

Oasis fitodepurador.

Infraestructura hídrica para la consolidación socio-ecológica del tranque de relaves pampa austral

Gonzalo Quevedo E.

Artículo producido a partir de tesis de magíster

Profesores guía: Pilar García, Ignacio García y Arturo Scheidegger

El desierto de Atacama es el lugar más árido de la tierra. La provincia de Chañaral, ubicada en este desierto, cuenta con escasos recursos de agua superficiales. El principal es el río Salado, con un caudal mínimo de 0 l/s promedio durante el año y alrededor del cual se han desarrollado las principales ciudades y pueblos. Además, el río fue utilizado por casi 50 años como la vía de evacuación de relaves mineros de toda la provincia, por lo que su cuenca se encuentra contaminada hasta el día de hoy. Por esta razón más del 60 % de las extracciones de agua de la zona se obtienen de acuíferos subterráneos ubicados principalmente en el altiplano, por sobre los 3.000 msnm. Estas aguas, por su ubicación y salinidad necesitan de una infraestructura significativa para su captación, acumulación, tratamiento y transporte; procesos que requieren de grandes inversiones de capital y energía.

Las infraestructuras hídricas tienen un gran impacto sobre la configuración del territorio desértico, construyendo nuevas relaciones para desarrollar asentamientos humanos y actividades productivas. Pero, a su vez, por no considerar otros sistemas territoriales terminan degradando drásticamente los frágiles ecosistemas donde se construyen, extrayendo recursos y obstruyendo los flujos naturales que permiten su funcionamiento.

Los diferentes sistemas de captación, transporte y utilización de las aguas actualmente están desconectados unos de otros. Mediante un reordenamiento parcial de una o varias partes estratégicas, con una mirada productiva, social y ecológica, es posible reestructurar el sistema, integrando procesos y aprovechando recursos que actualmente son desperdiciados.

El estudio analiza el caso específico del tranque de relaves mineros Pampa Austral, el cual contiene grandes cantidades de aguas contaminadas en amplias lagunas de decantación. El tratamiento de estas aguas aumentaría su posibilidad de uso en actividades productivas, sociales y ecológicas, permitiendo así disminuir las brechas hídricas generadas por la minería. Estas aguas pueden ser tratadas a través de un sistema de *fitodepuración* mediante filtros vegetales, permitiendo así el aprovechamiento de recursos desperdiciados, la consolidación de ecosistemas y la puesta en valor de un nuevo paisaje intervenido: consolidando un nuevo oasis en el desierto.

DESIERTO: TERRITORIO ÁRIDO REGIDO POR EL AGUA

El agua está presente en todo el territorio, en sus diferentes formas y estados: hielos en las altas montañas, líquida en ríos y lagos, y gaseosa en nubes y brisa marina. La morfología de la tierra se genera por el paso del agua, los surcos y quebradas han sido creados por la erosión que las aguas han hecho durante millones de años al pasar sobre la superficie de la tierra, modificando la topografía. El territorio entonces es dinámico, condicionado a la constante capacidad transformativa que el agua tiene sobre él.

De esta manera, desde la geomorfología, se pueden entender el ordenamiento de las aguas estudiando las Cuencas Hidrográficas¹ como unidad territorial. Delimitadas por las altas cumbres, las cuencas drenan sus aguas a través de quebradas, esteros y ríos en un único cauce que evacúa sobre un cuerpo de agua mayor, como sería un lago o el mismo mar. Este orden meramente topográfico permite entender por dónde se mueven las aguas y, por lo tanto, por donde pasará la huella transformativa de la misma.

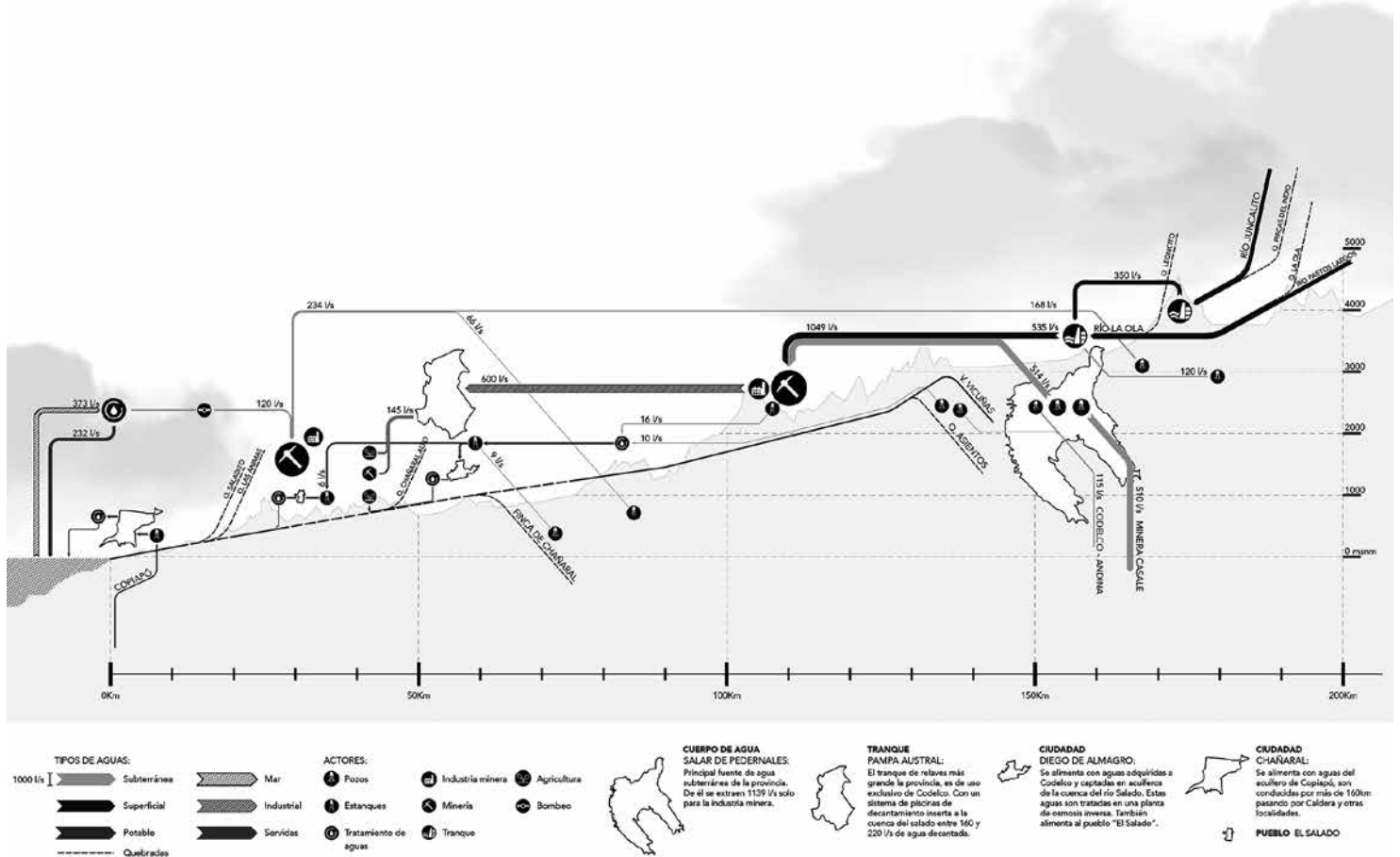


FIG. 01: Diagrama en corte de los flujos y ciclos del agua en la provincia de Chañaral. © Gonzalo Quevedo, 2019.

