



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO.

CICLO DEL AGUA EN PARQUES URBANOS:
IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO PARA UN MANEJO SUSTENTABLE
DEL RECURSO HÍDRICO, LA HIDROSUSTENTABILIDAD.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA.

AUTOR: Gerardo Vargas Figueroa

PROFESOR GUÍA: Sergio Baeriswyl Rada

CONCEPCIÓN, 2021.

RESUMEN

A nivel global, el cambio climático es la mayor amenaza medioambiental que afecta a la tierra, con consecuencias irreparables y nunca antes vista en su flora y fauna. Todos los años, se producen aumentos de temperaturas y eventos meteorológicos extremos, como inundaciones o incendios que afectan al sistema económico - social de las naciones, sin importar su nivel de desarrollo. Por lo anterior, el diseño sustentable, es la tendencia que busca impulsar tecnologías medibles, cuantificables y eficientes que aseguren los recursos naturales para las futuras generaciones.

Como un país en vías del desarrollo, el giro va en la misma dirección en lo que a sustentabilidad se refiere, propiciado a diario en la búsqueda de nuevas técnicas que no comprometan los recursos del mañana. En ese sentido, sumado a lo poco amigable que se ha tornado la ciudad con sus áreas verdes, el Estado, a través de su política urbana, evidenciada en sus Manuales de Elementos Urbanos Sustentables (MEUS), ha puesto especial preocupación en la sustentabilidad del espacio público en Chile.

La falta de parques urbanos y el manejo responsables de recursos, hace necesario que la eficiencia y sustentabilidad se incluyan en el diseño de los espacios públicos desde el día cero.

El presente proyecto de tesis, **investiga los criterios de diseño que influyen en el manejo del recurso hídrico en los parques urbanos**, a fin de mantener un manejo sustentable de dicho elemento.

La metodología que se aplicará en esta investigación, consta en conceptualizar la hidrosustentabilidad y definir las principales características hídricas y de diseño que pudiesen mejorar el manejo del recurso hídrico para un perfil o zona determinada de una ciudad (contexto geográfico), lo cual será complementado con el cruce datos de experiencias extranjeras en torno al tema.

Palabras claves: Ciclo del agua, parques urbanos, manejo del recurso hídrico.

ÍNDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Definición del problema.....	5
1.2 Pregunta de Investigación.....	7
1.3 Hipótesis.....	7
1.4 Objetivo General (para qué).....	8
1.5 Objetivos Específicos (para qué).....	9
1.6 Metodología.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Agua: Recurso Hídrico.....	10
2.1.1. Recurso hídrico a nivel internacional.....	10
2.1.2. Recurso hídrico a nivel nacional.....	12
2.2. Agua como elemento sustentable: Hidrosustentabilidad.....	16
2.2.1. Agua como elemento sustentable: Contexto Internacional.....	17
2.2.2. Agua como elemento sustentable: Nivel Nacional.....	26
2.3. El ciclo del agua.....	27
2.3.1. El ciclo del agua en la ciudad.....	28
2.4. Conclusiones marco teórico: 1° matriz de correlación.....	30
2.4.1. Modelo BREAM.....	31
2.4.2. Modelo LEED-ND.....	31
2.4.3. Modelo GBCe.....	31
2.4.4. Conclusiones generales de la 1ª matriz.....	32
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	33
3.1. El ciclo del agua en Chillán.....	33
3.1.1. Disminuir el gasto de agua: determinar el consumo y uso del en el riego.....	33
3.1.2. Extracción: punto y método de extracción.....	34
3.1.3. Devolución a las aguas naturales: punto y método de devolución.....	38

3.1.4. Depuración o descontaminación con un mínimo gasto energético: método de depuración.	39
3.1.5. Ciclo de la lluvia: mm de agua caída.	40
3.1.6. Evaporación / Temperatura: T° Max / Súp de sombras en AAVV.	42
3.1.7. Consumo y circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad.	44
CAPITULO 4: DESARROLLO.....	47
SELECCIÓN DE NORMATIVA Y/O ORDENANZA DE GESTIÓN.....	47
4.1. Normativas y ordenanzas.....	47
4.1.1. Ordenanza de gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de Madrid.	47
4.1.2. México rumbo a la sustentabilidad: 40 propuestas para la administración Federal 2012-2018. Anexo: “Bosques y suelos saludables para garantizar el acceso al agua” 48	48
4.1.3. Estrategia de planificación del ayuntamiento de Estocolmo: Circuito cerrado de metabolismo urbano.....	48
4.2. Selección de normativa.....	49
4.2.1. Análisis temperatura y agua lluvia caída: Chillán / Madrid	50
4.3. Matriz de correlación N°2: Perfil hídrico y ordenanza de gestión.....	52
4.4. Resumen correlación entre perfil H. de Chillán y ordenanza de Madrid.....	57
CAPITULO 5: CONCLUSIONES:.....	58
5.1. Conclusión.	58
5.2. Criterios de diseño para un manejo sustentable del recurso hídrico en parques urbanos.....	59
5.3. Conclusiones Generales	70
5.4 Propuesta de representación gráfica.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	77

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1 Definición del problema.

Urbanismo sustentable: *“Supone -tanto en su diseño y construcción como en su uso- ‘prácticas o procesos responsables’, es decir, que se hagan cargo en el presente de las consecuencias futuras”* (Valenzuela, 2009, pág. 193).

La tendencia internacional sobre el cambio climático, habla de que los periodos secos y lluviosos tienden a ser más extremos en cuanto a sus temperaturas, mientras que las estaciones intermedias son más cortas, lo que ha generado nuevos records e impacto en los recursos naturales y funcionamiento de las distintas ciudades del mundo.

En relación a lo anterior, a lo que ciudad se refiere, el cemento y el asfalto de escasa forma amortiguan el impacto climático de dichos cambios, es por eso, que las áreas verdes deberán tener un nuevo significado en la ciudad, capaz de equilibrar los impactos del clima, a fin de proveer una ciudad habitable para la sociedad.

En Chile, es clara la deficiencia de parques o áreas verdes respecto a la cantidad de habitantes que hay, con menos de la mitad de superficie recomendadas por organismos internacionales.

Entonces si por una parte: la tendencia indica que el recurso agua será cada vez más escaso, es fundamental entender que: la necesidad de aumentar la superficie requerida de parques urbanos, implicará un aumento del consumo del agua, por lo tanto es necesario que estos nuevos parques impliquen un manejo sostenible del agua.

La falta de áreas confortables para la ciudad no ha pasado desapercibida en la sociedad actual:

A nivel local, en particular para Chillán, que la fecha tiene un promedio de áreas verdes por habitante menor al nacional, la evidente falta de espacios públicos relacionados a parques urbanos han tenido alto impacto, a tal punto de que diversos movimientos sociales se han planteado como principal objetivo la instalación de un parque urbano en la comuna, que cubra las necesidades urbanas de la ciudad.

Entre las reivindicaciones sociales-urbanas pendientes en la comuna se encuentran el parque Schleyer o Parque Lantaño.



Ilustración 1 Evaluación parques urbanos en Chillán (Diario la Discusión de Chillán, 2019)

Pero si Chillán jamás ha experimentado lo que es tener un parque urbano ¿cómo podrá asumir el costo de esto?, ¿cómo proyectar de manera viable el correcto funcionamiento de un espacio?, que de alguna manera u otra viene a salvar el acontecer urbano-climático de la ciudad.

Es fundamental entender la necesidad de reducir el consumo de un elemento así puede acarrear, con el claro objetivo de que el impacto económico y social no vaya en contra a su funcionamiento y no pase a ser de una necesidad urbana a un problema para la ciudad.

Por lo tanto, se propone estudiar el manejo sustentable de los recursos de un parque urbano, en particular el agua, puesto que se proyecta como un bien escaso y fundamental para el funcionamiento de un espacio público de calidad.

1.2 Pregunta de Investigación.

Considerando las herramientas de diseño existentes e instrumentos de medición de la sustentabilidad: ¿qué criterios de diseño, se pueden identificar, que permitan un manejo sustentable del elemento hídrico en parques urbanos en Chillán?

A la pregunta de investigación ¿es posible desarrollar criterios medibles y cuantificables, derivadas del estudio de ejemplos, normativas y sistemas de evaluación?

1.3 Hipótesis.

Es factible implementar un uso sostenible del recurso hídrico, disminuir el consumo de un elemento vital para el medio y que se optimice el consumo de agua potable en parques urbanos.

Dada la tendencia nacional e internacional, de calificar las edificaciones como los son los modelos de evaluación: BREAM, LEED-ND y GBCE entre otros (modelos estudiados y analizados en esta tesis), que están diseñados respecto a **criterios establecidos y unificados**.

Modelos que evalúan consumo y eficiencia, es factible desarrollar una **pauta de diseño de parques urbanos sustentables**, en base a **criterios de diseño medibles y cualificables**, que considere el uso del **recurso agua** en el ámbito del desarrollo del nuevo instrumento nacional de evaluación de parques urbanos sustentables.

Esta tesis se enmarca en el desarrollo de un modelo de evaluación de sustentabilidad para el diseño de espacios públicos de la VIII región. Modelo que entre sus aspectos a evaluar sustentablemente, considera el Agua.

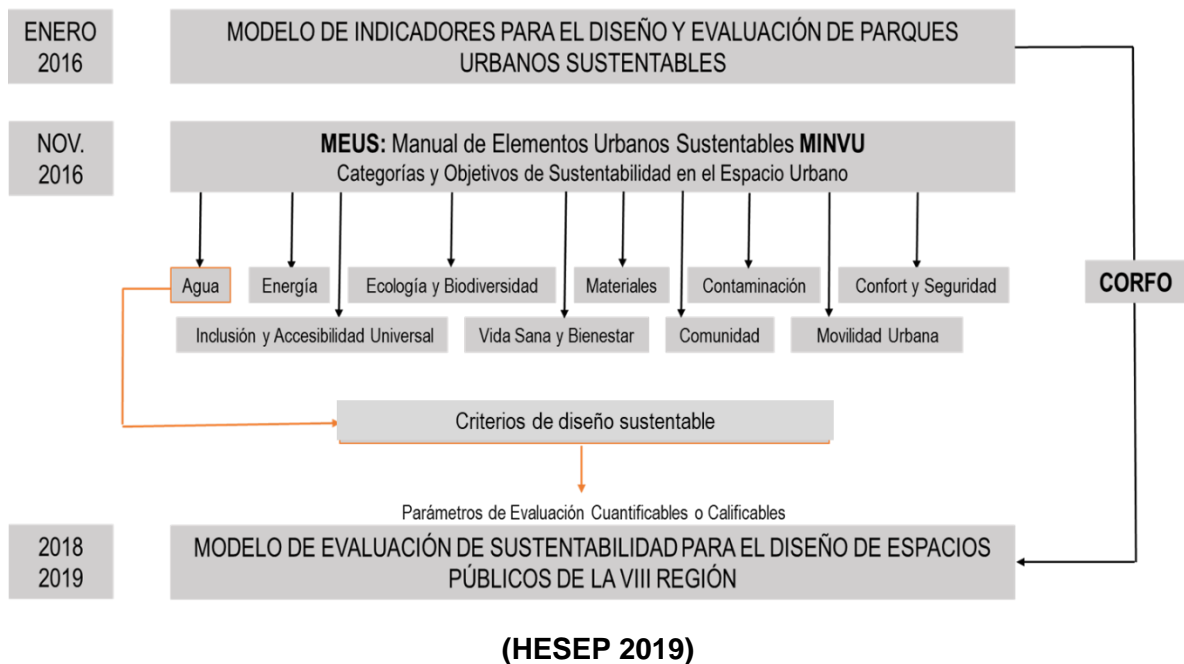


Ilustración 2: Esquema que identifica al agua como categoría y objetivo sustentable en Herramienta de evaluación de la sustentabilidad de espacios públicos (HESEP) (elaboración propia, 2019)

1.4 Objetivo General (para qué).

Identificar criterios de diseño más eficientes para el manejo hidrosustentable de parques urbanos ubicados en Chillán, Región de Ñuble.

1.5 Objetivos Específicos (para qué).

1. Definir: sustentabilidad hídrica en la ciudad (**hidrosustentabilidad**), previa revisión de bibliografía relacionada al objeto de estudio, **definiendo principios de hidrosustentabilidad**.
2. Estudiar modelos internacionales de medición de sustentabilidad relacionado al agua en parques urbanos o elementos a fines, **determinando los criterios de diseño** más relevantes.
3. Determinar los primeros criterios de diseño de sustentabilidad del recurso hídrico: relacionado los principios de **hidrosustentabilidad en la ciudad** y con los **modelos de medición** de sustentabilidad de parques urbanos, con el objetivo de resumir los **principales criterios de diseño asociado a cada principio**.
4. Determinar, ya con mayor precisión, los criterios de diseño, esta vez cruzando los principios de **hidrosustentabilidad en parques urbanos** con una **Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua** extranjera, a fin de determinar criterios con mayor precisión y su respectiva unidad de medida.
5. Discriminar los distintos criterios a fin de determinar elementos malos, regulares y buenos, como soluciones de diseño, en un contexto definido: Chillán, previamente estudiado.

1.6 Metodología.

La metodología se basa en la **definición de principios en torno al agua como recurso sustentable para un contexto definido**. Una vez hecho lo anterior, **cada principio se relacionará con algún criterio de diseño**, de una **herramienta o experiencia extranjera**, previamente estudiada. Todo lo anterior a fin de determinar por lo menos un criterio de diseño por principio de hidrosustentabilidad:

1. Definir la sustentabilidad hídrica y los **principios hidrosustentabilidad**, según bibliografía adecuada al contexto de la arquitectura y urbanismo.
2. Identificar las principales características y **perfil hídrico de la comuna de Chillán**.
3. Según la experiencia extranjera de manejo sustentable, en un contexto similar al de Chillán, **identificar principales criterios de diseño**.
4. Ordenar, tabular y discriminar distintos aspectos de cada criterio **identificado unidad de medida y rango óptimo de cada criterio**.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1 Agua: Recurso Hídrico.

A nivel de la OCDE, se proyecta en un escenario de 50 años un aumento del consumo del agua, en sus diferentes usos y destinos, priorizando el consumo humano:

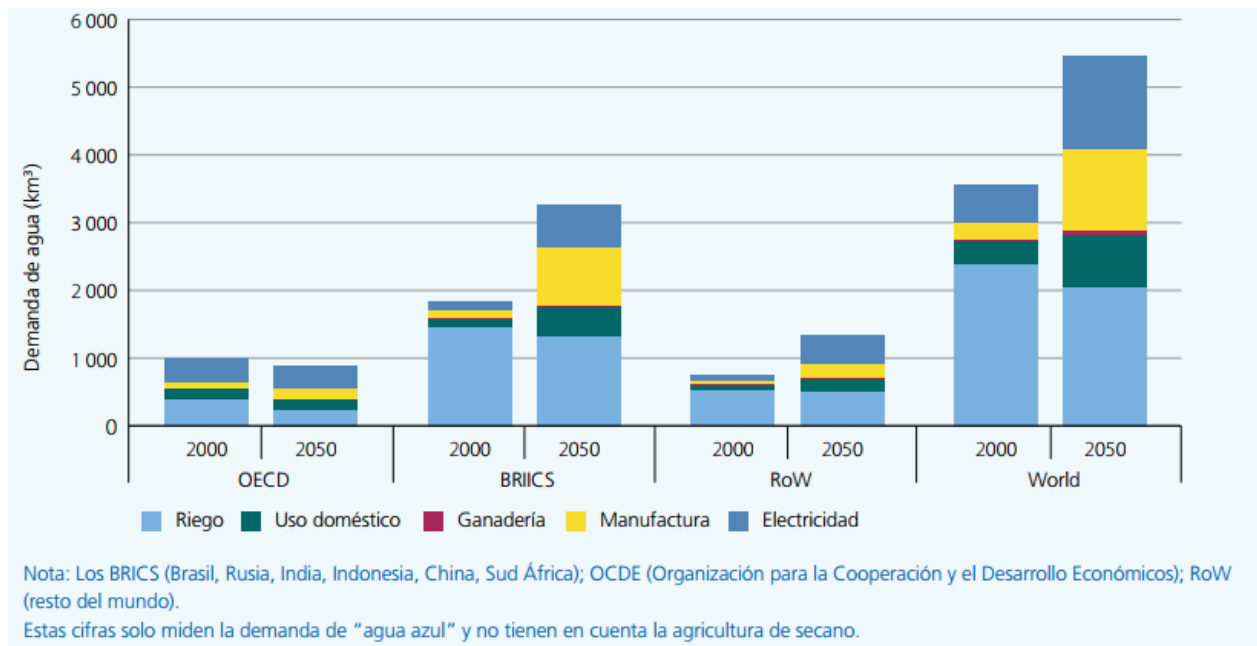


Ilustración 3 Demanda Mundial de Agua (Captación Agua Dulce): escenario de referencia, 2000 y 2050 (Informe OCDE, 2016)

2.1.1. Recurso hídrico a nivel internacional.

“Casi dos millones de personas se mueren al año por falta de agua potable. Y es probable que en 15 años la mitad de la población mundial viva en áreas en las que no habrá suficiente agua para todos.”

Fuente: Artículo BBC, 2015, “Por qué se está acabando el agua”, (BBC, 2015)

Pese a que más del 71% de la superficie terrestre está cubierta de agua, la menor parte de ésta es apta para el consumo humano, lo que hace necesario darle un uso responsable a este elemento.

Océanos	97%						
Agua dulce	3%	Casquetes de Hielo y Glaciares	79%				
		Agua Subterránea	20%				
		Agua dulce de superficie fácilmente accesible	1%	Lagos	52%		
				Humedad del suelo	38%		
				Vapor de agua atmosférico	8%		
				Ríos	1%		
Agua accesible en las plantas	1%						

Ilustración 4 Fuentes: Los Recursos Hídricos, Una perspectiva global e integral (Urrutia, Parra, & Acuña , 2003).

