por el PRC igual a 110 Ha según una densidad de 20 p/ha. Este factor de ocupación del territorio haría funcionar el nuevo tejido agro-productivo como un híbrido entre las actuales conformaciones de las manzanas residenciales (40 p/ha) y las áreas agrícolas (1 p/ha).[8]

[fig. V.32] Henri Cartier-Bresson, Ahmedabad, Gujerat, India, 1966 (Magnum Archieve, 2010)

[fig. V.33] Foto satelital, visión a vuelo de pájaro, localidad Tierra Amarilla; en amarillo el tejido agrícola semi abandonado, elaboración propia; fuente: Google Earth



[8] AA. VV., *Análisis Brechas de Infraestructura Urbana MOP en ciudades, Etapa I,* CIPRES Ingeniería Ltda, MOP


SISTEMAS TÉCNICOS
USOS
CONFLICTOS
ESTRACCIÓN
Pozos
P
P
P
TRANSPORTE POR BOMBEO
Estaciones bombeo | acueductos | canales
E
E
TRATAMIENTO
Desalinizaciòn | Potabilizaciòn
Descontaminaciòn minera
M
D
P
ACUMULACIÒN
Tranques | Estanques | Bacinos
T
B
T
REGADÌO
Surcos | Goteo | Aspersiòn
R
ECOSISTEMAS
SECTOR MINERO
SECTOR AGRÌCOLA
SECTOR URBANO
DESAPARICIÒN ECOSISTEMA HÙMEDO CUENCA
AGOTAMIENTO RECURSO HÌDRICO
CRISIS SECTOR AGRÍCOLA
MONO DESARROLLO PRODUCTIVO MINERO

[fig.V.34] Mapa estrategias de proyecto, elaboración propia

_Manejo del caudal hídrico recuperado

El abastecimiento hídrico del área podría depender exclusivamente del agua recuperada de la planta minera San José. La extensión de la superficie involucrada por la transformación y la existencia de estudios previos[9] sobre el tratamiento de aguas residuales mineras a través de filtros pasivos fitodepurativos sugieren solucionar la depuración de las aguas con una infraestructura continua de humedales artificiales soportado por una malla de canales y acueductos.

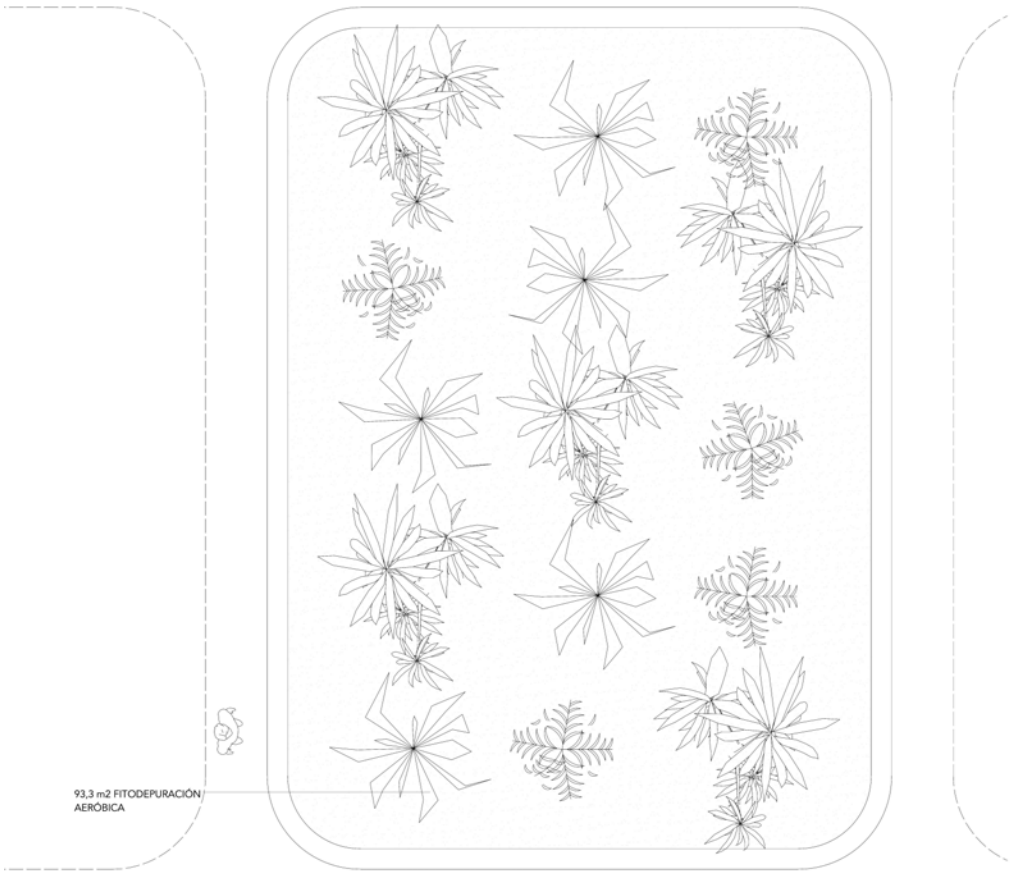
Según el mismo estudio, filtros de tipo anaeróbico y con flujo sumergido tienen una capacidad de tratamiento de alrededor de 4000l/día en una superficie de 273 m^2, mientras que filtros con macrófitas funcionan por un caudal de 4000 l/día en una superficie de 933 m^2 [fig.s V.35-36][10]. Considerando un caudal de aguas contaminadas por procesos mineros ampliamente mayor del flujo a tratar de aguas grises, se propone utilizar la tecnología anaeróbica en el tratamiento post extracción mineral y la tecnología aeróbica para el tratamiento de las aguas domésticas.

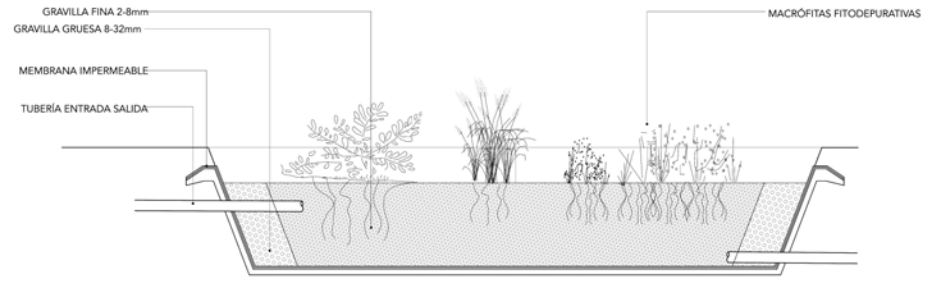
[fig. V.35] Filtro pasivo aeróbico, capacidad de tratamiento caudal 400 l/día, elaboración propia.

[fig. V.36] Filtro pasivo anaeróbico, capacidad de tratamiento caudal 400 l/día, elaboración propia.

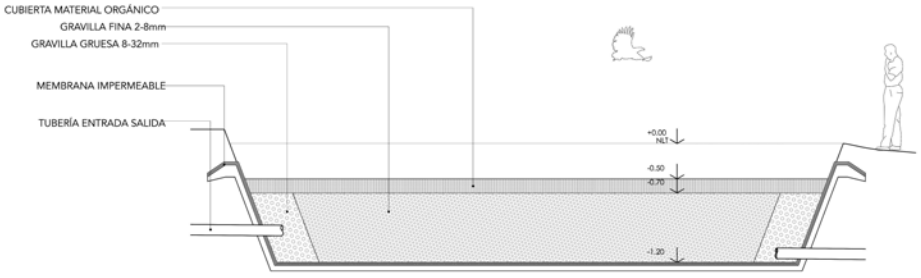
[9] Ginocchio, (CEZA – Universidad de Chile) *Estudio de la tratabilidad de las aguas claras del tranque de relaves Pampa Austral para la diversificación productiva de la comuna de Diego de Almagro. Centro de investigación minera y metalúrgica*, Universidad de Chile: Santiago de Chile, 2012.

[10] Quevedo Egaña G., *OASIS FITODEPURADOR: Infraestructura hídrica para la consolidación socio-ecológica del tranque de relaves Pampa Austral,* Tesis para optar a título de Arquitecto y grado de magister. Pontificia Universidad Católica, Escuela de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Santiago, Chile, 2018, p.92.


93,3 m2 FITODEPURACIÓN
AERÓBICA


GRAVILLA FINA 2-8mm
GRAVILLA GRUESA 8-32mm
MEMBRANA IMPERMEABLE
TUBERÍA ENTRADA SALIDA
MACRÓFITAS FITODEPURATIVAS

27,3 m2 FITODEPURACIÓN
ANAERÓBICA


CUBIERTA MATERIAL ORGÁNICO
GRAVILLA FINA 2-8mm
GRAVILLA GRUESA 8-32mm
MEMBRANA IMPERMEABLE
TUBERÍA ENTRADA SALIDA
+0.00
NLT
-0.50
-0.70
-1.20

Considerando una huella hídrica individual que comprenda los gastos domésticos y el abastecimiento alimentario con productos locales estimada alrededor de 0,0375 l/s[11] y el caudal a recuperar disponible igual a 50 l/s, se definen las superficies fitodepurativas útiles al agro-parque:

- 29, 5 Ha de filtros anaeróbicos
- 8,8 Ha de filtros aeróbicos

De hecho, con la primera fase de tratamiento del caudal en entrada de 50 l/s, se podrían otorgar:

- 30 l/s al abastecimiento humano de los cuales:
    - 26 l/s al riego de los cultivos
    - 4 l/s al uso doméstico
- 15 l/s a los humedales artificiales
- 2,5 l/s a los viveros de macrofitas fitodepurativas
- 2,5 l/s a los centros de monitoreo y visitantes

En la segunda fase, con filtros aeróbicos, se tratarían en cambio:

- 2,0 l/s de aguas grises domésticas
- 1,0 l/s de aguas grises edificios agro-parque

que, agregados a los 15 l/s de agua almacenada en los humedales artificiales, otorgarían una recarga total al acuífero de 18,0 l/s

La superficie agrícola posiblemente regada (40 Ha) podría acoger unidades habitacionales (8 personas) con ocupación de superficie igual a 0,4 Ha, por un total alrededor de 800 personas viviendo en 40 Ha.

[fig. V.37] Datos manejo del caudal hídrico, elaboración propia

[11] AA. VV., *Altas de Aguas Chile*, Ministero de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile, Santiago, 2016

TiHUM
agro-parque húmedo

superficie fitodepurativa
anaeróbica
29,5 Ha

superficie agrícola
abastecida
40 Ha

superficie fitodepurativa
aeróbica
8.8 Ha

HUELLA HÌDRICA eco-sustentable
Propuesta de proyecto

100.000,00 l/año
0,0375 l/s

agua de recupero para TiHUM
50,0 l/s

TiHUM
unidad habitable

0,4 Ha
0,1920 l/s

N. unidades habitables
110

nuevos habitantes
880

consumo agro-sanitario
30,0 l/s

consumo agrìcola
26,0 l/s

consumo sanitario
4 l/s

centro visitantes /viveros
2,5 l/s

2,5 l/s

piscinas parque húmedo
15 l/s

recupero aguas grises
3,0 l/s

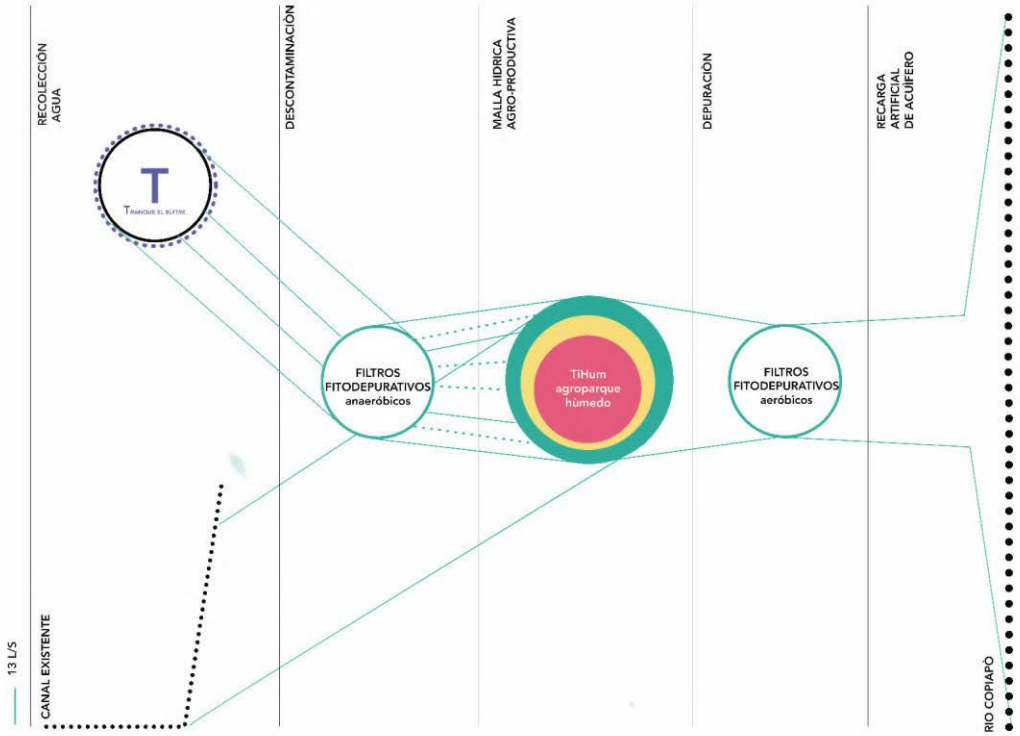
l/s recarga hìdrica fija
18,0 l/s

_Actores y modelo de gestión

Se propone una inversión pública por parte del MOP (DGA) para la construcción de la infraestructura de descontaminación que sirva al abastecimiento de la nueva urbanización y del parque público asociado. A este financiamiento podrían aportar las ganancias de patente de no uso, que involucraría alrededor de un 50 % de los derechos hasta ahora otorgados en el sector para la actividad minera.

La Comunidad Aguas Subterráneas,[12] la única hasta ahora en Chile, se haría cargo de la redistribución de los derechos de agua tratada con prioridad a los dueños de los campos de cultivo involucrados en la regeneración y a las empresas agrícolas mayormente afectadas por la crisis hídrica.

[fig.V.38] Mapa operaciones de proyecto, elaboración propia



[12] CASUB: Comunidad de Aguas Subterránea http://www.casub.cl

_Operaciones

Se presentan entonces a continuación las operaciones de proyecto, según el orden del ciclo del agua agregado propuesto.

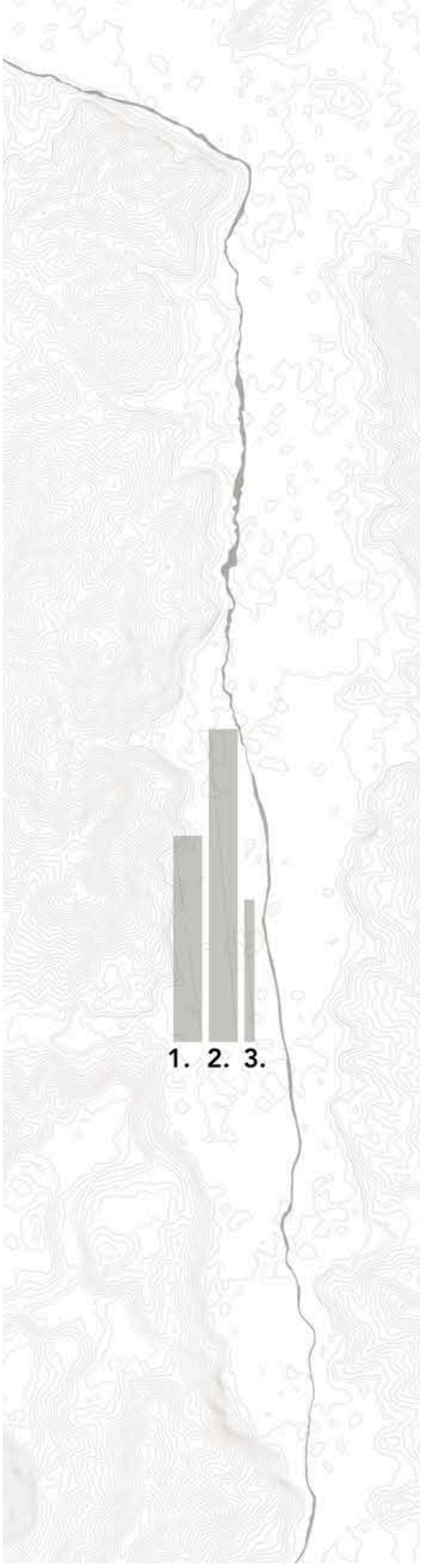
A. Transporte del agua almacenada en el tranque el Buitre hacia el borde de la ciudad en un canal-acueducto, que siga el trazado del camino C397 ahora conexión entre la ruta principal del valle C35 y los establecimientos mineros Oestes a través de la quebrada El Buitre.

B. Tratamiento del agua contaminada en una franja de superficies fitodepurativas aeróbicas, a ubicarse en los terrenos secos que bordean el límite de la ciudad al Oeste en la forma de la ruta asfaltada existente.

C. Canalización del agua fitodepurada en una malla artificial de soporte a la parcelación agrícola, híbrida entre fragmentación existentes y diseñada, para su utilización en el riego por cultivo y en las casas. Como antes mencionado, parte del caudal depurado convergería en lagunas artificiales de infiltración, con el objetivo de regenerar el paisaje húmedo del río en sus bordes ahora abandonados.

D. Implementación de la recarga al acuífero con la depuración de aguas residuales domésticas en una franja de supeficies fitodepurativas anaeróbicas. El tejido de humedales artificiales con plantas semiacuáticas podría funcionar también como hotspot ecológico para las especies locales de fauna y flora.

E. Recarga del acuífero: el agua sería transportada a en un canal a las piscinas de infiltración de las franjas públicas del agro-parque TiHum o a través del pozo ubicado en el centro de monitoreo principal.