Un clima desértico se caracteriza por la falta de agua, precisamente “es el resultado de un déficit de agua debido a un ciclo hidrológico en el que la tierra pierde más agua que la que capta”². Es en estos territorios donde, a pesar de su aparente ausencia, la huella del agua se hace especialmente presente. El agua se convierte en un elemento clave para el desarrollo de cualquier actividad y, por esta razón, la forma de colonizar y habitar el desierto está condicionada por su disponibilidad o la capacidad de extraerla y transportarla a los lugares donde sea necesaria. Un ejemplo son los yacimientos mineros, donde la ubicación está condicionada por la disponibilidad del mineral y el agua es transportada kilómetros hasta las faenas.

A pesar de ser algo esencial, el agua ha sido utilizada y controlada por el hombre desde el comienzo de su historia; se la ha buscado, reclamado y defendido, ha sido incautada, así como canalizada para que llegara a zonas muy alejadas de su fuente. [...] El surgimiento y caída de las civilizaciones ha corrido parejos al desarrollo o colapso de los sistemas de distribución del agua, y el suministro de agua potable para el consumo humano constituye aún hoy en día una preocupación fundamental en muchas regiones³.

En este sentido, las infraestructuras de manejo hídrico manipulan y controlan los flujos de los sistemas naturales, modificando la forma en que estos se despliegan sobre el territorio y así generando situaciones beneficiosas para actividades específicas del desarrollo humano, como la generación de energía, medios de transporte, captación de agua, defensas fluviales, etc., siendo esenciales para la vida en el desierto.

Los sistemas infraestructurales funcionan como ecologías artificiales. Dirigen los flujos de energías y recursos en un lugar, y condicionan la densidad y distribución de un hábitat. Crean las condiciones necesarias para responder a ajustes incrementales en la disponibilidad de recursos y modifican el modo de habitabilidad en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes⁴.

Así, por una parte, se tiene el sistema hidrogeomorfológico natural y, por otro, las infraestructuras hídricas antrópicas que manipulan e interrumpen los flujos propios de los sistemas naturales. Al tratar de forma directa con agua, estas infraestructuras comparten sus mismas cualidades transformativas, pudiendo así impactar drásticamente en el territorio y creando un nuevo orden territorial. De esta forma,

extrayendo, acumulando y transportando agua, estas infraestructuras son capaces de construir nuevos paisajes, logrando las condiciones óptimas para el desarrollo humano y modificando la forma en que nos relacionamos con el paisaje y el territorio. En el desierto, el agua condiciona toda actividad, transformándose en el principal elemento organizador del territorio desértico.

Además, sobre este sistema ocurren una serie de dinámicas sociales, económicas, políticas y ecológicas en torno al agua, que permiten construir una comprensión ampliada del territorio hídrico. Por una parte, para poder entender los factores sociales y políticos se hace referencia al término que Gerardo Damonte definió como “Territorio hidrosocial”:

La concepción de territorio hidrosocial integra el concepto físico de cuenca con la dinámica social que se desarrolla en esta área; es decir, con la manera en que los grupos sociales conciben y materializan los usos del recurso hídrico, así como la manera en que se conectan con los flujos de agua y la infraestructura hidráulica⁵.

Por otro lado, estos cambios en los ciclos y flujos territoriales generan grandes impactos ecológicos en el territorio. Ya sea mediante grandes intervenciones

como represas que rápidamente inundan valles completos, o pequeños pozos de extracción subterránea que lentamente secan acuíferos y destruyen por completo los ecosistemas que dependen de ellos. Estas situaciones ponen en peligro el equilibrio del sistema total y potencialmente agotando el recurso de forma irreversible.

De esta forma es posible entender el sistema no solo desde una mirada técnica, sino que también incorporando las variables sociales de ocupación y los impactos ecológicos que estos generan para así entender las múltiples variables que interactúan en torno al agua y construir una visión holística sobre el territorio.

A escala mayor, la región de Atacama tiene una escasa disponibilidad de agua. La demanda actual de la región es del orden de 16.700 l/s, siendo que la oferta existente es sólo de 1.900 l/s⁶. La diferencia es compensada por aguas subterráneas correspondiente a acuíferos que, por lo general, tienen una sobre asignación de derechos para su uso y por ello exceden el caudal ecológico explotable y se ven amenazadas por un posible agotamiento del recurso.

Específicamente, en la provincia de Chañaral, el 63% de los derechos de aprovechamiento de aguas consuntivos⁷ corresponde a aguas extraídas de acuíferos, los cuales tienen recargas mínimas debido a las bajas precipitaciones de la provincia y los altos niveles de radiación solar, por lo que lo poco que llueve es evaporado antes de ser infiltrado a capas subterráneas donde puede ser almacenado.

Del total de los derechos de aguas consuntivos, el 97% tiene fines mineros, esto equivale a un caudal de 3.366 l/s extraídos que no son reingresados al sistema⁸. Si lo comparamos con el agua potable, en el caso de Diego de Almagro la ciudad es abastecida con un caudal de solo 35 l/s, por lo que es evidente que el mayor consumo de agua es por parte de la industria, que en Chañaral es mayoritariamente minería, donde a diferencia de otros sectores productivos, el agua utilizada es altamente intervenida y contaminada.

Si bien la escasez de agua está directamente relacionada a su disponibilidad física en un clima determinado y a la calidad de esta, en situaciones como la de Chañaral depende fuertemente de los usos que se le da y los actores que compiten por utilizarla. Habiéndose ya construido infraestructuras para su extracción y abastecimiento, la escasez se ha convertido en un problema de poder y gobernanza, poniendo a los actores del gran sector productivo minero por sobre los con menor poder económico y político.

Las mayores extracciones de agua ocurren alrededor del Salar de Pedernales, las cuales son utilizadas en la cuenca del río Salado, donde se encuentran los asentamientos humanos y la actividad industrial, para lo cual deben ser transportadas mediante acueductos y camiones. De esta manera se genera una conexión antrópica entre ambas cuencas, incorporándolas a un mismo Sistema Hidrológico Territorial.

De los procesos mineros de la provincia, el que genera mayores pérdidas de aguas es la planta concentradora de Codelco, que vierte sus relaves en el tranque de relaves Pampa Austral. El tranque tiene un sistema de lagunas donde se decanta el material particulado suspendido (roca molida), para luego bombear estas aguas claras y conducir las por un canal que originalmente desembocaba en la cuenca del río Salado. En la actualidad las aguas descargadas se distribuyen a terceros, quienes la utilizan en procesos de mediana minería y riego de plantaciones experimentales.

Estas aguas, si bien no llevan material particulado, tienen una alta concentración de contaminantes disueltos en su composición, por lo que su uso es limitado. Aquí surge la posibilidad de aprovechar la enorme cantidad de agua contenida en el tranque pero, para ello, es necesario una infraestructura de tratamiento de aguas, permitiendo filtrar lo minerales y así ampliar su uso a diversas actividades productivas, ecológicas y sociales [FIG. 01].