Agua y ciudades, hechos y cifras:

- La mitad de la humanidad vive en ciudades y dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial (5.000 millones de personas), vivirán en zonas urbanas.
- El crecimiento urbano es más rápido países desarrollados, donde las ciudades ganan un promedio de 5 millones de habitantes cada mes.
- El crecimiento explosivo de la población urbana plantea unos retos sin precedentes entre los que destacan: la falta de suministro de agua y saneamiento son los más apremiantes y lesivos.
- La relación entre el agua y las ciudades es crucial. Éstas requieren un enorme suministro de agua dulce, que a su vez, tienen un gran impacto sobre el agua dulce.
- Las ciudades no pueden considerarse sostenibles si no garantizan un acceso seguro al agua potable y un saneamiento adecuado.

Fuente: Agua y Ciudades Hechos y Cifras (ONU, 2010).

2.1.2. Recurso hídrico a nivel nacional.

Un informe publicado recientemente por el **World Resource Institute**, indica que la escasez de agua irá en aumento con el paso de los años. De aquí al 2040, existirán países que incluso tendrán que importar agua potable para su población:

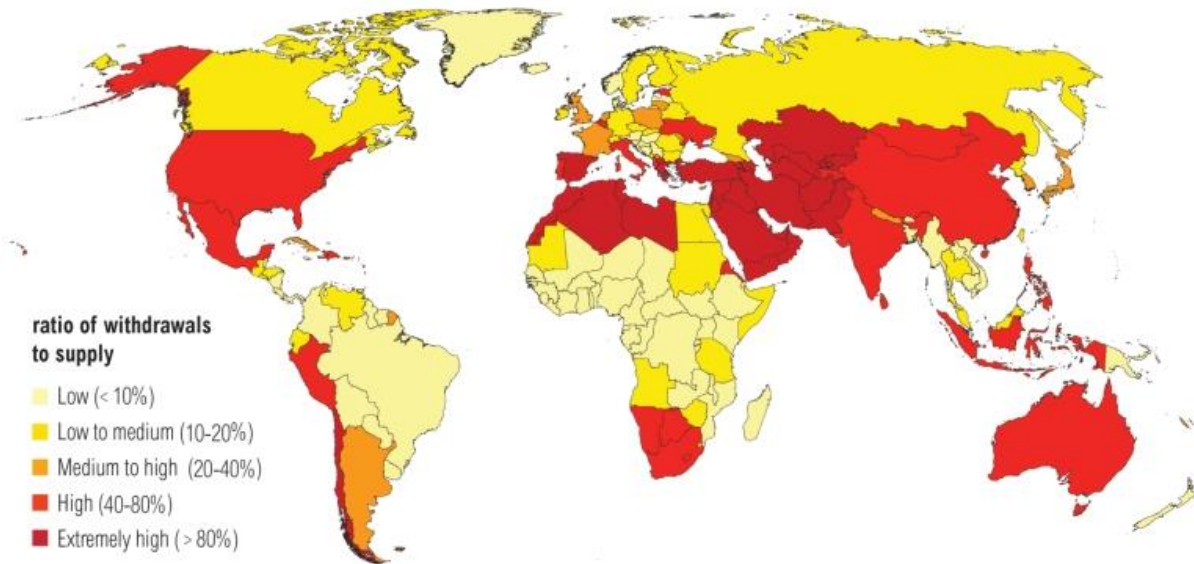


Ilustración 5 Detalle de estrés hídrico por país al 2040, (Maddocks, Young, & Reig, 2015).

Estrés Hídrico Futuro: una medida de competencia y agotamiento de las aguas superficiales.

Ratio of withdrawals to supply: % de Reposición del recurso en base a lo que se pierde.

*“Cada país afectado por el agua se ve perjudicado por una combinación de diferente de factores. Chile, por ejemplo, proyectó pasar del estrés hídrico medio en 2010, a un estrés extremadamente alto en 2040, es uno de los países más propensos a enfrentar una disminución del suministro de agua debido a los efectos combinados del **aumento de las temperaturas en regiones críticas** y el **cambio de los patrones de precipitación**.” (Maddocks, Young, & Reig, 2015).*

Water Stress from 2010 to 2040

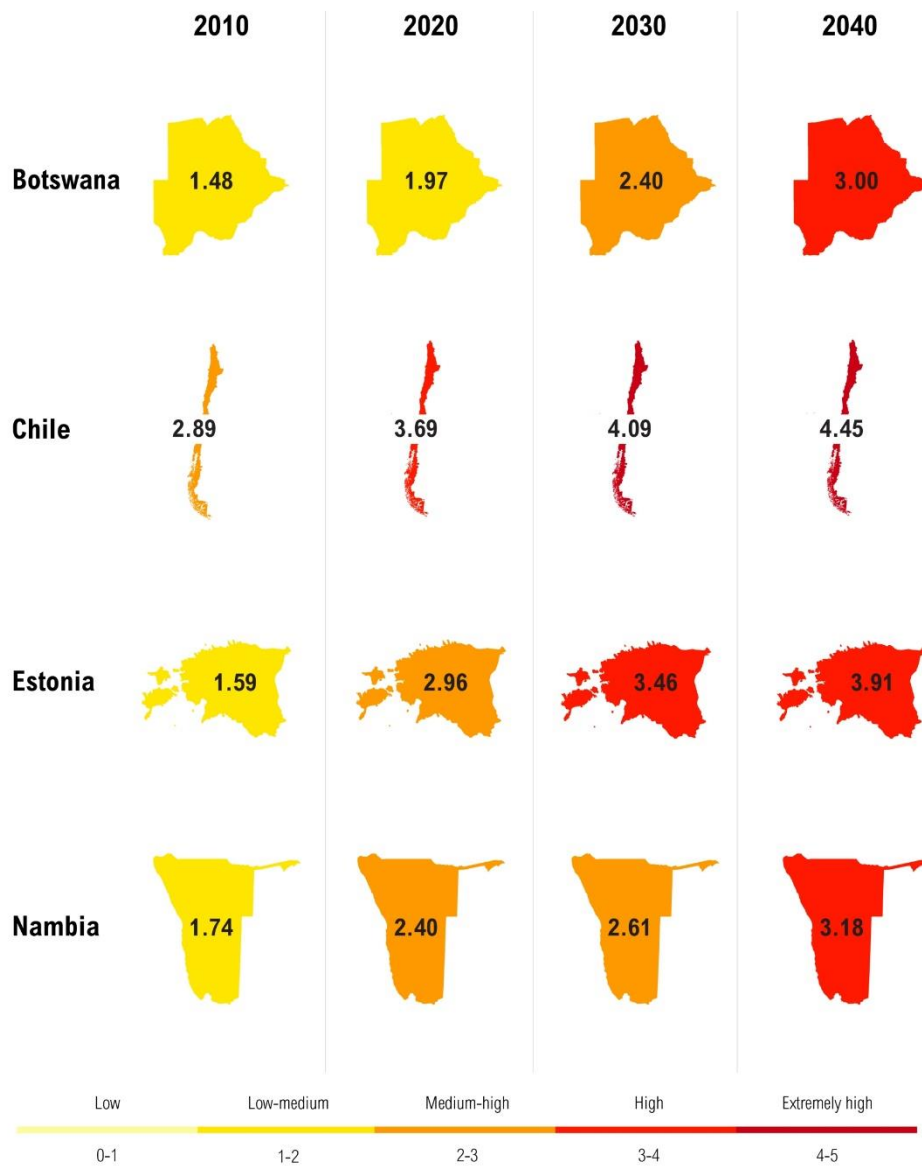


Ilustración 6 detalle del estrés hídrico por país al 2040, (Maddocks, Young, & Reig, 2015).

Pese a que el panorama actual no acusa mayores problemas que sequías esporádicas a nivel país, la proyección del estudio, más allá de las cifras, justifica el cambio en base a dos puntos:

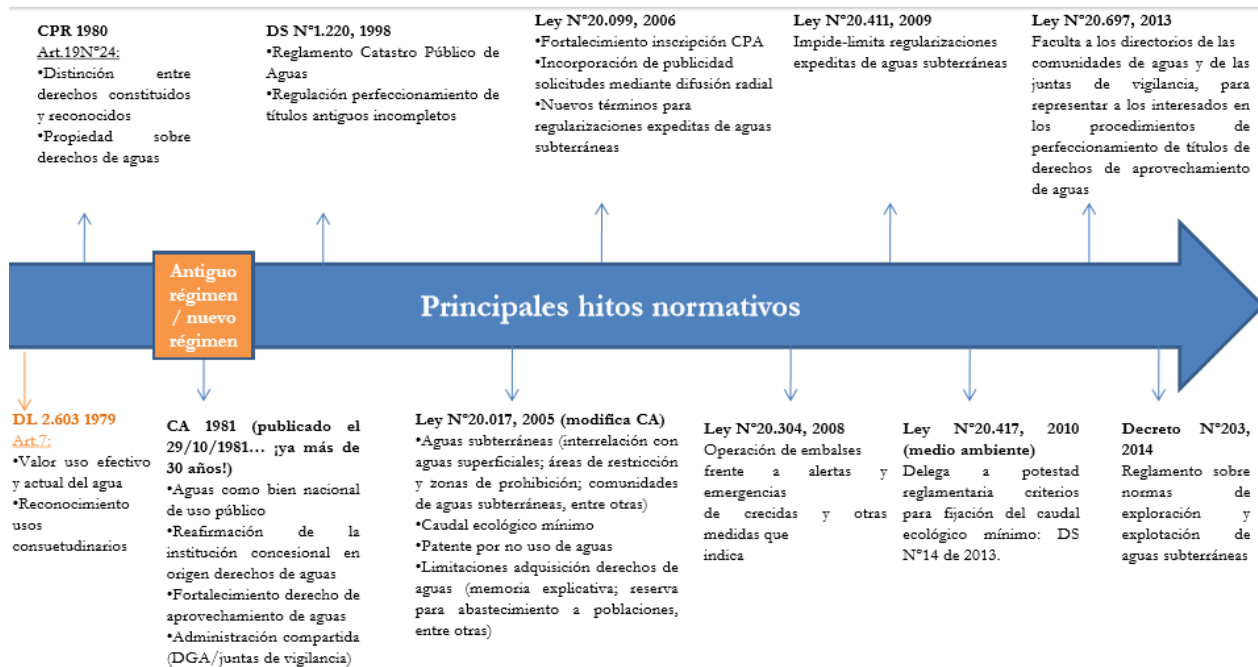
- **Aumento de temperaturas.**
- **Cambio patrones de Lluvias.**

Según lo expuesto, y a fin de complementar en torno al tema principal, que sería el **agua en parques urbanos**, se propone complementar el estudio con dos aspectos importantes y relacionados al tema urbano, como lo son las variables:

- **Jurídico: Propiedad y derechos.**
- **Ley General De Urbanismo y Construcciones**

2.1.2.1 Jurídico: Propiedad y derechos.

Del análisis del esquema que se presenta a continuación, podemos decir que el agua no es considerada un recurso escaso en Chile, y tampoco hay medidas ni planes de gestión para cuidar y mejorar su uso, sin embargo, carece de definición clara en la institucionalidad chilena:



Fuente: El derecho de aguas en Chile. Contextualización y directrices generales (Rivera & Vergara, 2014)

En conclusión, el agua es considerada un bien de consumo regulado por el mercado. Un bien transable, que en su definición constitucional, no se define como recurso finito, por lo tanto tiene un tratamiento bastante alejado a una idea de sustentabilidad, o manejo sustentable.

Es entonces que se hace necesario volver a actualizar su definición constitucional, en torno al contexto de escases de recursos que se vive actualmente.

2.1.2.2 Ley General de Urbanismo y Construcciones.

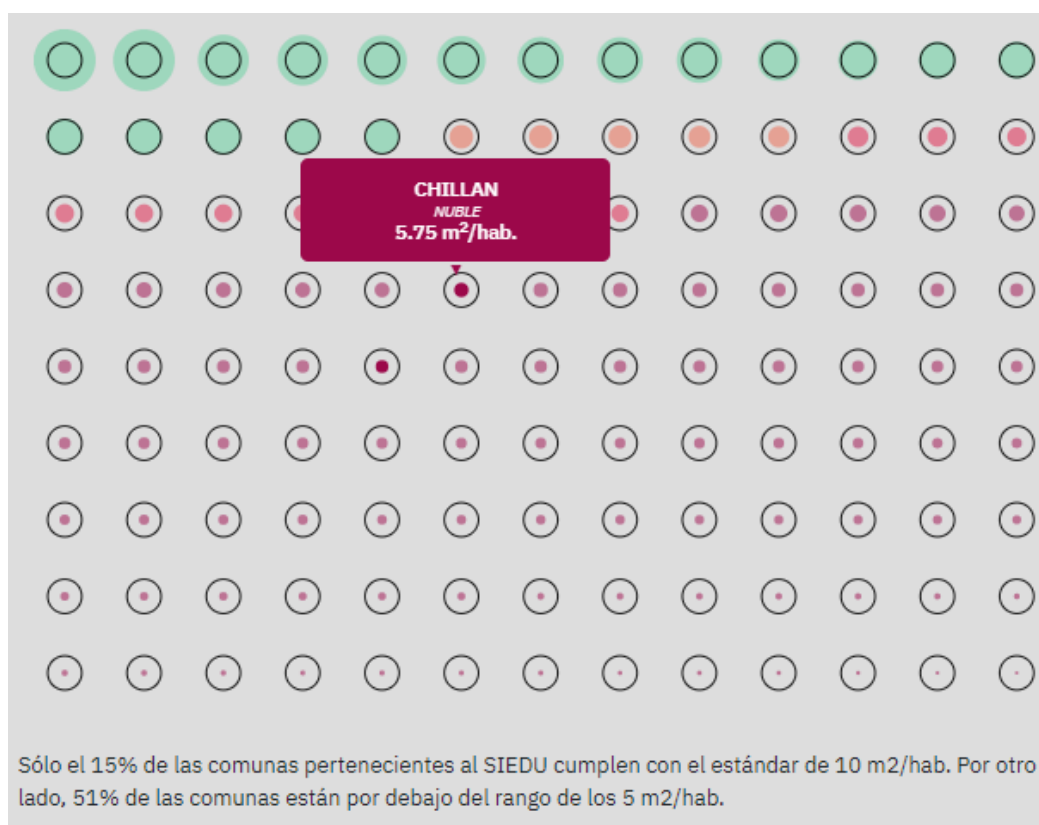
El gran déficit que como país tenemos y que podría influir directamente en el consumo del recurso hídrico se encuentra a nivel de parques urbanos. Según el **Consejo Nacional de Desarrollo Urbano** (CNDU) debiese haber 10 m² de áreas verdes por habitantes en una ciudad.

Mientras que, para la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), (TITULO 1: DISPOSICIONES GENERALES, CAPITULO 1, Artículo 1.1.2.), en su definición de **parque** y **plaza**, indica lo siguiente:

Parque: espacio libre de uso público **arborizado**, eventualmente dotado de instalaciones para el esparcimiento, recreación, prácticas deportivas, cultura, entre otros.

Plaza: espacio libre de uso público destinado al esparcimiento y circulación peatonal.

Por lo tanto el hecho de que el parque sea un elemento urbano arborizado marca diferencia entre ambas es que requiere necesariamente de la gestión del recurso del agua para el desarrollo de las diversas especies arbóreas presente en su funcionamiento.



Fuente: Superficie de áreas verdes públicas por habitante, Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (SIEDU), Catastro de áreas verdes, INE, 2018.

Entonces, al entender el panorama internacional de falta del recurso hídrico, y por otro lado el panorama nacional y comunal, de la evidente falta de parques urbanos y de la no existencia de estos últimos en Chillán, es necesario actualizar las políticas vigentes a la contingencia nacional y proyectar los parques urbanos sostenibles de bajo consumo hídrico y de menor impacto en la economía comunal.

2.2. Agua como elemento sustentable: Hidrosustentabilidad.

Si consideramos la alta demanda del recurso a futuro, y la necesidad que también tienen los elementos que son vitales para el funcionamiento de la ciudad, como lo son parques urbanos, debemos considerar y asumir que el agua debe tener un manejo sustentable dentro del diseño de cualquier elemento público.

“Si se entiende por desarrollo sostenible aquel que permita compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas, las buenas prácticas en la gestión del recurso agua serán las que tengan por finalidad:

1.- Disminuir el gasto de agua, disminuyendo su consumo o reciclando y reutilizando al máximo el suministro.

2.- Extraerla con el menor deterioro posible de los ecosistemas, es decir, dejando una parte para el desarrollo normal de ríos, humedales y acuíferos subterráneos.

3.- Devolverla a las aguas naturales en condiciones aceptables para que el impacto sobre los ecosistemas sea mínimo, lo que en términos antropocéntricos y para el caso de las aguas superficiales, se acostumbra a medir como calidad suficiente para que permita el baño y evite graves pérdidas piscícolas. Para ello, la mejor solución es contaminarlas lo menos posible en su uso y proceder luego a su tratamiento de depuración.

4.- Realizar esta depuración o descontaminación con un mínimo gasto energético e impacto ecológico.”

Fuente: Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua (Miracle Sole, 2016)

2.2.1. Agua como elemento sustentable: Contexto Internacional.

Hay muchas experiencias de diseño que ocupan el agua como elemento sustentable, sin embargo, dicha sustentabilidad requiere ser entendida y medida. Para lo cual se hace revisión de herramientas de **medición de sustentabilidad para elementos urbanos y de evaluación en el uso del agua**.

En el contexto internacional, las principales herramientas de medición de sustentabilidad en elementos urbanos son: **BREEAM COMMUNITIES**, **LEED NEIGHBORHOOD DEVELOPMENT** y **VERDE GBCE** (Green Building Council España). En cada uno se aborda de distinta manera el consumo y manejo del agua.

2.2.1.1. BREEAM COMMUNITIES (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).



*“BREEAM COMMUNITIES es una ruta sencilla y flexible para **mejorar, medir y certificar** la sostenibilidad de los planes de desarrollo a gran escala. Proporciona un marco de apoyo a los planificadores, autoridades locales, promotores e inversores a través del proceso masterplanning, antes de embarcarse en la adquisición, diseño detallado nivel de la construcción.”*

Es una herramienta que sirve a la **planificación urbana**, a nivel de **barrios y comunidades**. Desde el punto de vista **sustentable**, se entiende que hay formas de proyectar y ordenar la ciudad que puede optimizar el uso de los recursos. Para ello, desde uno de sus ítemes, (**Área: Clima y Energía**) se define estrategias de diseño:

Tabla 1 Fuente: "Desarrollo de criterios para la evaluación de la sostenibilidad de parques urbanos, enfocados en la localización y relación con el entorno. Aplicación a proyectos de recuperación de ex vertederos: parques André Jarlán y La Cañamera." (Catrón Lazo, 2017).

