

- ▲ **Palabras clave/** Cambio climático, adaptación, incendios forestales, espacio público.
- ▲ **Keywords/** Climate change, adaptation, forest fires, public space.
- ▲ **Recepción/** 15 de diciembre 2022
- ▲ **Aceptación/** 24 de septiembre 2023

Espacios públicos urbanos en condición geográfica como dispositivos de adaptación al cambio climático

Urban Public Spaces in Geographical Conditions as Climate Change Adaptation Devices

Claudio Magrini

Arquitecto, Politécnico de Milán, Italia.
Magister en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile.
Doctorando en Ciencias Ambientales en la TU Braunschweig, Alemania.
Profesor asociado en la Escuela de Arquitectura, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.
claudio.magrini@udp.cl

Cristian Seguel-Medina

Arquitecto, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.
Magister en Territorio y Paisaje, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.
Profesor Escuela de Arquitectura, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.
cristian.seguel@mail.udp.cl

Constanza Tobar-Avenidaño

Arquitecta, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.
Magister en Territorio y Paisaje, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.
constanzatobar.arq@gmail.com

RESUMEN/ En el presente artículo se proponen dos espacios públicos urbanos para el sistema de quebradas de Valparaíso, basados en la investigación H30 Valparaíso, como posibilidad de adaptación ante el cambio climático. En lo específico, son un híbrido entre infraestructuras hídricas adaptadas a la estratificación geológica de Valparaíso y playas en superficie que articulan la condición pública. Están ubicadas al fondo de las quebradas y almacenan agua que luego se maneja en favor de los servicios ecosistémicos de las cuencas hidrográficas o como recurso contra incendios forestales. Se trata de propuestas proyectuales con fuerte base científica y multidisciplinaria y, por su condición geográfica, indican nuevas posibilidades para los planes de adaptación al cambio climático de las ciudades.

ABSTRACT/ This article introduces two urban public spaces for the ravine system in Valparaíso, based on the H30 Valparaíso investigation, as a potential adaptation facing climate change. Specifically, they are an hybrid between water infrastructures adapted to the city's geological stratification and beaches that articulate the public condition. They are located at the bottom of ravines and store water that can later be managed to the benefit of the watersheds' ecosystem services or as a forest firefighting resource. These are strongly science-based multidisciplinary project proposals and, given their geographic condition, point to new possibilities in the cities' climate change adaptation plans.

PLANIFICACIÓN ECOLÓGICA Y SOSTENIBILIDAD FUERTE

El informe elaborado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de agosto de 2021 es lapidario en sostener que el cambio climático ya es una realidad instalada,

inequívoca, producto de la actividad humana y que, sin la aplicación de medidas drásticas, es altamente probable que para 2040 se excedan los 1,5 °C, el límite máximo establecido por el Acuerdo de París¹ para garantizar las condiciones de vida de la especie humana. A mayor calentamiento le corresponden cambios en materia de humedad, sequedad,

vientos, lluvia, nieve y hielo y, con ello, impactos climáticos extremos sobre los territorios (IPCC, 2021). Así, por ejemplo, para la zona central de Chile se asiste a un aumento consistente y significativo de incendios forestales que, según estudios dendroclimáticos, se deben a un incremento significativo en la recurrencia de las sequías

1 El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Fue adoptado por 196 Partes en la COP21 en París, el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016 (más información: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>).

y la disminución de las precipitaciones (González *et al.*, 2011).

La planificación ecológica es un fenómeno en ascenso en la lucha para contrarrestar los efectos del cambio climático. Sus alcances disciplinares son bien documentados en el ensayo *Urbanismo Ecológico* de Anne Whiston Spirn (2011), texto que además tiene el valor de elaborar un marco de acción para el diseño y la planificación de ciudades resilientes. El enfoque ecológico se refleja en todas las proposiciones de base que sitúan y caracterizan la urbe: la ciudad es parte del mundo natural, es un hábitat y es un ecosistema; los ecosistemas urbanos son dinámicos e interconectados y cada ciudad tiene un contexto duradero y profundo. Con la última proposición de orden más operativa se define el diseño urbano como una herramienta de adaptación humana (Spirn, 2011) y se reconoce a la ciudad como parte integrante de la ecología y de sus dinámicas, pero se restringe el aporte al ámbito urbano. La ciudad se piensa desde sí misma y para sí misma, pero poco en su relación recíproca con el territorio que le provee de recursos y servicios ecosistémicos.

La realidad de América Latina no es distinta: es el subcontinente con los más altos niveles de urbanización del mundo, con una tasa promedio del 85%, que en el caso de Chile llega hasta el 90% (Zucchetti *et al.*, 2021). Si a esto se le agregan los altos índices de desigualdad y pobreza de las ciudades latinoamericanas –que tienen directa incidencia en el consecuente alto nivel de vulnerabilidad instalada– no cabe duda que la adaptación urbana al cambio climático es una realidad urgente (Zucchetti *et al.*, 2021). No obstante, para una visión más holística se considera pertinente complementar la aproximación urbana con la aproximación territorial que tiene sus raíces en Patrick Geddes, quien postuló el nexo ecológico indisoluble entre la ciudad con su región y

la geografía con sus cuencas hidrográficas como ámbito espacial de acción (Geddes, 1915), y en Ian McHarg por su método de diseño basado en las leyes de la naturaleza y por las bases de una planificación regional o territorial que centra su atención en los sistemas naturales en el ámbito extra-urbano (McHarg, 1969).

En el subcontinente hay cada vez más ciudades que se proponen desarrollar una red ecológica interconectada a nivel regional para disponer de una matriz de base que garantice la conservación y la entrega de servicios ecosistémicos a las ciudades. El objetivo es el acoplamiento de los sistemas antrópicos a los sistemas naturales. Algunos ejemplos son el Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2018-2040 (PEMOT) para el Valle de Aburrá y Medellín, el Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano de Lima y Callao 2040 (PlanMet2040) o el Plan Eco Local 2030–GEF Montaña en Chile de 2021, que propone una matriz de corredores biológicos de montaña para Santiago y su región geográfica².