DE INFRAESTRUCTURAS HÍDRICAS A INTERRUPCIONES ECOLÓGICAS

Las infraestructuras hídricas generan impactos a diferentes escalas en los territorios donde se insertan. En primer lugar, la misma construcción de la infraestructura interviene el sitio de forma directa, teniendo que ingresar las máquinas necesarias para su construcción. También, la infraestructura en sí interfiere los flujos propios del ecosistema allí presente y genera un impacto visual al insertar un elemento antrópico ajeno a las vegas, humedales y quebradas.

Por otra parte, y de manera menos evidente, la extracción de agua puede llevar al desequilibrio de los ecosistemas, reduciendo el tamaño de los humedales y disminuyendo la cubierta vegetal y la fauna presente. Este tipo de impacto afecta de forma directa los flujos territoriales de los animales de la desierto, los cuales necesitan de estaciones o paradas para moverse grandes distancias. Esta situación es notoria en zonas cercanas a Pedernales, donde aguas abajo del represamiento la vegetación ha disminuido evidentemente.

Además, el mal manejo del agua puede llevar a su pérdida por completo; desde un punto de vista productivo, secar un humedal significa perder el recurso. Actualmente, la subcuenca del Salar de Pedernales se encuentra como área de restricción, debido a que las extracciones de agua superan el caudal ecológico. Esta situación restringe por completo la emisión de nuevos derechos de agua y pone en peligro los derechos que actualmente existen, los cuales potencialmente ya pueden agotar el recurso.

LA HIDROLOGÍA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA TERRITORIAL DESÉRTICO

La investigación realizada a nivel provincial no es sólo un estudio hidrológico, sino que incorpora actores productivos, sociales y ecológicos en torno al agua, permitiendo entender la complejidad

presente en las redes hídricas del territorio desértico de Chañaral. Se pueden identificar cuatro grandes redes del agua que funcionan de manera paralela, con mínimas interacciones entre sí: Red Codelco El Salvador; Red agua potable Diego de Almagro; Red agua potable Chañaral; Red Anglo American Mantos Verdes. Asimismo, se estudiaron las relaciones entre las partes que componen cada sistema y como estas se distribuyen en las cuencas de Pedernales y del río Salado.

De esta manera se reconoce el potencial existente entre el tranque de relaves Pampa Austral y la ciudad de Diego de Almagro, donde surge la oportunidad de conectar dos ciclos del sistema hidrológico territorial, actualmente desconectados, pudiendo aprovechar aguas remanentes de la actividad minera para integrar procesos y potenciar el desarrollo de nuevas actividades productivas, sociales y ecológicas en el desierto [FIG. 02].

CONFLUENCIA DE REDES EN UN PAISAJE VASTO

La localidad de Diego de Almagro se puede entender como un punto de confluencia de sistemas y ciclos de varias redes territoriales presentes en la provincia. La ciudad se sitúa en un punto central y estratégico, en plena pampa desértica, en la quebrada del cauce del río Salado, ubicación que responde a necesidades de conectividad de transporte, energía y recursos.

Respecto al sistema hidrológico, en esta zona concluyen dos de las redes antrópicas más importantes de la provincia. Por una parte, el sistema de agua potable para Diego de Almagro llega a su "fin" al descargar las aguas servidas, previo tratamiento, al cauce del río Salado. Por otra parte, el complejo sistema de Codelco concluye en las lagunas de aguas claras de Pampa Austral. Estas aguas claras originalmente también eran descargadas al cauce del río, a través de un canal que desemboca cerca de Diego de Almagro, pero las descargas se detuvieron el año 2001 cuando entró en vigencia el Decreto Supremo N°909, el cual regula las descargas de residuos líquidos sobre cuerpos de aguas superficiales¹⁰.

Frente a esta situación, para mantener constante el nivel del tranque, Codelco comenzó a utilizar las aguas claras (contaminadas) en proyectos de producción agrícola experimental, tanto en las cercanías del tranque como a lo largo del canal por donde las aguas son descargadas. Estos proyectos fracasaron debido a la salinización de los suelos, provocada por la gran cantidad de minerales y contaminantes disueltos en las aguas del tranque¹¹. Entonces, para utilizar estas aguas claras en cualquier actividad para el uso o consumo humano, como sería la agricultura, es necesario considerar un sistema de tratamiento con el objetivo de que la concentración de minerales disueltos en el agua se reduzca a niveles adecuados para riego u otras actividades productivas.

En este sentido, generalmente gran parte de la energía e infraestructura necesaria en el tratamiento del agua proviene de procesos propios