Ítem:	Área: Clima y Energía
Criterios:	Riesgo de inundaciones
Objetivo:	Comprobar que el sector a certificar no es vulnerable a inundaciones. Por el contrario, realizar plan gestión.
Criterios:	Aguas de escorrentía
Objetivo:	Verificar y comprobar que el sector es capaz de contener el agua de lluvia.
Criterios:	Gestión del agua de lluvia
Objetivo:	Diseñar un mínimo de cubiertas con captación de agua de lluvia o cubierta verde.
Criterios:	Consumo del agua
Objetivo:	Prever una mínima superficie de instalaciones sanitarias con sistema de reciclaje del agua de lluvia.

2.2.1.2. LEED NEIGHBORHOOD DEVELOPMENT.



“Certificación disponible para proyectos de escala de barrio, en cualquiera de las fases de planificación, diseño y hasta un 75% construido. Diseñado para ayudar al desarrollador a financiar su proyecto respecto a sus estrategias de sostenibilidad previstos.”

Basados en los puntos de **crecimiento inteligente**, **urbanismo** y **edificación verde**, el sistema de calificación LEED se basa en un checklist, de los cuales, para nuestros temas a fines (manejo recurso hídrico) destacamos:

Tabla 2 Fuente: “Desarrollo de criterios para la evaluación de la sostenibilidad de parques urbanos, enfocados en la localización y relación con el entorno. Aplicación a proyectos de recuperación de ex vertederos: parques André Jarlán y La Cañamera.” (Catrón Lazo, 2017).

Ítem:	Área: Smart Location & Linkage
Criterios:	Diseño para la conservación cuerpos de agua
Objetivo:	Realizar diagnóstico y plan de conservación de hábitats, humedales y de los hábitats naturales
Criterios:	Restauración de hábitats o humedales y cuerpos de agua
Objetivo:	Restaurar hábitats, recursos hídricos o vegetación
Criterios:	Gestión del agua de lluvia
Objetivo:	Diseñar un mínimo de cubiertas con captación de agua de lluvia o cubierta verde.

Criterios:	Gestión a largo plazo de hábitats o humedales y cuerpos de agua
Objetivo:	Elaboración de plan de gestión a largo plazo de los hábitats naturales

El sistema de evaluación posee tres tópicos de puntuación "Localización y Conectividad Idónea", "Patrón y Diseño del Desarrollo Urbano" e "Infraestructura y Edificios Sostenibles". Este último, promueve en sus proyectos la existencia de un **edificio verde**, por lo tanto, no es de extrañar que su pauta de evaluación implique necesariamente el análisis del manejo del agua **en edificaciones y no en parques**.

Tabla 3 Elaboración: "Desarrollo de criterios para la evaluación de la sostenibilidad de parques urbanos, enfocados en la localización y relación con el entorno. Aplicación a proyectos de recuperación de ex vertederos: parques André Jarlán y La Cañamera." (Catrón Lazo, 2017).

Ítem:	Área: Green Infrastructure & Buildings
Criterios:	Eficiencia hídrica del edificio
Objetivo:	Prever reducción del consumo de agua por encima del mínimo establecido.
Criterios:	Restauración de hábitats o humedales y cuerpos de agua
Objetivo:	Reducir el consumo de agua para riego con estrategias de diseño y gestión.
Criterios:	Preservación de recursos históricos y adaptación de usos
Objetivo:	Preservación del patrimonio histórico o paisajístico existente en el ámbito a certificar
Criterios:	Gestión de las aguas residuales
Objetivo:	Prever reducción del volumen de aguas residuales respecto al volumen estándar.

2.2.1.3. CERTIFICACIÓN VERDE GBCE (Green Bulding Council España).



“VERDE DU Polígonos es una herramienta de evaluación para la certificación ambiental de parques logísticos de nueva construcción. Es una herramienta que recoge la metodología del análisis de reducción de impactos por la cuantificación que representa la implantación de medidas en el polígono. VERDE DU Polígonos permite la evaluación de la sostenibilidad de los parques logísticos, difundiendo a su vez los principios y buenas prácticas para su diseño y construcción.”

En su criterio de evaluación considera 4 aspectos:

AA. Aspectos Ambientales:	53,45%
AS. Aspectos Sociales:	21,00%
AE. Aspectos Económicos:	16,80%
CC. Concepto de Calidad:	08,75%

AA	ASPECTOS AMBIENTALES	53,45%
	BIODIVERSIDAD	8,75%
	Medidas	A
AA 01	Protección de la biodiversidad	2,10%
AA 02	Calidad de las zonas ajardinadas	3,50%
AA 03	Valor previo del terreno	3,15%
	USO DE RECURSOS, ENERGÍA	10,14%
	Medidas	A
AA 04	Consumo de energía no renovable durante el uso.	6,63%
AA 05	Producción de energía renovable.	3,51%
	USO DE RECURSOS, AGUA	6,49%
	Medidas	A
AA 06	Consumo de agua potable.	3,24%
AA 07	Riesgo de inundaciones	3,24%
	USO DE RECURSOS, MATERIALES	16,24%
	Medidas	A
AA 08	Elección responsable de los materiales	7,47%
AA 09	Análisis de Ciclo de Vida	8,77%
	GESTIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES	11,84%
	Medidas	A
AA 10	Gestión de los RSU	1,34%
AA 11	Prevención de la contaminación en actividades de construcción.	1,05%
AA 12	Sistema de gestión del agua	2,10%
AA 13	Contaminación lumínica	2,45%
AA 14	Efecto isla de calor	2,45%
AA 15	Contaminación acústica	2,45%

En **Aspectos Ambientales (AA)** establece que del **53,45 %** de calificación en la evaluación, un **6,49 %** (del 100%) corresponde al **uso del recurso agua**.

Aspectos Ambientales. Uso de recursos, Agua	AA 06	Consumo de agua potable.
	AA 07	Riesgo de inundaciones

Su sistema de evaluación, en **aspectos ambientales de uso de recursos agua**, revisa dos aspectos dentro del manejo del recurso, como lo son el **consumo de agua potable** y el **riesgo de inundaciones**.

USO DE RECURSOS, AGUA

AA 06 Consumo de agua potable. 3,24%

Las necesidades de riego se reducen en un 25%

Las necesidades de riego se reducen en un 50%

Se incluyen sensores de humedad que aporten información sobre la humedad del suelo a la profundidad que se instale la sonda

Se incluyen controles de caudal en la red de suministro de agua sectorizado por zonas

Se incluyen controles de apagado de fuentes públicas que actúen en caso de fuerte viento

Se incluyen contadores de consumo de agua potable para llenado de cisternas y limpieza de viales

Se dispone de un sistema de recogida, almacenamiento y distribución de aguas pluviales

AA 07 Riesgo de inundaciones 3,24%

El índice de riesgo de inundaciones es menor de 1

Áreas de impactos	Impactos	Peso del área	Peso del impacto	Impacto evitado
Procesos ambientales (PA)	PA 01 Potencial de calentamiento global	15,00%	4,50%	0,00%
	PA 02 Potencial de acidificación de tierra y agua		3,00%	0,00%
	PA 03 Potencial de eutrofización		3,00%	0,00%
	PA 04 Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos del ozono		3,00%	0,00%
	PA 05 Potencial de agotamiento de recursos combustibles fósiles		1,50%	0,00%
Uso de recursos (UR)	UR 01 Uso de energía primaria	15,00%	5,00%	0,00%
	UR 02 Uso de materiales		5,00%	0,00%
	UR 03 Uso neto de agua		5,00%	0,00%
Categorías de residuos (CR)	CR 01 Residuos peligrosos vertidos	5,00%	1,25%	0,00%
	CR 02 Residuos NO peligrosos vertidos		3,75%	0,00%
Áreas de impactos	Impactos	Peso del área	Peso del impacto	Beneficio obtenido
Flujos de salida que abandonan el sistema (FS)	FS 01 Componentes para la reutilización	5,00%	1,25%	0,00%
	FS 02 Materiales para reciclaje		1,25%	0,00%
	FS 03 Materiales para valorización energética		0,63%	0,00%
	FS 04 Energía exportada		1,88%	0,00%
Comportamiento social (CS)	CS 01 Accesibilidad	30,00%	7,50%	0,00%
	CS 02 Adaptabilidad		3,75%	0,00%
	CS 03 Salud y confort		7,50%	0,00%
	CS 04 Impactos sobre el vecindario		3,75%	0,00%
	CS 05 Mantenimiento y mantenibilidad		3,75%	0,00%
	CS 06 Seguridad		3,75%	0,00%
Comportamiento económico (CE)	CE 01 Ahorro en el coste del ciclo de vida	30,00%	15,00%	0,00%
	CE 02 Aspectos económicos del resultado		15,00%	0,00%

AA 06		Consumo de agua potable.			3,24%
Procesos ambientales	Uso de recursos	Categoría de residuos	Flujos de salida	Comportamiento social	Comportamiento económico
Calentamiento global	Uso de energía	Residuos peligrosos	Reutilización	Accesibilidad	Coste del ciclo de vida
Acidificación de tierra y agua	Uso de materiales	Residuos NO peligrosos	Reciclaje	Adaptabilidad	Aspectos económicos del resultado
Eutrofización	Uso del agua		Valorización energética	Salud y confort	
Formación de oxidantes			Energía exportada	Impactos sobre el vecindario	
Agotamiento combustibles fósiles				Mantenimiento y mantnibilidad	
				Seguridad	
Objetivo:	Reducir el consumo de agua potable en la fase de uso del desarrollo urbanístico.				
Aplicabilidad:	Este criterio es aplicable a cualquier desarrollo urbanístico evaluado con esta herramienta.				
Medidas a cumplir:	Necesidades de riego en zonas ajardinadas.				50 %
	Sistemas de Monitorización para la gestión del agua.				
	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar humedad • Contador general para evitar perdidas • Control apagado de fuentes por viento • Controlar consumos para riego y limpieza 				25 %
	Reaprovechamiento de aguas pluviales para riego y limpieza de calles.				25 %

AA 07 Riesgo de inundaciones					3,24%
Procesos ambientales	Uso de recursos	Categoría de residuos	Flujos de salida	Comportamiento social	Comportamiento económico
Calentamiento global	Uso de energía	Residuos peligrosos	Reutilización	Accesibilidad	Coste del ciclo de vida
Acidificación de tierra y agua	Uso de materiales	Residuos NO peligrosos	Reciclaje	Adaptabilidad	Aspectos económicos del resultado
Eutrofización	Uso del agua		Valorización energética	Salud y confort	
Formación de oxidantes			Energía exportada	Impactos sobre el vecindario	
Agotamiento combustibles fósiles				Mantenimiento y mantnibilidad	
				Seguridad	
Objetivo:	Minimizar la exposición de la actuación urbanística al riesgo de inundación.				
Aplicabilidad:	Este criterio es aplicable a cualquier desarrollo urbanístico evaluado con esta herramienta.				
Medidas a cumplir:	El valor del Índice de riesgo de inundación del sector es < 1, según procedimiento de cálculo del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.				100 %

2.2.2. Agua como elemento sustentable: Nivel Nacional.

Ante la falta de criterios de evaluación a nivel nacional, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (**MINVU**), durante el 2016, desarrolló la primera edición del Manual de Elementos Urbanos Sustentables (**MEUS**), que propuso definiciones y recomendaciones al uso del agua, en sus distintas dimensiones, como un **elemento urbano sustentable** a considerar:

Agua: Contribuir al ahorro y eficiencia en el consumo de agua potable y a la gestión de las aguas lluvias y sus efectos en el espacio público, donde define dos ámbitos importantes en la gestión del agua: **el agua potable** y las **aguas lluvia**.

2.3. El ciclo del agua.

Se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida.



Si definimos el ciclo como el movimiento de agua entre la evaporación y la lluvia, desde un punto de vista más arquitectónico o urbanista, **podemos decir que el ciclo es único y universal, sin embargo cada uno de sus fenómenos será diferente para cada zona, debido a que las temperaturas y las lluvias son particulares para cada región.**

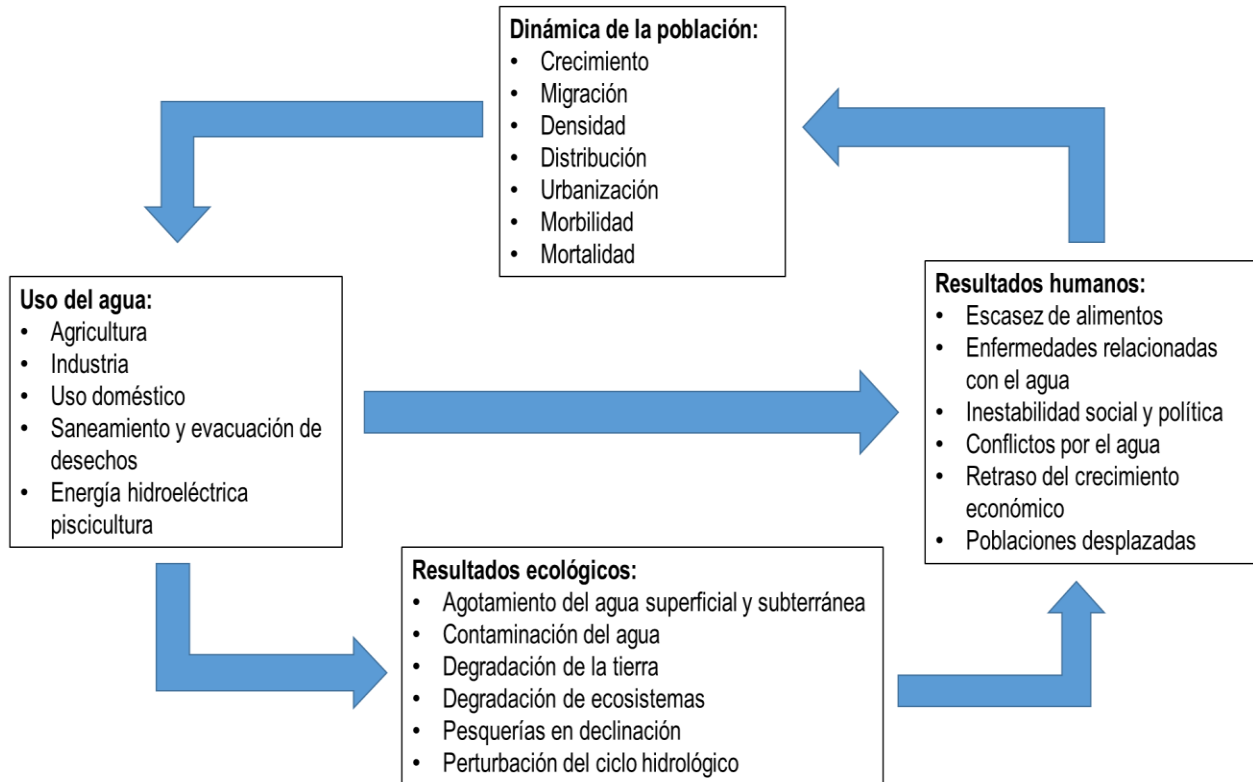
El vapor de agua transportado por la circulación atmosférica se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden superar los 1.000 km, por lo que el impacto que podría generar la contaminación de aguas no se puede comprender como fenómeno aislado. Dada la movilidad del elemento, se puede definir que todas las aguas están conectadas o *“el conjunto del agua presente en la atmósfera, geósfera e hidrósfera constituye una unidad.”*

Entonces, resumimos al agua como un elemento que posee distintos ciclos según la región, pero que dada su movilidad puede estar relacionado con otras zonas geográficas. Sin embargo, no podemos considerarla como un elemento estable y estático relacionado a una región, sino como un elemento en movimiento y cíclico, el cual se distribuye de distintas formas en cada región. Por lo tanto, debemos entender que cada zona comprenderá un distinto manejo del agua:

Distintos ecosistemas se han adaptado a distintos ciclos del agua y sus fenómenos.

2.3.1. El ciclo del agua en la ciudad.

Aunque, si a esta ecuación agregamos el factor humano/urbe, podemos ver como se relacionan distintos vínculos entre las dinámicas del individuo y su entorno.



Vínculos entre la población y el agua dulce (Hinrichsen, 1998).

Si analizamos los vínculos, es posible comprender lo delicado del recurso y si quisiéramos llegar a una definición más racional, resumida, pero no menos simple, podríamos decir lo siguiente:

*“Los ecosistemas urbanos tienen un ciclo hidrográfico complejo. Por un lado, hay un **ciclo natural de lluvia y evaporación**, y por otro, unas aportaciones considerablemente mayores para el **consumo** y la **circulación** que tiene lugar por subterráneos y entre paredes artificiales. La contaminación difusa por el alcantarillado no se conoce, aunque puede ser grande, sin embargo, sí se ha estudiado la contaminación de la escorrentía pluvial en las ciudades (Desbordes et al. 1990). Las **aguas de lluvia no pueden ser evacuadas por las alcantarillas**, debido a que no permite el funcionamiento de las depuradoras, y la contaminación después de las lluvias puede ser muy grande, a la vez que es la causa de inundaciones a veces catastróficas, agravado por el hecho de la **impermeabilización de espacios cada vez más extensos**. La gran contaminación de las aguas de la escorrentía pluvial y el problema de las inundaciones, ha llevado a pasar de*

métodos que incluían aliviaderos, a la separación total de los circuitos de agua, unos para la evacuación del agua de lluvia y otros para las aguas residuales.”

Fuente: Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua. (Miracle Sole, 2016).

Por lo tanto, a los cuatro puntos previos introducidos por esta misma autora, por lo menos tres situaciones definen el ciclo del agua en una ciudad, las cuales son:

- **Ciclo de la lluvia.**
- **Evaporación / temperatura.**
- **Consumo y circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad.**

2.3.1.1. Puntos o principios que definen la hidrosustentabilidad en la ciudad.

En resumen, y al considerar los tres puntos anteriormente extraídos del texto de *María Rosa Miracle Sole*, más los cuatro primeros mencionados en la definición de “*Desarrollo Sostenible del Agua*” podemos considerar siete principios que definen el ciclo del agua y por consiguiente la hidrosustentabilidad de una ciudad.