De modo transversal, proponen avanzar desde una sostenibilidad débil a una sostenibilidad fuerte; la idea de la sostenibilidad débil tiene su origen en la economía ecológica, que ha sido definida como “la ciencia y el manejo de la sustentabilidad” (Constanza *et al.*, 1991), y que se aboca a la relación entre los ecosistemas y los sistemas económicos en el sentido amplio (Falconi, 1999). En lo específico, lo débil y lo fuerte dependen de la relación que se establece entre el capital natural (los ecosistemas naturales con sus servicios ecosistémicos) y el capital humano (las infraestructuras y lo producido por la actividad antrópica). En la sostenibilidad débil, basada en una visión economicista clásica, el capital natural es intercambiable por el capital humano, por ejemplo los combustibles fósiles que se intercambian por energía y el trabajo producido, con la única

limitación de mantener el stock de ambos capitales constantes en el tiempo. Según este modelo, la naturaleza aún “debe relegarse a lo establecido por la economía, siendo la proveedora de los recursos y la receptora de los residuos” (Madroñero y Guzmán, 2018) y articula una ecuación que permite la indefinida disminución del capital natural a favor del capital humano, hasta llegar a una intercambiabilidad total.

Por el contrario, en la sostenibilidad fuerte (Turner, 1993) el capital natural es complementario al capital humano, lo que postula la intangibilidad o un límite a la disminución excesiva de ciertos capitales naturales; por ejemplo, la capa de ozono que en tiempos de cambio climático puede resultar una acción irreversible.

Aplicada esta idea al ordenamiento o a la planificación territorial, se debe transitar desde una sostenibilidad ya no representada por la intersección de tres círculos idénticos –que idealmente ponen en balance la esfera natural, la esfera social y la esfera económica (y que siempre termina en la subyugación de lo natural y lo social a favor de lo económico)– hacia una representación donde se jerarquiza la esfera natural para luego inscribirle la esfera social y sucesivamente la esfera económica (Adams, 2006).

Conjunto metodológico para la propuesta proyectual de dos playas en las quebradas

Para dar cuenta del marco metodológico de trabajo multidisciplinar hay que diferenciar entre tres instancias: la investigación troncal determinada por *H30 Valparaíso*, y dos investigaciones más puntuales con el formato de tesis de magíster. Estas se derivaron de la principal y aplicaron unas metodologías específicas al caso de estudio desarrollado. *H30 Valparaíso* es una investigación académica multidisciplinar realizada por el magíster Territorio y Paisaje (MTP) de la Universidad Diego Portales (UDP) que, ante la recurrencia

2 Corredores Biológicos de Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente y ONU Medio Ambiente, desarrollado por la Universidad de Chile. Más información en: <https://gefmontana.mma.gob.cl/proyecto-gef-montana-presenta-resultados-de-la-planificacion-ecologica-a-escala-local/>.



Figura 1. Plan Maestro H30 Valparaíso (fuente: MPT, H30 Valparaíso, 2014).

de incendios forestales, postula la humedad como posible solución para la adaptación de los territorios a los efectos del cambio climático (figura 1).

La investigación tiene su origen en 2014, con el gran incendio en Valparaíso, y hasta la fecha ha sostenido una labor constante y progresiva entre unidades académicas bimestrales (2014-2021) y tesis de grado. Las unidades bimestrales consisten en trabajos grupales articulados alrededor de una misma pregunta de investigación que se ha ido afinando y evolucionando año tras año. Esto permitió incorporar con el tiempo gran variedad de disciplinas y, en 2017, se estableció una línea base científico-

operativa para el desarrollo de propuestas proyectuales.

Durante los primeros dos años (2014-2015) se estableció una base de trabajo entre las disciplinas de la Arquitectura y la Geografía, lo que permitió entender la causa de orden climático de los incendios forestales resumida en la fórmula del fenómeno 30/30/30³, establecer H30 Valparaíso como hipótesis de trabajo⁴ que se propone mantener la tasa de humedad a nivel territorial superior al 30% y definir la escala de trabajo determinada por las unidades geográficas y de los sistemas naturales. Hasta que, en 2016, la cuenca hidrográfica –como unidad de estudio y de trabajo– fue adoptada de modo consciente

junto con el paradigma del cambio climático como tema de fondo.

Fijarse en la cuenca hidrográfica como unidad de estudio implicó fijarse, a su vez, en la dinámica de escurrimiento de las aguas y, consecuentemente, en la estratificación geológica de los suelos. En el caso específico de las cuencas hidrográficas costeras de Valparaíso, la roca madre es el granito, que una vez meteorizado permite el fenómeno de la capilaridad consistente en el desplazamiento lento del agua subterránea en forma de gotas que se depositan en los pequeños intersticios que deja el proceso de meteorización. En vez de napas o cursos de agua subterráneos, bajo el suelo de Valparaíso el agua se desplaza

3 El fenómeno 30/30/30 ha sido determinante para el incendio de 2014, cuando se alinearon tres factores: 30 grados de temperatura, 30 nudos de viento suroeste y una disminución drástica de la humedad hasta valores de 30% (CITRe, 2014). Dicho fenómeno se ha registrado también en otros incendios forestales y se ha consolidado como regla de oro entre los actores políticos y la población. La amenaza de incendios forestales está en su punto máximo cuando la tasa de humedad relativa en el territorio, usualmente alrededor del 60%-70%, baja al nivel crítico de 30%, lo que según el Instituto de Geografía de la PUCV ocurre en promedio 3-4 días al año.

4 La hipótesis de base establece que es posible controlar la tasa de humedad relativa en el territorio, al incidir de manera estratégica en el sistema natural para restablecer las condiciones de campo originales (Magrini y López, 2016).