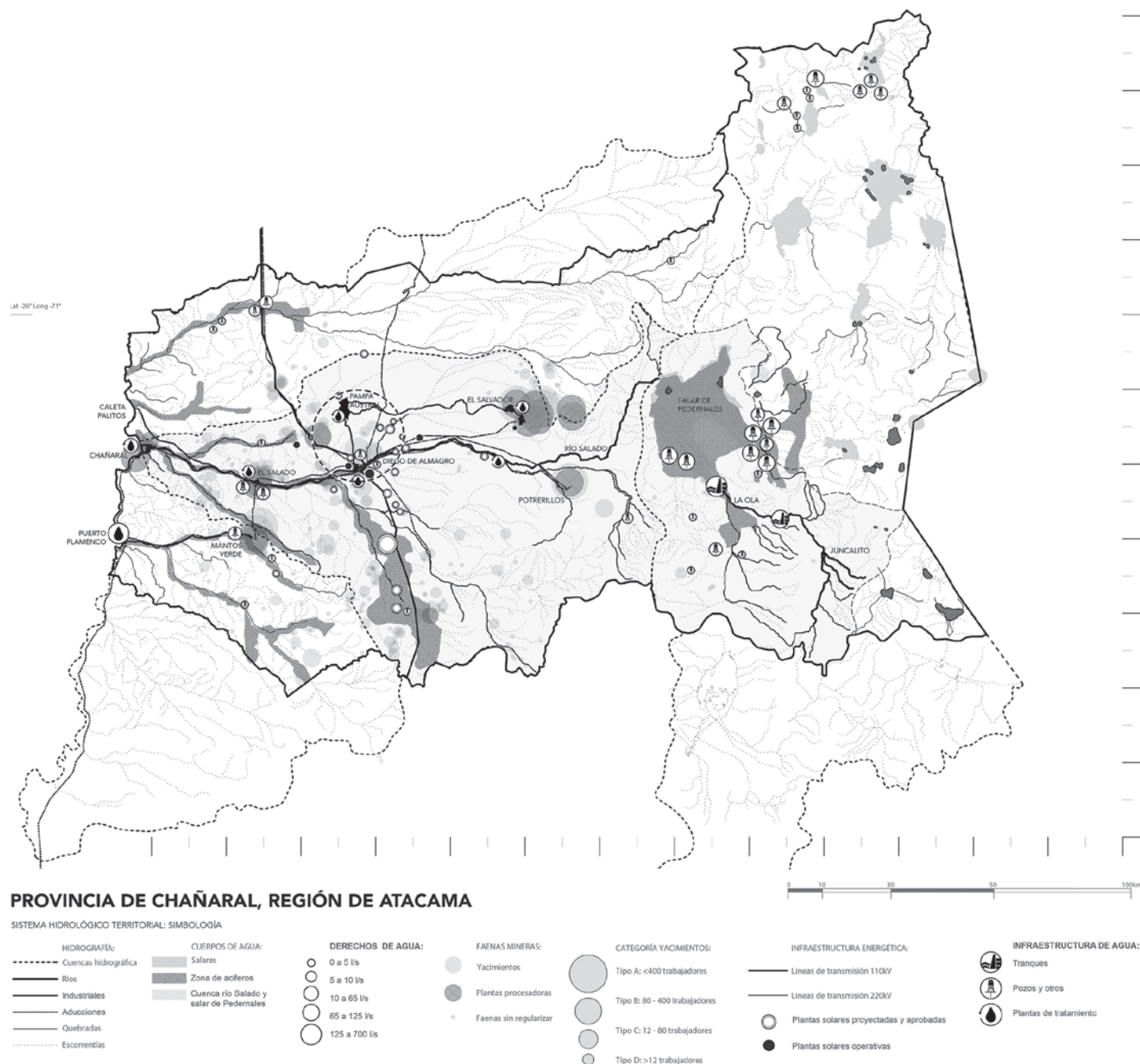


FIG. 02: Mapa del sistema hidrológico territorial de la provincial de Chañaral. © Gonzalo Quevedo, 2019.

de la naturaleza. Pero, una vez que un determinado ecosistema supera su capacidad de absorber “agua contaminada” para producir “agua fresca”, entran los métodos antrópicos de tratamiento¹². De esta forma, el tratamiento de las aguas es resultado de una integración de procesos naturales y antrópicos.

La variante antrópica se hace especialmente notoria en un territorio desértico como el de Chañaral, donde la distribución de ecosistemas ricos en flora y fauna es bastante limitada, por lo que las escasas aguas existentes presentan mayores niveles de minerales y contaminantes disueltos en su composición. Es decir, gran parte del proceso de purificación y potabilización de las aguas en climas desérticos se realiza de forma antrópica, necesitando

infraestructuras significativas con un gran gasto energético y de capital.

En consecuencia, la propuesta proyectual explora un sistema de tratamiento híbrido para el aprovechamiento de las aguas del tranque, que consiste en la construcción de humedales artificiales que funcionan como filtros vegetales, mediante las propiedades *fitodepuradoras*¹³ de la vegetación para filtrar y extraer los contaminantes, instaurando una nueva infraestructura hídrica [FIG. 03].

BRECHA HÍDRICA EN DIEGO DE ALMAGRO

En Diego de Almagro, el territorio operacional abarca sólo una parte del suelo urbano, dejando a un 15% de la ciudad sin conexión directa a la red de agua

potable. Esta área incluye nuevas zonas de expansión y la villa de emergencia inaugurada el año 2015 después del aluvión. Bajo el pretexto de que el estado actual de la red y su capacidad no daría abasto para la expansión que está viviendo la ciudad, esta limitada área operacional no se ha expandido. Esto obliga a quienes viven en las nuevas zonas a funcionar con sistemas de estanques independientes, sustentados con agua de la misma red que la municipalidad recolecta y transporta mediante camión aljibe.

Por otro lado, la municipalidad se hace cargo del riego y mantenimiento de las áreas verdes con agua de la misma red. Para el 62% de las áreas verdes de la ciudad el riego se hace de forma directa, mientras que para el otro 38% el agua es distribuida mediante

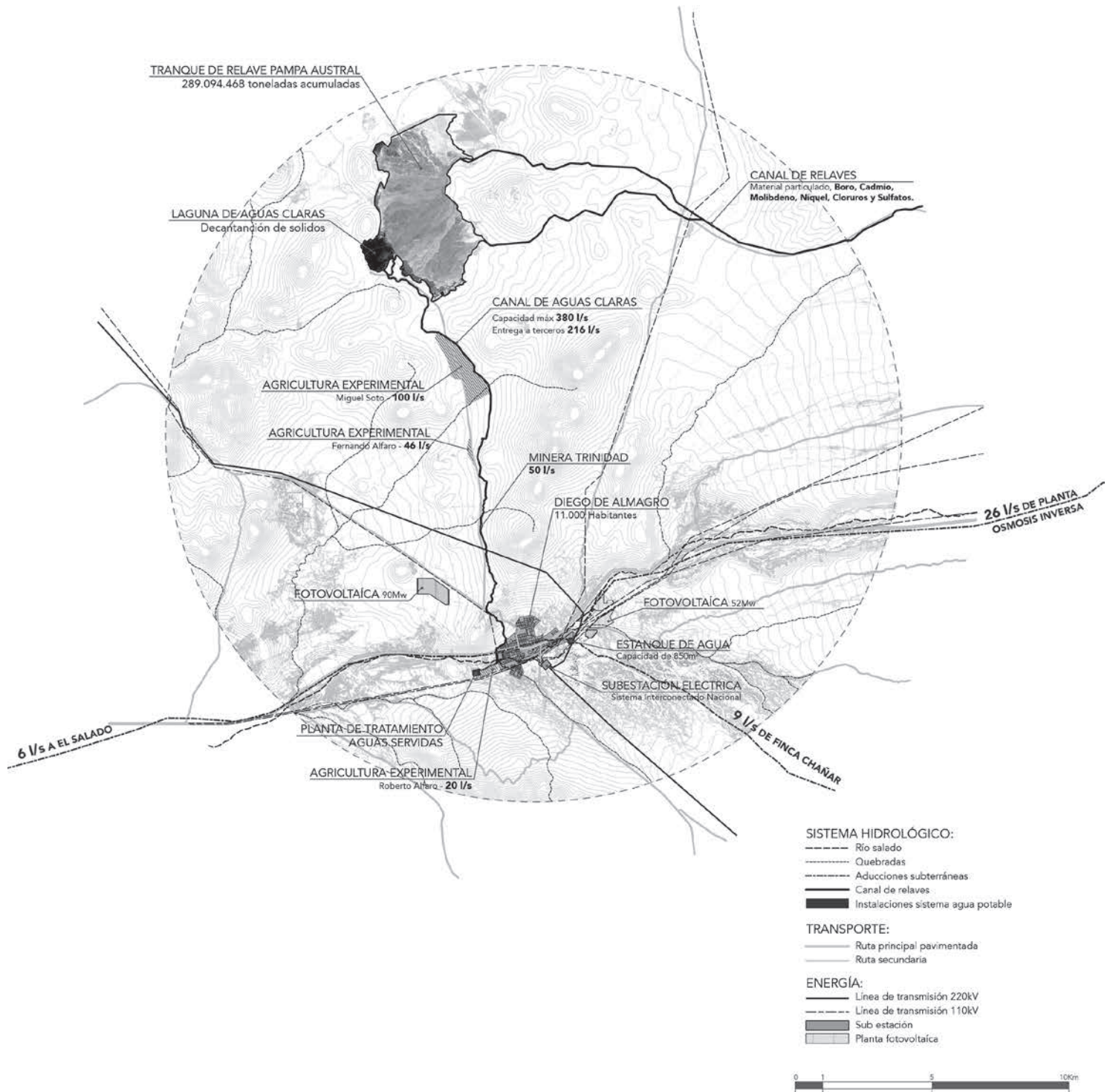


FIG. 03: Confluencia de diversas redes territoriales entre Diego de Almagro y Pampa Austral. © Gonzalo Quevedo, 2019.

camión aljibes. Teniendo un total de 52.636 m² de áreas verdes, el riego aproximado por día significaría un caudal de agua promedio de 6 l/s⁴, lo que equivale a un 17% del total del caudal producido en la red de agua potable de la ciudad (26 l/s).