Estos principios son los siguientes:

1. **Disminuir el gasto de agua.**
2. **Extracción.**
3. **Devolverla a las aguas naturales.**
4. **Depuración o descontaminación con un mínimo de gasto energético.**
5. **Ciclo de la lluvia.**
6. **Evaporación / temperatura.**
7. **Consumo y circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad.**

2.4. Conclusiones marco teórico: 1° matriz de correlación.

Ahora si consideramos los 7 **Principios de Miracle**, y los relacionamos con los principales modelos de evaluación estudiados, podremos establecer la relevancia de cada principio, y la cantidad de éstos que cada modelo de evaluación pudiese abarcar, con el propósito de complementar el presente estudio.

Con el objetivo de ordenar y cotejar la información, se propone la siguiente matriz para correlacionar los **7 principios** y los **modelos de evaluación**:

Tabla 4 Matriz de correlación: Principios de Miracle y Modelos de Evaluación (elaboración propia, 2019)

7 PRINCIPIOS DE MIRACLE	Disminuir el gasto de agua	Extracción	Devolverla a las aguas naturales	Depuración o descontaminación con un mínimo gasto energético	Ciclo de la lluvia	Evaporación / Temperatura	Consumo y Circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad
MODELOS DE EVALUACIÓN	X	X			X		X
BREEM		X	X		X		X
LEED-ND	X	X	X	X	X	X	X
GBCe	X	X	X	X	X	X	X

En base a este primer cruce de información, se substraen las primeras conclusiones por herramientas de calificación:

2.4.1. Modelo BREAM.

- En su mayoría hace énfasis en reacción a inundaciones, buen uso y transporte del agua lluvia superficial.
- Se enfoca en la gestión y reciclaje de aguas externas, sin profundizar en el consumo propio ni en otros factores que pueden aumentar o disminuir el consumo de agua.
- Proyecta una visión de parque urbano como elemento de reacción frente a catástrofes pluviales, respecto a la principal preocupación de la herramienta de evaluación, que en este caso sería la ciudad.

2.4.2. Modelo LEED-ND.

Esta primera parte enfatiza en la relación con potenciales cuerpos de agua a los cuales pueda ceñirse o acercarse a la ciudad, que posteriormente establecerá o definirá una **relación responsable y de respeto, entre ciudad y cuerpo de agua.**

En general, este sistema de evaluación se enfoca en reciclar las de aguas lluvia y sobre todo identificar la relación de elementos existentes, ya sea en cuerpos de agua o edificaciones antiguas en deterioro importante de reintegrar.

2.4.3. Modelo GBCe.

Criterios de evaluación.

- Superficie de zona ajardinada (m²).
- Tipo de Vegetación a plantar (Árboles, arbustos, tapizantes, plantación mixta, césped).
- Necesidades de agua de cada tipo de vegetación (alta, media, baja).
- Coeficiente de especie (ponderación entre tipos de vegetación y necesidad de agua).
- Influencia externa en el aporte del calor (se considera una influencia alta cuando exista un elevado uso de pavimentos, edificios o tránsito; influencia media si se trata de grandes jardines con poco pavimento e influencia baja si son jardines protegidos y en entornos poco urbanizados).
- Coeficiente de Microclima (km).
- Coeficiente de Jardín (kj).
- Datos Climáticos p (mm) (precipitaciones caídas) y Eto (mm) (evo transpiración).
- Sistema de riego utilizado en jardín (riego localizado subterráneo, riego localizado en superficie, difusores y micro aspersores, aspersores, superficie).

Se toman los valores de la eficiencia de aplicación de riego (E_a):

TIPO DE RIEGO	E_a
Riego localizado subterráneo	0,95
Riego localizado en superficie	0,9
Difusores y micro-aspersores	0,8
Aspersores	0,7 – 0,8
Superficie	0,5 – 0,65

Además los criterios de evaluación, reconoce los **impactos evitados** y **beneficios obtenidos** en diferentes áreas de interés. También, identifica **beneficios** y **debilidades** de un proyecto, en base al análisis de criterios medibles de la misma **forma que sistemas de evaluación chilenos**.

Este sistema de evaluación establece **parámetros medibles y cuantificables**, define **métodos de cálculo** y entrega **estándares probados** para comparar resultados y calificar el rendimiento de parques sustentables.

2.4.4. Conclusiones generales de la 1ª matriz.

- Pese a que una sólo herramienta es considera en los 7 Principios de Miracle, eso, es necesario para determinar la hidrosustentabilidad de una ciudad.
- De los tres modelos que ofrecen distintos tipos de acercamiento y medición del uso del agua, sólo uno se acerca a lo que se busca (**MODELO GBCe**).
- Aún así, parecen ser insuficientes para poder apuntar a un diseño sustentable y manejo eficiente del agua.
- **Se propone analizar, además de herramientas de evaluación, ordenanzas extranjeras que establezcan criterios relacionados y comparar en una matriz similar a fin de complementar la investigación. (Metodología)**

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

3.1. El ciclo del agua en Chillán.

A fin de aportar a las actuales carencias de áreas verdes, se determinó Chillán como ciudad de estudio. Por lo tanto, al aplicar los **7 Principios de Miracle** para la hidrosustentabilidad en la ciudad de estudio, se obtiene lo siguiente:

3.1.1. Disminuir el gasto de agua: determinar el consumo y uso del en el riego.

Respecto a determinar el consumo del agua de una ciudad, para el objetivo del estudio, es posible establecer un aproximado del consumo de agua para riego, en relación a las superficies de áreas verdes a las cuales el municipio de Chillán hace mantención, mediante el análisis de medidores existentes.

	detalle riego			detalle agua caída
	valor total riego	lts	lts/m ²	lts/m ²
enero	\$ 35,271,144	25,014,996	50.03	0.00
febrero	\$ 20,785,316	14,741,359	29.48	0.00
marzo	\$ 33,382,075	23,675,231	47.35	7.20
abril	\$ 7,888,289	5,594,531	11.19	28.80
mayo	\$ 6,081,647	4,313,225	8.63	84.20
junio	\$ 1,869,098	1,325,601	2.65	120.60
julio	\$ 4,823,649	3,421,027	6.84	268.20
agosto	\$ 4,941,235	3,504,422	7.01	237.60
septiembre	\$ 2,061,082	1,461,760	2.92	128.00
octubre	\$ 2,805,866	1,989,976	3.98	100.40
noviembre	\$ 139,098	98,651	0.20	7.00
diciembre	\$ 6,710,469	4,759,198	9.52	0.00
total	\$ 129,300,069		179.79	982.00

FUENTE: “CONCESIÓN DE LOS SERVICIOS DE MANTENCIÓN DE AREAS VERDES, DIVERSOS SECTORES EN LA COMUNA DE CHILLÁN (2° LLAMADO)”. LICITACIÓN ID 2467-409-LR17. Departamento Municipalidad de Chillán 2017.de Medio Ambiente, Aseo y Ornato de la Ilustre

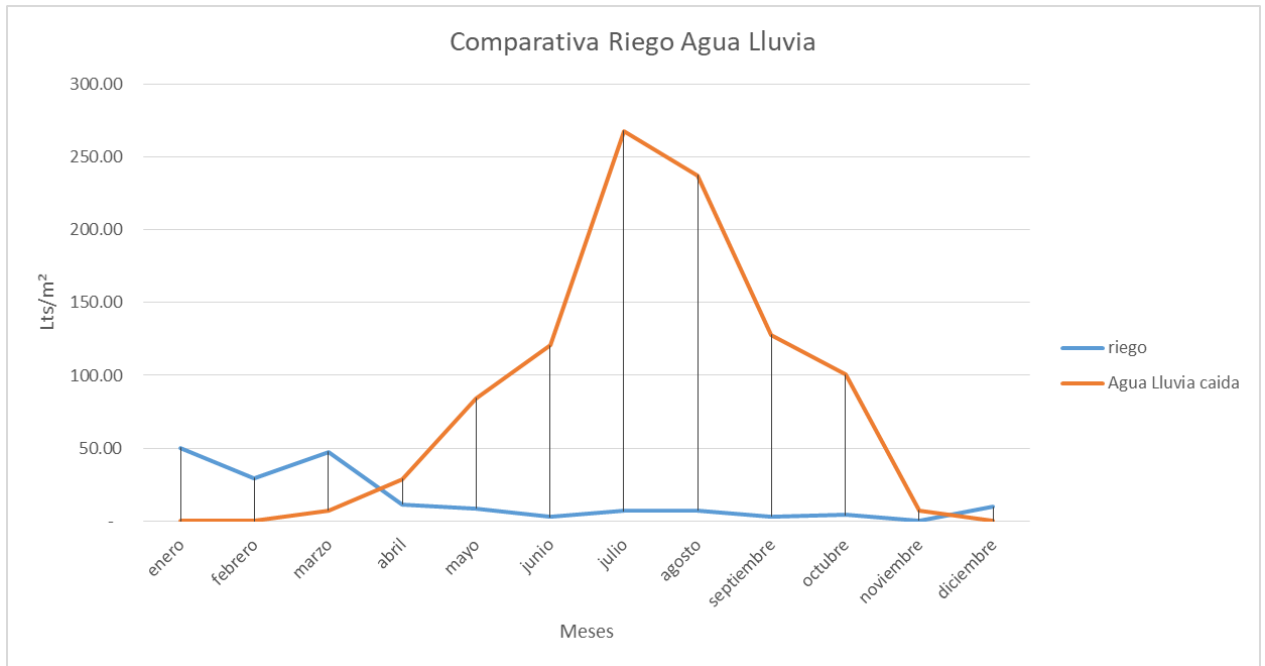


Ilustración 7 Grafico comparativo: riego y lluvia agua caída (lts) (elaboración propia, 2019)

El total de agua que el municipio utiliza corresponde a agua potable.

De lo anterior, se puede concluir que los meses en que la lluvia no puede superar el riego se estiman desde mediados de noviembre a la primera quincena de marzo (dependiente de riego)

3.1.2. Extracción: punto y método de extracción.

A 14 km de la comuna de Chillán, camino a Pinto y a orillas del Río Chillán, se emplaza la planta de captación de agua de la empresa ESSBIO.

ESTUDIO TARIFARIO.

EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS ESSBIO S.A. PERIODO 2011 – 2016.

Esta localidad se abastece, por una parte, de una fuente superficial captada desde el río Chillán y de fuentes subterráneas, correspondientes a nueve sondajes habilitados distribuidos en tres recintos de estanques (Estanque Norte, Estanque Chillán y Estanque Sur). y en la propia Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).



Ilustración 8 Ubicación puntos de captación de agua potable para la ciudad de Chillán (elaboración propia, 2019)

Fuentes Superficiales.

El Río Chillán, presenta una disponibilidad moderada a escasa de recursos superficiales en período de estiaje. Las aguas superficiales captadas ahí, se procesan en la planta de tratamiento ubicada a unos 10 km. aguas arriba de la ciudad.

Fuentes Subterráneas.

Las aguas subterráneas son captadas en los recintos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Río Chillán, Estanque Nororiente, Estanque Chillán y Estanque Sur.

Si se consideran los derechos de agua que posee ESSBIO, sus rendimientos y la demanda eficiente definida en el presente estudio, se obtiene el siguiente cuadro de Balance Oferta-Demanda.

Cuadro N° 6.4.2.

Balance Oferta-Demanda Sistema Chillán. Año tipo 90%.

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBSERVACIONES
DDA. MAX DIARIA	441,6	417,8	394,2	397,8	368,6	342,8	334,0	335,0	326,1	367,6	377,6	394,2	
OFERTA AGUA SUBTERRANEA	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	457,5	Derechos concedidos
OFERTA AGUA SUPERFICIAL	310,0	110,0	170,0	182,0	247,0	522,0	694,0	716,0	594,0	566,0	432,0	330,0	Derechos Concedidos
SUPERAVIT (DEFICIT)	326	150	233	242	336	637	818	839	725	656	512	393	

Ilustración 9 Consumo de agua potable en la ciudad de Chillán (Estudio Tarifario. ESSBIO periodo 2011 – 2016)

- Considerando únicamente fuentes subterráneas, se concluye que no existen problemas para el abastecimiento de agua en la demanda del sistema de Chillán.
- El acuífero de que se abastece esta zona no presenta restricciones, lo que permite constituir nuevos derechos o traslado de los derechos existentes.
- En cambio, las fuentes superficiales por sí solas no son capaces de abastecer el sistema en un año hidrológico tipo 90%. Además, su costo resultaría mayor.
- Se destaca que es perfectamente factible el abastecimiento de este sistema sólo en base a recursos subterráneos.

ESTUDIO TARIFARIO.

EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS ESSBIO S.A. PERIODO 2011 – 2016.

**RESUMEN DE CONSUMO SEGÚN ESTUDIO TARIFARIO FINAL EMPRESA DE SERVICIOS
SANITARIOS ESSBIO S.A. PERIODO 2011-2016.
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS.**

Región	Sistema	Localidad	Habitantes N°	Cientes AP N°	Cientes AS N°
VIII	CHILLAN	CHILLAN	173.354	57.157	55.939

Tabla N° 1.2 Localidades Atendidas por ESSBIO S.A. VIII REGION Valores a Diciembre 2009.

**ESTUDIO TARIFARIO FINAL EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS ESSBIO S.A.
PERIODO 2011-2016.**

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS.

REGION	SISTEMA	LOCALIDAD	POBL AP Hab	CLIENTES N°	ARRANQUES N°	CONSUMO m3/año	Qmed l/s
VIII	CHILLÁN	CHILLÁN	177.146	62.697	59.319	9.132.650	289,6

Cuadro N°6.1.1: Demanda de Autofinanciamiento de AP por Localidad y Sistema.

**ESTUDIO TARIFARIO FINAL EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS ESSBIO S.A.
PERIODO 2011-2016.**

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS.

3.1.3. Devolución a las aguas naturales: punto y método de devolución.

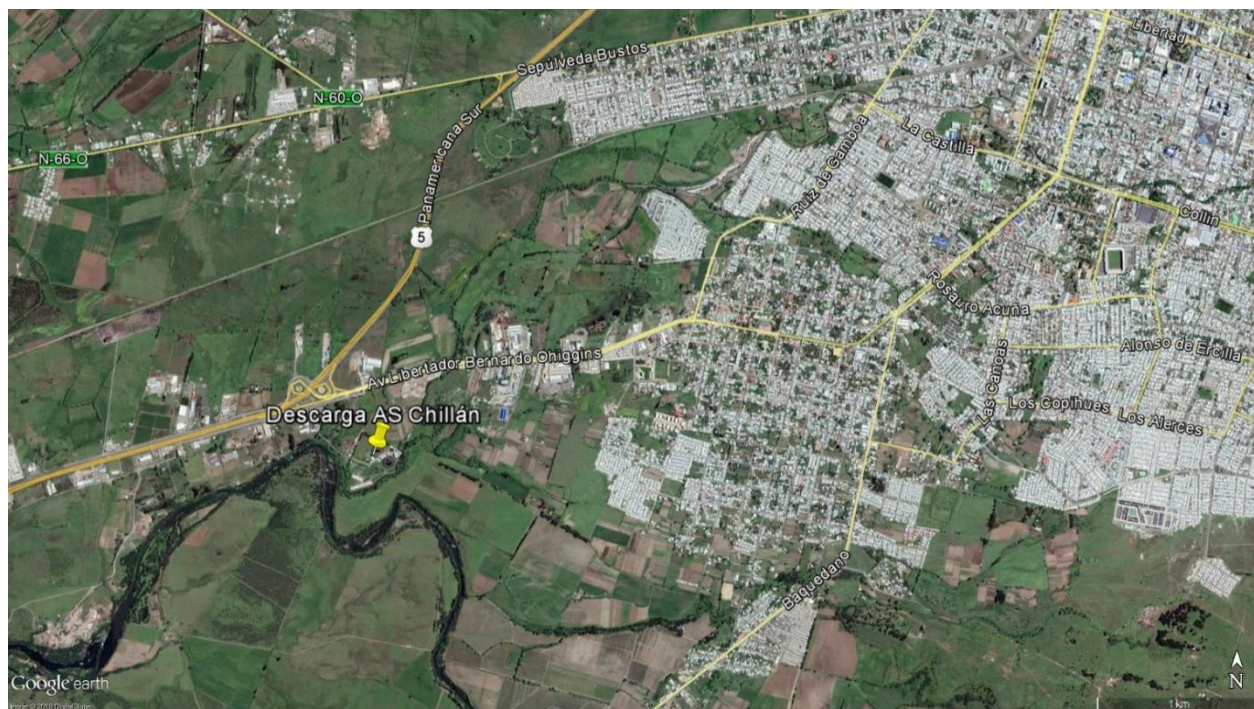


Ilustración 10 Ubicación puntos de devolución a las aguas naturales para la ciudad de Chillán (elaboración propia, 2019)

Se define una planta de tratamiento aguas servidas del tipo lodo activado.

REGION	SISTEMA	LOCALIDAD	POBL AS Hab	CLIENTES N°	UD N°	FACTURACION m3/año	Qmed l/s
VIII	CHILLAN	CHILLAN	174.803	60.904	57.620	8.982.816	253,5

Cuadro N°6.1.3: Demanda de Autofinanciamiento de AS por Localidad y Sistema.
ESTUDIO TARIFARIO FINAL EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS ESSBIO S.A.
PERIODO 2011-2016.

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS.

Según datos de ESSBIO, se establece un porcentaje de un **89% de recuperación de agua extraída y reinsertada al cauce.**

De lo descrito con anterioridad, se concluye que la empresa sanitaria, pese a depurar y procesar el agua consumida, **no la recicla**, ni para nuevo consumo, ni menos para cualquier otro uso (riego) restituyendo dicho recurso al cauce natural.

3.1.4. Depuración o descontaminación con un mínimo gasto energético: método de depuración.

Considerando que la depuración del agua, utilizada en el consumo de la ciudad, como un proceso de gasto mínimo energético está dentro de los **Principios de Miracle**, se procede a revisar el sistema de depuración utilizado para la comuna de Chillán.

Es básicamente un sistema de **lodos activados** es un proceso biológico (**bioproceso**) utilizado para la depuración natural (**biorremediación**) de las **aguas residuales**.