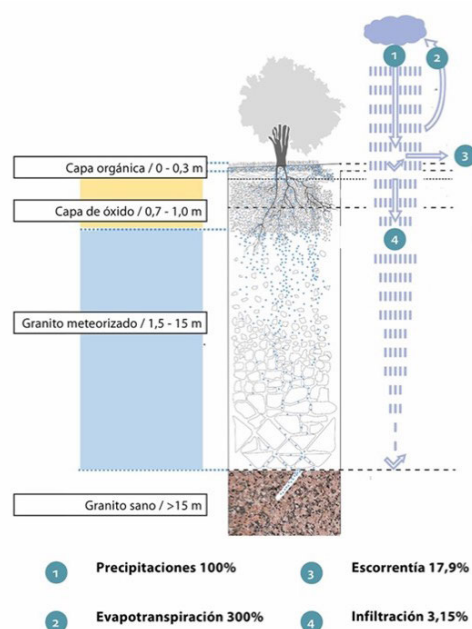


Figura 2. Corte edafológico y modelo hídrico de Valparaíso (fuente: MTP, H30 Sistema científico, 2017).

en la cuenca por gravedad gota por gota (Grimme y Álvarez, 1964). El corte edafológico elaborado por el magíster evidencia cuatro horizontes: el superior, una delgada capa orgánica y fértil; un estrato de suelo con óxidos; el horizonte del granito meteorizado; y finalmente, la roca madre conformada por el granito que es una roca impermeable. Por lo tanto, hay que imaginarse que toda el agua de Valparaíso está contenida en el “cojín subterráneo” conformado por el estrato del granito meteorizado (MTP, 2017).

Este hallazgo marcó un cambio de paradigma en la investigación. La hipótesis inicial de acumular agua en superficie para aumentar el porcentaje de humedad en el aire dio pie al paradigma de la infiltración de las aguas captadas. A mayor cantidad de agua infiltrada, mayor retención de agua en la cuenca debido a que una gota de agua se puede demorar décadas en recorrer las quebradas de Valparaíso de arriba hacia

abajo. Además, la vegetación nativa como sistema verde está adaptada al suministro hídrico no en superficie, sino a través de los substratos de tierra. En estas condiciones, la vegetación puede mantener su humedad también en períodos de sequía y exhalarla al ambiente mediante la evapotranspiración. Un sistema verde territorial sano y húmedo es la mejor prevención ante incendios forestales. Asociado al corte edafológico, junto con un ingeniero hidráulico se elaboró y calibró un modelo hídrico (figura 2) para así determinar el balance hídrico de la quebrada Jaime (2016-2017), elegida como unidad de estudio (MTP, 2017). En términos metodológicos, el modelo hídrico ha sido muy importante porque proveyó la cantidad y la modalidad del recurso a manejar. Según el modelo, a partir de una precipitación del 100%, se produce una evapotranspiración del 300%, una escorrentía del 17,9% y una infiltración del 3,15%. Dichos datos evidencian una

realidad preocupante, ya que la mayor tasa de evapotranspiración en relación con la precipitación muestra una tendencia de la quebrada a secarse y, con ello, a ser mucho más propensa a los incendios.

La escorrentía se ha cuantificado en 91 piscinas olímpicas, lo cual indica la cantidad de agua que esta unidad geográfica pierde anualmente al canalizarla a través de las bóvedas subterráneas, por debajo de la ciudad y directamente al mar (MTP, 2017). Esa es la cantidad de agua que el H30 Valparaíso se ha propuesto captar y manejar para regular la humedad de la cuenca (figura 3). De poca ayuda, a su vez, es la baja tasa de infiltración que poco compensa la gran cantidad de evapotranspiración; esta tasa tampoco mejora mucho, aun sustituyendo toda la vegetación exógena –específicamente pinos y eucaliptos– por asociaciones de bosque nativo. La modelación hidrológica de dicho escenario arrojó un aumento del 3,15% al 3,45%, valor aún demasiado bajo si efectivamente se quieren restituir las condiciones ambientales propensas a la quebrada Jaime. A partir de esta constatación se cristalizó el principio operativo de la “infiltración forzada”, es decir, asumir que los actuales sistemas naturales de Valparaíso ya no son autónomos y que, en consecuencia, dependen de la ayuda de la ciudad; específicamente, necesitan de prótesis que favorecen y aumenten la tasa de infiltración.

En este sentido, como prótesis se pueden entender los dos espacios públicos realizados como tesis de Magíster y que aplican los principios establecidos por el H30 Valparaíso. El primer espacio público (Seguel, 2019) se sitúa en la parte inferior de la quebrada natural al toparse con la Avenida Alemania, en correspondencia con el desarenador que divide la sedimentación de las aguas, las que sucesivamente son conducidas a la bóveda subterránea que atraviesa la ciudad para desembocar en el mar. Los objetivos de la propuesta son dobles: articular una playa en la quebrada de modo de aprovechar los recursos naturales presentes en el lugar –que en este caso son agua y arena– y almacenar