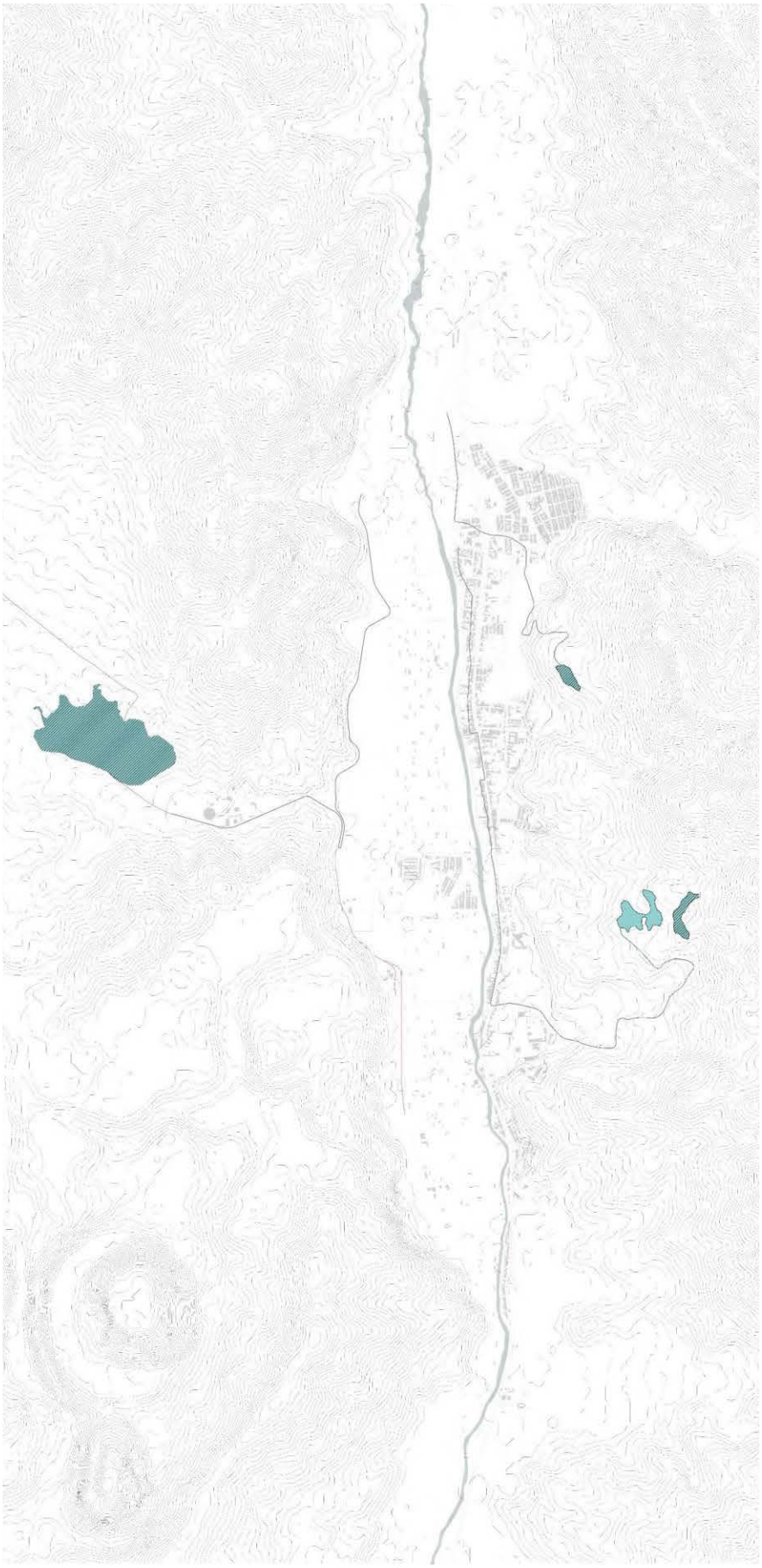


1. fitodepuración anaeróbica
2. superficie de cultivo
3. fitodepuración aeróbica

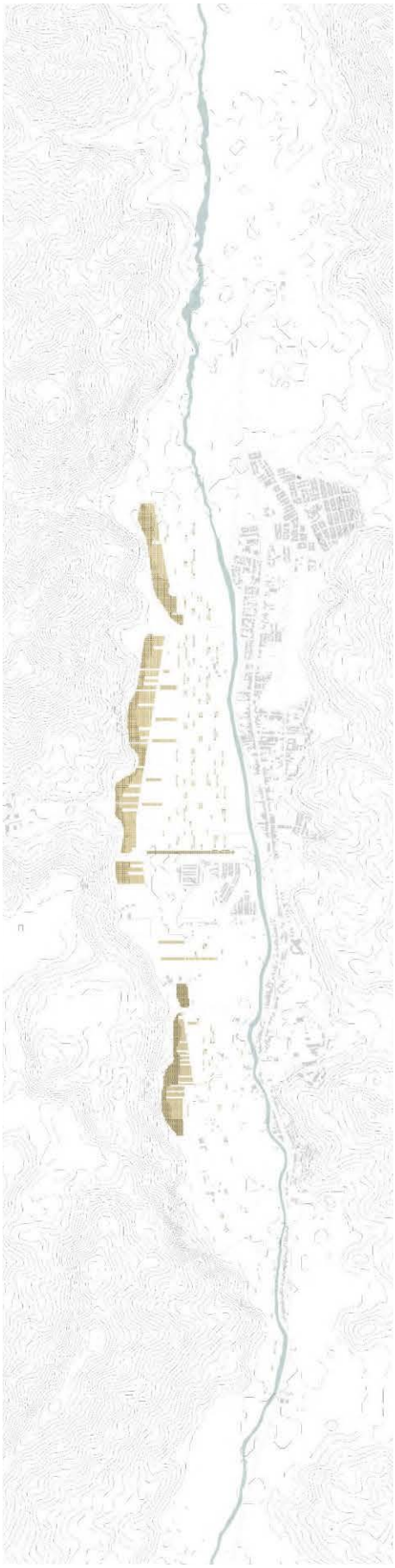
[fig. V.39] Mapa ocupación superficies de proyecto, elaboración propia.

pp. siguientes

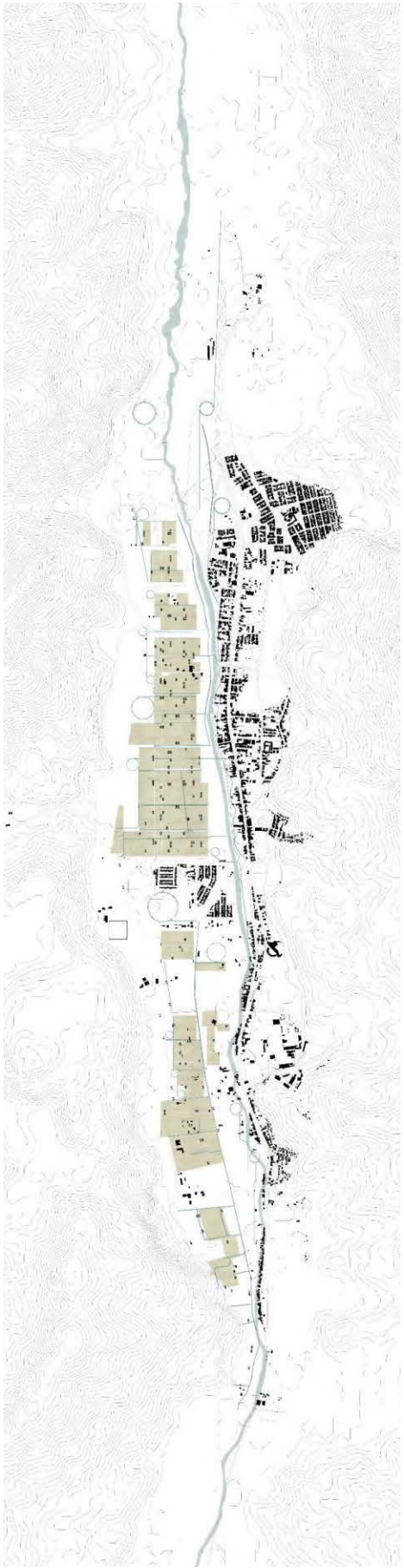
[fig.V.40] Operaciones de proyecto, elaboración propia.



A. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE AGUA CONTAMINADA

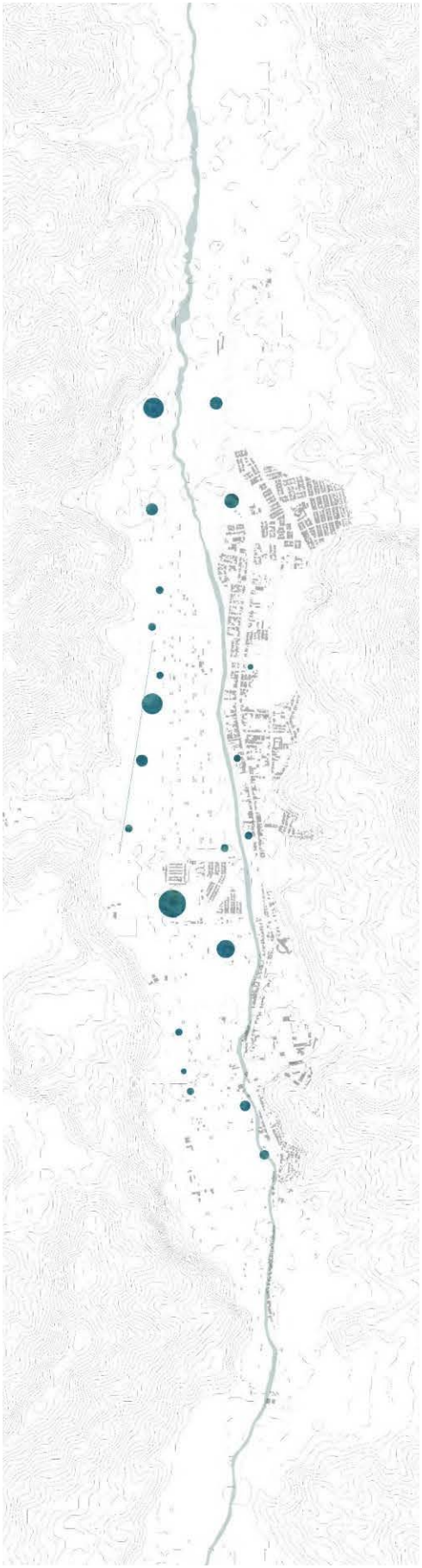


B. FITODEPURACIÓN ANAERÓBICA



C. SUPERFICIES CULTIVADAS

D. FITODEPURACIÓN AERÓBICA



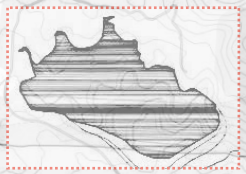
E. TRANSPORTE AGUA TRATADA Y FILTRACIÓN

CORTE DD

CORTE CC

CORTE BB

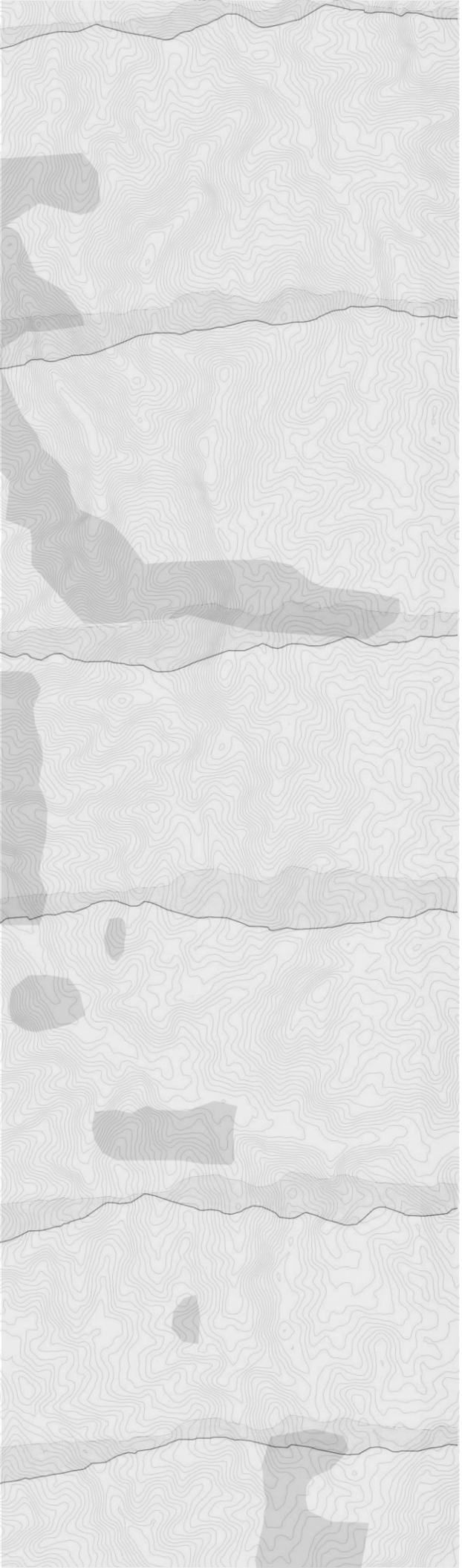
Tranque el Buitre



CORTE AA

CORTE EE

CORTE FF



El mapa de pendiente muestra las superficies del valle que reciben más sombra: la parte Oeste del asentamiento donde la estrategia de intervención preve la regeneración de los campos de cultivos. A la altura del corte AA se ubica la quebrada que conecta el tranque de relaves el Buitre con el valle del Copiapó. Allí se ubicaría el canal de aguas contaminadas a depurar en el agro-parque TiHUm.

[fig.V.41] Levantamiento topográfico, ubicación tranque de relaves El Buitre, elaboración propia

<35%

15/35%

CURVAS DE NIVEL 10M
AGUA LÍQUIDA RÍO
AGUA CONTAMINADA
FILTRO PASIVO AERÓBICO
FILTRO PASIVO ANAERÓBICO
ACUEDUCTOS AGUA CONTAMINADA
CANALES AGUA TRATADA
AGUA TRATADA
HUMEDAL ARTIFICIAL
MACRÓFITAS FITODEPURADORAS PIONIERAS
MACRÓFITAS PFITODEPURADORAS

V.V__Aferrándose al río

Las operaciones propuestas de proyecto decantan en el despliegue de un agro-parque híbrido entre superficies públicas y privadas, completamente sustentado por agua fitopurada. A través de la reactivación de los cultivos abandonados se intenta probar que es posible recargar la cuenca, sin eliminar, o más bien *a través de*, las actividades antrópicas en el valle.

_Sistema hídrico híbrido progresivo

El diseño de un sistema hídrico híbrido entre infraestructuras existentes y nuevas pone a prueba la hipótesis de investigación por la cual la costura de una *mallacuífera* artificial sea capaz de catalizar la existencia biológica en el valle. Esta se entiende como presencia humana sustentada por la actividad agrícola y como presencia de otras especies animales y vegetales en el conjunto de hotspots húmedos generados por la infraestructura hídrica misma.

En el agro-parque TiHum se integran las *mallas* existentes de canales, plantaciones, vegetación espontánea y caminos en una nueva morfología urbana, a través de un sistema añadido de canalización, depuración, almacenamiento y filtración hídrica. De esta manera el agua contaminada del canal construido en el borde de la ladera rocosa, a Este, puede fluir, pasando por distintas fases, hacia el lecho propio del río o aportar a la recarga de la cuenca mediante las grandes piscinas de filtración circulares.

Los elementos de proyecto necesarios al sustento del agro-parque TiHum se repiten a lo largo de la superficie recuperada en franjas correspondientes a la parcelación agrícola existente [fig.V.43]. De esta manera, se puede imaginar una colonización progresiva del asentamiento por parte de la *mallacuífera* y de los artefactos necesarios al funcionamiento del sistema.[fig. V.44]

OPERACIONES DE PROYECTO:

A. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE AGUA CONTAMINADA

B. FITODEPURACIÓN ANAERÓBICA

C. SUPERFICIES CULTIVADAS

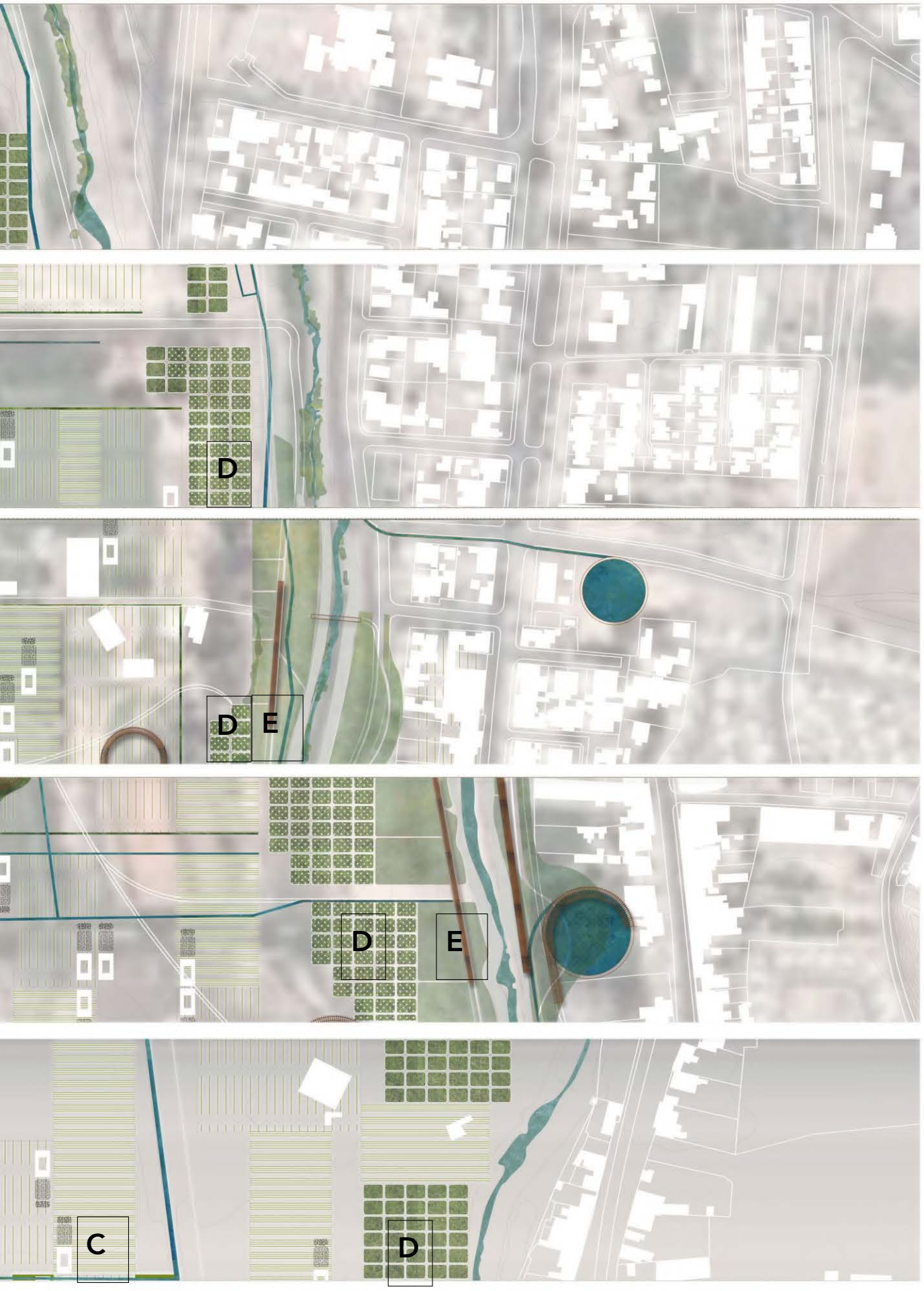
D. FITODEPURACIÓN AERÓBICA

E. TRANSPORTE AGUA TRATADA Y FILTRACIÓN

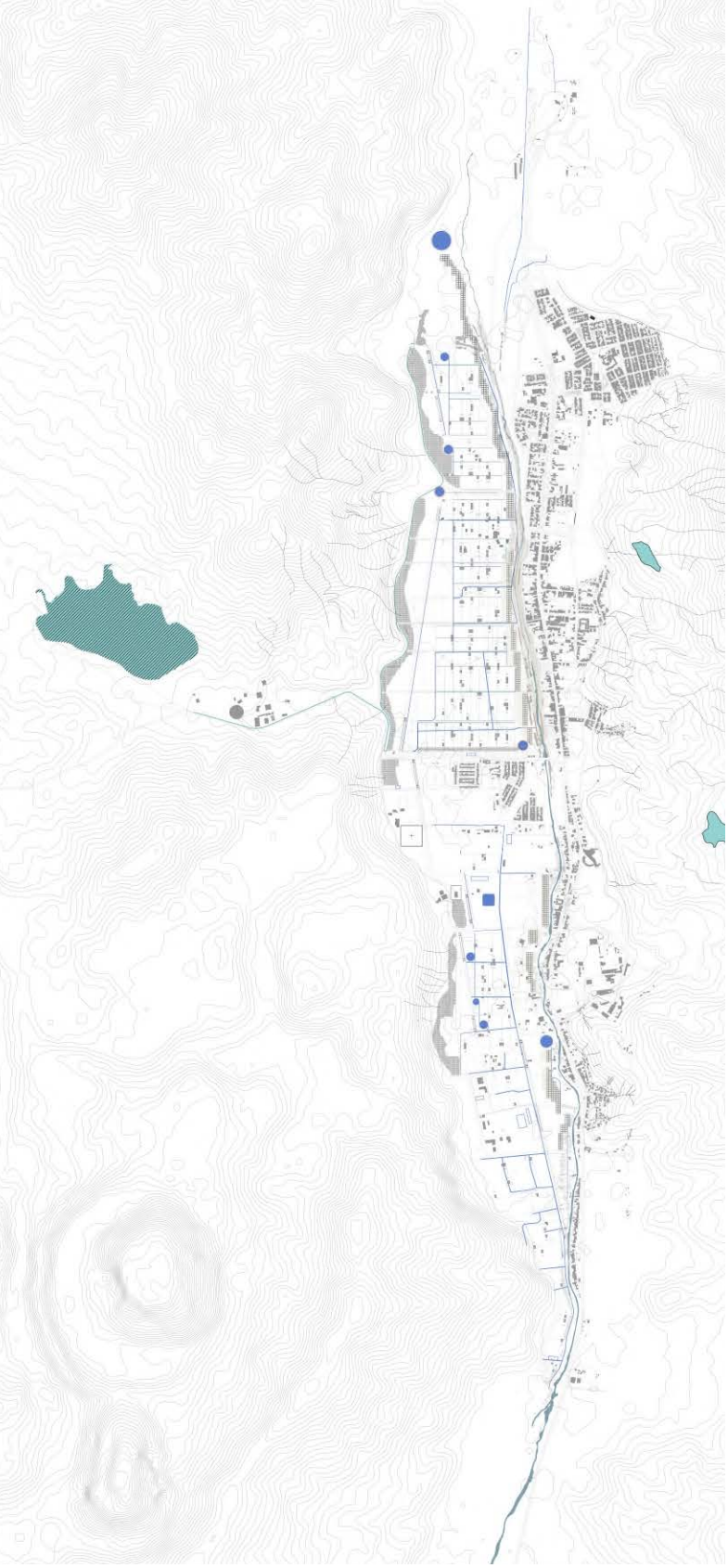
[fig. V.42] Masterplan de proyecto

pp. siguientes
[fig. V.43] Franjas del masterplan
[fig. V.44] Masterplan progresivos