El tratamiento general con lodos activados consiste de dos partes:

Primero: en un **tratamiento aerobio** de las aguas residuales, en el cual, un cultivo aeróbico de microorganismos en suspensión oxidan la materia orgánica.

Segundo: en un conjunto de procesos de oxidación de la materia orgánica disuelta (biodegradación) y producción de nueva biomasa celular (biosíntesis), cuya finalidad es la producción de agua sin materia orgánica en suspensión (clarificado), además de baja Demanda Bioquímica de Oxígeno (BDO), de Sólidos Suspendidos (SS) y **turbiedad**.

Este **tratamiento primario**, por razones obvias, posteriormente un **afluente secundario** es **separado** del **volumen** principal de lodos activados ubicado en las **partes altas** del clarificado, de donde pasa a un **tratamiento secundario**, por donde el clarificado es **re-oxigenado, filtrado** y luego servido o **vertido** a una **corriente natural** o **re-utilizado** para agua de **riego**.

En las **partes bajas** o fondos del sistema se **acumulan los lodos** o fangos; el **exceso** debe ser **decantado** y **compactado** mediante una **línea** o corriente de **purga** y recirculada nuevamente hacia los fondos por una corriente de **derivación**, la cual tiene por objetivo **enriquecer y renovar** la **población** de **microorganismos activos**.

El fango activado se puede considerar como un **cultivo mixto** de microorganismos en **suspensión**, enriquecido por una cantidad de **materia orgánica en descomposición**

(**biocenosis**). Esta unidad ecológica y estructural es comúnmente denominada **floculo**, y constituye el núcleo alrededor del cual se desarrolla el proceso de depuración biológica.

bioreactorcrc.wordpress.com / 2008

La depuración se puede considerar como un **método de bajo impacto**, al tomar en cuenta el uso de procesos naturales basados en el tratamiento de las aguas.

De lo anterior se desprende que este sistema de **tratamiento puede destinar sus aguas para riego**

3.1.5. Ciclo de la lluvia: mm de agua caída.

A continuación, se resume la cantidad de lluvia caída en la ciudad de Chillán, recopilada en diciembre de 2016, desde la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Dirección Meteorológica de Chile y desde la Estación Meteorológica : Bernardo O’Higgins, Chillán.

Tabla 5 Resumen de agua lluvia caída (mm por m²) en la ciudad de Chillán 1996-2016 (elaboración propia, 2019)

	1996	2001	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
enero	0.6	50.9	26.2	4.7	3.4	4.6	10.5	42.7	13.2	0.8	14.6	0.0	6.6
febrero	17.3	4.3	7.6	37.2	0	9.6	66.6	3.1	107.1	16.0	13.2	0.0	0
marzo	77.4	1.0	13.6	11	6.3	2.5	1	46.3	3.6	1.9	64.3	7.2	5.4
abril	66.6	64.4	79	57.2	62.5	4.7	11.1	101.8	3.8	8.3	67.0	28.8	77.2
mayo	63.2	383.3	101.3	63	425.6	179	53.9	36.0	127.5	236.5	129.8	84.2	75
junio	153.7	140.3	359.2	89.5	76.2	245.5	166.2	182.9	188.6	125.7	226.2	120.6	4.2
julio	53.6	368.9	306	199.7	168.5	88.1	148	159.4	47.5	103.4	189.6	268.2	167
agosto	133.7	116.3	158.1	81.1	170.1	176.7	92.1	181.9	173.8	113.5	147.3	237.6	53
septiembre	16.6	21.3	38.9	45.2	36.8	55	26.2	95.9	28.3	46.9	88.7	128.0	18.2
octubre	37	23.2	83.4	39.9	27.5	66.1	40.3	14.1	35.1	40.1	5.9	100.4	58.6
noviembre	51.9	45.6	2.6	0	7	80.7	27.9	20.6	68.8	7.3	5.6	7.0	16.4
diciembre	20.2	0.0	61.8	18.1	8.4	1.2	15.5	0.0	89.2	0.0	16.7	0.0	26.4
total	691.8	1219.5	1237.7	646.6	992.3	913.7	659.3	884.7	886.5	700.4	968.9	982.0	508

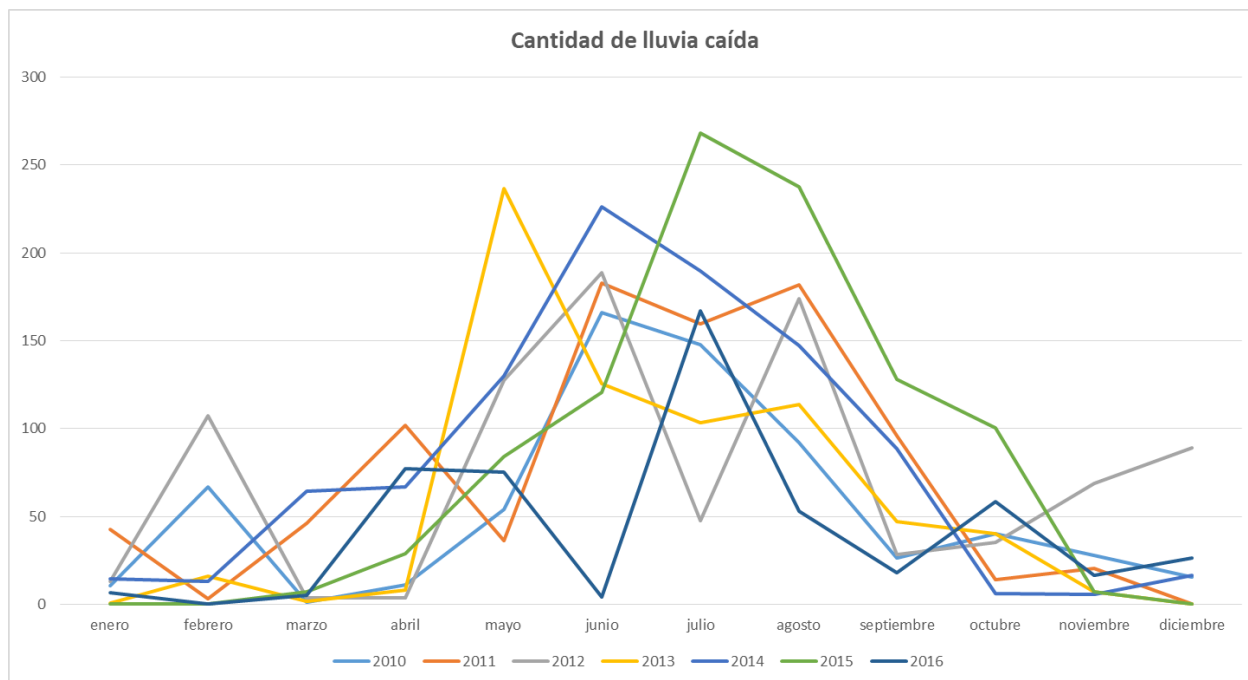


Ilustración 11 Grafico comparativo de agua lluvia caída (mm por m2) en la ciudad de Chillán 1996-2016 (elaboración propia, 2019)

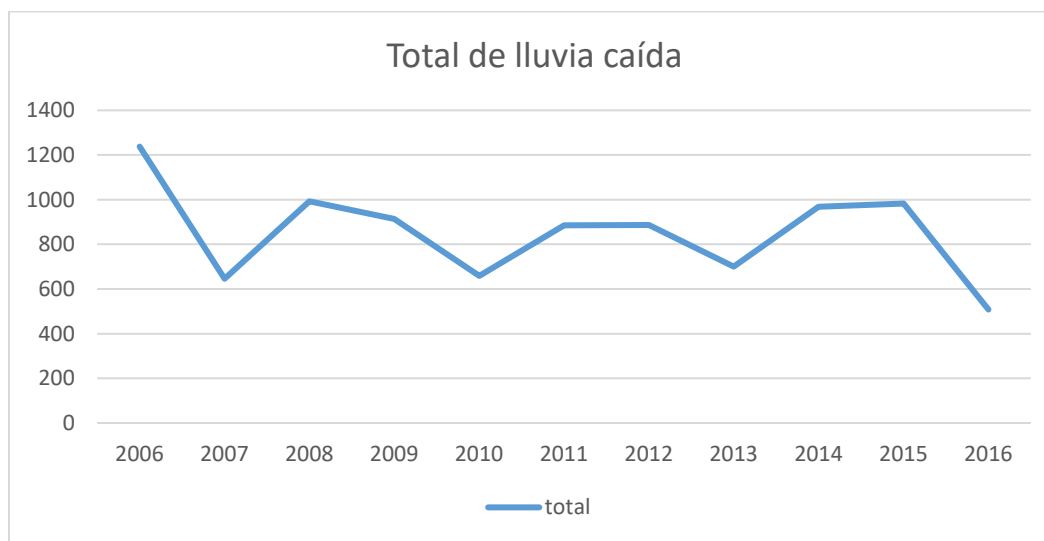


Ilustración 12 Grafico resumen del total anual de agua lluvia caída (mm por m2) en la ciudad de Chillán 1996-2016 (elaboración propia, 2019)

El máximo de milímetros caídos, se perciben en julio de 2015, con el histórico de 268,2 milímetros por metro cuadrado. Durante el periodo estudiado, se observa que las lluvias se acumulan desde abril-mayo, hasta septiembre - octubre. Si se consideran los promedios de lluvia caída y se

comparan, se percibe un proceso leve de decaimiento de agua caída que cada tres años baja fuertemente, y después se normaliza, por lo menos desde 2006 a la fecha. (Proceso cíclico)

3.1.6. Evaporación / Temperatura: T° Max / Súp de sombras en AAVV.

3.1.6.1. Temperatura máxima: Resumen temperaturas máximas registradas.

“El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) predice que los incrementos en la temperatura global promedio menores que 1,8 a 5,4 grados Fahrenheit (1 a 3 grados centígrados) por encima de los niveles de 1990 producirán impactos beneficiosos en algunas regiones y perjudiciales en otras. Los costos netos anuales aumentarán con el tiempo a medida que aumenten las temperaturas globales.”

Fuente: Los efectos del cambio climático (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2017)

Tabla 6 Resumen promedio mensual de temperatura máxima (°C) en la ciudad de Chillán 1996-2016 (elaboración propia, 2019)

Resumen Promedio Mensual Temperatura Máxima								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
enero	28.6	27.9	29.5	29.9	29.7	31.6	30.7	31.5
febrero	26.1	28.8	27.8	28.8	28.6	30.3	30.3	30.2
marzo	26.4		25.9	26.3	25.2	29.1	28.7	25.8
abril	20		20.7	22	19.3	23.2	19.4	21.9
mayo	15.5	14.5	16	15.8	15.9	17.1	16.6	14.5
junio	12.8	12.6	13	13	11.4	13.9	12.1	12.7
julio	11	10.9	12.4	11.6	12.2	12.2	12.1	12.8
agosto	14.4	13.1	13.3	13.9	14.7	14.5	15.1	12.9
septiembre	17.2	17.4	18.1	16.6	16.4	16.2	20.4	
octubre	19.2	19.9	18.8	20.5	21.6	18.6	20.7	
noviembre	23.1	23.3	24	24	23.5	23	25.8	
diciembre	24.7	29.3	23.1	29.2	26.7	28.1	27.4	
promedio	19.92	19.77	20.22	20.97	20.43	21.48	21.61	

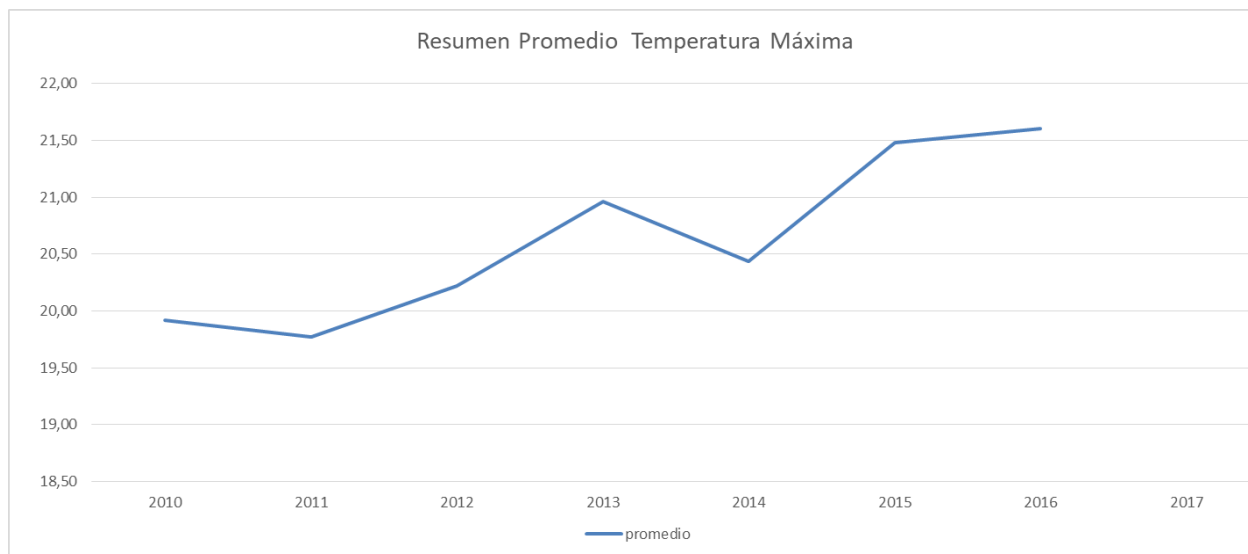


Ilustración 13 Gráfico resumen promedio mensual de temperatura máxima (°C) en la ciudad de Chillán 1996-2016 (elaboración propia, 2019)

Según muestran los gráficos, se observan deltas de temperatura de hasta 1 grado de un año a otro, generalmente en aumento.

Es evidente el aumento de la temperatura máxima a través de los años (1,5° en 16 años), como evidencia del impacto real que está generando el cambio climático en la región.

3.1.6.2. Evaporación: Súp de sombras en AAVV.

“El daño causado por las altas temperaturas está comúnmente asociado con el estrés hídrico, por lo que el manejo del agua pasa a ser una actividad crítica. En la medida en que las plantas puedan transpirar libremente también podrán hacer frente a las altas temperaturas. De acuerdo a Rawson y Macpherson (2001), si el agua es el factor limitante, las hojas pueden comenzar a verse afectadas a temperaturas elevadas, ya que las plantas estresadas intentan conservar agua cerrando sus estomas y reduciendo así el enfriamiento producido por la transpiración.”

Fuente: MANUAL DE PLANTACIÓN DE ÁRBOLES EN ÁREAS URBANAS (Alvarado Ojeda, Guajardo Becchi, & Devia Cartes, 2014).

Se considera como factor que ralentiza la evaporación la sombra que pudiese proteger la humedad de los distintos suelos en plazas y parques. Entonces se propone medir o establecer como definición la sombra de los arboles como elemento que pudiese ralentizar el proceso de evaporación del agua de riego.

Si además consideramos que los únicos elementos urbanos que según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, deben contar por definición con un árbol son los parques, podríamos determinar que bajo ciertas circunstancias específicas, Chillan, podría quedar sin elementos naturales aportantes de sombras.

La falta de parques urbanos y elementos urbanos que deben contar con arborización, atenta directamente con el control de la sombra y temperatura que podría tener una ciudad. La ausencia de dichos elementos **resta la posibilidad de amortiguar la temperatura ambiente.**

3.1.7. Consumo y circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad.

“La contaminación causada por el agua de escorrentía constituye un gran problema en las áreas urbanas. El estudio del comportamiento de los sedimentos depositados sobre una superficie viaria sirve para determinar sus características de acumulación en tiempo seco y de lavado durante un evento de lluvia.”

Fuente: Evaluación de la contaminación por escorrentía urbana: sedimentos depositados sobre la superficie de una vía (Zafra, Temprano, & Tejero, 2009)

Respecto a la circulación superficial de las aguas, en particular a lo que corresponde a aguas lluvia, cabe destacar que la ciudad sólo cuenta con tres lagunas de retención en caso de superávit de lluvia, y que descargan todo directamente al Río Chillan. Es decir, carece de algún sistema de tratamiento de reciclaje para aguas lluvia, lo que la ley permite. En rigor el agua lluvia solamente es captada y transportada al Río Chillán.

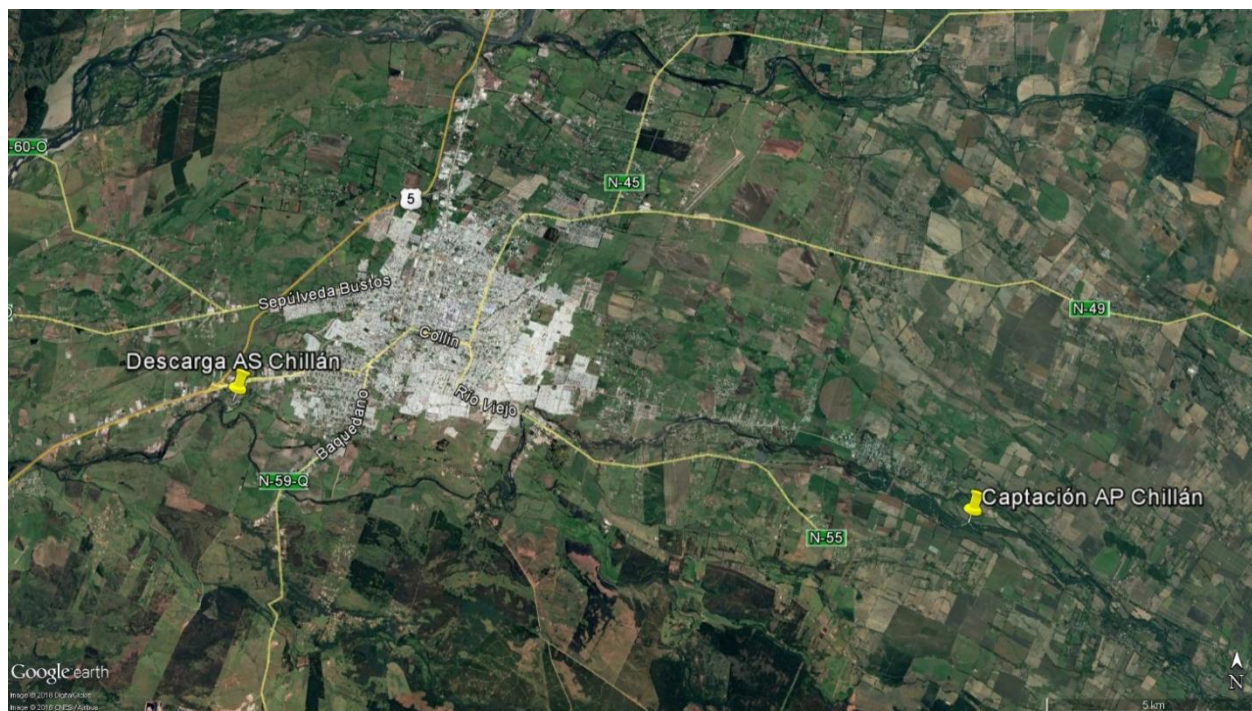


Ilustración 14 Ubicación puntos de captación y devolución a las aguas naturales para la ciudad de Chillán (elaboración propia, 2019)

3.2. Resumen perfil hidrosustentable de Chillán para parques urbanos.

Conclusiones:

1. De lo anterior, se puede concluir que los meses en que la lluvia no puede superar el riego van desde **mediados de noviembre a la primera quincena de marzo**. Se establece que esos meses son **el periodo dependiente de riego**.
2. Del abastecimiento, se puede decir que es perfectamente factible **en base a recursos subterráneos**. Por lo tanto, se debería proyectar una **situación más favorable con napas y la absorción de aguas**.
3. Según datos de ESSBIO, se establece un porcentaje de **89% de recuperación de agua extraída** y reinsertada al cauce.