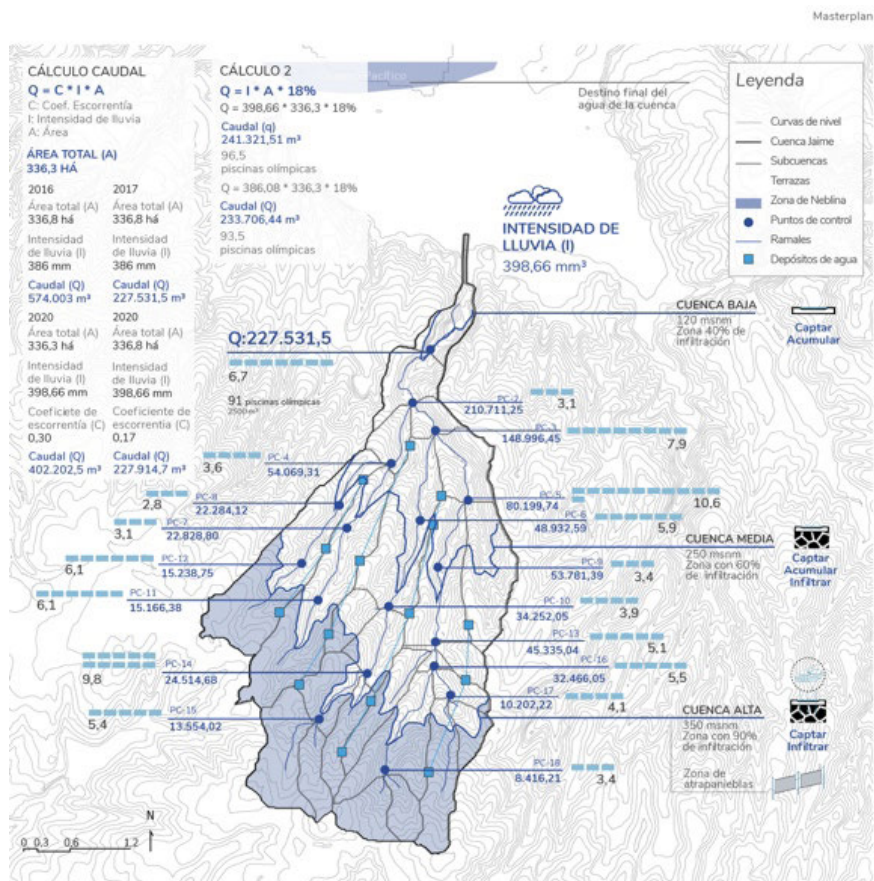


Figura 3. Plan Maestro Hídrico quebrada Jaime (fuente: MTP, H3O Infiltración, 2016 y H3O Humedad, 2020).

la mayor cantidad de agua antes de que esta se desemboque en el mar, sin provecho ecosistémico alguno. El agua captada queda a disposición de la comunidad para múltiples fines, desde reservorios de agua para los bomberos en caso de incendios, para el riego de la vegetación integrada al espacio público, hasta el manejo ecológico de una subcuenca local adyacente.

La metodología utilizada consistió en una matriz de doble entrada; es decir, en un marco operativo que permite el desarrollo simultáneo de dos escalas opuestas. Una escala estuvo determinada por el cuerpo

teórico y normativo a nivel territorial y la opuesta, por el ejercicio proyectual. El cuerpo teórico del H3O Valparaíso entregó la pregunta de investigación de base -¿Cómo articular una playa pública en una quebrada?-. el modelo hídrico de la cuenca junto al cálculo del volumen hídrico desperdiciado; el corte edafológico; los factores de riesgo (incendios y pendientes) a mitigar; y un imaginario colectivo del vivir en una quebrada, elaborado en los años previos junto con los propios habitantes. Del Centro de Estudios Urbanos y Ambientales EAFIT (URBAM) se adoptó la ecuación de riesgo y el método

de clasificación de pendientes según los riesgos asociados. El cuadro normativo está constituido por el conjunto de guías y manuales sobre el espacio público elaborados por los órganos estatales y que cubren todo el espectro de los códigos urbanos. Por el contrario, el ejercicio proyectual sostenido y activo modelaba las condiciones topográficas y geográficas específicas del lugar; aplicaba las acciones de mitigación de riesgo al controlar el carácter metabólico de la cuenca, la calidad del agua y la seguridad de las pendientes; otorgaba medida y lugar a los estanques de acumulación de agua según el corte edafológico y las pendientes; aseguraba una accesibilidad universal a ciertas áreas de la intervención, acorde con los requerimientos urbanos; y finalmente proponía un espacio público constituido por playas y “campos de juego”.

Esta primera propuesta de espacio público ha sido a la base de la solicitud que la Ilustre Municipalidad de Valparaíso hizo al MTP consistente en desarrollar una segunda tipología de espacio público en condición geográfica en la parte alta de la quebrada Cabritería (Tobar, 2021), en un lugar específico que los habitantes llaman “la playa”, puesto que la utilizan como abrevadero natural para sus caballos. A diferencia del primer espacio público -cuya función es almacenar la mayor cantidad de agua- esta segunda playa se rige bajo el paradigma de la máxima infiltración debido a su ubicación privilegiada en la cabecera superior de la cuenca, que permite a las aguas infiltradas sostener la biodiversidad de toda la cuenca hidrográfica hacia abajo.

Esta propuesta proyectual, a su vez, se ha ido articulando según un cuadro de doble entrada. Los datos de base científica fueron entregados por expertos en distintas disciplinas; por ejemplo, el experto de la Municipalidad (Patricio Novoa) entregó el modelo hídrico con sus caudales y la ubicación aproximada de unos desarenadores que, en caso de lluvias excesivas, funcionarían como diques de amortiguación de la energía cinética del agua previniendo de ese modo posibles

inundaciones o deslizamientos (Tobar, 2021). Gracias a otro experto en teledetección y geomática (John Treimun), se determinaron las áreas de humedad y geomorfológicas más aptas para retener la humedad, aspecto útil para calibrar la posición precisa tanto de los desarenadores como de los dispositivos hídricos acoplados (Tobar, 2021).

Como en el primer caso, el ejercicio proyectual como método activo de exploración y de fijación de grados de realidad ponía a prueba las premisas teóricas al determinar las condiciones geográficas, el método de regulación del carácter metabólico de la quebrada, la magnitud de los drenes o camas de infiltración, la temporalidad del agua y, finalmente, la configuración espacial y paisajística del espacio público.