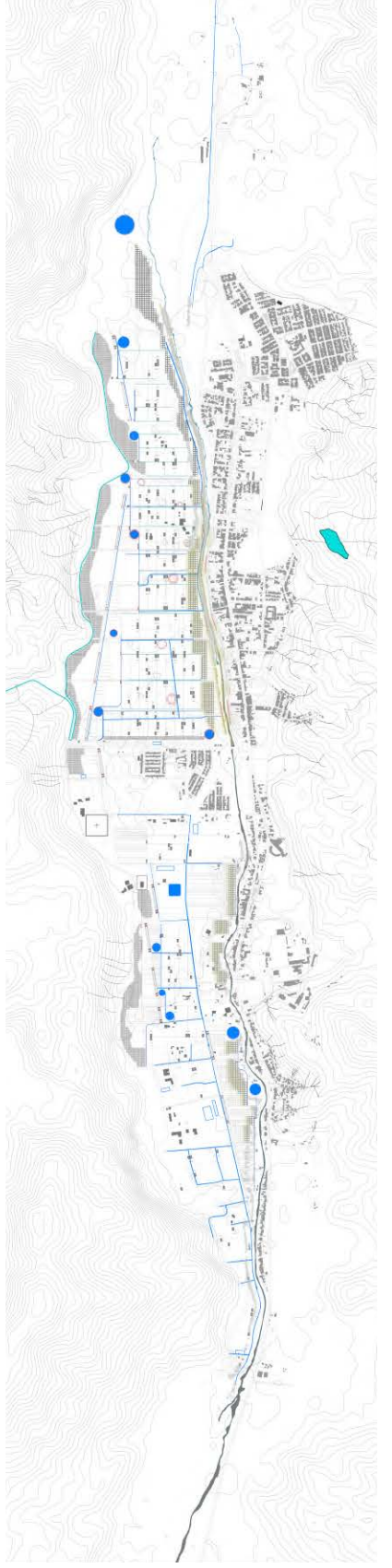
A
B
E
C
D
E
A
B
C
A
B
E
C
A
B
E
C
A
B
E


D
D
E
D
E
C
D
0
200m

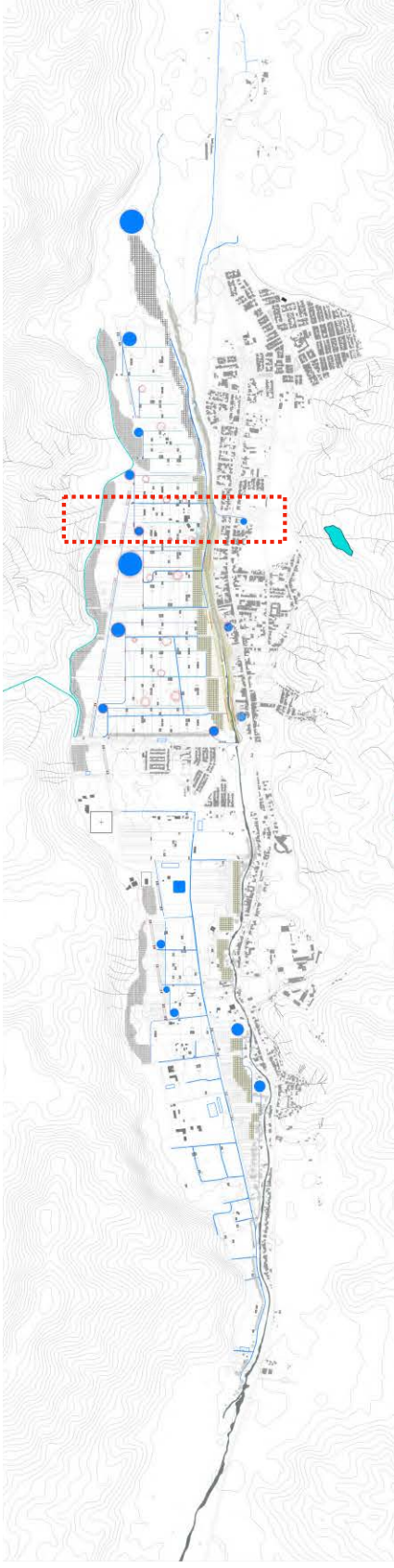
ETAPA I

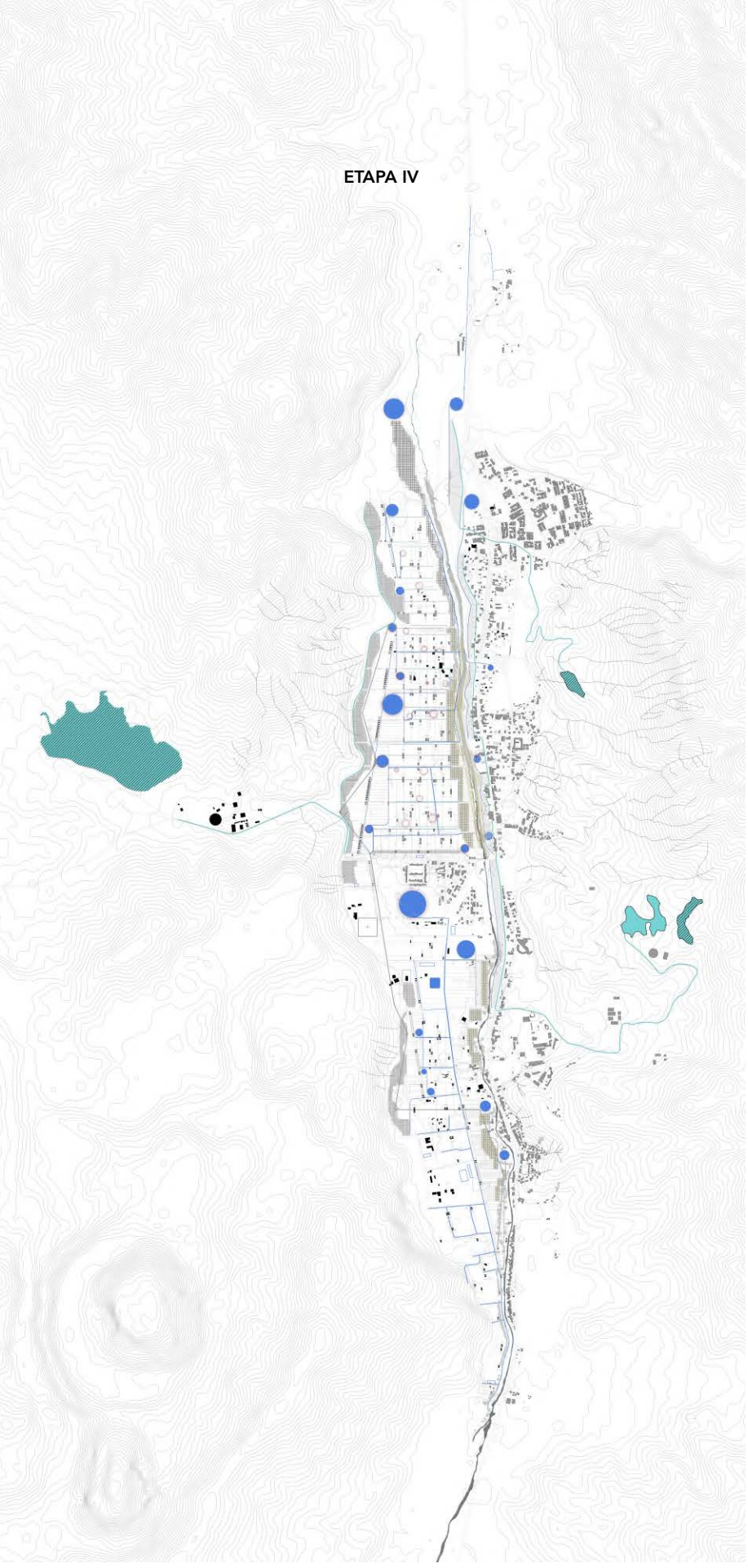


ETAPA II



ETAPA III





ETAPA I

I.I _activación franja fitodepuradora este
I.II _activación franja fitodepuradora central para recarga
I.III _transformación borde río con plataformas inundables
I.IV _construcción hotspot de sombra en franja borde río

ETAPA II

II.I _activación franja fitodepuradora aeróbica borde río
II.II _transporte agua fitodepurada al lado oeste del río
II.III _activación franja híbrida cultivos-fitodepuración

ETAPA III

III.I _activación franja cultivos arrendables
III.II _construcción hotspots húmedos en el tejido agrícola
III.III _implementación superficies fitodepuradoras

ETAPA IV

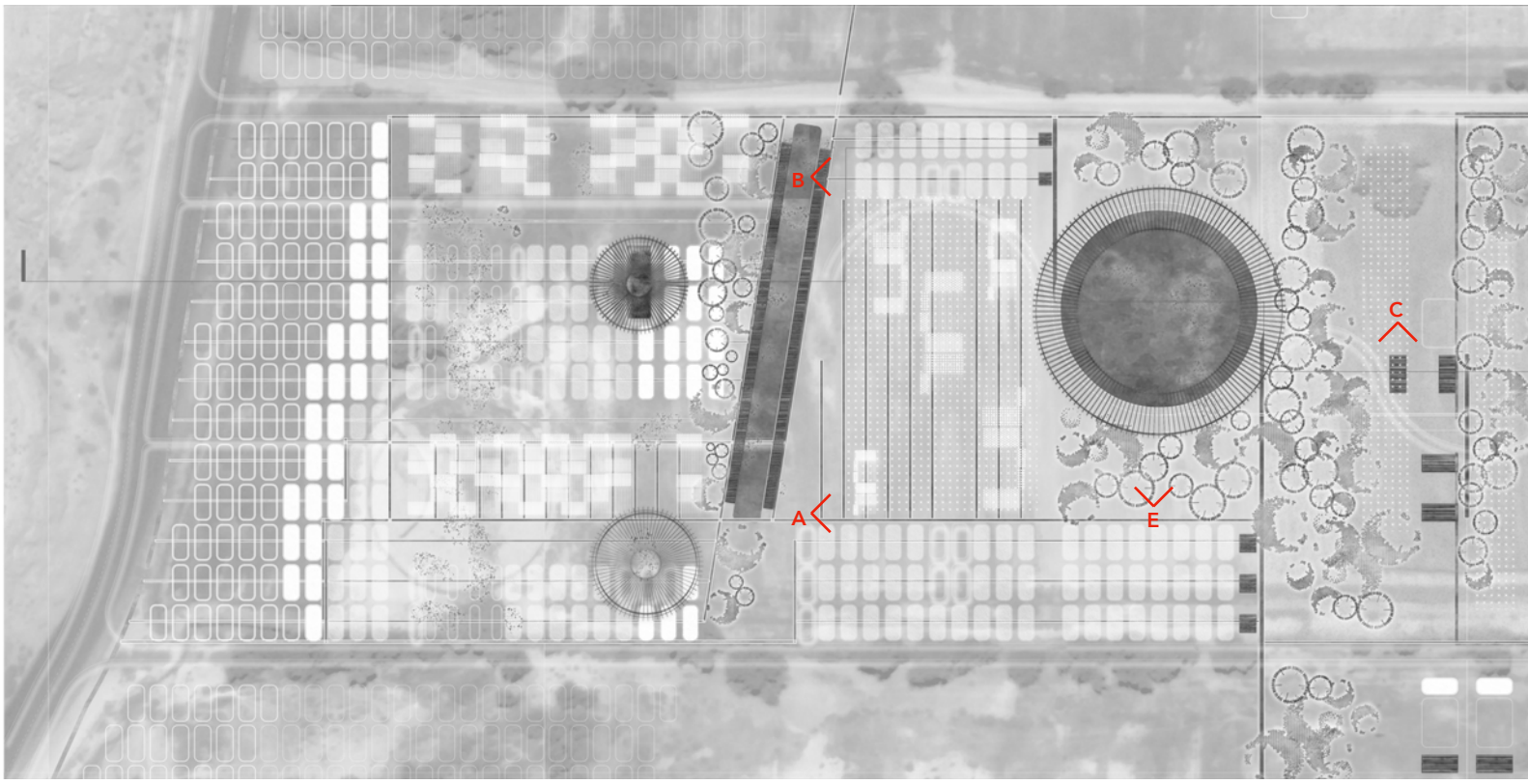
IV.I _activación de franja fitodepuradora aeróbica lado Este del río [agua contaminada de tranques de relaves existente]
IV.II _activación de hotspots húmedos en el tejido residencial [lado oeste río]

_Fases del agua

Las cinco operaciones necesarias al funcionamiento del sistema hídrico híbrido se despliegan territorialmente a lo largo del asentamiento e implican una transformación del lugar como modificación topográfica de suelo y agregación de elementos sobre tierra.

Cada intervención necesaria a la activación de la *mallacuífera* se asocia a un elemento técnico, pero también a una manera de habitarlo por parte de actores humanos, animales y vegetales. Generar un espesor de vida biológica en la infraestructura hídrica equivale a diseñar condiciones de humedad detonadas por la infiltración al sistema de agua fitodepurada. Al mismo tiempo la condición de mayor humedad se mantiene a través de la sombra.

El diseño de las fases del agua intenta entonces definir como el tejido de la *mallacuífera* se desarrolla en el espesor húmedo de suelo y aire que transforma. Se pone la atención finalmente en la posible relación espacial entre el agua liquida que atraviesa el agro-parque y los entes biológicos que lo habitan, sean humanos, animales o vegetales.



OPERACIONES DE PROYECTO:

A. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE AGUA

B. FITODEPURACIÓN ANAERÓBICA

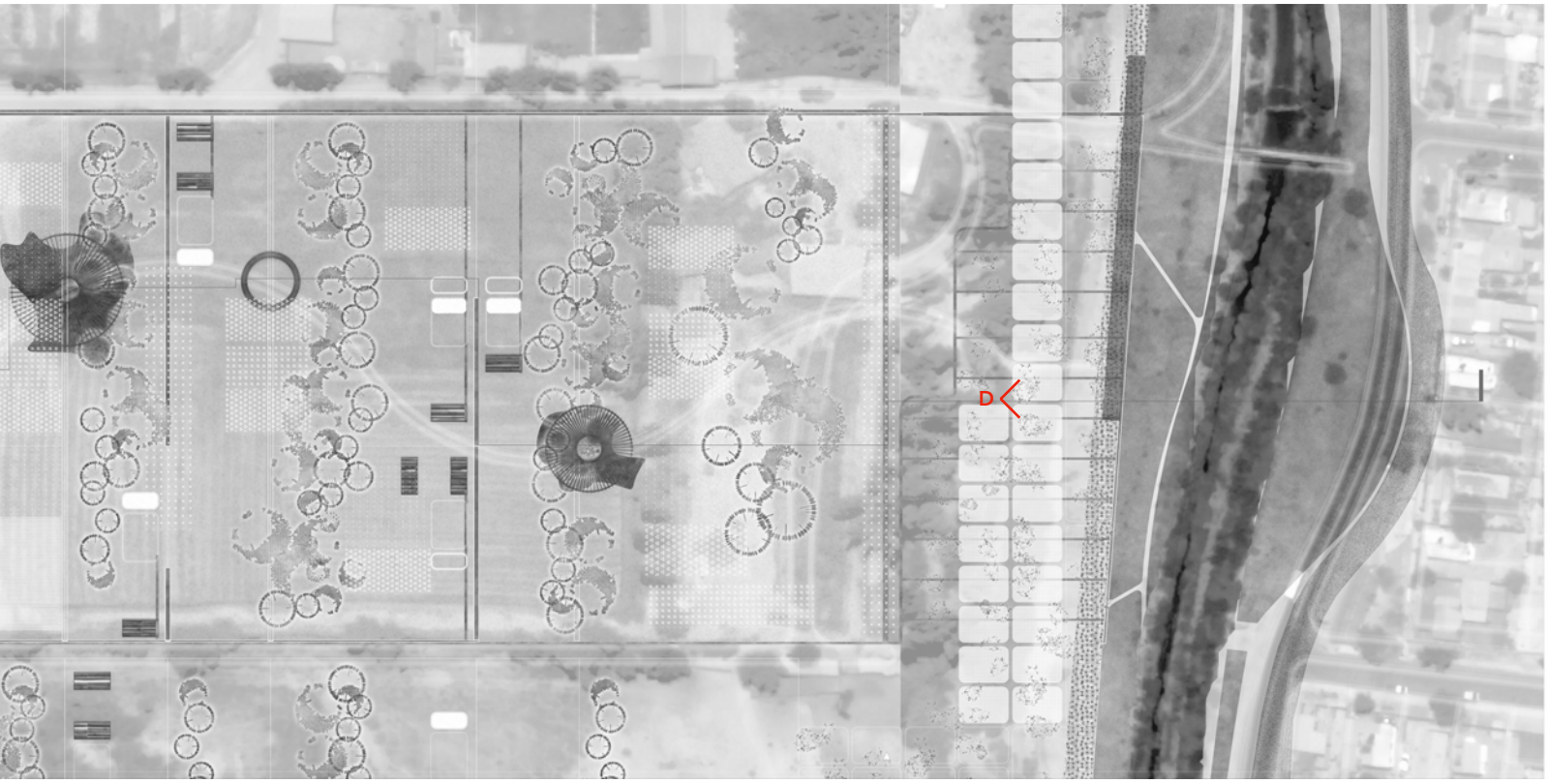
C. SUPERFICIES CULTIVADAS

D. FITODEPURACIÓN AERÓBICA

E. FILTRACIÓN AGUA TRATADA AL ACUÍFERO

[fig. V.46A] planta tipo a mostrar la relación de los elementos de proyecto con la topografía del valle, elaboración propia.
pp. siguientes
[fig. V.46] imágenes a representar los espacios generados a través de las cinco operaciones de proyecto, elaboración propia.
[fig. V.45B] corte y planta tipo a mostrar la relación de los elementos de proyecto con la topografía del valle, elaboración propia.

Los artefactos técnicos del agua (filtros fitodepuradores, acueductos, canales, pozos, piscinas de filtración, plataformas inundables) ocupan el espesor de suelo de la capa superficial del valle, depósitos fluviales-aluviales de composición arenosa aptos para el cultivo. Donde la presencia de agua liquida superficial permite la generación de humedales artificial, una estructura a doble techo alimenta la humedad con la sombra. Estos elementos tectónicos constituyen además hotspot ecológicos para las especies vegetales y animales que habitan el agro-parque.