Pese a depurar y procesar el agua consumida, ESSBIO, **no la recicla, ni para nuevo consumo, ni menos para cualquier otro uso** (riego) restituyendo dicho recurso al cauce natural.

La importancia del porcentaje de recuperación de agua extraída radica en que **cerca de un 32% del recurso extraído se pierde en el sistema de distribución de agua potable.**

Fuente: Reporte de Sostenibilidad de ESSBIO (ESSBIO, 2020)

4. Del reciclaje de las aguas, se puede describir como un **método de bajo impacto** al usar procesos **naturales basados** en el tratamiento de las aguas.
5. El máximo de milímetros caídos se percibieron en **julio de 2015**, con el histórico de 268,2 milímetros por metro cuadrado.

Sumado al punto anterior, se observa que **las lluvias se acumulan desde abril -mayo, hasta septiembre - octubre.**

Si se consideran los promedios de lluvia caída y se comparan, se percibe un proceso leve de decaimiento de agua caída que cada tres años baja fuertemente, y después se normaliza, por lo menos desde 2006 a la fecha. (Proceso cíclico)

6. **La falta de parques y elementos urbanos**, deben contar con **arborización**, debido a que propicia el control de la sombra y temperatura que podría tener una ciudad. La ausencia de dichos elementos resta la posibilidad de amortiguar la temperatura ambiente.
7. Respecto a la circulación superficial de las aguas, o **contaminación por escorrentía urbana**, en particular a lo que corresponde a **aguas lluvia**, se destaca que la ciudad sólo cuenta con tres lagunas de retención en caso de superávit de lluvia, y que **descargan todo directamente al Río Chillán** (carece de algún sistema de tratamiento reciclaje para aguas lluvia) lo que la ley permite.

Por lo tanto toda la escorrentía contaminada cae directamente al río Chillán, sin tratamiento previo alguno

CAPITULO 4: DESARROLLO.

SELECCIÓN DE NORMATIVA Y/O ORDENANZA DE GESTIÓN.

4.1. Normativas y ordenanzas.

A fin de poder cruzar las principales características de la ciudad, con sistemas, normas y/o ordenanzas existentes, se seleccionaron y estudiaron tres propuestas para complementar el perfil hidrosustentable de la ciudad de Chillán, con el objetivo de determinar criterios de diseños elocuentes.

Los instrumentos son los siguientes:

1. Ordenanza de gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de **Madrid**.
2. **México** rumbo a la sustentabilidad: 40 propuestas para la administración Federal 2012-2018” anexo: “bosques y suelos saludables para garantizar el acceso al agua”.
3. Estrategia de planificación del ayuntamiento de **Estocolmo**: circuito cerrado de metabolismo urbano.

Los cuales a continuación se explican y resumen de la siguiente manera:

4.1.1. Ordenanza de gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de Madrid.

Ordenanza que tiene como objetivo regular el uso y el consumo de agua en distintos ámbitos, especialmente a lo que áreas verdes se refiere. En general incluye varios temas que toman los sistemas de evaluación anteriores, sin embargo propone nuevas cosas que no estaban consideradas con anterioridad (en sistemas de evaluación descritos anteriormente) y los profundiza.

Desde la realidad de especies vegetales, a la limitación horaria del riego, propone nuevas aristas en el mosaico de la sustentabilidad de parques urbanos. En detalle, propone medidas o criterios claros y definidos en cada aspecto y artículo.

4.1.2. México rumbo a la sustentabilidad: 40 propuestas para la administración Federal 2012-2018. Anexo: “Bosques y suelos saludables para garantizar el acceso al agua”

Artículo 24. Establecer una gestión de ahorro del agua y la prevención (que sustituya a la actual gestión del déficit y evite una crisis del agua) que limite la extracción, reduzca la sobreexplotación, disminuya la vulnerabilidad al cambio climático y asegure agua y los servicios ecosistémicos que el país requiere.

Fuente: “MÉXICO RUMBO A LA SUSTENTABILIDAD: 40 PROPUESTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL 2012-2018” Diversos autores, 2012 (Diversos Autores, 2012).

Tal como lo indica en su artículo 24, esta ordenanza o conjunto de propuestas, busca enfocarse en la producción forestal y su impacto ambiental. De tal forma no considera el agua como un factor o elemento urbano, si no que como elemento que forma parte de un proceso productivo.

4.1.3. Estrategia de planificación del ayuntamiento de Estocolmo: Circuito cerrado de metabolismo urbano.

*“Agua: Para reducir la cantidad de escurrimiento que entra en el sistema de drenaje de Hammarby Sjostad, el agua superficial se limpia localmente. El agua lluvia de las casas y los jardines circundantes es conducida por un sistema abierto de drenes que drena hacia el canal de captación. El agua escurre luego en una serie de cuencas, conocidas como “ecualizadores”, donde el agua es purificada y filtrada a través de **filtros de arena** o en los **humedales artificiales** establecidos de la zona. Después de este proceso de la purificación, el agua entonces viaja hacia fuera en el lago Hammarby SJO, reactivando los niveles de agua en el lago.*

*Los jardines en techos también sirven para reducir el escurrimiento de la cubierta durante tormentas, permitiendo que el agua sea absorbida a través de las plantas que eventualmente la liberaran mediante la transpiración. El agua lluvia que eventualmente escurrirá en las alcantarillas, ahora es absorbida por plantas en la cubierta. Las cubiertas verdes utilizan Plantas del tipo **siemprevivas o suculentas**, que no sólo sirven para absorber el agua, sino que también sirven como detalle decorativo para los residentes (Ciudad de Stockholm 2007)”*

“HAMMARBY SJOSTAD Stockholm, Sweden: A Case Study” (Vinita Huang & Nadine Soubotin, 2007)

Pese a lo coherente de lo indicado, esta propuesta es de los años 90, y destinada a una ciudad que se relaciona directamente con un cuerpo de agua estanco, similar a un Lago, no es el caso de Chillán y su río.

Sin embargo se destaca la incorporación del concepto de especies vegetales de **alta capacidad de absorción de agua, baja necesidad de mantenimiento**. Especies que también ayudarían a reducir el escurrimiento superficial del agua en épocas de abundancia de lluvia.

4.2. Selección de normativa.

A fin de aunar criterios, tanto por lo actualizado (normativa con aplicación en curso) y por considerarse climas a fines, se procederá a complementar el análisis con la **Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid**, la cual se podría resumir en sus siguientes títulos y capítulos.

Tabla 7 Resumen de Títulos y capítulos de la Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid

TITULO I	Título preliminar	CAPITULO I	Objeto
		CAPITULO II	Disposiciones de Carácter General
TITULO II	De la gestión de la demanda	CAPITULO I	Planeamiento Urbanístico y Nuevos Desarrollos Urbanos
		CAPITULO II	Medidas de Usos Residenciales, de oficinas y otros edificios de uso publico
		CAPITULO III	Riego de Parques, Jardines y Zonas Verdes
		CAPITULO IV	Medidas de ahorro de agua específicas para sectores industriales, dotacional y de servicios
		CAPITULO V	Fuentes, estanques e instalaciones hidráulicas ornamentales, SEC 1° Fuentes y Estanques
		SECCION 2	Instalaciones hidráulicas ornamentales
		CAPITULO VI	Baldeo de viales
		CAPITULO VII	Otras Disposiciones
TITULO III	De los vertidos líquidos a la red de saneamiento	CAPITULO I	Clasificación de las aguas residuales
		CAPITULO II	Aguas residuales domesticas
		CAPITULO III	Aguas Residuales Industriales
		CAPITULO IV	Tipo de vertidos industriales
		CAPITULO V	Redes de evacuacion de aguas residuales industriales
		CAPITULO VI	Control e inspeccion
TITULO IV	Del Sistema de Saneamiento	CAPITULO I	Disposiciones generales
		CAPITULO II	Red de Saneamiento
		CAPITULO III	Acometidas
		CAPITULO IV	Supervision e inspeccion
TITULO V	Recursos Hidricos Alternativos	CAPITULO I	Disposiciones Generales
		CAPITULO II	Aprovechamiento de agua regenerada
		CAPITULO III	Agua procedente de pozos de drenaje
		CAPITULO IV	Aguas grises y pluviales
		CAPITULO V	
		CAPITULO VI	Exaccion por utilizacion de recursos hidricos alternativos
TITULO VI	Inspeccion, vigilancia y control		
TITULO VII	Infracciones y sanciones		

4.2.1. Análisis temperatura y agua lluvia caída: Chillán / Madrid

Con el fin de que la Ordenanza seleccionada, pueda entregar datos cercanos a la realidad local estudiada, se propone desarrollar un breve análisis comparativo entre ambas ciudades, a fin de establecer cierta semejanza que puedan darle coherencia a lo investigado.

4.2.1.1. Análisis temperatura máxima 2016: Chillán / Madrid

Tabla 8 Promedios mensuales de temperatura máxima de ambas ciudades año 2016-2017

Resumen Promedio Mensual Temperatura Maxima						
	Chillán			Madrid		
	Mes	año	T°	Mes	año	T°
Mes 1	Enero	2016	30.7	Julio	2016	38.6
Mes 2	Febrero	2016	30.3	Agosto	2016	37.9
Equinoccio O/P	Marzo	2016	28.7	Septiembre	2016	38.9
Mes 4	Abril	2016	19.4	Octubre	2016	27.6
Mes 5	Mayo	2016	16.6	Noviembre	2016	21
Solsticio VI	Junio	2016	12.1	Diciembre	2016	14.5
Mes 7	Julio	2016	12.1	Enero	2017	16
Mes 8	Agosto	2016	15.1	Febrero	2017	18.5
Equinoccio P/O	Septiembre	2016	20.4	Marzo	2017	26.1
Mes 10	Octubre	2016	20.7	Abril	2017	28.2
Mes 11	Noviembre	2016	25.8	Mayo	2017	33.7
Solsticio IV	Diciembre	2016	27.4	Junio	2017	40

Se tabulan temperaturas máximas de cada ciudad durante el año 2016, comparando los **equinoccios** y **solsticios**.

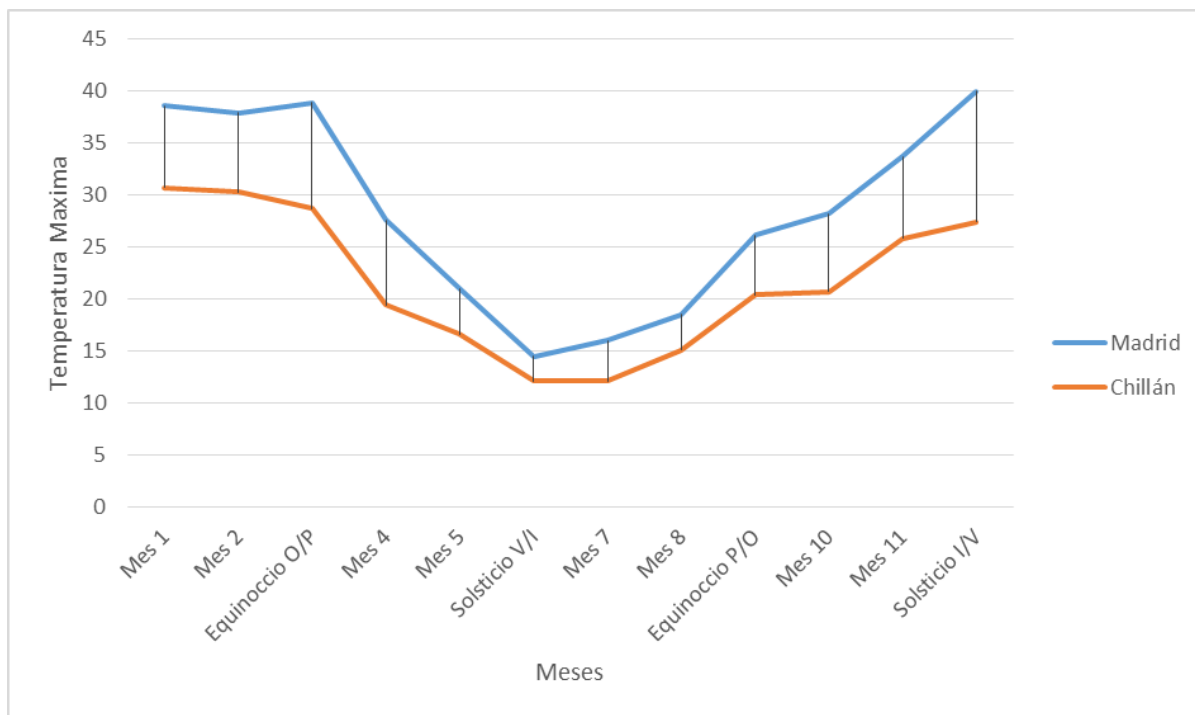


Ilustración 15 Resumen comparativo de temperaturas máximas de ambas ciudades, teniendo como referencia solsticios y equinoccios año 2016-2017 (elaboración propia, 2019)

La situación española revela mayores temperaturas respecto al caso local, en casos más desfavorable y favorable una diferencia de casi un **30%** respecto a Chillan, en relación a las temperaturas.

4.2.1.2. Análisis agua lluvia caída 2016: Chillán / Madrid.

Tabla 9 Promedios mensuales de agua lluvia caída de ambas ciudades año 2016-2017

Resumen Promedio Agua Lluvia Caída						
	Chillán			Madrid		
	Mes	año	l/m ²	Mes	año	l/m ²
Mes 1	Enero	2016	6.6	Julio	2016	11.4
Mes 2	Febrero	2016	0	Agosto	2016	0
Equinoccio O/P	Marzo	2016	5.4	Septiembre	2016	8.1
Mes 4	Abril	2016	77.2	Octubre	2016	75.4
Mes 5	Mayo	2016	75	Noviembre	2016	95.7
Solsticio VI	Junio	2016	4.2	Diciembre	2016	29.8
Mes 7	Julio	2016	167	Enero	2017	21.5
Mes 8	Agosto	2016	53	Febrero	2017	44.8
Equinoccio P/O	Septiembre	2016	18.2	Marzo	2017	19.2
Mes 10	Octubre	2016	58.6	Abril	2017	12.4
Mes 11	Noviembre	2016	16.4	Mayo	2017	27.1
Solsticio IV	Diciembre	2016	26.4	Junio	2017	4.7
Total en 12 meses			508			350.1

Se tabula agua lluvia caída de cada ciudad durante el año 2016, comparando los **equinoccios** y **solsticios**.

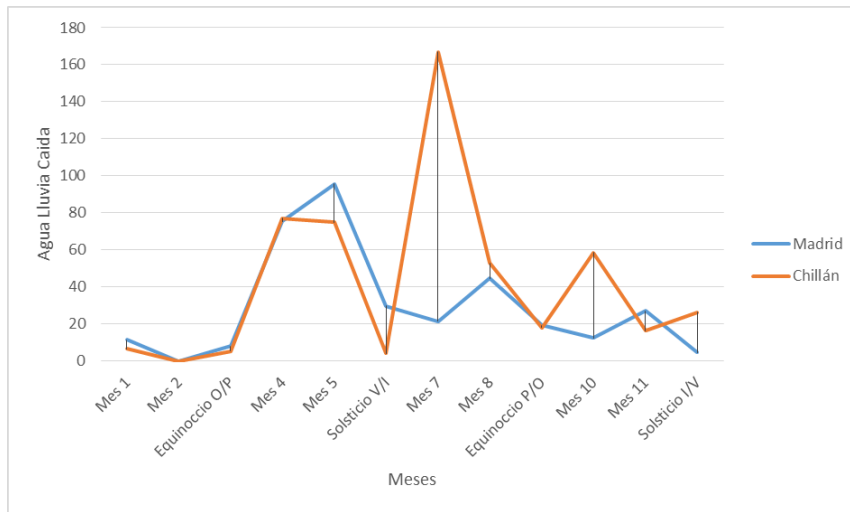


Ilustración 16 Resumen comparativo de agua lluvia caída de ambas ciudades, teniendo como referencia solsticios y equinoccios año 2016-2017 (elaboración propia, 2019)

Pese a que en ciertos meses las situaciones son similares, existen aumentos en algunos meses en las precipitaciones chillanejas, que repercuten en un aumento del total anual de casi un **40%**.

4.3. Matriz de correlación N°2: Perfil hídrico y ordenanza de gestión.

La presente matriz busca cruzar los **siete aspectos del perfil hídrico** de la ciudad de Chillan con los artículos relacionados de cada uno de los capítulos de la normativa indicada.

Con el fin de poder comparar el perfil hídrico de una comuna con el acontecer internacional, revisar las normativas, y que nos permita seleccionar de mejor manera los **criterios de diseño para el manejo sustentable del agua en parques urbanos**.