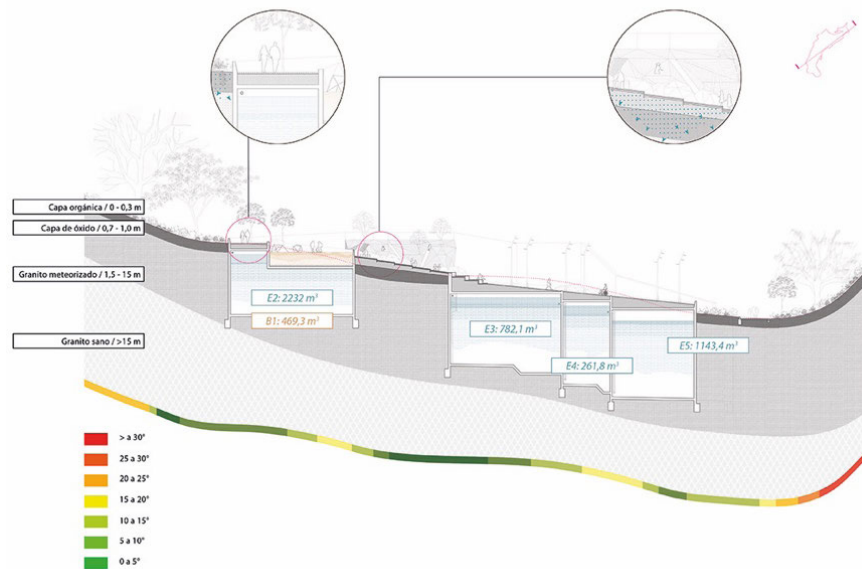
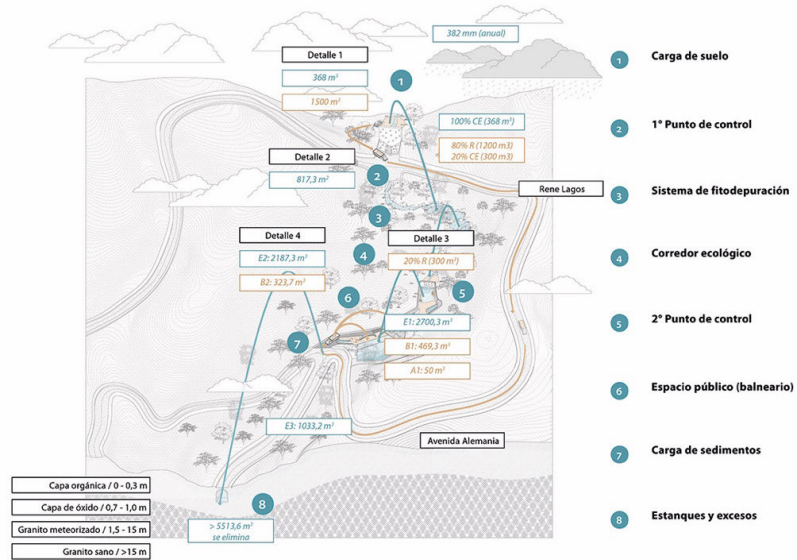
Dos espacios públicos para H30 Valparaíso

La ecuación a solucionar para ambos espacios públicos se basa en los principios derivados de H30 Valparaíso: considerar un balance hídrico, regular las variables dinámicas de las quebradas, proponer infraestructuras hídricas de captación, complementar la infraestructura con un espacio público y trabajar a favor de la humedad de la cuenca hidrográfica.

Espacio público Quebrada Jaime

El primer espacio público, al fondo de la quebrada Jaime, capta 5.514 m³ de agua, lo que corresponde al 4,1% de agua disponible anualmente en la cuenca. Es la máxima cantidad de agua que las condiciones geomorfológicas y el corte edafológico permiten captar y almacenar en este lugar específico.

El carácter dinámico y metabólico de la quebrada se regula gracias a un segundo desarenador cuenca arriba, que capta la sedimentación que luego se puede transportar en camioneta y de modo controlado al espacio público; controla, a su vez, el agua y posibles inundaciones locales. Desde este primer control, el agua se acopla a un sistema de fitorremediación para limpiarla antes de alimentar el sistema de piscinas del espacio público (figura 4).



En términos infraestructurales e ingenieriles, los contenedores de captación y almacenamiento en hormigón están dispuestos según las pendientes y el horizonte del granito sano (indicado por el corte edafológico), y

conforman alrededor del 80% de lo construido (figura 5).

La condición arquitectónica en superficie se articula como continuación o extrusión de la condición infraestructural subterránea. Los

cuerpos de agua de las piscinas calzan con los cuerpos de agua de los contenedores bajo tierra, dando continuidad al ciclo hídrico; y la estructura de los estanques, al llegar a la superficie, se transforma en una serie de muros de contención que regulan el riesgo de deslizamiento asociado a pendientes abruptas. La dimensión arquitectónica conforma alrededor del 20% de lo construido (figura 6).

Un resultado adicional ha sido el diálogo de este espacio público en relación con la normativa urbana. El espacio público puede ser descompuesto en cuatro piezas y solo dos de ellas garantizan la accesibilidad universal. Desde la Avenida Alemania se puede llegar en silla de ruedas hasta la primera playa, quedando excluidas las demás playas cuenca arriba debido a la condición geográfica del lugar. Lo anterior genera un espacio público que permite transitar desde la condición urbana, basada en sus códigos y normativas, a una condición geográfica determinada por la topografía y el imaginario de la quebrada natural. Esta transición también se refleja en el tipo de suelos, mobiliario y actividades propuestas por el proyecto (figura 7).

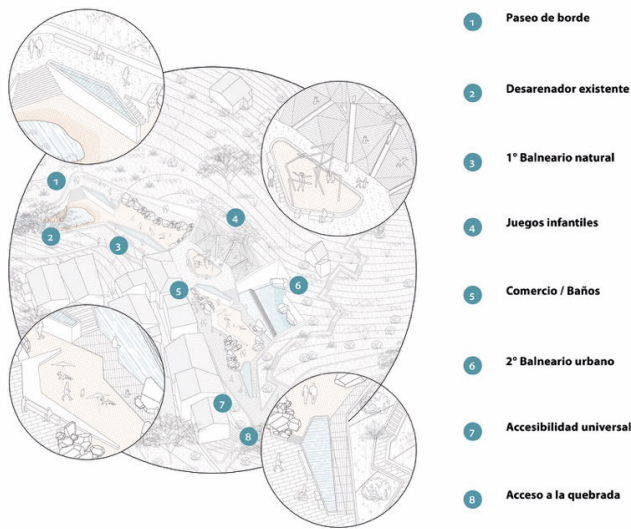


Figura 6. Playas como espacio público en quebrada Jaime (fuente: Seguel, 2019).



Figura 7. Fotomontaje del espacio público en quebrada Jaime (fuente: Seguel, 2019).

Espacio público Quebrada Cabritería

El segundo espacio público, en la parte superior de la quebrada Cabritería, capta 1.718 m³ de agua. El sistema más amplio, de playas acopladas, capta 9.160 m³ en su totalidad, lo que corresponde al 7,3% del agua disponible anualmente en la parte superior de la cuenca.