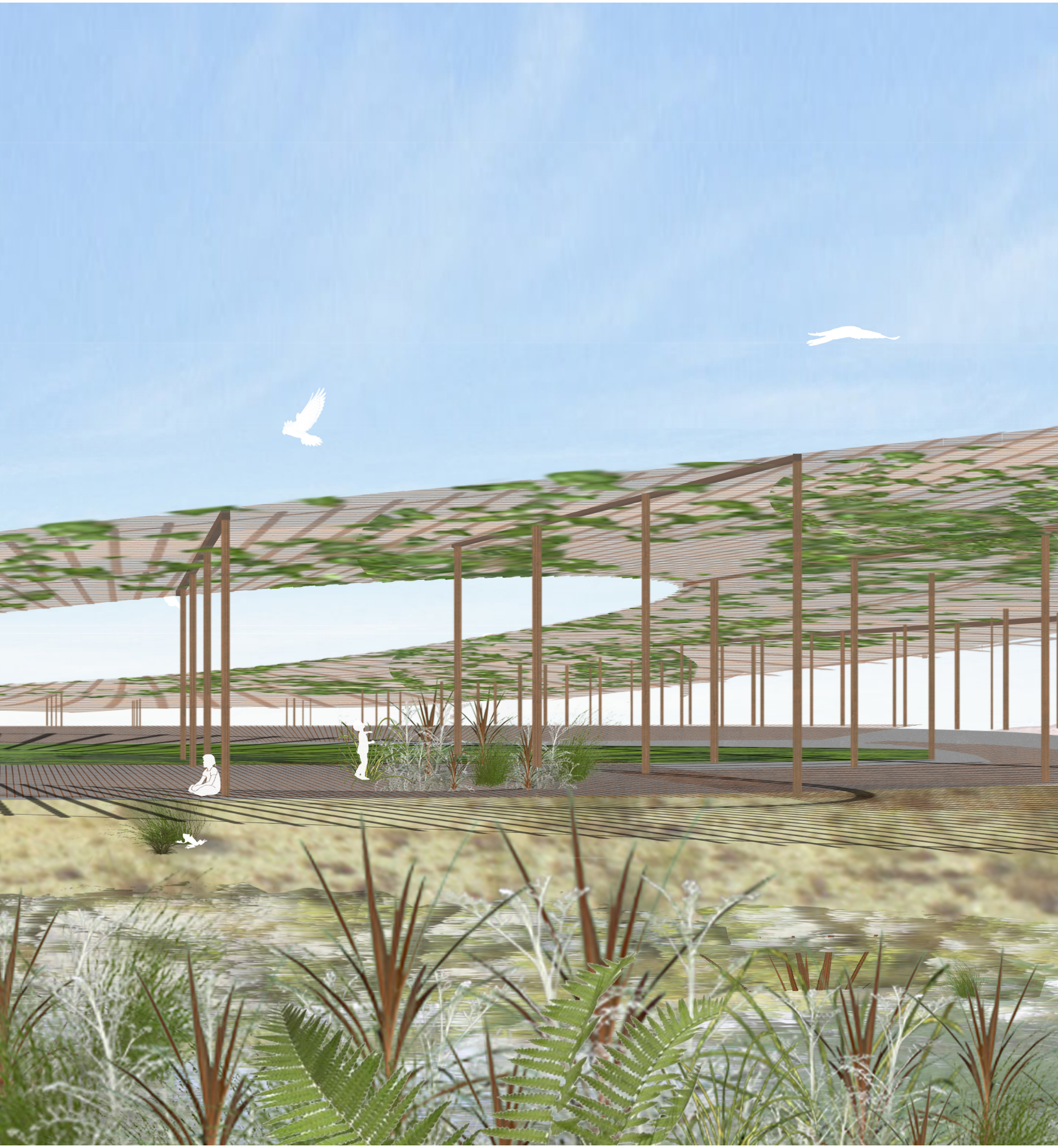
A. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE AGUA

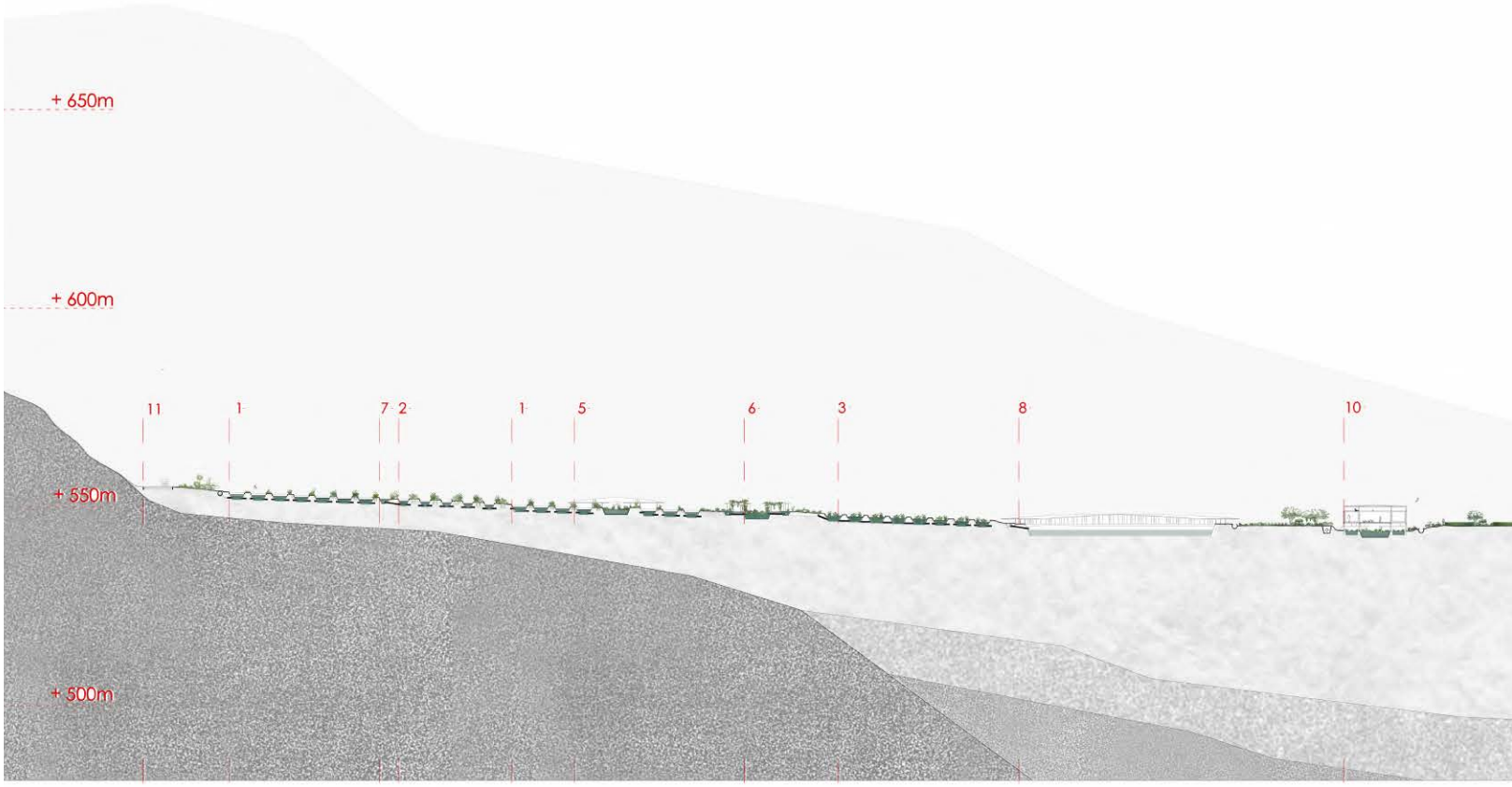
B. FITODEPURACIÓN ANAERÓBICA

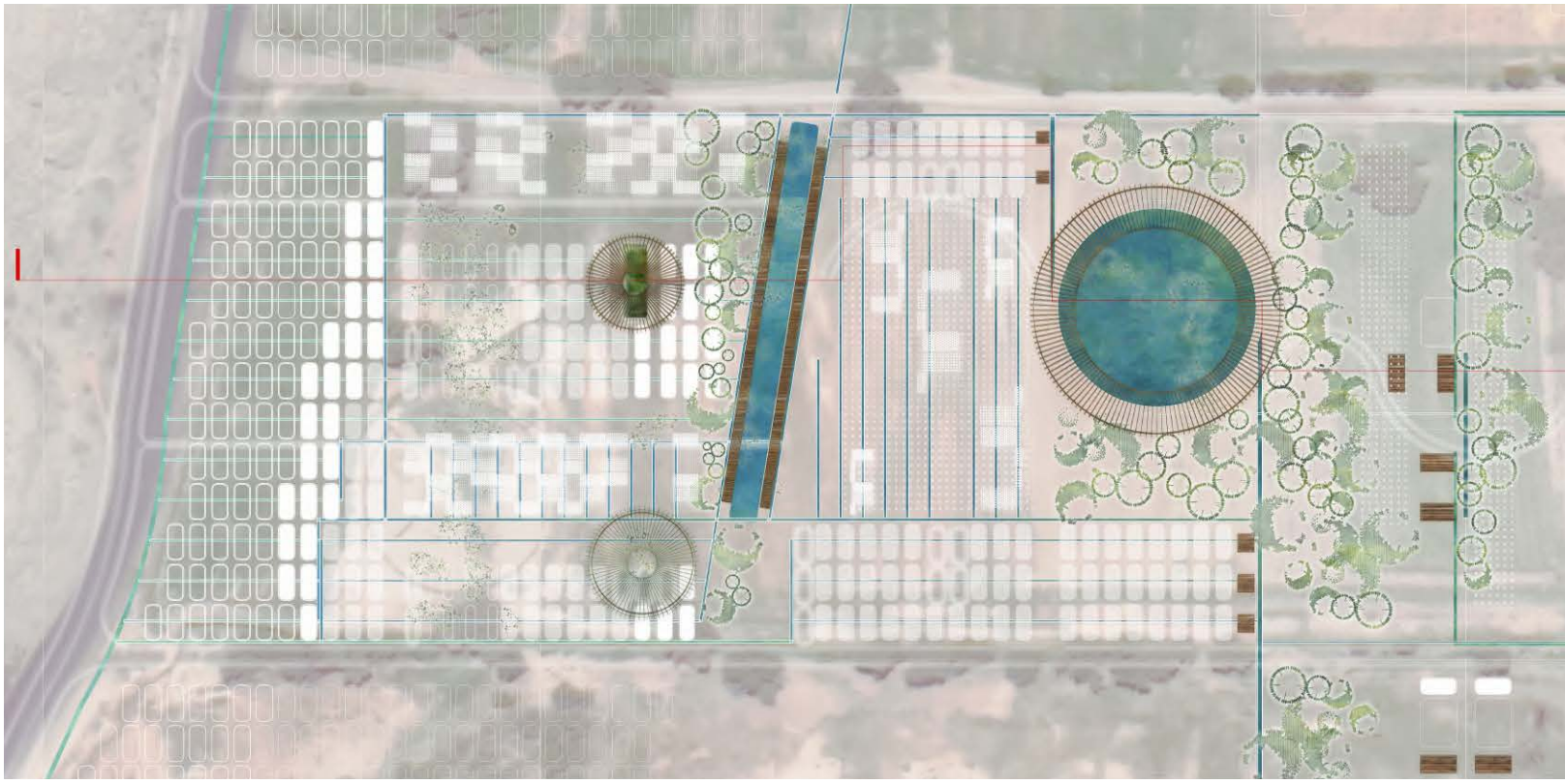
C. SUPERFICIES CULTIVADAS

D. FITODEPURACIÓN AERÓBICA

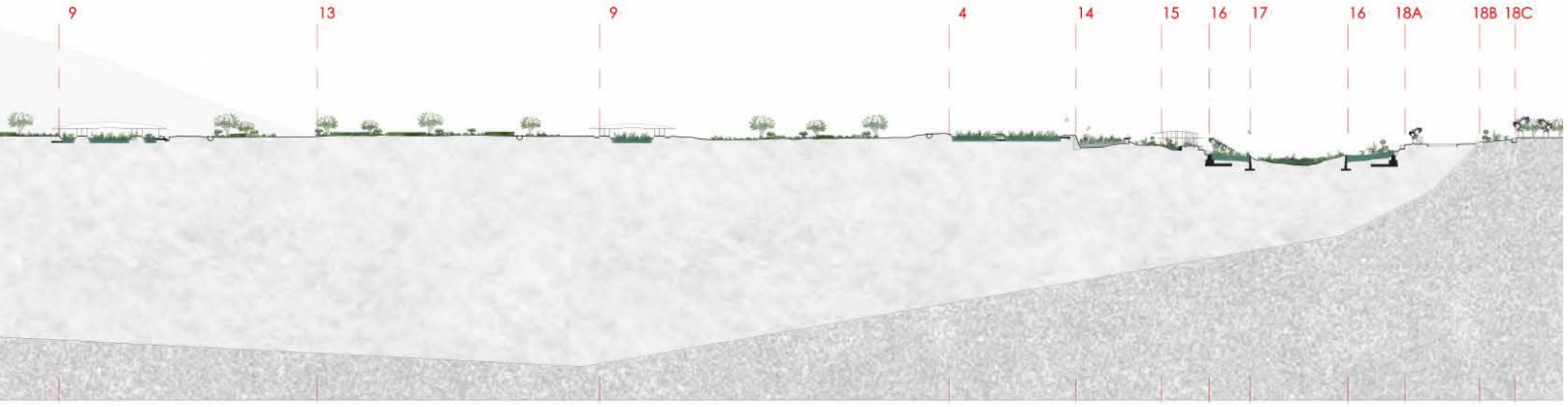
E. FILTRACIÓN AGUA TRATADA AL ACUÍFERO

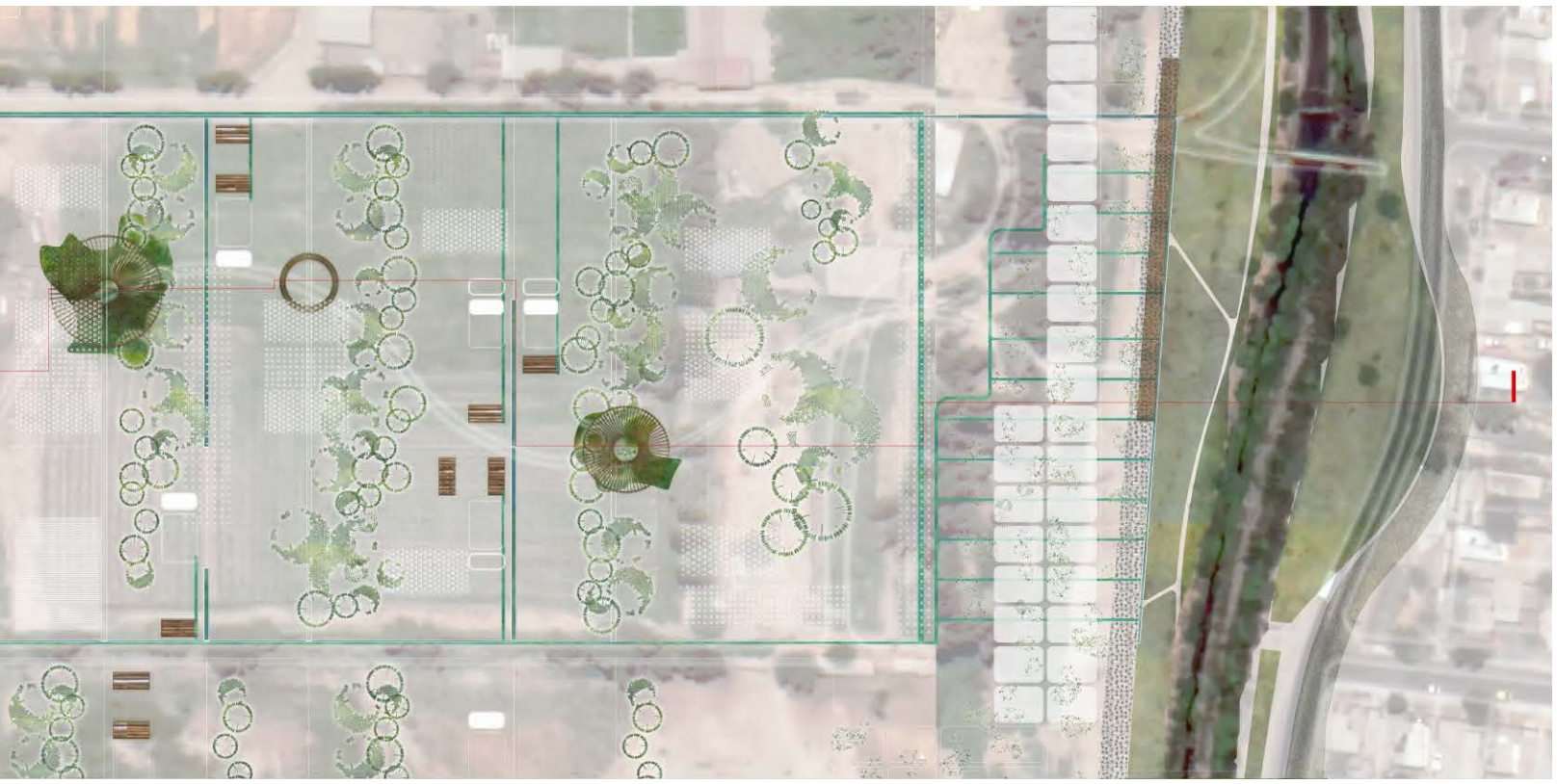


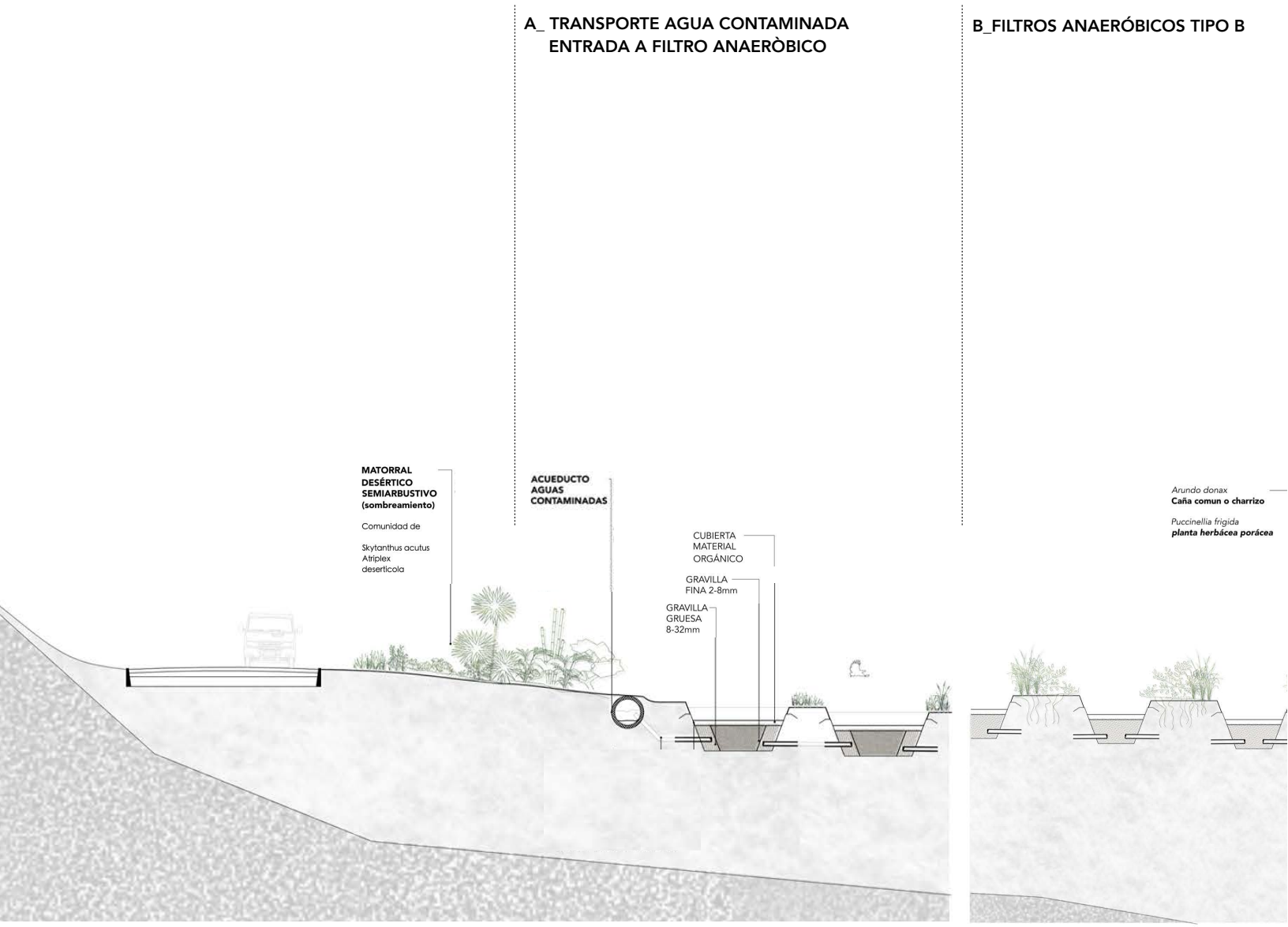

+ 650m
+ 600m
+ 550m
+ 500m
11
1
7
2
1
5
6
3
8
10



FILTROS PASIVOS ANAEROBICOS TIPO A	1
FILTROS PASIVOS ANAERÓBICOS TIPO B	2
FILTROS PASIVOS AERÓBICOS TIPO C	3
FILTROS PASIVOS AERÓBICOS TIPO D	4
HUMEDAL ARTIFICIAL - MONITOREO	5
PISCINA DE ALMACENAMIENTO LINEAL	6
CANAL AGUA TRATADA	7
PISCINAS DE INFILTRACIÓN CIRCULAR	8
HUMEDAL ARTIFICIAL	9
CASA DOBLE TECHO - HUMEDAL ARTIFICIAL	10
C397	11
AVENIDA MARGARITA ROCCO	12
CAMPOS DE CULTIVO	13
PISCINAS DE INFILTRACIÓN INUNDABLE	14
CAMINO PEATONAL DOBLE TECHADO	15
HUMEDAL ARTIFICIAL INUNDABLE	16
SUELO URBANO INUNDABLE	18