CAPITULO V	Fuentes, estanques e instalaciones hidráulicas ornamentales, SEC 1° Fuentes y Estanques	Art 31	Uso de Fuentes y Estanques Públicos								X	1 - sin premen anterior su carácter público, sin alterar condiciones ni instalaciones 2 - se instalan dispositivos economizadores de agua	
		Art 32	Limitaciones y prohibiciones en fuentes y estanques públicos								X	Queda prohibido: a) Bata o lavado de objetos b) Inyectar animales c) Alterar sus elementos físicos d) Exceder agua e) Manipular instalaciones f) Conexión de mangueras en fuentes bebederas g) Utilizar fuentes o estanques para práctica de modelaje, salvo previa autorización municipal 2 - No podrá entorpecer el uso normal de las fuentes y estanques públicos	
		Art 33	Actividades artísticas en fuentes y estanques públicos									X	1 - Si está la aprobación previa por parte del municipio 2 - No podrá entorpecer el uso normal de las fuentes y estanques públicos
		Art 34	Actos en vías o espacios públicos									X	No podrá entorpecer el uso normal de las fuentes y estanques públicos
SECCION 2	Instalaciones hidráulicas ornamentales	Art 35	Agua procedente de recursos hídricos alternativos				X					1 - instalaciones hidráulicas deberán considerar un estudio de viabilidad y aprobado por el órgano ambiental competente 2 - deberán incluir datos sobre calidad del agua, prevenir proceso de eutrofización	
		Art 36	Diseño y proyecto de nuevas instalaciones				X					1 - Diseño deberá considerar niveles de sostenibilidad 2 - Todas las instalaciones serán diseñadas con un sistema de recirculación (reciclo) en sistemas cerrados 3 - El suministro de agua potable será la última opción de suministro, mediante informe de disponibilidad 4 - Proyectos sobre 400 m ³ dispondrán de sistemas de tratamientos de agua 5 - Revoadores y aliviadores de superficie de agua ornamental se diseñarán para evacuar el exceso de agua acumulada 6 - La capacidad del sistema (filtrado) y/o la fuente para contener el agua excedente del sistema deberá ser: 7 - deberán considerar criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis 8 - los productos para el tratamiento y desinfección deberán valorar el riesgo de que degraden algún material de la instalación	
		Art 37	Funcionalidad de las nuevas instalaciones con surfdores				X						Las nuevas instalaciones deberán considerar: a) altura de surfdores b) se deben evitar c) d)
		Art 38	Instalaciones en funcionamiento				X						Establece plazo de 2 años para la adaptación
		Art 39	Recepción y gestión de las instalaciones hidráulicas ornamentales				X						deberán contar con informe favorable del órgano ambiental competente
		Art 40	Vaciado de instalaciones hidráulicas ornamentales				X						deberán contar con informe favorable del órgano ambiental competente

CAPITULO VI	Baldeo de viales	Art 41	Obligatoriedad (hidro lavadora de calle)								X	1 - deberán ser mecanizado (sin mangueras) y con equipos economizadores 2 - presión mínima 10 Kilom 2, consumo entre 2 y 4 lts x m 2
		Art 42	Baldeo de viales públicos									X
CAPITULO VII	Otras Disposiciones	Art 43	Etiqueta de uso eficiente del agua				X					1 - etiqueta municipal para productos sostenibles 2 - etiqueta municipal para establecimientos sostenibles
		Art 44	Incentivación económica de dispositivos ahorradores de agua en viviendas				X					1 - propone incentivo económico en hogares 2 - podrá extenderse a otros establecimientos industrial, comercial y de servicios 3 - podrán hacerse alícuotas de distintos montos en, como subvenciones parciales a la instalación de dispositivos etc
		Art 45	Exacción en materia de gestión del medio hídrico				X					

TITULO III												
CAPITULO I	Clasificación de las aguas residuales	Art 46	Regulación de los vertidos							X		1 - regular cantidad y condiciones de los vertidos a red de saneamiento municipal 2 - Excluye residuos radiactivos por tener norma propia
		Art 47	Aguas residuales domésticas								X	1 - aguas residuales generadas como consecuencia de la actividad diaria. Para tener calidad de domésticas debe ser pH de 6,5 a 9,5 unidades de pH DBO5<30mg/l de O2 DQO<700m gl de O2 DQO/DBO5<2 Ss<120 mg/l aceites y grasas < 120 m gl tem peratura < 30°C 2 - No deberán evacuarse a las aguas residuales domésticas: Sust. Tóxicos, nocivos o inhibidores de los procesos biológicos de depuración 3 - Queda autorizada el vertido al sistema integral de saneamiento, siendo responsables la persona física o jurídica que lo efectúe
		Art 48	Aguas residuales industriales								X	1 - aguas residuales generadas como consecuencia de la actividad industrial o de industria 2 - sin embargo las aguas que cumplen con los esp. Del art anterior, serán consideradas aguas residuales domésticas
CAPITULO II	Aguas residuales domésticas	Art 49	Acometidas a la red de saneamiento								X	1 - toda vivienda dispondrá de un sistema de evacuación de aguas residuales, conectado al sistema municipal 2 - En caso de existir alcantarillado separativo (abi, abss), se establecerá en dos acometidas 3 - cuando la distancia de conexión, en zona rural, sea 3 m ms de 80 m, deberá destinarse un sistema de depuración individual, con autorización de la Confederación Hidrográfica de Tajo 4 - en permisos de lotes, se deberán considerar un proyecto de anexo de saneamiento, aprobado por organismo competente 5 - la municipalidad podrá imponer las acometidas en cualquier momento 6 - la mun, fijará plazo para que propietarios resuelvan sus problemas en la inspección
		Art 50	Reducción de la contaminación de origen								X	1 - No podrán anegarse o inundarse a la acometida al alcantarillado de saneamiento doméstico 2 - servidos del terreno o que no formen parte del uso residencial doméstico no podrán ser eliminados a través de la red. Deberá ser por punto final 3 - aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales 4 - aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales 5 - aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales 6 - aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales 7 - aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales
CAPITULO III	Aguas Residuales Industriales	Art 51	Regulación de los vertidos							X		aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 52	Identificación industrial y solicitud de vertidos							X		aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 53	Autorización de vertido							X		aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 54	Validez de autorización							X		aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 55	Cese de actividad							X		aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 56	Comunicación de autorizaciones de vertido							X		aplic a Ley 10 1993 de vertido de líquidos industriales

CAPITULO IV	Tipo de vertidos industriales	Art 57	Clasificación de vertidos industriales					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 58	Vertidos prohibidos					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 59	Vertidos Tolerados					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 60	Caracterización de vertido					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 61	Pretratamiento de los vertidos					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 62	Plazos					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 63	Vertidos accidentales					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
CAPITULO V	Redes de evacuación de aguas residuales industriales	Art 64	Asociaciones de usuarios					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 65	Red interior de saneamiento					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 66	Arqueta de Control					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 67	Actividades industriales ubicadas en inmuebles residenciales					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
CAPITULO VI	Control e inspección	Art 68	Toma de muestras					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 69	Acometidas múltiples					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 70	Control de vertidos especiales					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 71	Tome de muestras y análisis					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 72	Autocontrol de los vertidos industriales					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 73	Competencias en inspección de vertidos					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 74	Deber de colaboración					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 75	Contenido de las inspecciones					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 76	Actas de inspección					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales
		Art 77	Suspensión de vertidos					X		aplica Ley 10.1993 de vertido de líquidos industriales

TITULO IV										
CAPITULO I	Disposiciones generales	Art 78	Componentes del sistema de saneamiento					X		1. Sistema compuesto de la infraestructura que recibe transporta y de tratamiento de las aguas residuales y pluviales. 2. sus partes: a) Red de saneamiento b) Estaciones de tormenta o Estaciones depuradoras
		Art 79	Unidad del Sistema de Saneamiento					X		
		Art 80	Características del sistema de saneamiento					X		1. Sistema Unitario
CAPITULO II	Red de Saneamiento	Art 81	Responsabilidad frente al Ayuntamiento					X		
		Art 82	Función de la red de saneamiento					X		Transportar aguas
		Art 83	Uso de la red de saneamiento					X		Obligatorio para construcciones
		Art 84	Caso de ausencia de la red de saneamiento					X		
		Art 85	Soluciones especiales de Saneamiento					X		1. Solo cuando no exista alcantarillado 2. mantenimiento de la red depende de propietario 3. soluciones individuales requieren informe previo favorable
		Art 86	Instalación de servicios en el interior de la red de saneamiento					X		1. no se podrán realizar instalaciones construcciones o modificaciones sin VB M municipal previo 2. abalos y preclusiones no podrán ser imputadas a la Municipalidad 3. La municipalidad se reserva el derecho a retirar instalaciones justificadamente 4. Las instalaciones revisadas anteriormente, estarán sujetas a inspecciones
		Art 87	Acceso a red de saneamiento de personas ajenas al servicio municipal de alcantarillado					X		1. solo autorizado por organismo ambiental competente 2. Ejecuciones y recepción 3. La recepción estará sujeta al pago de derechos y excoacciones
Art 88	Adaptación de las fincas edificadas					X		establece plazo de 5 años para la normalización		
Art 89	Solicitud de información sobre red de saneamiento					X		Está en el plano con lo edil cual deberá ser solicitado al municipio		

CAPITULO III	Acometidas	Art 90	Obligatoriedad de la acometida					X		1. no se consideran receptáculos el inmueble hasta no contar con acometida de aguas residuales
		Art 91	Autorización de acometida					X		1. solo autorizado por organismo ambiental competente 2. una vez aprobada la documentación deberá pagar derechos
		Art 92	Potestad planificadora municipal					X		1. municipio establece punto de acometida 2. en caso de que exista más de una alcantarilla, el municipio designa a cuál conectarse
		Art 93	Singularidad de la acometida					X		1. pertenencia solo inform favorable
		Art 94	Individualidad de la acometida					X		1. cada finca debe conectarse directamente a la red, no va servidumbre 2. podrá autorizarse una acometida para varios edificios a) red horizontal de saneamiento o un b) lote constituya "comunidad de propietarios" c) figure en la escritura la existencia de este servicio
		Art 95	Requisitos					X		3. punto 2 aplica a b) para viviendas 1. conectar desde pozo particular a red municipal de alcantarillado 2. El pozo particular deberá estar dentro de la finca 3. profundidad adecuada que permita el escurrimiento 4. podrá elevar aguas interiores hasta pozo particular de que escurre naturalmente a red de alcantarillado 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 det. Constructivos
CAPITULO IV	Supervisión e inspección	Art 96	Obligación y conservación por los particulares					X		1. obligación de propietarios el correcto estado 2. si producto de lo anterior se produjera rotura municipalidad podrá ejecutar reparación 3. sellos por acometidas irregulares serán de costo de particulares
		Art 97	Obras que afectan la red de saneamiento					X		deben contar con aprobación del órgano ambiental competente
		Art 98	Obras en la vía pública que afecten el drenaje superficial					X		Deben ser puesta en conocimiento y contar con informe favorable del municipio
Art 99	Inspección de acometidas					X		1. servicios competentes deberán inspeccionar en base a denuncias 2. Municipio informe mediante pozo solicitar reparación de red particular		

TITULO V													
CAPITULO I	Disposiciones Generales	Art. 100	Recursos Hídricos Alternativos		X							a) agua regenerada de sist. Saneamiento de la ciudad b) Agua de drenaje de pozos de captación subterráneos c) agua procedente del sistema de aguas lluvias	
		Art. 101	Usos de Recursos Hídricos Alternativos			X						a) riego de AAV b) limpieza de calles c) limpieza ornamentos de basura d) llenado de tanques ornamentales de agua e) aportación a fuentes de arroyos arbores f) usos industriales g) Otros usos contemplados en la legislación vigente	
CAPITULO II	Aprovechamiento de agua regenerada	Art. 102	Obligatoriedad de uso de aguas regeneradas	X			X						
		Art. 103	Independencia de las redes de agua regenerada y de agua potable	X			X					1. deben ser redes individuales e independientes 2. deben estar suficientemente distanciadas para evitar filtraciones entre una y otra	
		Art. 104	Especificaciones de las instalaciones de agua regenerada	X			X					a, b, c, d, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z	
		Art. 105	Acometidas a la red principal de distribución de agua regenerada	X			X					a, b, c, d, f, e, e, e, e	
		Art. 106	Normas de Uso del Agua Regenerada	X			X					a) el uso de estas aguas será informado al público b) riego por aspersión será de noche c) control del riego para evitar el encharcamiento d) instaurar en plazas que utilizan el recurso regenerado	
		Art. 107	Condiciones de Suministro	X			X						1. municipalidad entrega suministro estimado 2. el usuario no tiene derecho a indemnización por no tener suministro por parte de la municipalidad
		Art. 108	Criterios de calidad de las aguas regeneradas	X			X						Anexo I, II y III de Plan Hidrológico de T. Apo
Art. 109	Control de calidad del agua regenerada	X			X						1. calidad garantizada por la municipalidad en el suministro 2. será responsabilidad del propietario la calidad del agua regenerada 3. municipalidad desarrollará inspecciones periódicas		
CAPITULO III	Agua procedente de pozos de drenaje	Art. 110	Pozos de Captación Subterránea		X							recurso estratégico alternativo, gestionado por org. consiguierdaria	
		Art. 111	Especificaciones de las instalaciones		X							Definidas por org. An. b. Competente	
		Art. 112	Condiciones de Suministro		X							condicionado por la calidad y cantidad de agua obtenida	
CAPITULO IV	Aguas grises y pluviales	Art. 113	Usos autorizados				X					solo para riego de zonas verdes	
		Art. 114	Mantenimiento de los sistemas de reciclado o aprovechamiento de aguas					X				1. será responsabilidad del propietario por sobre el usuario 2. servicios técnicos municipales podrán inspeccionar y tomar medidas oportunas	
CAPITULO V		Art. 115	Sujeción a autorización										
		Art. 116	Solicitud de autorización										
		Art. 117	Concesión de autorización										
CAPITULO VI	Exacción por utilización de recursos hídricos alternativos	Art. 118	Establecimiento										

TITULO VI												
		Art. 119	Organos competentes									
		Art. 120	Servicios de inspección									
		Art. 121	Funciones de los inspectores									
		Art. 122	Naturaleza del servicio de inspección									
		Art. 123	Actas de inspección									
		Art. 124	Deber de colaboración									
		Art. 125	Medidas excepcionales									

TITULO VII												
		Art. 126	Infracciones administrativas									
		Art. 127	Clasificación de infracciones									
		Art. 128	Infracciones muy graves									
		Art. 129	Infracciones graves									
		Art. 130	Infracciones leves									
		Art. 131	Prescripción de las infracciones									
		Art. 132	Computo del plazo de prescripción									
		Art. 133	Sujetos responsables									
		Art. 134	Obligación de reponer									
		Art. 135	Sanciones									
		Art. 136	Prescripción de las sanciones									
		Art. 137	Publicidad de las sanciones									
		Art. 138	Procedimiento sancionador									
		Art. 139	Regimen especial para determinadas infracciones y sanciones									
		Art. 140	Concurrencia de sanciones									
		Art. 141	Organo competente									
		Art. 142	Medidas de carácter provisional									

(Se adjunta anexo N°1)

4.4. Resumen correlación entre perfil H. de Chillán y ordenanza de Madrid.

7 PRINCIPIOS DE MIRACLE		1.- Disminuir el gasto de agua	2.- Extracción	3.- Devolverla a las aguas naturales	4.- Depuración o descontaminación con un mínimo gasto energético	5.- Ciclo de la lluvia	6.- Evaporación / Temperatura	7.- Consumo y Circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad
"ORDENANZA DE GESTIÓN Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MADRID"								
TITULO I	Titulo Preliminar	0	0	0	0	0	0	0
TITULO II	De la gestion de la demanda	14	7	1	3	0	1	15
TITULO III	De los vertidos liquidos a la red de saneamiento	0	0	0	32	0	0	0
TITULO IV	Del Sistema de Saneamiento	0	10	0	12	0	0	0
TITULO V	Recursos Hidricos Alternativos	1	9	3	0	12	0	0
TITULO VI	Inspeccion, vigilancia y control	0	0	0	0	0	0	0
TITULO VII	Infracciones y sanciones	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	15	26	4	47	12	1	15
	%	13%	22%	3%	39%	10%	1%	13%

Del cruce que se realizó entre los **7 Principios de Miracle** y cada uno de los Títulos, Capítulos y Artículos de la **Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid**, se establecieron relaciones directas entre los artículos y cada principio.

De esta forma se depuraron y **establecieron criterios de diseño existentes en la Ordenanza de Madrid** para cada principio definido, en pos de un manejo sustentable del recurso hídrico. Lo anterior de manera de poder **abordar satisfactoriamente cada aspecto del perfil hídrico de la ciudad de Chillán** definido y desarrollado en esta tesis.

Dicho lo anterior, también es interesante ver como cada principio tiene una incidencia distinta (porcentualmente) respecto al total, es posible considerar entonces, que hay principios que tengan mayor incidencia respecto al total, sin embargo ese desarrollo de análisis, puede ser materia de otro estudio relacionado.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES:

5.1. Conclusión.

Finalmente, mediante la **definición de principios** de la **hidrosustentabilidad**, y al cruzar esa información con herramientas de **medición de sustentabilidad** y **normativas de consumo**, **sí es posible determinar criterios de diseño** que puedan apuntar a mejorar el consumo de agua en **parques urbanos**, criterios que a continuación se especifican y desarrollan.

Cabe destacar que los parques en este momento tienen un alto consumo de agua, que **en el caso de Chile, es agua potable**, por lo tanto determinar el anterior listado de criterios, puede favorecer el desarrollo de áreas verdes, escasas en la realidad urbana de la ciudad.

Además, cabe mencionar que un parque debe cumplir con dos funciones: **social** y **biológica**. En relación al agua, el parque, como elemento urbano, debe estar en armonía con el ciclo existente y su entorno, el cual debe respetar y considerar sus principales **características hidrológicas**. Por lo que se hace fundamental desarrollar el perfil hídrico del entorno a intervenir.

Otro punto a considerar, es la atención que hay que poner en la mantención y el correcto funcionamiento del parque posterior a su diseño. Al igual que el caso de las viviendas pasivas, es indispensable desarrollar manuales de uso y mantención del elemento urbano.

Los criterios de diseño identificados, vienen a acompañar o complementar las propuestas de diseño arquitectónico y urbano que tendrán como objetivo cumplir con las demandas y necesidad ciudadanas de manera más eficiente y responsable respecto de la escasez de recursos actuales, como el agua.