El carácter dinámico y metabólico de la quebrada se regula gracias a un sistema de desarenadores ubicados de modo estratégico, según las indicaciones del modelo hídrico y los distintos afluentes a la quebrada central, lo que permite fraccionar el volumen total de aporte de agua y de sedimentación a lo largo de todo el eje de la quebrada. En este caso, la sedimentación no es parte constituyente de la intervención al tratarse de lugares poco expuestos al sol que no permiten disponer de arena seca y apta para juego o tipo de suelo. Solo el agua es conducida a los espacios

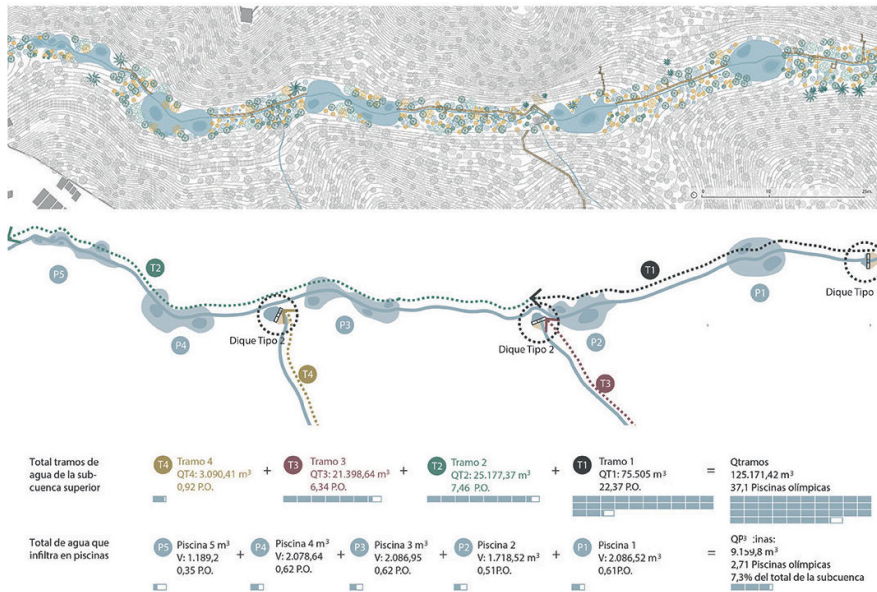


Figura 8. Regulación metabólica del espacio público en quebrada Cabrería (fuente: Tobar, 2022).

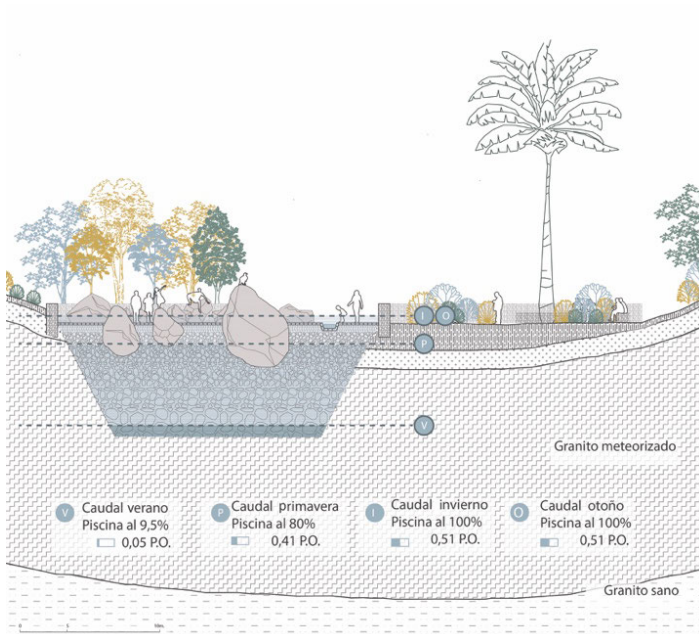


Figura 9. Dren de infiltración del espacio público en quebrada Cabrería (fuente: Tobar, 2022).

públicos que, a su vez, están interconectados en cadena secuencial (figura 8).

En términos infraestructurales, el espacio público propone un gran dren, que se puede visualizar como una piscina embutida en el granito meteorizado. Al remover el horizonte de óxidos, que en estado limoso se vuelve impermeable, y excavar una cavidad de seis metros de profundidad en el granito meteorizado, se retiene el agua depositada y se restringe su salida únicamente a través de la infiltración en el subsuelo. Este dren se va llenando en períodos de lluvia para manifestarse en la superficie del espacio público (figura 9).

La condición arquitectónica se articula mediante el trabajo de suelos a distintas alturas, lo que permite una presencialidad de cuerpos de agua en distintos momentos; mediante una estratigrafía de volúmenes pétreos (piedras) que se fundan por gravedad y peso propio para así articular el paisaje de la playa; mediante muros y asientos de borde fundado en el terreno natural que arman la interfaz entre la playa y el contexto inmediato (figura 10).

Debido a su ubicación y condición geográfica, este espacio público no contempla la accesibilidad universal.

La condición geográfica es lo que une estas dos propuestas; son un híbrido entre infraestructuras hídricas acopladas al funcionamiento de la cuenca hidrográfica, apoyando su conectividad ecosistémica, su biodiversidad y su resiliencia, y espacios públicos adaptados a la geografía y al contexto social en el cual están insertos. Y aunque son espacios más de carácter rural, se encuentran al interior de los límites urbanos y, con ello, sujeto a sus códigos y responsabilidades asociadas.