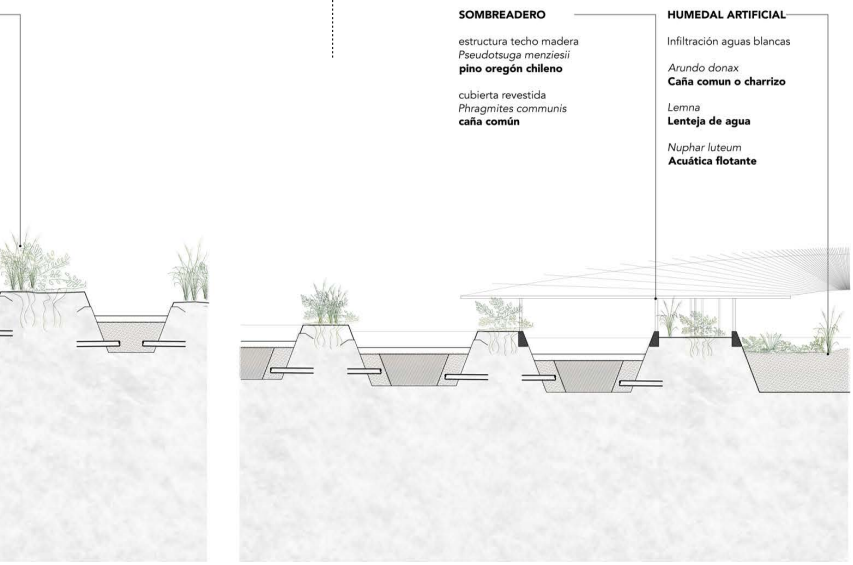


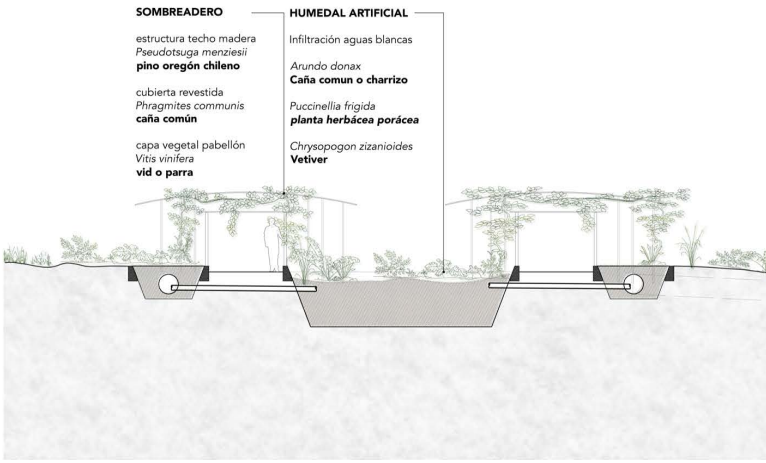


[fig. V.46] corte a representar el impacto topográfico y ecológico de la *mallacuífera* y su relación con las estructuras de sombra

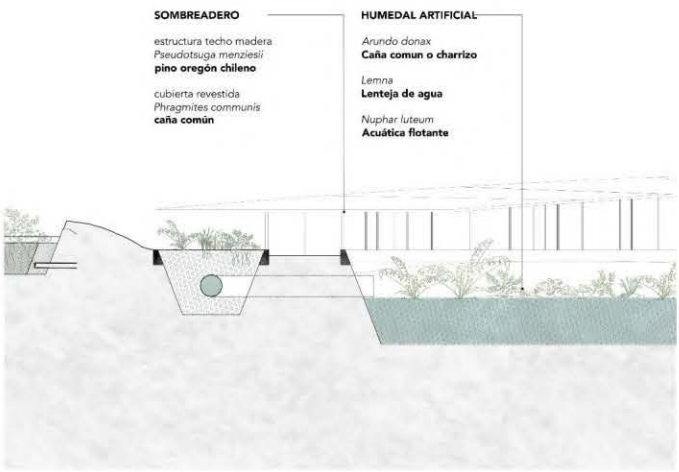
La canalización del agua contaminada se realiza bajo tierra, cerca de la carretera al lado del borde de las laderas rocosas. Los filtros necesitan trabajo de tierra para hospedar los filtros y una franja de humedales artificiales como hotspots húmedos a hospedar especies locales.

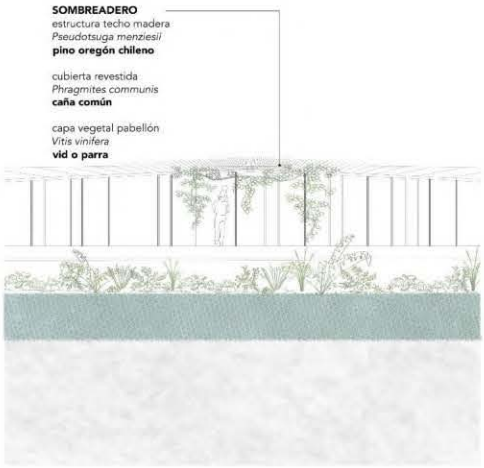
B_FILTROS ANAERÓBICOS TIPO A





E_ TRANSPORTE AGUA FITODEPURADA
ENTRADA A PISCINAS DE INFILTRACIÓN





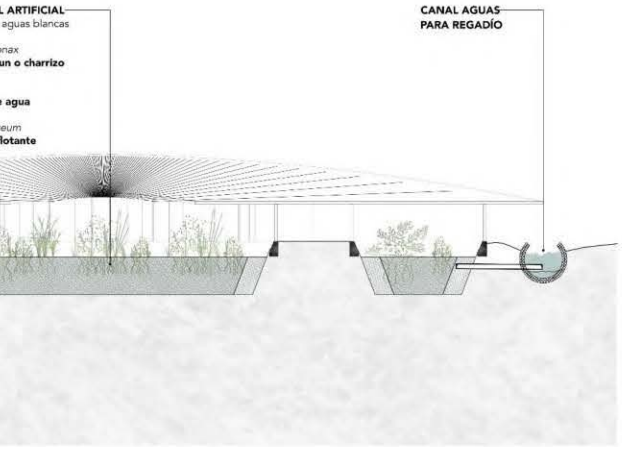
[fig. V.47] corte a representar el topográfico de la *mallacuífera* y su relación con los sombreaderos

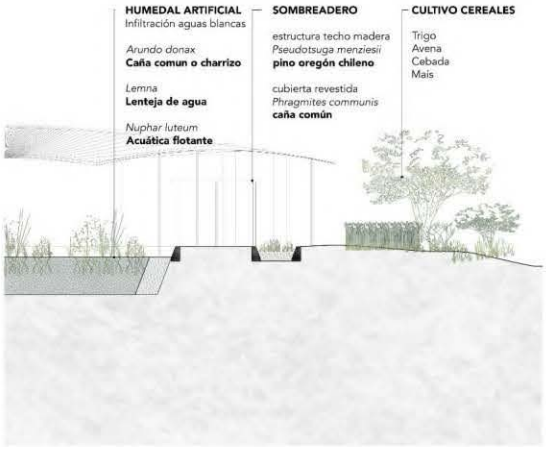
El transporte del agua fitodepurada ocurre en un acueducto subterráneo, por el cual se inserta en la piscina de filtración circular. Áreas húmedas entre las parcelas agrícolas permiten la fitodepuración de las aguas domésticas del agro-parque. Finalmente las aguas grises en superávit son transportadas a los filtros fitodepuradores aeróbicos.

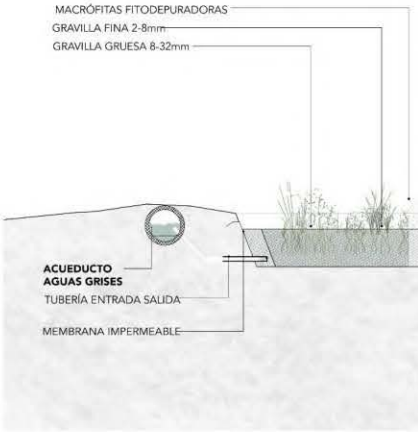
C_HUMEDAL ARTIFICIAL
PARA FITODEPURACIÓN AGUAS DOMÉSTICAS
_FILTROS AERÓBICOS TIPO D

C_AGRO-PARQUE
CULTIVOS

D_FILTROS AERÓBICOS
TIPO D PARA
FITODEPURACIÓN
AGUAS GRISES

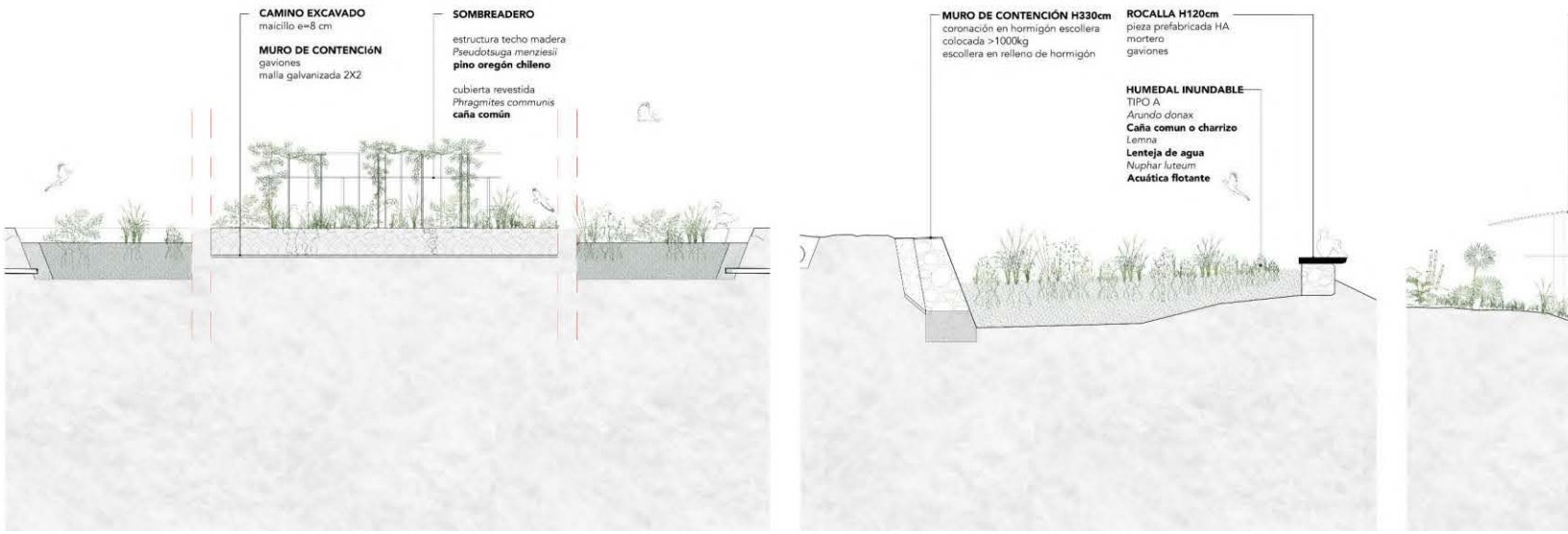






D_FILTROS AERÓBICOS TIPO D PARA FITODEPURACIÓN AGUAS GRISES

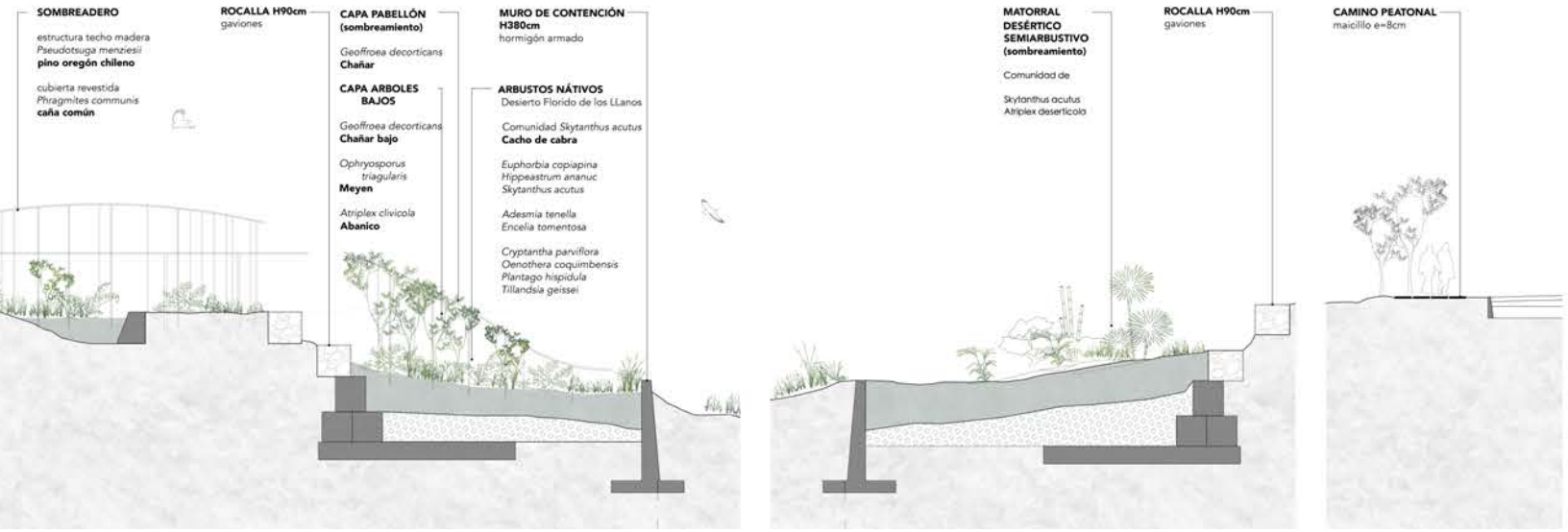
E_PISCINA DE INFILTRACIÓN INUNDABLE



[fig. V.48] corte a representar el topográfico de la *mallacuífera* y su relación con los sombreaderos

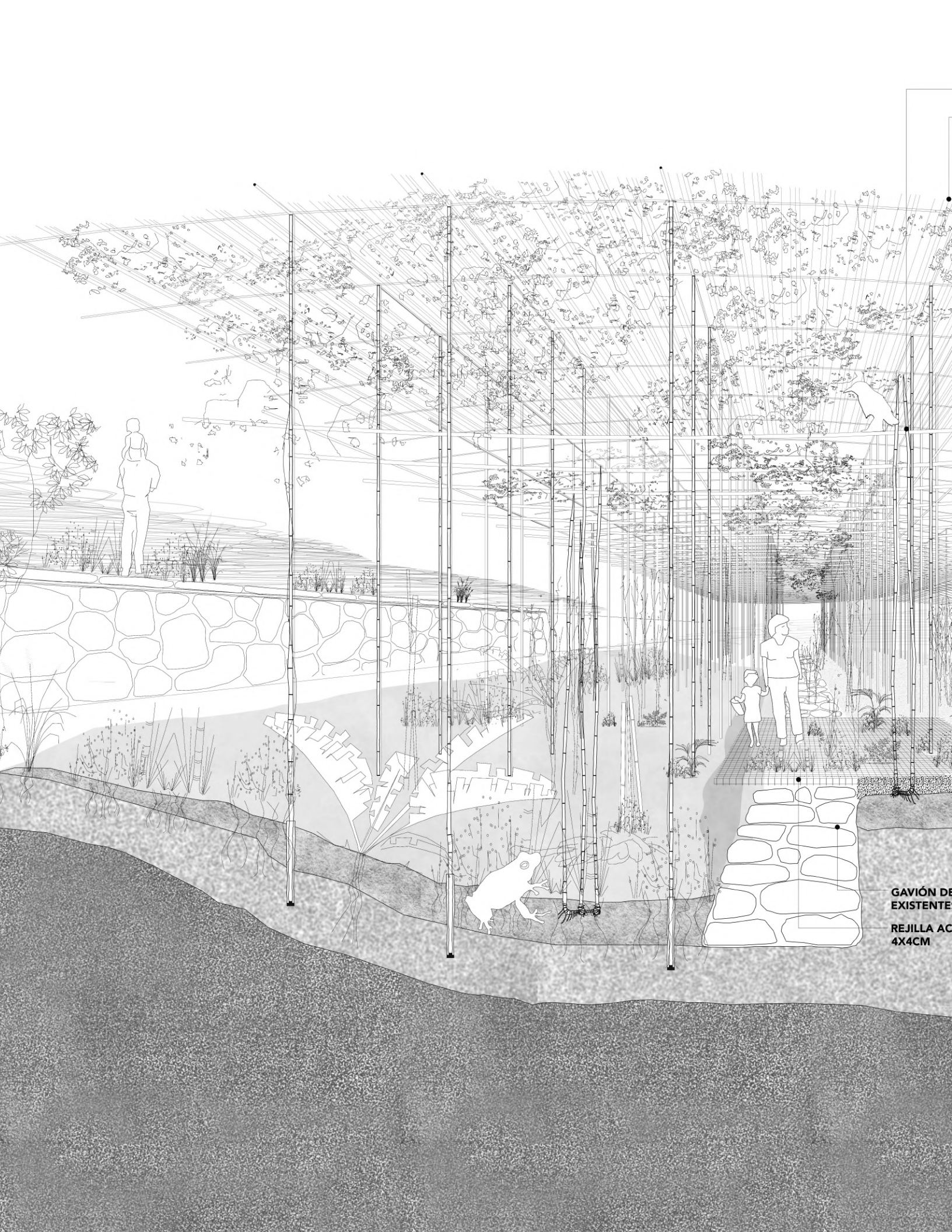
Un excavo entre los filtros permite visitar la franjas de filtros aeróbicos, agregándole una función educativa. La recarga del acuífero ocurre finalmente a través de las piscinas de infiltración que constituyen el cauce inundable del río Copiapó. Aquí el proyecto visibiliza su impacto ecológico en el espacio público del cauce con la recuperación de su ecosistema.

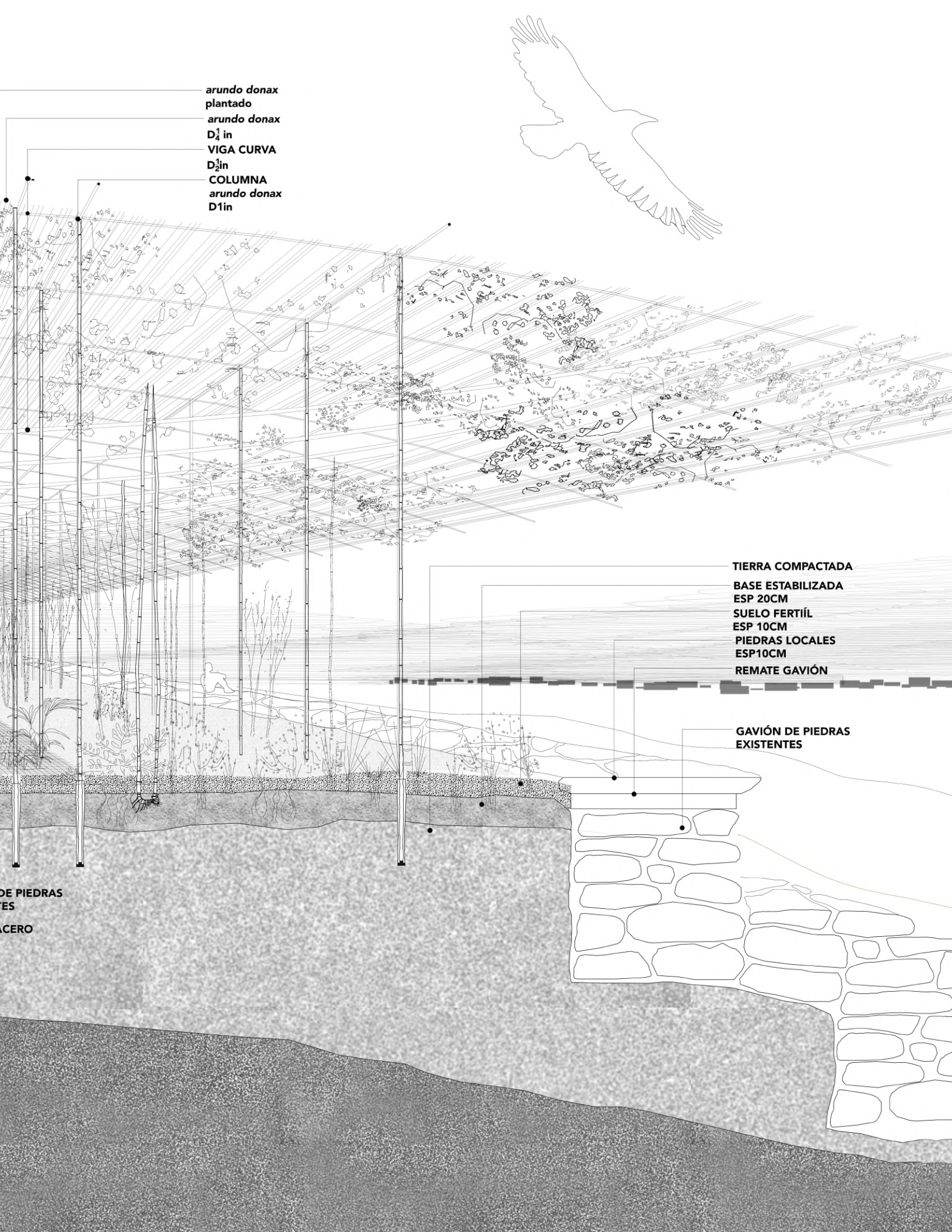
_HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA REGENERACIÓN DEL HUMEDAL FLUVIAL



pp. siguientes
[fig. V.48] corte fugado tipo a mostrar la relación entre la estructura a doble-techo, las terrazas inundables y la estratigrafía de suelo.