Frente a esta situación, donde la red actual no da abasto para la expansión y gran porcentaje de su agua son utilizadas en el riego de áreas verdes, se propone utilizar parte de las aguas residuales de la

red de Codelco en el riego y desarrollo de las áreas verdes de la ciudad, disminuyendo la carga sobre la red urbana, permitiendo insertar un sistema independiente con aguas que no requieren tanto gasto energético en su producción.

PROCESO MINERO, UNA PRODUCCIÓN DE IMPACTO TERRITORIAL

En el contexto industrial minero el agua es un recurso crucial, ya que es utilizada a lo largo de toda

la cadena productiva del cobre, pero es especialmente necesaria en los procesos de refinamiento del cobre, que consumen grandes volúmenes de agua. En la planta concentradora la mayor pérdida de agua ocurre en las sustancias líquidas remanentes que finalmente forman los relaves, estos son:

[...] una mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos [...] transportada mediante canaletas o cañerías hasta lugares especialmente

habilitados o tranques, donde el agua es recuperada o evaporada para quedar dispuesta finalmente como un depósito estratificado de materiales finos (arenas y limos).¹⁵

El agua de los relaves es difícil de recircular en el sistema minero cuando el tranque o depósito está a una distancia o diferencia de altura considerable, por esta razón el consumo de agua en esta actividad corresponde al 71,3% del total, situándolo como el proceso con mayor consumo hídrico de la industria minera.

En la provincia de Chañaral, desde 1938 las faenas mineras de Potrerillos y el Salvador descargaron sus relaves en la cuenca del río Salado, acumulándose en la bahía de Chañaral. Esta situación se prolongó por años hasta que, en la década de 1970, Codelco direccionó parte del río para que descargase en caleta Palitos, ubicada al norte de Chañaral. Esta situación irregular contaminó de forma irreversible la cuenca del río Salado y las zonas costeras de Chañaral hacia el norte, destruyendo parte importante de los ecosistemas riverenos y costeros, además de degradar los sistemas hídricos de la provincia¹⁶. Las descargas irregulares se detuvieron el año 1989, cuando Codelco construyó el tranque de relave Pampa Austral.

En la actualidad, Codelco El Salvador cuenta con una planta concentradora que descarga sus relaves en Pampa Austral. Hoy en día el tranque cuenta con 8 muros de contención para controlar su crecimiento, el cual se debe a la acumulación de más de 293.000.000 de toneladas de relaves, abarcando una superficie total de 1670 hectáreas. De acuerdo al plan de continuidad operacional de la subdivisión de El Salvador, el tranque tiene proyectada la construcción de un muro divisorio con el fin de controlar su crecimiento y concentrarlo en el extremo sur, donde están ubicadas las principales lagunas de decantación.

IMPACTOS SOCIO-ECOLÓGICO DEL TRANQUE DE RELAVES PAMPA AUSTRAL

Los tranques de relaves generan una serie de impactos ecológicos y sociales en su construcción y operación a lo largo del tiempo¹⁷. En el caso de Pampa Austral existen impactos intangibles como la brecha hídrica debido a la disponibilidad de agua de la provincia, pero también genera cambios tangibles y visibles en el territorio los cuales se mencionan a continuación:

Contaminación: del medio humano y sistemas ecológicos, al estar expuestos a la alta concentración de metales pesados y contaminantes contenidos en la pulpa del relave.

Alteración de ecosistemas: con la aparición del tranque, la humedad contenida en la pulpa y las lagunas generan las condiciones adecuadas para el desarrollo de un nuevo ecosistema, atrayendo flora y fauna a la pampa desértica.

Emisión de material particulado: debido a la evaporación de agua provocada por los altos niveles de radiación solar, el material fino se vuelve sumamente volátil, el cual es fácilmente

propagado por los constantes vientos, situación agravada por la condición topográfica del lugar.

Modificación del suelo: debido a los relaves depositados sobre suelo natural es que se contamina el medio físico de la tierra y se modifican topografías drásticamente.

Contaminación de napas subterráneas: si bien en esta zona específica las napas se encuentran a varios metros bajo tierra, los derrames de líquido de relave pueden ocurrir, contaminando así la escasa agua que existe.

Pérdida de sitios: debido al crecimiento del tranque y los sedimentos que cubren el suelo es que se produce la pérdida de restos arqueológicos y de todo elemento natural que existiese previamente.

A nivel ecosistémico, en el tranque se han identificado un total de 15 especies animales (10 aves, 3 reptiles y 2 mamíferos) y 3 especies vegetales que han llegado al lugar de forma independiente, construyendo un oasis donde antes no existiría. De esta forma, se han modificado las rutas migratorias de la fauna desértica, transformándose en una nueva y potencialmente importante *stepping stone* o parada dentro de los flujos territoriales, pese a su origen industrial. En un ámbito social, a pesar de los impactos ya mencionados, el tranque tiene un gran potencial turístico aprovechando el particular paisaje que genera y la relativa cercanía con Diego de Almagro, presentando así una oportunidad de desarrollo [FIG. 04].

OASIS COMO INFRAESTRUCTURA EN EL TERRITORIO DESÉRTICO:

Como se mencionó en un principio, en los territorios desérticos la presencia de agua es esencial para la concepción de cualquier actividad del desarrollo humano, pero además significa la generación de complejos ecosistemas en pleno desierto. Estas situaciones excepcionales donde el agua emerge a la superficie son tradicionalmente conocidas como oasis, y consisten en la presencia continua y permanente de agua en un lugar específico de un clima árido o semiárido, generando un microclima controlado. Esto puede producirse gracias a la erosión del suelo, fallas en la topografía o la combinación de ambas¹⁸.

Esta situación de microclima protegido es aprovechada por las criaturas que habitan el desierto, conformando su hábitat permanente o siendo un descanso dentro de sus rutas migratorias. Por su parte, también son aprovechados por el ser humano, permitiendo la extracción de agua, el cultivo de alimentos y la construcción de asentamientos. De esta forma, los oasis pueden ser totalmente naturales y prístinos, modificados por el hombre o incluso construidos desde cero.

Según afirma Laureano, los oasis son producto de la intervención humana¹⁹. Plantea que, desde un principio, los oasis más fructíferos para la

producción de agua en el desierto han sido manipulados por el ser humano, sometidos por miles de años a un riguroso manejo y cuidado²⁰. Bajo esta lógica, también plantea el concepto del “efecto oasis”, que consiste en la idea de poder construir oasis utilizando las mismas leyes del desierto, resultando así en la constitución de un sistema autosustentable y autorregulado, producto de la simbiosis ente ser humano y naturaleza²¹.

Una forma de construir oasis es mediante el sistema persa de *qanat*, utilizado para recolectar aguas freáticas y conducir las grandes distancias por medio de túneles. Los *qanat* han sido esenciales para la supervivencia de muchas civilizaciones, permitiendo el riego de cultivos y acceso a agua limpia en lugares donde no existe, construyendo nuevos oasis en el desierto.