Espacios públicos como dispositivos de adaptación al cambio climático

Con el cambio climático ya instalado en la realidad cotidiana se vuelve urgente fortalecer las acciones de adaptación. Eso en paralelo con las acciones de mitigación, que más bien se orientan a reducir la emisión de gases de

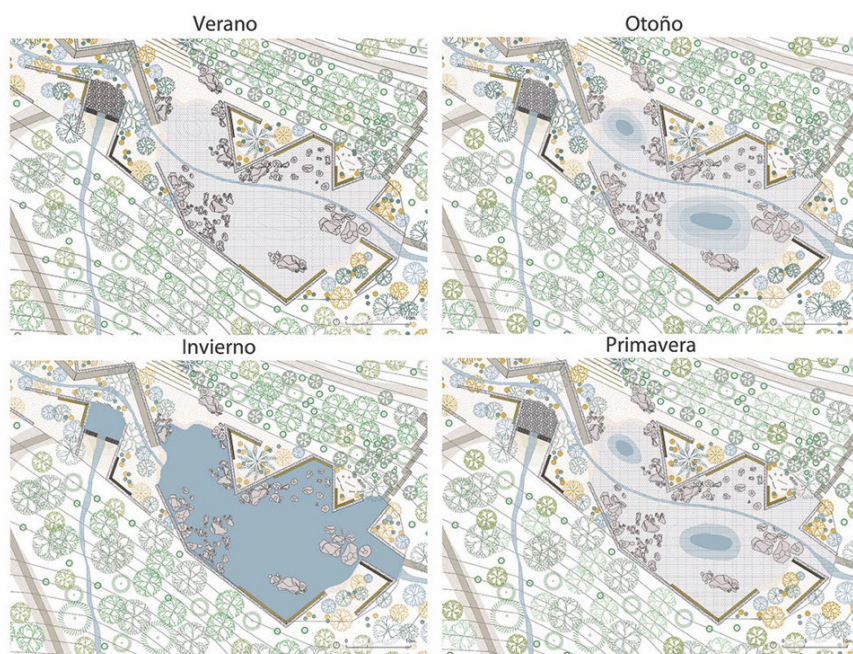


Figura 10. Temporalidad hídrica del espacio público en quebrada Cabrtería (fuente: Tobar, 2022).

efecto invernadero (GEI) a la atmósfera; es decir, a prevenir que se produzcan los impactos en el territorio, algo que, en el mejor de los casos, tomará décadas. La adaptación, en cambio, se enfoca en el ahora, en disminuir los riesgos que el cambio climático provoca o ya ha provocado, al tratar de reducir las vulnerabilidades e incrementar la resiliencia (PNACC, 2021-2030).

Para ello y con indicaciones de Naciones Unidas, los distintos Gobiernos se han abocado a elaborar planes nacionales de adaptación al cambio climático. En Chile, el Plan de Acción Nacional sobre Cambio Climático (PANCC, 2008-2012) dio paso al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2014), al Plan de Acción Nacional para el período 2017-2022, y a siete planes sectoriales, entre ellos el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022. En este, la infraestructura y el espacio público son reconocidos como soporte principal y con

ello, se identifica su potencial papel relativo a aumentar la resiliencia urbana (PACCC, 2018-2022).

Pensar en términos de soporte es pertinente porque permite operar a través de la planificación urbana y el ordenamiento territorial, como también a favor de la reducción y la gestión del riesgo de desastres. Desafortunadamente, Chile aún se encuentra en la etapa de definir lineamientos y estrategias, ya que poco se ha avanzado en términos concretos con ejemplos a emular. En el caso específico de Valparaíso, la amenaza principal está constituida por los incendios forestales (ONEMI, 2009) y hace casi una década se han propuesto medidas urgentes por realizar, entre ellas generación de reservorios de agua lluvia para usarla en épocas de sequía y/o días de extremo calor; construcción de embalses de emergencia para disponer de agua durante sequías y/o incendios; promoción

de corredores de biodiversidad; y creación de una estructura para la gestión de agua a nivel de cuenca (Barton *et al.*, 2014). Ya sea por razones económicas, normativas, políticas o de desconocimiento, dichas medidas aún parecen estar lejos de ser implementadas. A nivel internacional, un buen ejemplo de adaptación urbana a los efectos del cambio climático son las "plazas inundables" construidas en los Países Bajos para hacer frente a las frecuentes inundaciones. La primera de esta nueva tipología es *Bentheplein Square* en Rotterdam, diseñada por *De Urbanisten*. Como muchas otras ciudades holandesas, esta se encuentra debajo del nivel del mar y directamente encima de las napas subterráneas; y aunque está protegida por diques, barreras y superficies impermeabilizantes, en época de lluvias intensas partes de ella se inundan periódicamente por la imposibilidad de las aguas de evacuar y/o infiltrarse en el subsuelo. El proyecto *Bentheplein Square* tiene sus orígenes en la iniciativa *Rotterdam Climate Proof* de 2008, para luego incorporarse a la *Rotterdam Climate Initiative* (RCI). La iniciativa es una gestión de la gobernanza local que, consciente de la necesidad de contar con nuevos estanques de recolección y retención para el exceso de agua, del reducido espacio disponible, del alto costo económico asociado y de la dificultad de justificar públicamente estas inversiones, ha apostado por un nuevo paradigma que consiste en ubicar la infraestructura hídrica en la superficie y asociarle un espacio público diseñado a través de un ejercicio de participación ciudadana.

Así, *Bentheplein Square* propone tres espacios inundables con una capacidad de almacenaje de 1.700 m³ de aguas lluvias que se van llenando paulatinamente según las condiciones climáticas. Según estimaciones, se llenan en promedio un mes al año, quedando los otros 11 meses disponibles como una cancha deportiva multiuso, parque para patinetas (*skate park*) y escenario artístico (Dutch Water Sector, 2013).