El doble techo en Colihue, soportado por palos regulares y colonizado por plantaciones de la misma especie, ocupa los bordes de los hotspots húmedos a lo largo del parque como espacios sombreados con capacidad de retención hídrica. Se muestra aquí esa coexistencia de especies bajo una humedad-común regenerada por la *mallacuífera.*


GAVIÓN DE
EXISTENTE
REJILLA AC
4X4CM


arundo donax
plantado
arundo donax
$D\frac{1}{4}$ in
VIGA CURVA
$D\frac{1}{2}$in
COLUMNA
arundo donax
D1in
TIERRA COMPACTADA
BASE ESTABILIZADA
ESP 20CM
SUELO FERTIÍL
ESP 10CM
PIEDRAS LOCALES
ESP10CM
REMATE GAVIÓN
GAVIÓN DE PIEDRAS
EXISTENTES
DE PIEDRAS
TES
ACERO

_Tihum I: cauce inundable

Como explicado anteriormente, el proyecto contempla en la etapa final cinco operaciones principales, repetibles en franjas a lo largo de toda el área agrícola recuperable. Sin embargo la situación actual del pueblo, afectado tanto por la sequía de sus campos de cultivo local como por los daños de los eventos aluviales, más frecuentes en las últimas décadas, llama a una puesta de atención específica en la franja del borde fluvial.

Aquí la recarga del acuífero, última operación de proyecto, puede cumplirse con la entrada por el lado Este de agua fitodepurada en los filtros aeróbicos y piscinas de recarga de profundidad baja. Esta función debería sin embargo complementarse con una estrategia de absorción del caudal en crecida durante los eventos de precipitación intensa. Se propone entonces convertir la sección del lecho propio del río en terrazas de suelo permeables, capaces de absorber el impacto de las crecidas del río.

La transformación topográfica involucraría no solo el área agrícola si no que también algunos espacios públicos abiertos o recintos actualmente en abandono en lado más construido del pueblo. En estos puntos se propone una bajada de nivel de terreno, la re-permeabilización de las superficies y su colonización vegetal del matorral endémico. Estos últimos funcionarían así como ampliación del cauce inundable y como espacios húmedos públicos. Los puentes existentes podrían canalizar el agua fitodepurada hacia piscinas circulares de recarga entre el tejido residencial. El borde fluvial constituiría así al mismo tiempo un corredor capaz de conectar el tejido agrícola Oeste con el tejido residencial Este a través del ecosistema húmedo y un espacio urbano accesible por los dos lados del lecho.

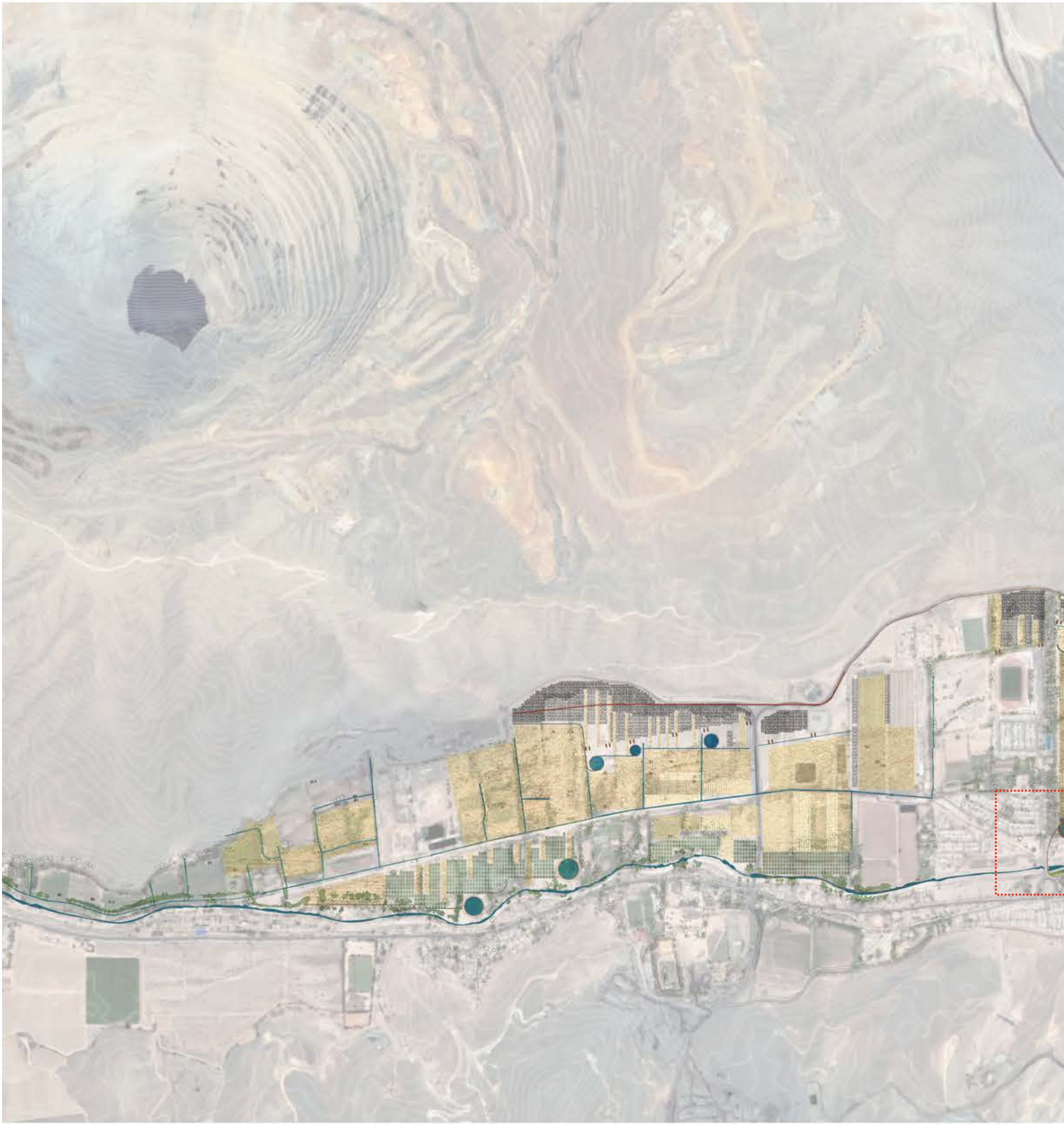
[fig. V.49] Sapo de Atacama; autor: Vicente Valdés para Ladera Sur, fuente: https://laderasur.com/articulo/animales-asombrosos-y-donde-encontrarlos-la-version-chilensis/

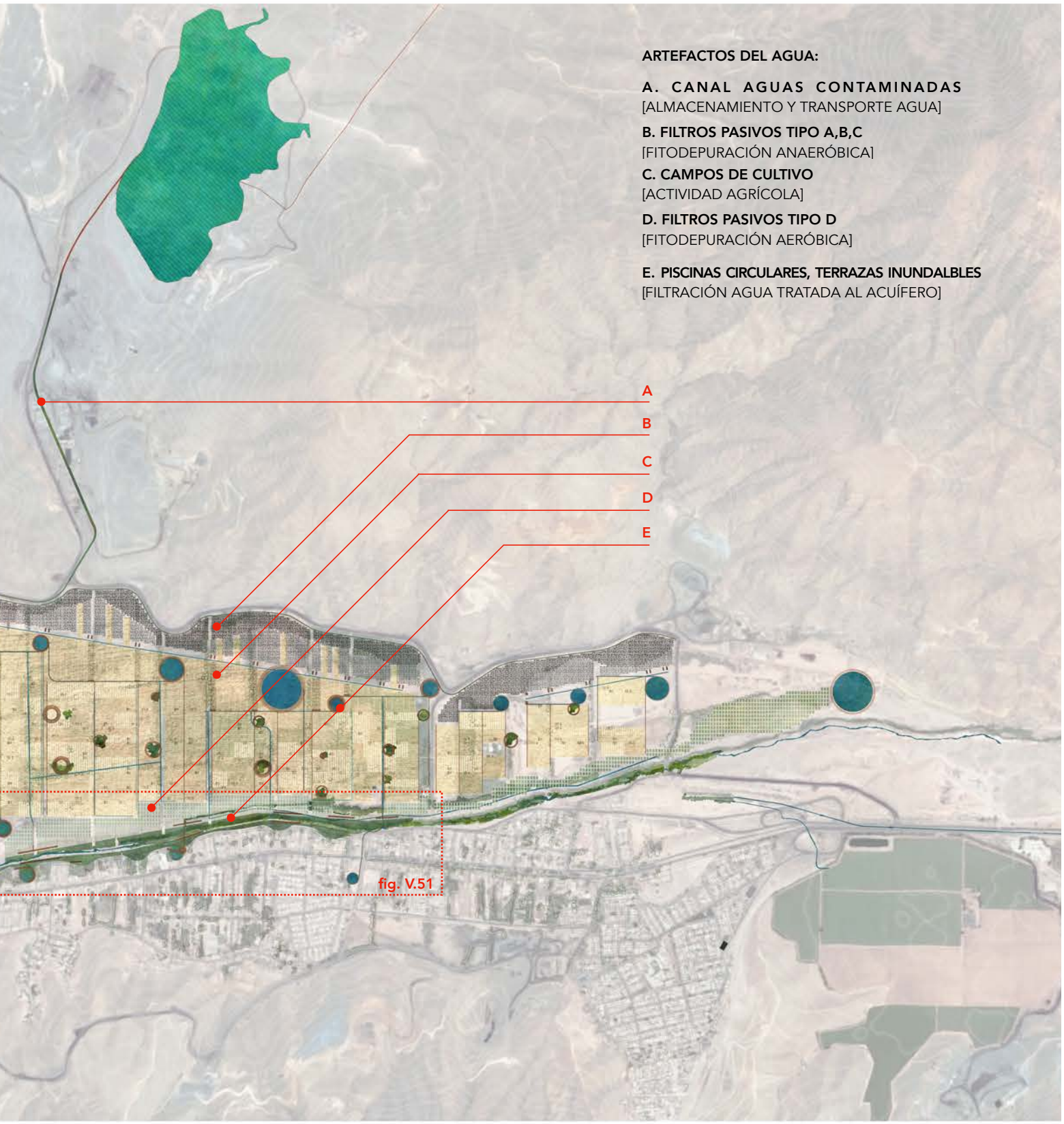
El sapo de Atacama (*Rhinella atacamensis*) es una especie endémica del Norte de Chile, con poblaciones estables en la meseta de la región de Atacama hasta la década de los '90s. Su desaparición progresiva en las franjas ribereñas del Copiapó es consecuencia de la creciente desaparición de su habitat húmedo. Por su fuerte dependencia al medio acuático es extremadamente sensibles a los cambios hídricos y figura en el elenco de especies protegidas por el SAG. En 2015, sorprendentemente, reapareció en un área residencial de Copiapó, probablemente llevada por los eventos aluviales. (*Vecina de Copiapó encuentra ejemplar de sapo de Atacama en su jardín*, 25-06-2020, Atacama Noticias; fuente: https://atacamanoticias.cl/2015/06/25/vecina-de-copiapo-encuentra-ejemplar-de-sapo-de-atacama-en-su-jardin/). Se considera un posible actor no humano incluido en el proyecto del agro-parque Tihum.

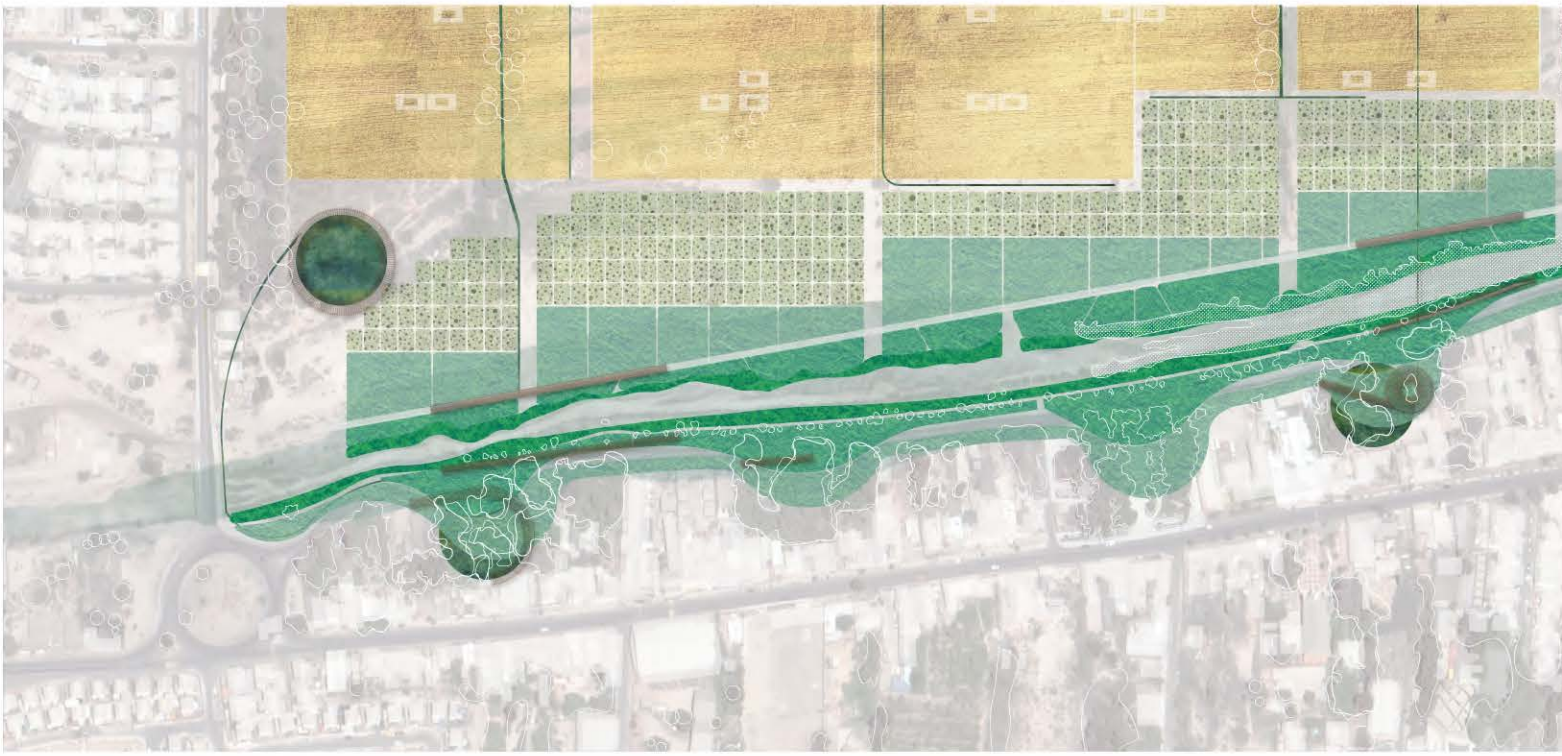
pp. siguientes
[fig. V.50] imagen objetivo de proyecto, agro-parque Tihum, elaboración propia

[fig. V.51] masterplan de proyecto, etapa III, impacto territorial en la ciudad, elaboración propia

[fig. V.52] masterplan de proyecto, parque inundable, elaboración propia




ARTEFACTOS DEL AGUA:
A. CANAL AGUAS CONTAMINADAS
[ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE AGUA]
B. FILTROS PASIVOS TIPO A,B,C
[FITODEPURACIÓN ANAERÓBICA]
C. CAMPOS DE CULTIVO
[ACTIVIDAD AGRÍCOLA]
D. FILTROS PASIVOS TIPO D
[FITODEPURACIÓN AERÓBICA]
E. PISCINAS CIRCULARES, TERRAZAS INUNDALBLES
[FILTRACIÓN AGUA TRATADA AL ACUÍFERO]
A
B
C
D
E
fig. V.51
0
1km



MASTERPLAN_PARQUE Ti-Hum crecida máxima

MASTERPLAN_PARQUE Ti-Hum estado normal

plataformas crecida 20 años

plataformas crecida 100 años

plataformas crecida 200 años

filtros pasivos aeróbicos

piscinas de infiltración

humedal existente

0 200m

_Estrategia hidroecológica

La nueva morfología propuesta del cauce fluvial en el tramo de 1,5 km que involucra el agro-parque Tihum adapta las reglas de manejo topográfico aplicadas en el cercano parque Kaukari del Copiapó[13] como una estrategia de transformación extensible. Se propone así un corredor público utilizable tanto en momentos de sequía como de grandes crecidas. Es así posible integrar en el diseño del borde la función hidráulica del humedal recuperado en terrazas de drenaje, su función cultural en su carácter urbano y sobre todo como catalizador de biodiversidad por su capacidad de retención húmeda.

Se propone una sección tipo para el caudal cambiante del río según el estudio hidráulico efectuado para la conformación del parque Kaukari. El espacio del cauce resulta así dividido en cuatros niveles de borde: el cauce permanente, más interior y profundo, diseñado para una crecida de 10 años, con anchos entre 6 y 10 metros y taludes con fundación de 2m de profundidad para evitar la ampliación del cauce; las terrazas intermedias, aptas a recibir una crecida de hasta 20 años, con ancho entre 10 y 30 metros, y taludes de hasta 10% de inclinación que definen humedales artificial de recarga y drenaje; el cauce para la crecida centenaria, donde el utilizo de rocallas permite evitar la erosión durante las crecidas; finalmente los espacios para la crecida bicentenaria, donde las piscinas de infiltración son contenidas por rocallas-asientos.

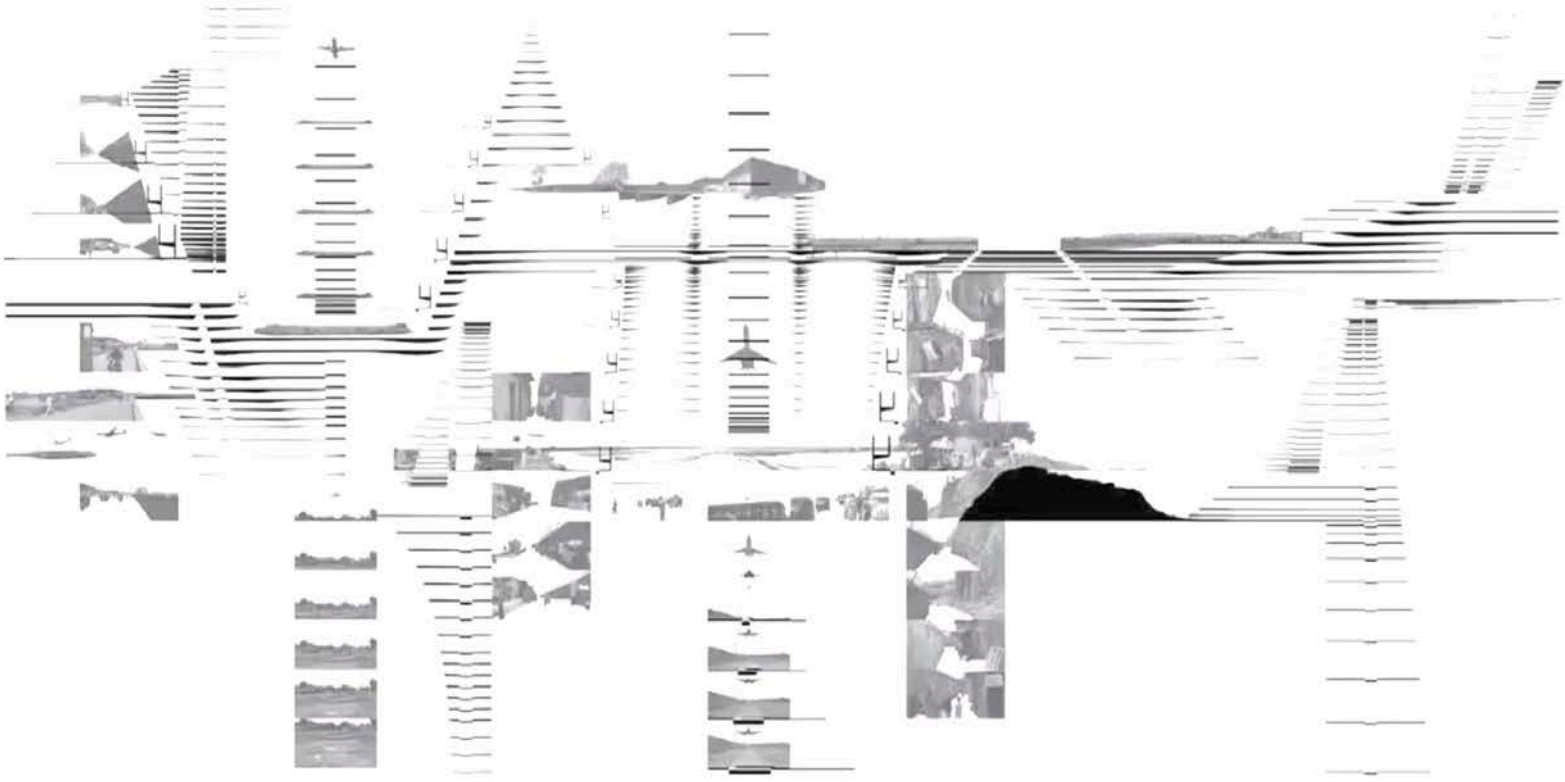
La estrategia hidráulica propuesta permite entonces que el cauce fluvial incluido en el agro-parque Tihum se haga cargo al mismo tiempo de la quinta operación de proyecto, recargando al acuífero con las piscinas, y de generar la relación con el tejido urbano Este del asentamiento. Es posible entenderlo así como suelo húmedo regenerado para la coexistencia de flora, humanos y otras especies.