De esta forma, el oasis también forma parte de una red territorial mayor que sólo su área contenida. En primer lugar, forma parte de la red de aguas subterráneas que lo alimentan, la que generalmente permanece oculta pero se hace visible cuando el agua emerge a la superficie. Y, en segundo lugar, el oasis al ofrecer una serie de servicios tanto para la naturaleza como para el ser humano alimenta un sistema de servicios mayores teniendo así una huella hídrica de escala territorial.

En este sentido, los oasis, tanto naturales como construidos, ofrecen una serie de servicios necesarios para el funcionamiento de los sistemas naturales y antrópicos. Es por esta razón que se plantea la idea de entender al oasis como una infraestructura paisajística que, como definió Gerdo Aquino, “posiciona al paisaje como un complejo sistema de servicios, recursos y procesos elementales que asegura la economía contemporánea actuando como una infraestructura híbrida que es tanto cultura como ingeniería”²². De esta manera, el oasis como infraestructura paisajística establece las bases para el funcionamiento del territorio desértico, desencadenando consecuencias tanto productivas como sociales y ecológicas [FIG. 05].

OASIS FITODEPURADOR: DETONANTE DE NUEVAS ACTIVIDADES

El tranque de relaves Pampa Austral es el punto de inflexión donde se puede apreciar el impacto territorial que tiene la red productiva de Codelco. Siendo producto de la industria minera, ha crecido año a año debido a la acumulación de relaves y agua. Pese a los contaminantes presentes, esta acumulación de agua ha permitido el desarrollo de un limitado ecosistema que ha creado un paisaje de cualidades muy particulares en la pampa desértica. De esta manera, se plantea consolidar el sitio mediante la construcción de un oasis como infraestructura, con la intención de evidenciar y visibilizar la red minera de Codelco, consolidar y potenciar el ecosistema allí presente y revitalizar el corredor agroproductivo que conecta Pampa Austral con Diego de Almagro.

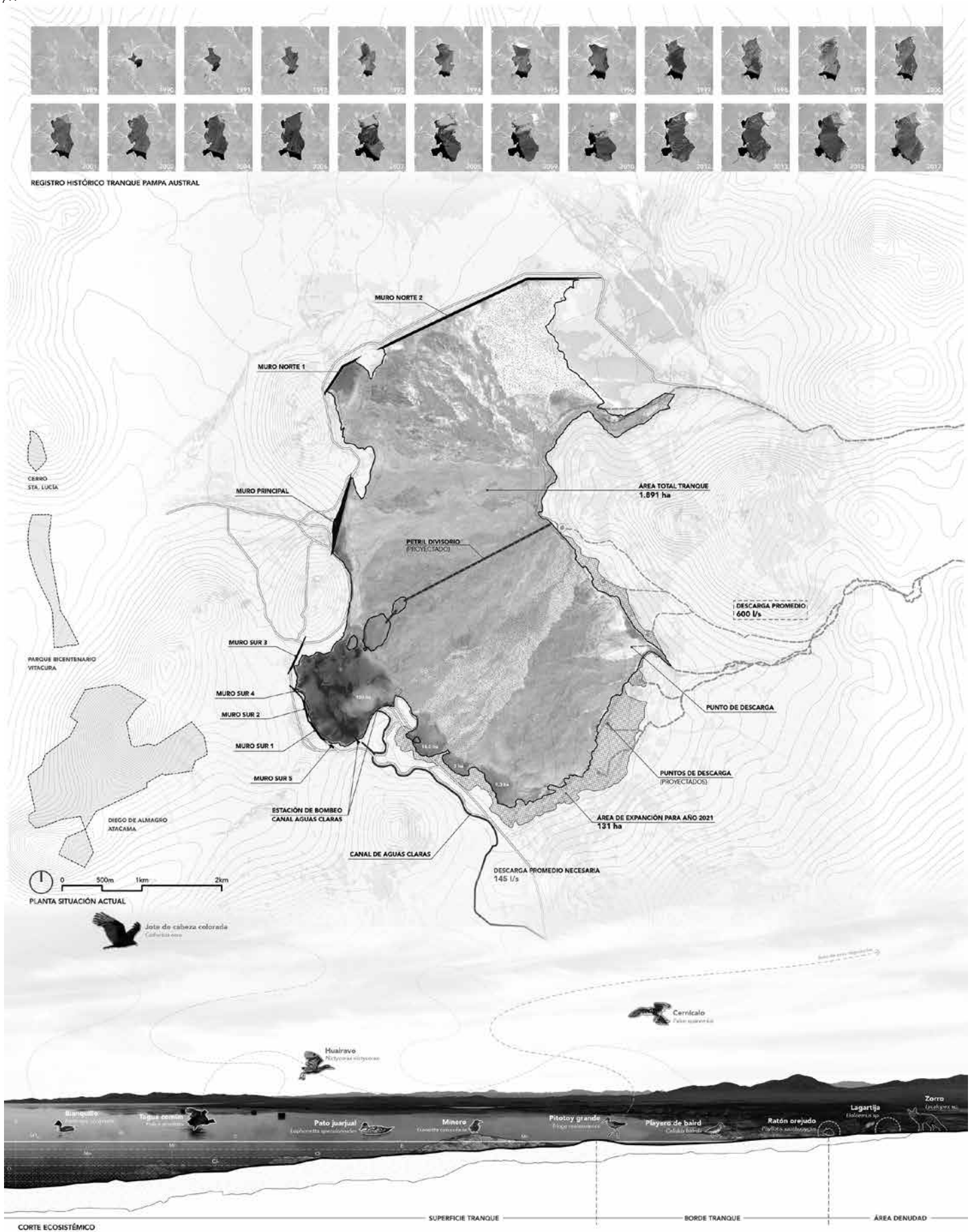


FIG. 04: Mapa Indexado sobre dinámicas territoriales, temporales y ecológicas del tranque de relaves Pampa Austral. © Gonzalo Quevedo, 2019.