Al llevar la infraestructura a la superficie se hizo visible la dinamicidad del ciclo hídrico y permitió incluir el agua como elemento lúdico-estético en la configuración del paisaje urbano. La hibridación de lo infraestructural con lo arquitectónico-social da lugar a espacios públicos que mejoran la calidad de vida del barrio. Gracias a su éxito, esta tipología ha dado paso a una serie de nuevas propuestas e investigaciones que han aumentado la gama de posibilidades de los parques inundables. Ello incluye desde estanques abiertos, semicerrados y cerrados, impermeables y permeables al subsuelo, hasta un conjunto de ductos o túneles interrelacionados que pueden manejar simultáneamente las distintas

aguas residuales: aguas servidas, aguas industriales y aguas lluvias. Estos dispositivos hídricos no son nuevos en la historia de la arquitectura. En tiempos preindustriales y aunque estuviera rodeada de agua, la ciudad de Venecia tenía el gran problema de abastecerse de agua potable. Desde el siglo XIV hasta el XIX, se implementaron las *vere da pozzo* -infraestructura hídrica que recolecta y filtra el agua-lluvia-. Se trata de cajones o estanques de unos seis metros de profundidad, aislados en sus paredes por una capa de limo impermeable que evita que el agua lluvia se contamine con el agua salada de la laguna, y rellenos con capas de arena que van filtrando y depurando las aguas recolectadas. El tamaño de este

estanque suele coincidir con el tamaño de la plaza (espacio público) que se configura en la superficie y el agua depurada finalmente se extraía desde el pozo situado al centro de la plaza (Gentilcore, 2021).

Ambos dispositivos compactos y multipropósito son ejemplo de una adaptación exitosa a las condiciones adversas y apremiantes del ambiente, la simbiosis entre una infraestructura hídrica y un espacio público activo y conectado socialmente a su entorno. Finalmente, las dos propuestas proyectuales apuestan a la condición geográfica y metabólica como una variable nueva para la adaptación de nuestras ciudades y, con ello, a una gestión y política más integrada ante los efectos del cambio climático. ▲■■■

REFERENCIAS

- Adams, W.M. (2006). *The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century*. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, January 2006. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/Rep-2006-002.pdf>
- Barton, J., Frias, D., Harris, J., Henríquez, C., Merino, P., Reveco, C., Tapia, C., Salas, A., Valderrama, Vicuña, S. (2014). *Adaptación Urbana al Cambio Climático. Propuesta para la Adaptación Urbana al Cambio Climático en Capitales Regionales de Chile*. Plataforma Cedeus, Adapt-Chile y CCG.
- CITRe, Centro de Información del Territorio Regional. (2014). Región de Valparaíso. <http://citre.cl/>
- Costanza, R., Daly, H., Bartholomew, J. (1991). Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics. En Costanza, R. (ed.) *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability* (1-20). Columbia University Press.
- Dutch Water Sector (2013). *New innovative water square combines leisure and storm water storage in Rotterdam, the Netherlands*. <https://www.dutchwatersector.com/news/new-innovative-water-square-combines-leisure-and-storm-water-storage-in-rotterdam-the>
- Falconi, F. (1999). Indicadores de sustentabilidad débil: un pálido reflejo de una realidad más robusta y compleja. *Ecología Política* N° 18, pp. 65-99. <https://www.jstor.org/stable/20743037>.
- Geddes, P. (1915). *Cities in Evolution*. Rutgers University Press, New Jersey.
- Gentilcore, D. (2021). The cistern-system of early modern Venice: technology, politics and culture in a hydraulic society. *Water History* 13, 375-406. <https://doi.org/10.1007/s12685-021-00288-2>
- González, M., Lara, A.; Urrutia, R., Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque*. Vol. 32 N°3, Valdivia. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000300002>
- Grimme, K. y Álvarez, L. (1964). *El suelo de fundación de Valparaíso y Viña del Mar, provincia de Valparaíso*. Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG), Santiago, Chile. <https://bibliotecadigital.cien.cl/handle/20.50013082/14258>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC. <https://www.ipcc.ch>.
- Madroño, S. y Guzmán, T. (2018). Sustainable Development. Applicability and its Trends. *Revista Tecnología en Marcha*, Vol.31, N° 3. <http://dx.doi.org/10.18845/tmv.31i3.3907>
- Magrini, C. y López, S. (2016). Valparaíso H30. Humedad y restauración ecológica: estrategias para un ordenamiento territorial desde sus factores de riesgo. *Revista AUS*, N° 19, 18-23.
- McHarg, I. (1969). *Design with Nature*. Natural History Press.
- MTP. (2016). *H30 Infiltración*. Libro ISSUU. Ed. general por Magrini, C. Edición MTP-UDP.
- MTP. (2017). *H30 Sistema científico*. Libro ISSUU. Ed. general por Magrini, C. Edición MTP-UDP.
- MTP. (2020). *H30 Humedad*. Libro ISSUU. Ed. general por Magrini, C. Edición MTP-UDP.
- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) (2009). Informe de Diagnóstico de Vulnerabilidad: Comuna de Valparaíso, Región de Valparaíso. Unidad de Estudios, División de Protección Civil.
- Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC). Chile. <https://mma.gob.cl>
- Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC). Chile. <https://mma.gob.cl>
- Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2018-2030. Colombia. <https://bit.ly/3TwnAnf>
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC). España. <https://www.miteco.gob.es/>
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2014). Chile. <https://mma.gob.cl>
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022 (PACC). Chile. <https://mma.gob.cl>
- Seguel, C. (2019). *Espacio público en las quebradas: infraestructura hídrica en función de los recursos naturales y la reducción del factor de riesgo. Quebrada Jaime*. [Tesis de Magíster Territorio y Paisaje, Universidad Diego Portales, Chile].
- Spirn, A.W. (2011). *Ecological Urbanism: A Framework for the Design of Resilient Cities*. <https://annwhistonspirn.com/sharefiles/Spirn-EcoUrbanism-2012.pdf>.
- Tobar, C. (2021). *Playa en la quebrada. Sistema de infraestructura hídrica interconectada a instancias de espacio público en función de la sustentabilidad hídrica. Quebrada Cabritería*. [Tesis de Magíster Territorio y Paisaje, Universidad Diego Portales].
- Turner, R.K. (1993). Sustainability: Principles and Practice. En R.K. Turner (Ed.), *Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice*, (pp. 3-36). New York/London: Belhaven Press.
- Zucchetti, A., Gutiérrez, C., González, P., Alcántara, T., Hartmann, N. (2020). *Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza. Para la adaptación al cambio climático*. Editado por World Wildlife Fund Inc. Lima. Plataforma MiCiudad, Red AdaptChile y Clikhub.