[fig. V.53] imagen de referencia, sensibilidad de corte (fuente: Mathur, da Cunha, Design in the Terrain of Water, 2014)

[fig. V.54 corte tipo a mostrar los cauces de crecida del rio Copiapó en el borde inundable del agro parque Tihum, elaboración propia

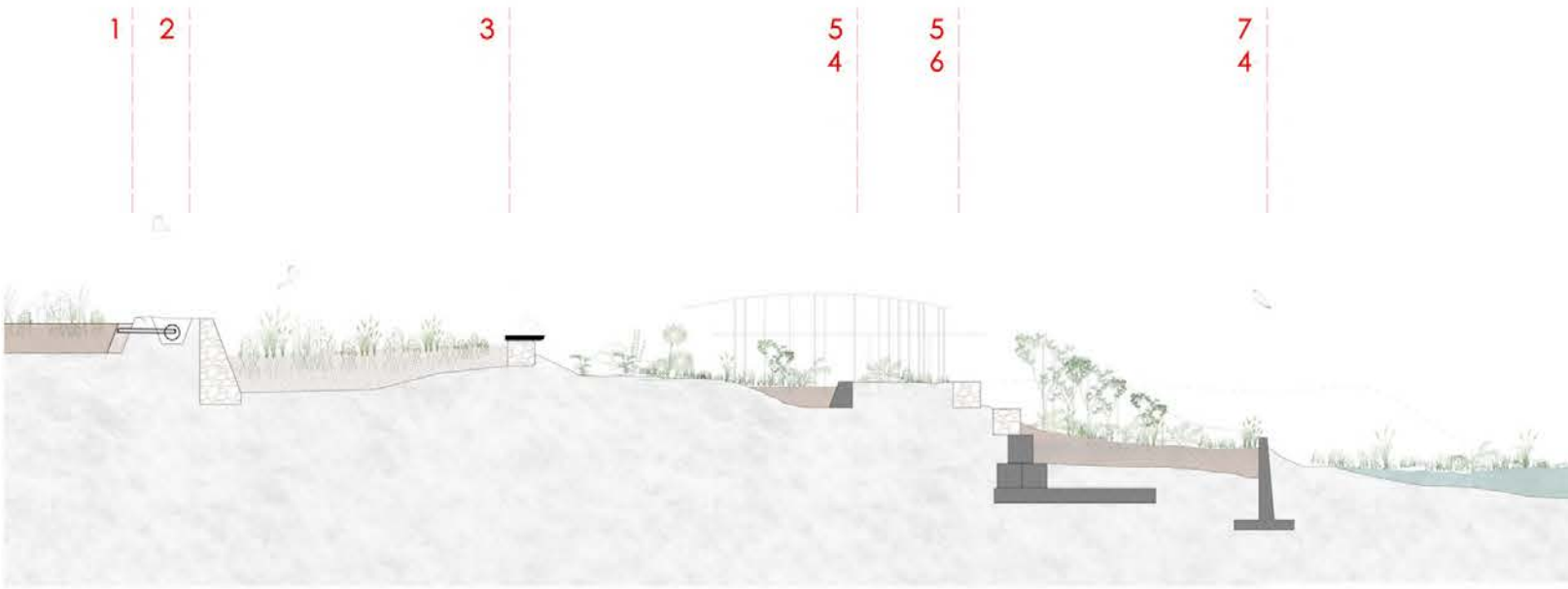
[fig. V.55] imagen objetivo de proyecto, agro-parque Tihum, elaboración propia

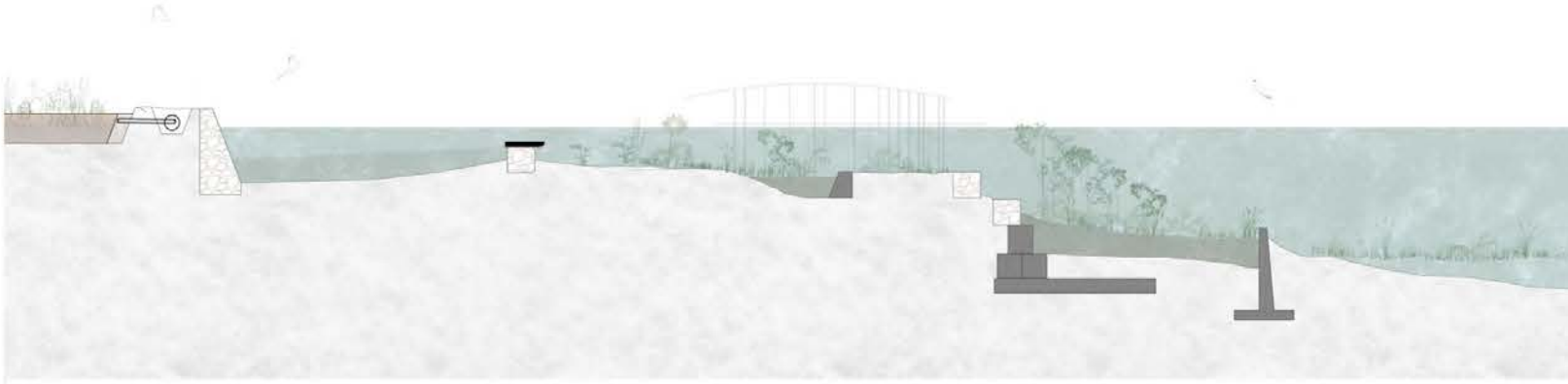
[13] ver capítulo V.II_Para habitar una sequía inundable, fig. V.27



"La oposición entre infraestructura y paisaje natural es sólo aparente. A su vez la arquitectura no sólo puede 'suavizar' el encuentro entre ambas, sino también repensarlo de formas radicales. En este caso, ante el encargo de un proyecto de infraestructura hidráulica, la arquitectura opera 'renaturalizando' el cauce de un río. Así, se demuestra que no es la infraestructura la que destruye paisajes, ecosistemas y comunidades, sino más bien la falta de cuidado en su diseño."

(Teodoro Fernández, Paulina Courard, *Parque Kaukari del río Copiapó,* ARQ [artículo de revista] No. 99, Infraestructura, 2018, P.70)





crecida 10 años

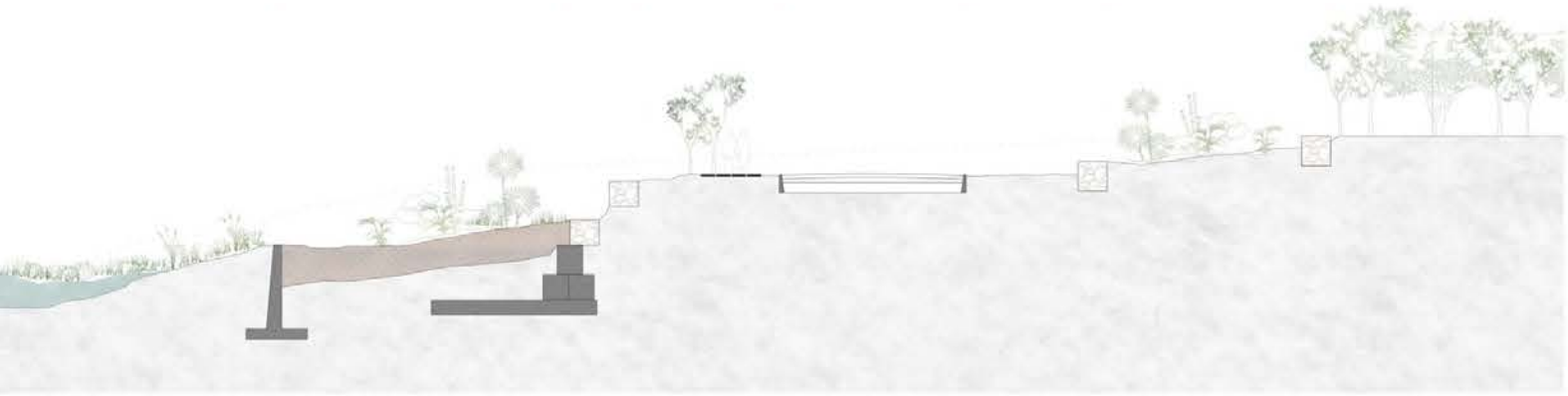
crecida 20 años

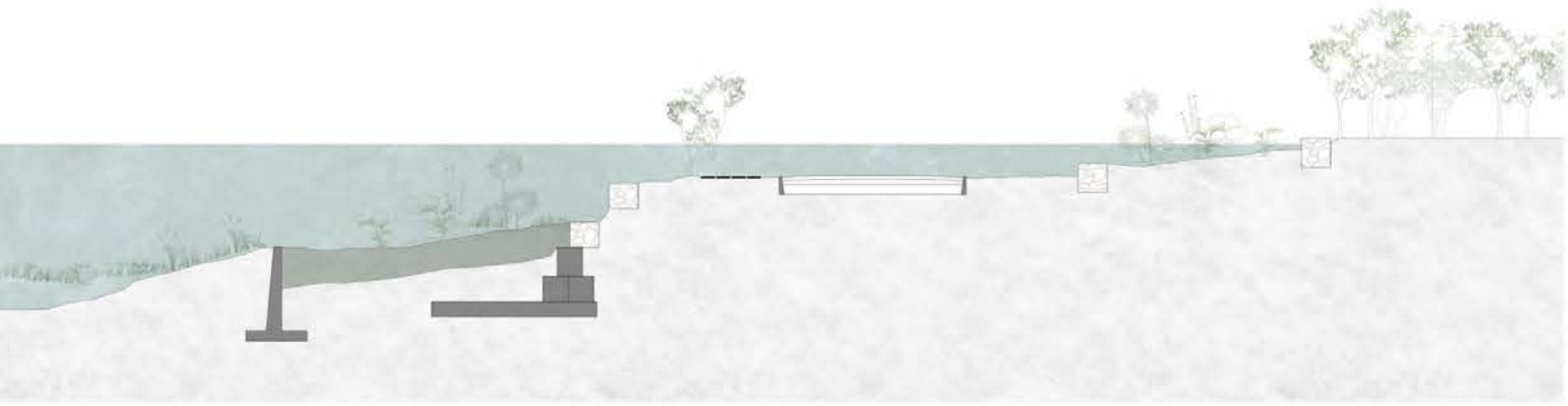
crecida 100 años

crecida 200 años

1 FILTROS PASIVOS AERÓBICOS TIPO D
2 CANAL AGUA DEPURADA
3 PISCINA DE FILTRACIÓN
4 HUMEDAL ARTIFICIAL
5 SOMBREADERO DOBLE TECHO
6 CAMINO DE TIERRA
7 SOMBREADERO HUMEDAL
8 SUELO NATURAL CONSOLIDADO
9 ROCALLA / MATORRAL DESÉRTICO
10 GAVIONES
11 ANDÉN PEATONAL
12 AVENIDA MARGARITA ROCCO
13 JARDÍN PÚBLICO

8 9 10 11 12 10 9 13





0 200m

VI_Conclusiones

La investigación proyectual ha llevado a la conciencia que *buscar el agua perdida* en el desierto significa trabajar a distintas escalas con ojos de arqueólogo pero también de diseñador: los rastros del agua antigua y los residuos de su explotación hablan de una presencia impactante en el ecosistema del desierto y llaman a la regeneración de la *mallacuífera* que sustenta la vida en este lugar de extrema sequía.

La mirada cenital de la corteza ha permitido entender la omnipresencia de los rastros del agua y relacionar este tejido con los frutos de la producción antrópica del espacio. El hombre fue capaz primero de adaptar su ocupación del valle a la red hídrica original, pero también de generar las infraestructuras del agua que permitieron las prácticas extractivas de matriz neoliberal del XX siglo, llevando el agua a los sitios mineros por ejemplo. En general, pero más evidentemente en en la región de Atacama, el agua es un elemento escondido en las faldas acuíferas en su forma líquida.

El enfoque sobre la cuenca del Copiapó ha permitido evidenciar que la difundida sequía de los pozos de extracción que abastecen de agua potable, sanitaria y de proceso la cuenca se debe principalmente a la explotación agro-industrial iniciada en los años '80s. Sin embargo, la obsolecencia de las superficies de agua contaminada residuos de la extracción minera es otra causa relevante del colapso del ecosistema río. Los efectos de la sobre-extracción y del almacenamiento residual hídrico se hacen particularmente evidentes en el sector III de la cuenca, donde se encuentra el anti-oasis Tierra Amarilla. Bajo el entendimiento de la cuenca como sistema ecológico interconectado se ha podido proponer una ajuste del ciclo hídrico híbrido que favorezca el recupero del humedal conectado al río, al mismo tiempo permitiendo el sustento de la comunidad humana en el valle.

La estrategia elaborada conceptualmente a la escala de la cuenca aplicada al pueblo agro-minero de Tierra Amarilla ha mostrado el despliegue de la *mallacuífera* a una escala urbana. En este asentamiento de la meseta central, donde los efectos combinados de las actividades mineras y agrícolas habían sacado la humedad, se ha mostrado como operaciones de proyecto puntuales puedan reactivar el sistema hídrico, permitiendo la *agricultura en el desierto* que había históricamente caracterizado el valle.

La propuesta proyectual ha mostrado finalmente como la puesta en relación de dos elementos obsolescientes del paisaje, un tranque de relaves en desuso y la parcelación agrícola seca, pueda a través de un sistema hídrico híbrido contribuir a la recarga del acuífero y volverse espesor húmedo del territorio. La estrategia de diseño, que resulta aplicable a lo largo de la cuenca por la extendida presencia de superficies de agua líquida contaminada y de campos de cultivo, ha llevado adelante el entendimiento abierto del elemento agua propuesto en la introducción. Se ha finalmente presentado posibles soluciones espaciales para convertir el sistema técnico de manejo de agua en un lugar de coexistencia entre especies distintas.

VII. Anexo

Entrevista a Guillermo Donoso

Ph.D. Agricultural and Resource Economics, University of Maryland, 1994
Ingeniero Agrónomo, Pontificia Universidad Católica de Chile
Autor de *State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile)*, International Journal of Water Resources Development, 2018

realizada el día 28-11-2019

[fig. VII.01] suelo agrícola seco, localidad Tierra Amarilla, 2018; autor: Cesia Campos

1. Se podría afirmar que en Chile el Código de Aguas actualmente en vigor soporte un sistema de repartición no socialmente equitativo del recurso hídrico porque se considera el agua como un bien económico, que toma valor de precio en base a variables de mercado libre, como su escasez. Me interesaría entonces preguntar ¿cuales son las otras variables que influyen sobre este valor de precio?¿Hay alguna restricción, a nivel legislativo sobre este precio por parte del Estado como Dirección General de Aguas?

Lo primero que creo que es importante que consideres es el concepto de derecho de aprovechamiento de agua, que son en la práctica permisos de extracción. Existen en Chile desde la Colonia. En esa época se llamaban *Mercedes*. El Código de Agua es del 1951. Se cambia la denominación a Derecho de Aprovechamiento de Agua, el cual se mantiene en el Código del 1967. Ese era más de planificación central. Por lo tanto tenemos una larga historia en el concepto de permiso de extracción. La razón por la cual se usa, al igual que códigos de otros países es que sin regulación el recurso se agota, siendo un bien de libre acceso. Cuando se formula el Código de Agua del 1981, previo a su aprobación, se especifican con una serie de características los DA, lo que no existía antes. Entonces antes se tenía un DA que te daba permiso a sacar un cierto caudal si es que había suficiente agua.

En el Código del 1981, se define que los derechos son permanentes y eventuales, consuntivos o no consuntivos, continuos, discontinuos o alternados. Los derechos que se habían otorgados hasta esa fecha no tenían esas definiciones. Entonces lo que se decidió hacer en el año 1979 fue establecer jurídicamente que todos los DA entregados hasta esa fecha, a decir desde la colonia hasta ese punto, iban a reconocerce como válidas. Agrega un tipo de derecho que no existía en la legislación previa, o sea los *derechos consuetudinarios*. Esos son un reconocimiento al DA que no tiene ningún título, no es formal, a diferencia por ejemplo de un DA del 1991. Existe típicamente en comunidades indigenas o comunidades de agricultores pequeños. Existe la historia de que ellos por muchos años han usado una cierta cantidad de agua, como tradición, y las organizaciones de usuarios le han entregado agua históricamente. Entonces lo que se establece jurídicamente es que existe un derecho dada la historia de uso de ese recurso. Se reconoce que el uso histórico le da un derecho. Ese derecho, que no tiene ningún título, también se reconoce. Ambos los reconocidos títulos que se habían otorgados , más los consuetudinarios, tienen además la misma garantía constitucional que los nuevos. Eso es importante porque un porcentaje muy relevante, dependiendo de la cuenca puede ser más del 50% de los derechos, ya se había otorgado. El Código del 1981 sigue otorgando sobre una base ya existente.

El Código establece también que todos estos derechos se tienen que formalizar bajo las reglas nuevas. Es decir si yo tengo lo que se dice un *regador*, un derecho del Código del 1961, lo tengo que transformar en la definición de consuntivo, no consuntivo, ecc. Los consuetudinarios se tienen que regularizar. Es decir tengo que obtener un título. Para eso hay títulos transitorios, en el Código de Agua. Pero a la fecha existen todavía un porcentaje muy alto de derechos que no se han regularizado o perfeccionado hasta hoy. Entonces existen muchos derechos consuetudinarios que siguen operando sin ser formalizados con título. Digo esto porque la Dirección General de Aguas también por Código tiene que llevar un registro de todos los DA, el catastro público de Aguas. Las reglas del catastro público de Aguas solo permiten registrar los derechos que están con las características del Código del 1981. Entonces todos los DA anteriores y los consuetudinarios que no se han regularizado no están en este catastro. Eso es importante porque cuando un ente pide un DA a las DGA, esta última tiene primero que determinar si hay agua. Se

controla en este sentido la hidrología, la oferta, el estatus del acuífero. Además tengo que determinar cuanta de esa agua ya está comprometida en derechos. Si la DGA no tiene conocimiento de todo lo que existía, se puede otorgar derechos cuando no hay agua suficiente. Esta es una de las razones por la cual se ha generado el sobre otorgamiento de derechos.

Con respecto al tratamiento del agua como bien económico, lo que hace el Código de Agua es reasignar derechos : esto puede ocurrir cuando por ejemplo tu tenga 5 l/s y el otro agricultor 10 l/s, pero desde un punto de vista económico-social conviene que tu tenga 12 y el otro 3. Esos l/s se tienen que mover. Eso se llama reasignación. En el Código del 1967 era el Estado el que hacía la reasignación. Tomaba un derecho, le bajaba el caudal extraíble para aumentar el caudal a otro.

¿Esto pasaba bajo que criterios de que tipo?