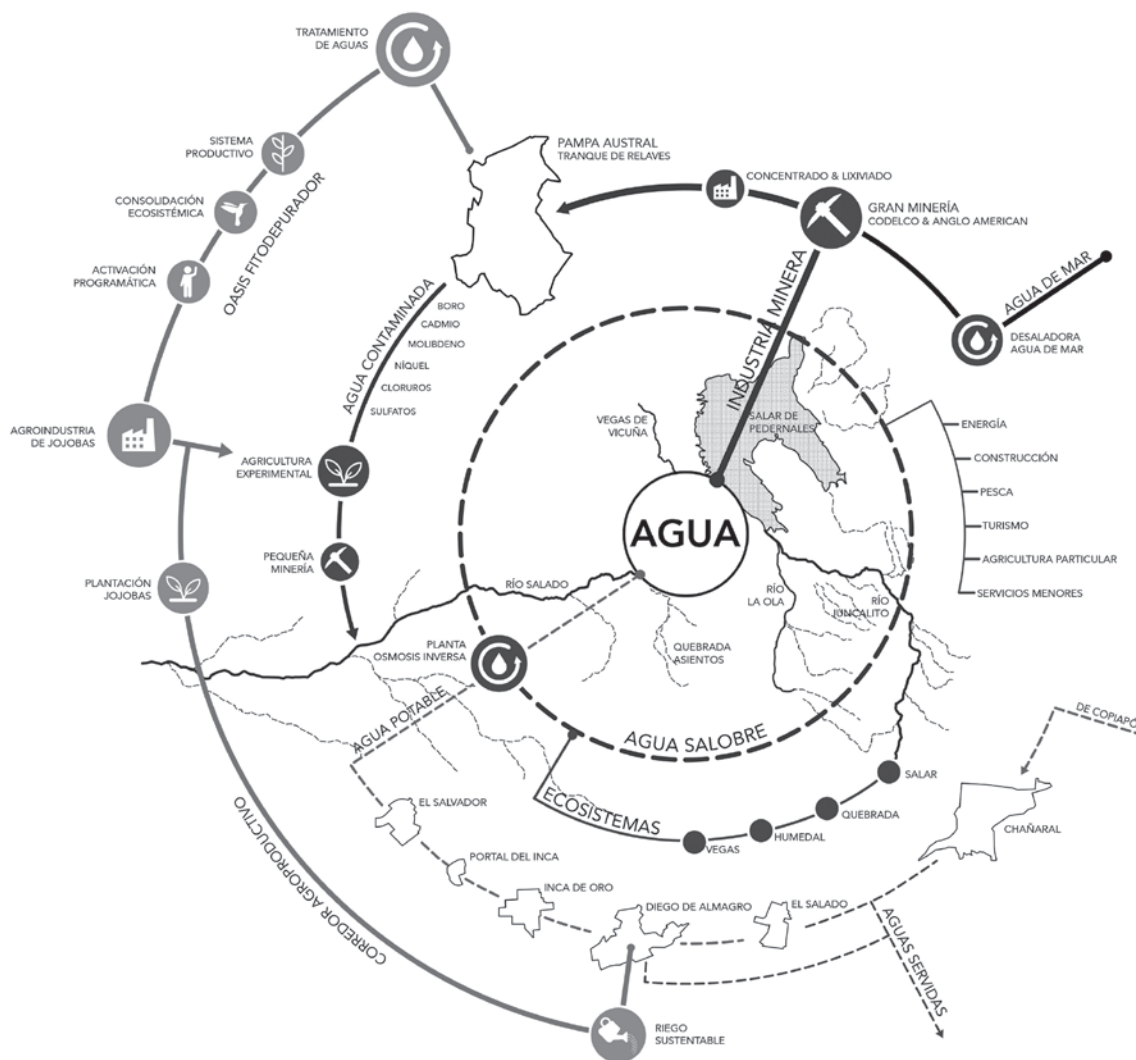


FIG. 05: Actores en torno al uso del agua en la provincia de Chañaral y su relación con la propuesta proyectual del Oasis Fitodepurador. © Gonzalo Quevedo, 2019.

El proyecto, a través de un sistema de tratamiento de agua por *fitodepuración*, consolida un oasis en el borde del tranque que se alimenta de aguas provenientes de la red minera de Codelco y, a su vez, abastece al corredor que llega hasta Diego de Almagro, utilizando las aguas tratadas en actividades agroproductivas de gran escala y en el desarrollo, mantención y riego de áreas verdes en la ciudad. Al realizar este tratamiento a través de filtros vegetales, con especies resilientes a altas concentraciones minerales²³, se potencian las actividades ecológicas del tranque aumentando su cubierta vegetal, fortaleciendo su microclima en la pampa desértica y permitiendo la sucesión ecológica a través del tiempo. De esta manera, al ampliar el uso de estas aguas es posible mantener la extracción de agua constante y, por lo tanto, controlar de mejor manera el crecimiento y posibles desbordes del tranque sin poner en riesgo de contaminación a los sitios donde estas aguas son utilizadas.

Por otro lado, el agua puede entenderse como un elemento organizador, capaz de crear experiencias, situaciones particulares y evocar el ocio y la distensión. El proyecto construye una experiencia en

torno al agua, dilatando su recorrido, construyendo una serie de eventos aprovechando su sonido, creando un sentido de admiración con sus reflejos y generando una continuidad en la totalidad del proyecto. Así, se aprovechan los elementos necesarios para las actividades productivas en la construcción de un lugar habitable que pone en valor el agua, visibilizando procesos industriales y educando al visitante a través de las experiencias que acompañan el recorrido y las distintas cualidades espaciales y sensoriales posibles de generar. En otras palabras, el oasis considera la integración de estas actividades productivas con los sistemas ecológicos, la accesibilidad social y el desarrollo turístico potencial del sitio, abriendo el tranque al visitante y generando un espacio para el ocio y la educación [FIG. 06].

CONCLUSIONES

A través de esta investigación se reconocieron redes territoriales, sus conexiones y desconexiones, identificando así el tranque de relaves Pampa Austral como zona crítica de potencial desarrollo. Los tranques de relaves son producto del complejo sistema productivo de la minería del cobre, proceso en el cual la gran cantidad de agua utilizada es

altamente intervenida, dando como resultado gigantescos territorios de piedra de relave y lagunas de agua contaminada. El caso de Pampa Austral es crítico en la provincia de Chañaral pues su ubicación – en plena pampa desértica – y la gran cantidad de agua que contiene ponen en evidencia la brecha hídrica de la provincia, pero a su vez presenta grandes oportunidades para el desarrollo productivo, social y ecológico.

El proyecto establece un sistema simbiótico que pone en relación lo productivo, ecológico y social, generando un encadenamiento circular de procesos y actividades que sustenta su desarrollo en el tiempo, reingresando aguas al sistema hidrológico de Chañaral. Además, mediante estrategias de contención, sucesión ecológica y activación programática, el proyecto se hace cargo de la temporalidad del tranque, el cual está en constante crecimiento y para controlar su expansión requiere de extraer las aguas constantemente.

La investigación plantea una metodología de análisis para abordar el estrés hídrico en una región específica y, a su vez, propone un set de