El código establecía lo que se llama un estudio de la tasa de uso beneficioso. En el Código del 1981, dado el contexto político y económico de la época, se dice que esta reasignación funciona bajo las reglas del mercado, buscando que el agua se utilice en las actividades de mayor valor socio-económico. Entonces tu que necesitas 12 y tenías 10, puedes negociar con la otra persona y comprar los 2 l/s. Entonces se establece la señal, más que el concepto, de que el agua es un recurso escaso que tiene un valor económico. En teoría el mercado a través del precio mandaría la señal de escasez relativa. Lo que se esperaría entonces es que en cuencas más escasas el agua fuera más cara, y dado eso, se tendría el incentivo a utilizarla de mejor forma y más eficiente porque cuesta más. Esa es la idea de fondo.

Lo que ha ocurrido es que hay en el mercado de DA lo que se define asimetría de información. La DGA por Código debe en su información llevar un registro de las transacciones y además de los precios. Este registro debiese ser público. ¿Con que objetivo? Voy a utilizar un ejemplo ajeno al agua. Si te dijera ahora que tengo auto de tal marca, modelo tanto, del año tanto con tal kilometraje y, al quererla vender, te pregunto cuanto vale, no te demorarías más de 15 minutos en decirme. Lo buscas en internet. Encontrar el valor de ese auto que quiero vender es relativamente fácil. En cambio si te digo que tengo tal derecho, permanente, consuntivo, etc. y lo quiero vender, lo más probable es que tu no sea capaz en menos de una semana de decirme cuanto vale. Yo puedo tener más información que tu respecto a cuanto vale el agua. Entonces lo que se da es que en la misma cuenca, en la misma zona, tu tienes 1 l/s que se vendió por ejemplo aquí en la cuenca del Maipo por 100UF y ese otro l/s que se vendió por 1000UF. Entonces si yo vendí a 100 y me entero que se podía vender a 1000, la frustración es más o menos grande.

¿Porque ocurre eso?

Por ejemplo tu te acercas y negocias con migo. Yo no tengo noción de cuanto vale, pero me ofreces 100, lo que me parece suficiente, te lo vendo. Mientras que si yo hubiera sabido que lo puedo vender a 1000, nunca lo habría dejado. Entonces ocurre así una dispersión de precio muy muy alto.

¿Esto se debe entonces a que este registro no sea público o por lo menos fácilmente accesible…

Se pueden encontrar valores. Por ejemplo por estudios los hemos hecho, yendo a los Conservadores de Bienes Raíces, encerrándonos por un mes, mirando los libros del Conservador y registrando los precios. Esto es básicamente la única forma que hay hoy de encontrar los precios, lo cual toma tiempo y es caro. Entonces

volviendo a la idea de que el mercado me a revelar el valor del agua, para que tu uses el agua en una forma más eficiente, eso no se cumple. No hay información, nadie la tiene.

Entonces por ejemplo si yo soy un pequeño agricultor que quiere vender cierto caudal, no soy capaz de determinar si mi oferta es coherente con el mercado. Voy a perder fácilmente mucho dinero…

Vas a cubrir lo que ese derecho para ti vale, porque si no no lo venderías. Pero dejas de ganar mucho. En el caso de mi auto, podría tener la idea de que si me ofrecen X yo estoy dispuesto a venderlo, pero si se que vale 2X, no lo vendo por X. Con respecto al agua, generalmente lo vendo por X, pero podría haber ganado mucho más. Hay entonces una ventaja para esas personas que tienen información. Típicamente ellos no son los pequeños agricultores.

La primera pregunta iba también acerca de cuanto ese mercado es libre. A decir ¿hay un techo máximo de ese l/s de agua?

No hay. Siendo que tampoco hay buena información, no se cumple lo que en economía llamamos la ley de un solo precio. Si yo miro ahora el valor de un litro de gasolina, puede que haya diferencias en la misma región metropolitana, pero son diferencias menores. Entonces uno vería varios precios, pero muy cerca y se deduce así un medio que refleja la realidad de ese precio. En el caso de los DA se tiene una nube de puntos. No cumpliéndose la ley de un solo precio, se va a terminar con precios muy bajos o precios muy altos. Eso es una negociación 1:1. Si nosotros negociamos y llegamos a 1 l/s 1000UF, lo transamos y no hay ninguna razón a impedirme venderlo a ese precio. Si existiese buena información, esos disparos de precio no se darían.

2. El sistema de manejo del agua pertenece a una economía de tipo neoliberal. Eso implica beneficios económicos significativos para el sector de la exportación. El modelo económico vigente favorece actividades productivas que extraen recursos locales para actuar en un mercado internacional. Si bien estas fuerzas económicas son impulsoras del PIB, es percepción difundida que eso haya generado situaciones monopolísticas de manejo hídrico. que afectan actores económicos relevantes para las economías locales. ¿Se puede afirmar eso?

Por lo menos en los estudios que hicimos, no he encontrado evidencia de posiciones monopolísticas respecto al agua. Sí, hay por ejemplo en Copiapó multinacionales que están produciendo uva de mesa y exportan. Tienen superficies importantes de terreno cultivable, tienen un numero importante de derechos de agua, mientras que un pequeño agricultor que vende hortalizas, cerca de la ciudad, con 3 hectáreas de terreno, tiene 3 l/s, versus los 800 l/s de la grande.

¿Esos caudales son proporcionales a la superficie regable?

En Copiapó si.

A decir si yo soy un pequeño agricultor y tengo 3 hectáreas y 3 l/s, ¿esa relación es proporcional a la situación de una multinacional?

Inicialmente si. Por eso no tengo evidencia de que algún actor tenga muchos derechos o de que lo esté manejando de manera monopolística. Lo que ha ocurrido es que yo multinacional tenía 1000 ha, y relativos 1000 l/s regables, pero hoy dado que el acuífero ha bajado y no se logra extraer esos 1000, estoy alimentando solo 600

has. Lo que si se evidencia es que hay agricultores que en papel tiene muchos más l/s de lo que están sacando.

3. Con respecto a los sectores del río Copiapó 3 y 4 se afirmó que el colapso hídrico de la capa freática coincidió con la compra por parte de empresas mineras de dicho sector a los agricultores del sector 5. Eso provocó el detrimento de las actividades agrícolas en la cuenca y una hostilidad difundida hacia el sector minero, capaz de pagar precios más altos en el mercado de los derechos.

¿Cuáles son las actividades agrícolas mayormente afectadas por ese fenómeno? ¿La situación cambia si hablamos de pequeños agricultores o de agro-industria? ¿Qué relación hay en el área entre estos dos tipos de actividad productiva?

Respecto a lo primero tengo una confusión: la cuenca va desde el sector 1 al sector 6 donde el sector 1 es el más cercano a la cordillera. Entonces el sector 3 y 4 son aquellos antes la ciudad de Copiapó, mientras que el sector 5 es después de Copiapó. Si una minera compra derechos del 5 no afecta a los sectores 3 y 4. Consecuentemente no puedo atribuir a que el nivel freático bajó porque la minera compró en el 5. Lo que si podría ocurrir es que en el sector 5 se vera afectado, pero no el 3 y 4. Lo segundo que es importante es que si yo miro las transacciones la gran mayoría de las compras y ventas son dentro del sector agrícola en término de numero de derechos. Probablemente un 70% es agrícola. Si yo lo gráfico, compra-venta, hay efectivamente más venta que compra, pero la diferencia es muy pequeña. Entonces la percepción de que la minería se esta comprando todo el agua no es correcta. ¿Porque se genera tal percepción? Básicamente por el impacto que tiene llevar agua del agricultura a la minería. Si yo soy agricultor, no riego 24 horas al día. Por ejemplo si estoy produciendo uva de mesa, que es una variedad de hoja caduca, a decir que al final de otoño se caen las hojas, en ese mes ya se termina el regadío. Entonces hoy, más o menos con los niveles de eficiencia en esa zona, puedo producir uva de mesa en una hectárea con 180000-20000 mc de agua por año. Esto vale a decir que en la agricultura 1 l/s son 180000 mc/año. Si yo vendo esos l/s a la minería, esta los ocupa 24 horas al día y 365 días al años.

Tiene un factor de uso 100%…

Y por lo tanto ese mismo l/s ahora son 32000 mc. Entonces el impacto sobre el acuífero de 1l/s en la minería es mucho mayor que en la agricultura. Cuando la minería compra efectivamente se va a ver un impacto. Sin embargo la gran mayoría de los compradores de derecho son los agrícolas. Por lo tanto el agua no se está yendo de la agricultura a la minería, que es lo que uno típicamente tiene en la cabeza.

Una percepción cultural diría difundida…

4. Se dice que entre las causas estructurales de la mala administración del recurso hídrico hay que el otorgamiento de este derecho sea según medida de flujo y no según volumen. En ese sentido el factor de uso del recurso tiene un papel importante…

En la reforma del 2005 se estableció que los DA subterráneas deben especificar flujo y volumen, pero antes no tenían ese requisito. Por lo menos en Copiapó, casi todos los derechos son otorgados antes del 2005. Entonces se tienen DA que dicen 100 l/s sin especificar un máximo de volumen. Vale a decir que si yo lo uso permanentemente son 320000 años. Si lo uso menos, es menos el volumen. Entonces el impacto sobre el volumen de agua en el acuífero depende de como uso ese derecho. Se usó por muchos años lo que tu bien denominaste Factor de Uso, previsible. Supongamos que la DGA sepa que solo se debiese otorgar 80 l/s adicionales por la condición del acuífero, y tu

vienes pidiéndome 100 l/s. Siendo estrictos, la DGA debería negar ese derecho. Sin embargo en esa época para un agricultor, el factor de uso previsible nos informa que tu uso efectivo sobre el acuífero sea un 20%. Por lo tanto tus 100 l/s, correspondían efectivamente a 20 l/s, lo que permitió el otorgamiento del derecho. El problema es que tu derecho no dice hoy 20 l/s, si no que 100 l/s. A través del tiempo, puede haber un cambio en la eficiencia de uso. Por ejemplo el agricultor podría haber duplicado su eficiencia y por lo tanto duplica la superficie a regar. El uso real del flujo aumentaría en ese caso.

Lo segundo es con las transacciones.Si se compra a un agricultor que tiene riego por surco, 40% de eficiencia, y yo lo uso con goteo 90%, el uso de esa agua es mucho más alta. Si lo vendo a Aguas Chañar, la empresa de otorgamiento agua potable o a una minera, el uso se dispara aún más.

¿Y en el caso de la minería se llega efectivamente a un factor de uso 100%?

Originalmente la DGA contaba un 75% pero hoy es 100%. Entonces lo que pasó es que la presión sobre el acuífero aumentó porque aumentó el eficiencia y se movió agua de un sector a otro. Ese sobre otorgamiento es producto en parte del factor de uso previsible. El otro es que no se tenía buena información sobre quien tiene cuanto. En Copiapó hoy la recarga del acuífero es 3800 l/s y los derechos otorgados son 21000l/s. Estos datos a nivel de la cuenca completa.

¿Eso respecto a los derechos de agua superficial y subterránea?

Solo subterránea. Lo que pasa es que el agua superficial comparativo con el agua subterránea es marginal. Entonces sí, los agricultores utilizan mucha agua superficial, la que hay, porque es más barata; esa de hecho no se tiene que bombear, pero en términos de l/s es una cantidad mínima.

Habría también que mencionar el tema de los pozos ilegales. ¿Que relevancia tiene en la situación del acuífero?

No conozco ningún estudio que haya levantado cuanto es el impacto de los pozos ilegales. Lo que si, de las veces que yo hice algún trabajo en Copiapó, puedo afirmar que los usuarios reconocen e informan que sí, hay pozos ilegales. Pero nadie hace nada al respecto. Entonces no se que representan en la situación total. Sí, se que hay. También hay usuarios que no tienen un pozo ilegal, pero sacan más agua de la que corresponde. Hay un estudio que por imágenes determinó la superficie productiva y estimó la cantidad de agua necesaria a regar esa superficie. Era por lejos muchísimo más alta que los derechos otorgados.

Según la DGA los sectores de la cuenca del Copiapó 5 y 6 están bajo restricción. Desde el 1993 los sectores 1 y 4 están declarados zona de prohibición. ¿Eso no tiene ningún efecto retroactivo contra el sobre otorgamiento de los derechos que produjo la situación de escasez hídrica?

Lo único que hacen esas declaraciones es que no se puedan otorgar derechos permanentes. Bajo prohibición, no se puede otorgar ningún derecho adicional, bajo restricción puedo otorgar derechos provisionales, donde la idea es "*creo que el acuífero se está dañando pero no tengo toda la información, por lo tanto voy a otorgar derechos provisionales*".

VIII.Bibliografía

DOCUMENTOS INSTITUCIONALES DE ESTUDIO HIDROLÓGICO

AA. VV. Hidromás CEF limitada (2013), *Actualización de la modelación integrada y subterránea del acuífero de la cuenca del río Copiapó,* Informe S.I.T. No 332) Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Fuente: http://documentos.dga.cl/SUB5460v1.pdf.

AA. VV. (2011), *Anàlisis Integrado de Gestiòn* en *Cuenca del rìo Copiapò*, Informe Final – Tomo I, Resumen Ejecutivo, SEA CHILE.

AA. VV. (2013), E*studio de impacto ambiental, proyecto planta de agua potable Atacama, Descripción de Proyecto,* SGA, soluciones en gestión ambiental, AGUAS ATACAMA, Santiago, Chile.

DOCUMENTOS LEGISLATIVOS

Gobierno de Chile (1981), *Código de Aguas.*

INFORMES TÉCNICOS INSTITUCIONALES OPERADOS POR IMPRESAS PRIVADAS

AC INGENIEROS COSULTORES LTDA (2012), *Investigación recarga artificial de acuíferos cuencas del río Choapa y Quilimarí, Región de Coquimbo*, S.I.T. N.292, MOP, DGA, Santiago de Chile.

DICTUC Hidrogeología (2010), *Análisis integrado de gestión* en *Cuenca del Río Copiapó, Tomo II: Sistematización y Levantamiento de Información de Usos y Demandas*, SIT N. 211, SEA CHILE.

Mineurita LTDA por GOBIERNO DE CHILE, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (2015), DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, *Análisis vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos cuenca del rio Copiapó*, III Región de Atacama, S.I.T. n° 355, DOCUMENTOS INSTITUCIONALES MOP.

AA. VV. (2016), *Altas de Aguas Chile*, Ministero de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile, Santiago de Chile.

AA.VV. (2016), I*nforme técnico: DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS OTORGADOS EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ,* S.D.T. N° 327, Departamento de administración de recursos hídricos, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile, Santiago.

DOCUMENTOS DE ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

AA. VV. (2013), E*studio de impacto ambiental, proyecto planta de agua potable Atacama, Descripción de Proyecto,* SGA, soluciones en gestión ambiental, AGUAS ATACAMA, Santiago, Chile.

AA. VV. Estudio de Impacto Ambiental: *Planta desalinizadora de agua de mar para la Región de Atacama, provincias de Copiapó y Chañaral,* AGUAS CHANAR, GSI INGENIERIA, ECONSSA CHILE, CCIRA, COPIAPÓ.

DOCUMENTOS ACADÉMICOS

Donoso Harris G., (2003), *MERCADOS DE AGUA: ESTUDIO DE CASO DEL CODIGO DE AGUAS DE CHILE DE 1981*, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Economía Agraria, PUC, 2003.

Burner, L. (2018), *De Jotabeche a Germán Márin: narrativas de la minería sostenible, la agricultura extractivista y el agua en el desierto del Norte Chico chileno,* en (2018) *Anales de Literatura Chilena,* Año 19, diciembre, número 30, pp. 183-193.

Carrasco P. (2009), *Crecimiento Urbano de Copiapó. Causales, Patrones y Perspectivas*, Nodo Tecnológico.

Ginocchio (CEZA – Universidad de Chile) (2012), *Estudio de la tratabilidad de las aguas claras del tranque de relaves Pampa Austral para la diversificación productiva de la comuna de Diego de Almagro*. Centro de investigación minera y metalúrgica, Universidad de Chile.

Larrain S., Schaeffer Colombina (2010), *Copiapó: dry due to the indiscriminate granting of water rights by the chilean state* en Ibidem, *Conflicts over water in Chile: between human rights and market rules*, Chile Sustentable, Santiago de Chile.

Pizarro F. A. (2014), *¿Acumulación por desposesión hídrica? Crecimiento inmobiliario, neoliberalismo minero y mercantilización del agua en Copiapó, Chile*, Ecología Política, No. 47, Ciudades (Junio 2014), pp. 62-66.

Quevedo Egaña G. (2018), *OASIS FITODEPURADOR : Infraestructura hídrica para la consolidación socio-ecológica del tranque de relaves Pampa Austral*, Tesis para optar a título de Arquitecto y grado de magister. Pontificia Universidad Católica, Escuela de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Santiago, Chile.

Rinaudo G.D., Donoso G. (2018), *State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile), International Journal of Water Resources Development.*

Sánchez y Mariño Beiras (2004) entrevista a David Harvey por *Los Nuevos Rostros del Imperialismo*, Tempos Novos (revista mensual gallega), España.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Acreman M. (1999), *Water and Ecology Linking the Earth's Ecosystems to its Hydrological Cycle*, Internacionales, No. 45/46, AGUA Y DESARROLLO.

Aronson Schlomo (2008), E*ntender los paisajes áridos* in *Aridscapes, Proyectar en tierras ásperas y frágiles*, Barcelona.

Custodio, E. (1993), *Gestión y Protección de Acuíferos. Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de Hidrogeología Subterránea,* Mar del Plata.

Hadzich, miguel (2013), *Granja Ecológica,* PUCP, Centro de Innovación en Tecnologías Apropiadas para el Desarrollo Sostenible del Sector Rural. Grupo de Apoyo al Sector Rural, Perú.

UNC/UNEP/WWF (1991), *Caring for the Earth - A strategy for Sustainable Living*, Grand, Switzerland.

Laureano P. (1988), *Sahara, Giardino sconosciuto*, Giunti, Firenze.

Lefebvre H. (1991), *The Production of Space*, Oxford, Blackwell.

Mathur, da Cunha (2014), *Design in the Terrain of Water,* Applied Research + Design Publishing, University of Pennsilvanya, School of Design.

McHale John (1968). *The future of the future*. George Braziller, NY.

Morton Timothy (2018), *Introducción* en *El Pensamiento Ecológico,* Editorial Paidos Ibérica, Barcelona.

McHale J. (1970), *The ecological context*, G. Braziller.

Perea Restrepo S.A. (2016), Grupo de estudio Eco+Hábitat, Laboratorio de Ambientes Sostenibles, Programa de Arquitectura, Universidad Piloto de Colombia, *Lecciones sobre permacultura para un hábitat simbiótico en el*

paisaje cultural cafetero en Dearq, Arquitectura y Antropología N. 19.

Pérez de Arce Antoncich R. (Noviembre 1999), *Las escalas del agua*, ARQ, No. 43.

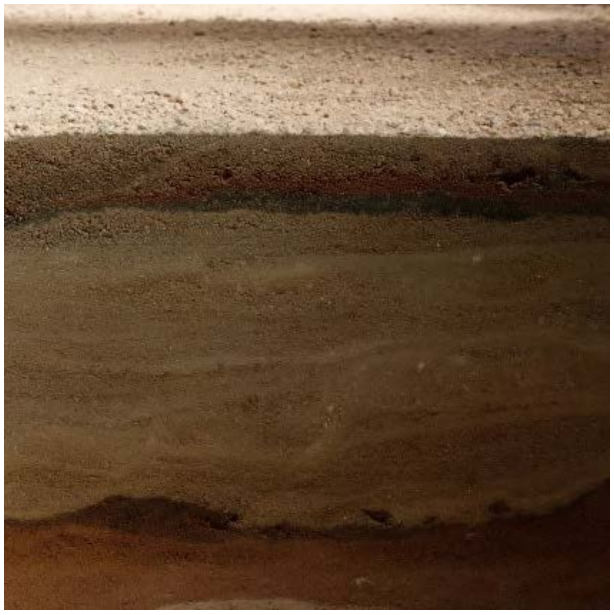
Ruano Miguel (1999), *ECOURBANISMO: ENTORNOS HUMANOS SOSTENIBLES: 60 PROYECTOS,* Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Tushaar Shah, David Molden, R. Sakthivadivel and David Seckler (2001), *Global Groundwater Situation: Opportunities and Challenges*, Economic and Political Weekly, Vol. 36, No. 43 (Oct. 27 - Nov. 2, 2001).

White M. (2010), *The Productive Surface*, en: *On farming* , con Maya Przybylski, Barcelona: Actar.

World Conference on Environment and Development (1987), Our Common Future, Oxford University Press, Oxford UK.

Young Liam (2019), *Architecture without people*, en *Machine Landscapes : Architectures of the Post Anthropocene*, AD (Architectural Design).



[fig.00] Lee Maelee, *Time of earth's strata*, site specific installation view in '*Fictional Friction*', HIAP-Helsinki Biennale, Mugaksa, Gwangju, S.Korea, 2018