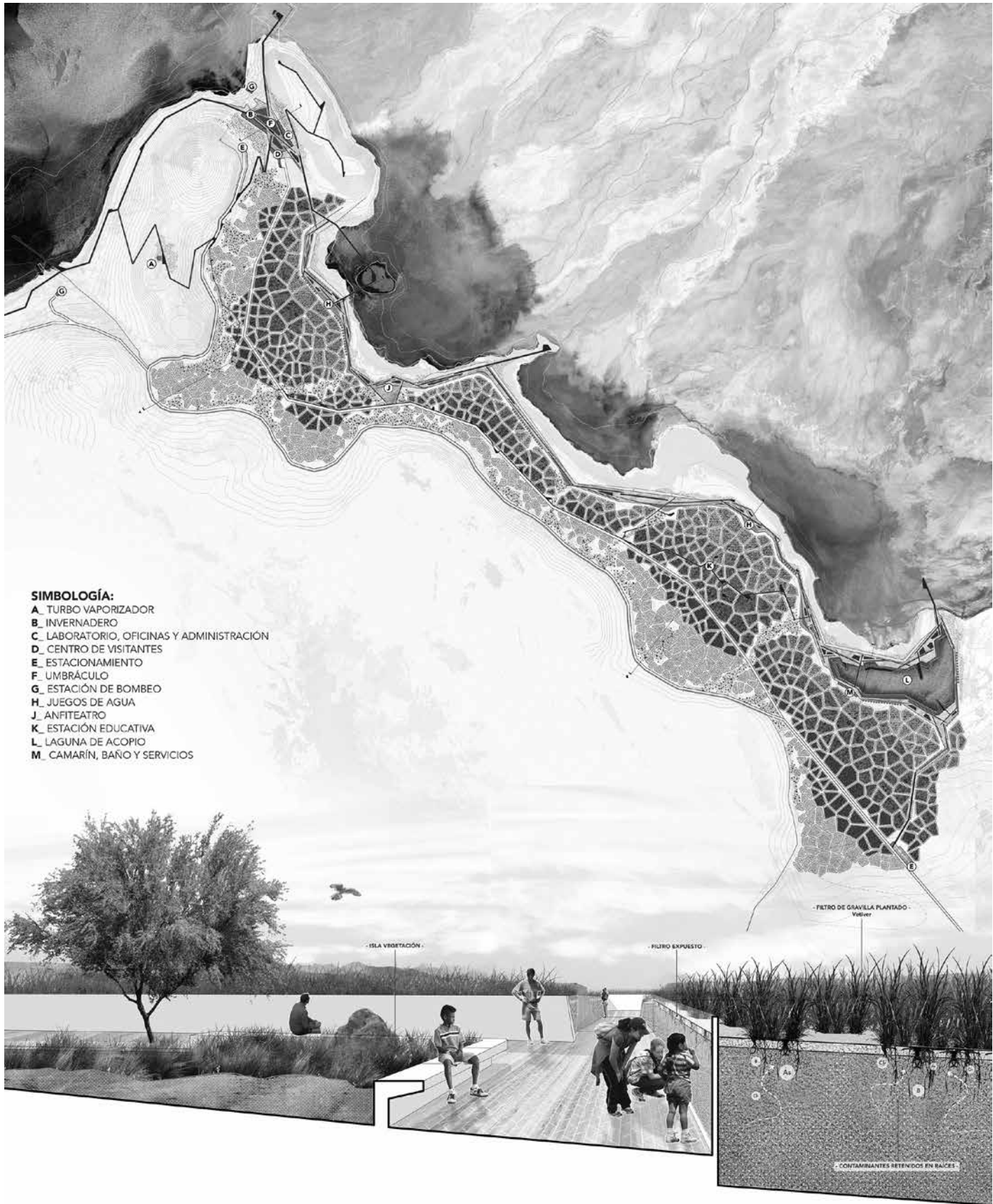


FIG. 06: Planta e imagen del proyecto Oasis Fitodepurador para el tranque de relaves Pampa Austral. © Gonzalo Quevedo, 2019.

estrategias proyectuales para solucionar el problema aprovechando aguas remanentes de procesos mineros. Si bien el proyecto es una solución específica para el caso de Pampa Austral, las estrategias utilizadas,

tanto en el análisis del lugar como en la definición de proyecto, son replicables en otros tranques de relaves a lo largo de Chile, especialmente en el norte donde escasea el agua y predomina la actividad minera.

NOTAS

1- "Una cuenca hidrográfica es la superficie terrestre dentro de la cual las aguas precipitadas son drenadas por un río o una red de cauces. En caso de que las aguas drenadas desembocan en un 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". En: DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA-MOP), *Atlas del agua Chile 2016*. (Santiago, Chile: DGA-MOP, 2016).

2- ARONSON, Schlomo. *Aridscapes: proyectar en tierras áridas y frías*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008), 28.

3- Ibid, 39.

4- ALLEN, Stan. *Infrastructural Urbanism Points and Lines: Diagrams for the City*. (New York: Princeton University Press, 1999), 57.

5- DAMONTE, Gerardo; LYNCH, Bárbara. "Cultura, política, y ecología política del agua: una presentación". [En línea] *Antropológica* Vol 34. N°37 (2016): 6-7.

6- Entendiéndose disponibilidad como el caudal sustentable de explotación en fuentes de aguas.

7- "Los derechos consuntivos facultan al titular a consumir totalmente las aguas en cualquier actividad". En: DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA-MOP), *Atlas del agua Chile 2016*. (Santiago, Chile: DGA-MOP, 2016).

8- OCUC, CORPROA. "Programa de reactivación urbana y productiva sustentable de Atacama, corredor solar", *Informe 3*, volumen II. (Santiago, Chile, 2016).

9- Decreto supremo N°90: "La presente norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores".

10- GINOCCHIO, R. *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*. (Santiago: Universidad de Chile; Centro de investigación minera y metalúrgica, 2012).

11- ORTÍZ, Paola. "Los recorridos del agua en el desierto: Estudio del ciclo hidro-social en una ciudad desértica". Tesis para optar a grado de magister. Pontificia Universidad Católica, Escuela de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. (Santiago, Chile, 2018).

12- BRAHAM, William. "Waste, Work, and Worth", 2013. En: MATHUR, Anuradha, DA CUNHA, Dilip. *Design in the Terrain of Water*. (Philadelphia, EEUU: Applied Research + Design Publishing, 2014), 141-147.

13- La propiedad fitodepuradora de las plantas consisten en que las raíces de éstas filtran los contaminantes de las aguas, añadiendo oxígeno y materia orgánica al medio donde se encuentran, permitiendo la filtración y el almacenamiento de contaminantes. Algunos contaminantes son absorbidos y degradados por las mismas plantas, mientras que otros son tan sólo retenidos en las raíces, razón por la cual periódicamente las plantas deben ser cosechadas para extraer los contaminantes del filtro.

14- Utilizando como referencia los datos sugeridos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios para el riego de jardines y áreas verdes: 1.000 litros diarios por cada 100 m² de césped.

15- CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE (CODELCO). "Declaración de impacto Ambiental: Proyecto continuidad operacional Salvador". Chile: Presentado a SEA (Servicio de Evaluación Ambiental), 2016.

16- VERGARA, A. "Cuando el río suena, piedras trae: relaves de cobre en la bahía de Chañaral, 1938-1990". *Cuadernos de historia*. (Santiago: Chile, 2011), 135-155.

17- LATRILLE, Andrea. "Desecho minero y la construcción de un paisaje sublime: ruta de observación en el Tranque de Relaves las Tórtolas". Tesis para optar al título profesional de arquitecto y grado de magister. Pontificia Universidad Católica, Escuela de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. (Santiago, Chile, 2017).

18- ARONSON, Schlomo. *Aridscapes: proyectar en tierras áridas y frías*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008).

19- LAUREANO, Pietro. "The oasis effect" En: MATHUR, Anuradha, DA CUNHA, Dilip. *Design in the Terrain of Water*. (Philadelphia, EEUU: Applied Research + Design Publishing, 2014), 187-193.

20- Ibid.

21- Ibid.

22- AQUINO, Gerdo. "Preface". En: HUNG, Ying-Yu. *Landscape Infrastructure: Case Studies by swa*. (Basel: Birkhäuser, 2011).

23- Las especies vegetales propuesta son: *Puccinellia frigida*, *Arundo donax*, *Chrysopogon zizanioides* y *Salicornia sp*. Estas especies se caracterizan por su gran poder fitodepurador y su resiliencia a altos niveles de salinidad y minerales en el medio donde se encuentren.