“Se le faltó el respeto a la profunda naturaleza, se ignoró sus leyes, se creyó al hombre centro del universo... allá, en la lejana Unión Soviética.” (Acuña, 2010)

5.2. Criterios de diseño para un manejo sustentable del recurso hídrico en parques urbanos.

A continuación, se depuraran los artículos propuestos en Madrid, con el propósito de definir los principios de hidrosustentabilidad más representativos, para luego comparar con la experiencia chillaneja.

También, para detallar y graficar cada punto, se propone incluir al análisis una plaza diseñada en el loteo denominado Parque Ñuble de la comuna de Chillán, villa que aún no ha entregado todas las etapas del conjunto, por lo tanto, dicha plaza aún no pasa a administración y mantención municipal.



Dicha plaza se emplaza con un nivel de piso más bajo respecto a la calle perimetral, proponiendo una nueva forma de hacer plaza en la comuna.

Criterios.

I. Disminuir el gasto de agua: respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios:

I.I. ART 16) “UTILIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS ALTERNATIVOS”:

Situación ideal según normativa de estudio	Será priorizada el uso de aguas pluviales y recicladas para el riego de estos elementos.
Experiencia actual Chillan	Uso de agua potable y casos aislados de pozos de riego.

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Dado que no existen problemas para el abastecimiento de la Demanda del Sistema Chillán en su conjunto (**ver pto. 3.1.2 Extracción**), sólo al considerar fuentes subterráneas, se propone **fomentar el uso de pozos profundos para riego** para evitar el uso de aguas tratadas para riego. Para ello, la normativa vigente permite gestionar y solicitar los **derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas**, las cuales, son consideradas bienes nacionales de uso público.

El derecho no consuntivo posibilita el empleo del agua sin consumirla y obliga a restituirla en la misma calidad, cantidad y oportunidad (por ejemplo: generación eléctrica, pisciculturas, etc), mientras que el derecho consuntivo está orientado al consumo total de las aguas en cualquier actividad (por ejemplo: riego, agua potable, para los animales, entre otros).



Sin embargo, a la fecha, las plazas de la comuna tienen agua potable, las que son utilizadas para riego. La razón es la dificultad de mantener el equipamiento para el funcionamiento independiente de un pozo.

I.II. ART 18) “SELECCIÓN DE ESPECIES VEGETALES”:

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>Especies autóctonas (nativas) o alóctonas (introducidas) adaptadas al entorno en por lo menos el 80% de zona vegetada En praderas, propone especies tapizantes de bajo consumo.</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>No existe ordenanza que norme las especies</p>

Propuesta de acuerdo al perfil de hidrosustentabilidad:

De la ordenanza de Madrid se desprenden dos ideas relacionadas a la vegetación:

- 1.- Especies autóctonas adaptadas al entorno en por lo menos el **80% de zona vegetada**.
- 2.- En praderas, se propone especies tapizantes de bajo consumo, **disminuyendo la superficie de pasto** en AAVV.

De acuerdo con ambas ideas, se recomienda desarrollar un listado con características de las diversas especies nativas existentes para el arbolado urbano, con indicadores de **consumo** y **características paisajísticas**, a fin de complementar dicha propuesta.

“En el pasado, los árboles en zonas urbanas eran considerados principalmente para el beneficio estético u ornamental. Hoy en día, los árboles se catalogan como elementos que presentan múltiples beneficios, tales como: la absorción de contaminantes, reducción del ruido del tráfico, barreras cortaviento, refugio de fauna, reducción de la radiación solar a través de la sombra y la evapotranspiración, entre otros (ver Figura 1).” MANUAL DE PLANTACIÓN DE ÁRBOLES EN ÁREAS URBANAS (Alvarado Ojeda Andrea, Guajardo Becchi Felipe y Devia Cartes Simon, 2014)

Organizar y caracterizar las especies según las siguientes características:

- Absorción de contaminantes
- Reducción del ruido del tráfico
- Barreras cortaviento

- Refugio de fauna
- Reducción de la radiación solar a través de la sombra
- Evapotranspiración

A fin seleccionar de manera justificada las especies vegetales a implementar.

I.III. ART 21) “LIMITACIÓN CAUDAL MÁXIMO DE RIEGO”.

Situación ideal según normativa de estudio	Caudal diario 1,8 lts/m ² . Anual 2500m ³ /ha
Experiencia actual de Chillan	No hay caudal máximo

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Al considerar que los meses de **diciembre, enero, febrero y marzo**, presentan un claro déficit de aguas lluvia respecto al riego (**ver pto. 3.1.1. Disminuir el gasto de agua**), se aconseja bajo consumo en dichos periodos, además de estudiar opciones de acopio de agua lluvia para determinadas fechas y evitar el uso de agua potable, previo análisis de factibilidad de uso de aguas recicladas por ESSBIO para riego.

II. Extracción: respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios.

II.I. ART 7) “FOMENTO DEL USO DE RECURSOS HÍDRICOS ALTERNATIVOS EN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO”.

Situación ideal según normativa de estudio	AAVV de más de 5000 m² deberán incorporar sistema comunitario de reutilización reciclado o aprovechamiento de aguas para riego.
Experiencia actual Chillan	No existe fomento ni uso de recursos alternativos.

II.II. ART 106) “NORMAS DE USO DEL AGUA REGENERADA”.

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>a) El uso de estas aguas será informado al público b) Riego por aspersión será de noche c) Controlar el riego para evitar el encharcamiento d) Instruir a empleados que utilicen el recurso regenerado.</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>No existe uso del agua regenerada.</p>

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Según datos de ESSBIO, se establece un porcentaje de un **89% de recuperación de agua extraída y reinsertada al cauce. (Ver pto. 3.1.3. Devolución a las aguas naturales)** y un consumo anual de agua potable en Chillán de **9.132.650.000 lts (ver resumen de consumo 2011-2016). De esa cantidad, durante el 2016, se utilizaron 89.899.977 lts de agua potable para riego (ver punto 3.1.1 Disminuir el gasto de agua). Lo que quiere decir que utilizar agua reciclada para riego (1% del 89 % reciclado) podría disminuir el consumo en un 1% al año.**

Sin embargo, **reemplazar completamente el uso de agua potable para riego**, por agua reciclada genera un mayor impacto en el detalle de consumo de un parque, en este escenario si justifica el esfuerzo.

III. Devolverla a las aguas naturales: respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios:

III.I. ART 8) “PAVIMENTOS POROSOS Y AGUAS PLUVIALES”.

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>Disminuye la cuantía de pavimentación y define materiales porosos como lo son: gravas, arenas, cerámicos porosos, además, losetas, empedrados y adoquines, ejecutado con juntas de material permeable tendrán dicha consideración. Favorece la instalación de mulching en jardines, a fin de procurar la permeabilidad. Establece mínimas de pavimentos porosos en aceras, calles y parques (20%,50% y 35%).</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>No solicita superficies porosas mínimas.</p>

Propuestas de acuerdo al perfil de hidrosustentabilidad.

Con el objetivo de disminuir el impacto de la lluvia en el entorno inmediato del parque, se propone definir una **superficie absorbente no menor al 35 % del total** de la establecida en parques urbanos e incluir en el diseño estrategias de captación de aguas lluvia y acumulación.



Plaza del loteo denominado Parque Ñuble de la comuna de Chillán, que además de ser un área verde, se proyecta como parte de un sistema colector de aguas lluvia, que se nutre del agua que conduce. Duplicidad de funciones de un elemento urbano.

III.II. ART 110) “POZOS DE CAPTACIÓN SUBTERRÁNEA”.

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>Agua procedente de pozos de drenaje, recurso estratégico alternativo, gestionado por organismos correspondientes.</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>No consulta pozos de captación subterránea.</p>

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Dado que no existen problemas para el abastecimiento de la Demanda del Sistema Chillán en su conjunto (**ver pto. 3.1.2 Extracción**), sólo al considerar fuentes subterráneas, se propone **fomentar el uso de pozos profundos para riego**, evitando el uso de aguas tratadas para riego.

IV. Depuración o descontaminación con un mínimo de gasto energético:

Respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios:

IV.I. ART 46) “REGULACIÓN DE LOS VERTIDOS” (CAP. “CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES”).

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>Propone red de reciclaje de aguas domesticas (grises) y Regula cantidad y condiciones de los vertidos a red de saneamiento municipal. Excluyen residuos radiactivos por tener norma propia. Todo lo anterior a fin de reciclar las aguas.</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>El reciclaje solo se produce en plantas de tratamiento a nivel urbano, por parte de ESSBIO, y el destino de las aguas es devolverlas al cauce del rio.</p>

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Reciclar aguas residuales derivadas del funcionamiento del entorno del área verde y no del riego del parque, vale decir, todas aquellas aguas que tengan un uso distinto al riego y símil al doméstico.



A la fecha, ya se están integrando aguas lluvia en este parque. El siguiente paso, será reciclar aguas de uso doméstico en pos del ahorro en riego, sin embargo, dicha acción estaría ligada al cambio del servicio de agua potable domestica por parte de ESSBIO. Es decir, modificar la relación público/privado del agua potable y servida.

IV.II. ART 43) “ETIQUETA DE USO EFICIENTE DEL AGUA”.

Situación ideal según normativa de estudio	Etiqueta municipal para productos y establecimientos sostenibles.
Experiencia actual Chillan	No se someten productos ni establecimientos urbanos a evaluaciones sustentables.

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Reciclar aguas residuales derivadas del funcionamiento y no del riego del parque, vale decir, todas aquellas aguas que tengan un destino similar al doméstico y diferente al riego.

Calificar y cuantificar la sustentabilidad del consumo mediante una etiqueta municipal, similar al Sistema de Certificación Ambiental Municipal, (SCAM), relacionada al consumo y reciclaje del Agua.

V. Ciclo de la lluvia: respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios:

V.I. ART 102) “OBLIGATORIEDAD DE USO DE AGUAS REGENERADAS”.

Situación ideal según normativa de estudio	Propone red de reciclaje de aguas lluvias
Experiencia actual Chillan	Aguas lluvias son conducidas a colectores y devueltas al rio Chillán.



Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Integrar la descarga de aguas lluvia al parque, darle un uso al agua lluvia caída en relación al riego de áreas verdes, como parte de la absorción y conducción de las aguas lluvia de la ciudad. Y así ser parte del ciclo del agua.

V.II. ART 113) “AGUAS GRISES Y PLUVIALES, USOS AUTORIZADOS”.

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>solo para riego de zonas verdes</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>AAVV. Son regadas con agua potable</p>

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Reciclar aguas residuales derivadas del funcionamiento y no del riego del parque, vale decir, todas aquellas aguas que tengan un destino similar al doméstico y diferente al riego.

Según datos de ESSBIO, se establece un porcentaje de **89% de recuperación de agua extraída y reinsertada al cauce.** (ver pto. 3.1.3. Devolución a las aguas naturales, pág. 55).

Datos de ESSBIO, arrojan también que el consumo al año de agua potable para Chillan asciende a **9.132.650.000 lts** (ver **RESUMEN DE CONSUMO 2011-2016**) y que durante el 2016 se utilizaron **89.899.977 lts** de agua potable para riego (ver punto **3.1.1 Disminuir el gasto de agua**).

Se concluye que al utilizar agua reciclada para riego (1% del 89 % reciclado) **podría disminuir el consumo en un 1% al año. Para ello, es necesario** modificar la normativa actual publico/privado, respecto al uso de las aguas grises.

VI. Evaporación / temperatura: respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios:

VI.I. ART 22) “LIMITACIÓN HORARIOS DE RIEGO”.

Situación ideal según normativa de estudio	En Verano prohibido el riego entre 10 y 20 hrs
Experiencia actual Chillan	Considera riego en horario laboral normal

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

Según el análisis de temperatura máxima en Chillan el año 2016 (ver pto 4.2.1.1), se propone modificar los horarios de riego, a fin de realizar dicha función de noche, lo que facilitará que el agua tenga su mejor rendimiento para el riego y permita la sudoración o evaporación en plantas y suelos.

Actualmente, en Chillán, se utiliza el sistema de riego a través de camión aljibe. Con el objetivo de cambiar esa condición, se propone incluir punteras para regar cada paño de área verde, y así evitar el uso del camión, el cual también tiene un impacto en las vías vehiculares al reducir la velocidad de los autos.

VII. Consumo y circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad.

VII.I. ART 19) “LIMITACIONES DE SUPERFICIES VEGETALES CON ELEVADO CONSUMO DE AGUA”.

Respecto a este punto, destacan los siguientes artículos y criterios.

<p>Situación ideal según normativa de estudio</p>	<p>El diseño procurará concentrar las especies de mayor consumo hídrico, a fin de concentrar el volumen de riego. La siembra de césped será limitada:</p> <p>a) Jardines: zonas con plantaciones menores a 1 Há: 20%</p> <p>b) Parques ≥ 10 Há: 20% y parques mayores: 10%</p> <p>c) No podrá instalarse césped o esp. Tapizantes de alto consumo en bandas de menos de 3 mts de ancho.</p>
<p>Experiencia actual Chillan</p>	<p>Considera riego en horario laboral normal.</p>

Propuesta de acuerdo a perfil de hidrosustentabilidad.

De la ordenanza de Madrid se desprenden dos ideas relacionadas a la vegetación:

- 1.- Especies autóctonas adaptadas al entorno en por lo menos el **80% de zona vegetada**.
- 2.- En praderas, se propone especies tapizantes de bajo consumo, **disminuyendo la superficie de pasto en AAVV**.

Al punto anterior, se agrega el desarrollo de un listado con características de las diversas especies nativas existentes para el arbolado urbano, que indique su **consumo** y las **características paisajísticas**.

- 5.- Por las altas temperaturas, evitar al máximo la siembra de pasto sin sombra adecuada, debido a que esa especie no es capaz de encontrar agua a través de sus raíces, considerándose un

elemento altamente dependiente de la intervención humana y sensible a altas temperaturas. La sombra de un árbol permitiría mantener de mejor manera la humedad del riego.

5.3. Conclusiones Generales

Desde una perspectiva general y crítica, el mundo, pasa por una alteración climática que ha acentuado el aumento en las temperaturas promedio y la disminución de las lluvias. Crisis ambiental, social y económica que ha agotado los recursos destinados para 1 año antes de lo indicado. Es decir, se consume más de lo que somos capaces de producir y, peor aún, con el agua como recurso limitado.

A nivel país, se es consciente de la importancia del manejo adecuado del agua y de lo limitado que es este recurso hídrico en determinadas zonas de Chile. Realidad distinta a la de otros países que sufren a diario por la falta de agua, incluso, a nivel doméstico y sanitario. Por ello, se sugiere que las políticas públicas incluyan esta problemática mundial en las instancias correspondientes destinadas a tratar el uso de este vital elemento.

Es imposible no considerar **las limitantes políticas respecto al agua**, y refundar su naturaleza de bien de consumo, establecida en la constitución política imperante en Chile. Urge **redefinir** y entender que el agua no es un elemento infinito, que como otros aspectos de la tierra, está se agota y su extracción cada vez se vuelve más difícil. Por lo tanto su definición debe considerar que es un **elemento cada vez más escaso** y que **su manejo debe ser sustentable** para que no comprometa el uso de las generaciones venideras.

Racionar el agua en una ciudad implica dar un destino específico y fundamental al elemento, cubriendo primero las necesidades básicas de la urbe. Es en el listado de necesidades donde las áreas verdes, parques y plazas deben de encontrar su posición, considerando la importancia del agua para su operatividad.

Desde el punto de vista local, la baja cantidad de áreas verdes, 4m² por habitante, indica que para alcanzar cifras de países desarrollados, debemos por lo menos duplicar la cantidad que hay a la fecha. Dicha acción, implica una inversión, tanto para el Estado, como para los municipios, que por lo general, no generan frutos en el mediano plazo, al considerar que las áreas verdes requieren de tiempo para crecer y fortalecerse. Por lo que un mal diseño podría perjudicar el desarrollo urbano de la ciudad y elevar los costos de intervención.

En general, cuando la presente tesis se refiere a **criterios de diseño para un manejo sustentable del recurso hídrico (hidrosustentabilidad)**, ésta, estará estrictamente ligada a la ciudad y su perfil hídrico, la que se puede enmarcar en tres puntos:

1.- Ciclo de la lluvia: que el parque no interrumpa la lluvia y pueda absorberla de manera natural, lo que permitirá que ésta pase de la tierra y de ahí a las napas naturales. Es decir, que el parque sea considerado como un elemento favorable del ciclo del agua.

2.- Sistema de riego: que su sistema de riego se sustente en aguas recicladas, ya sean domésticas y aguas lluvia de la ciudad. Dadas las circunstancias actuales de carencia de áreas verdes, el parque no implique un gasto robusto y constante de diversos recursos, especialmente agua y dinero.

3.- Elección de especies: que las características de las especies vegetales destinadas a configurar dicho parque apunten a disminuir el consumo de agua, dar sombra a las extensiones de pasto y que sean de raíces profundas que le permitan buscar agua subterránea. Y por último, si son especies extranjeras, éstas deben ser capaces de adaptarse al clima local.

Si bien se definieron 7 principios, el análisis de dichos postulados indica que hay elementos que tienden a repetirse, y que adquieren importancia por sobre otros, sin embargo, el análisis principal hará siempre referencia a definir el perfil hídrico de la ciudad a intervenir, a fin de determinar fortalezas y debilidades que puedan influir en el diseño y posterior puesta en marcha del parque.

5.4 Propuesta de representación gráfica.

Con la intención de aportar con una herramienta que pudiese graficar la sustentabilidad del recurso hídrico en un parque urbano, se propone el siguiente gráfico, el que representa cada principio de la hidrosustentabilidad (7), y su criterio (cuantificable o no), con el propósito de determinar principios en que el parque y su diseño se mantienen dentro del rango de lo óptimo en lo que a sustentabilidad se refiere.

Para tal efecto, se determinó una unidad de medición para cada criterio a calificar y un rango óptimo a cada principio en base al estudio realizado, el cual se detalla a continuación:

Principio Hidrosustentabilidad	Criterio	Unidad de medición	Rango Optimo
I. Disminuir el gasto de agua:	Especies autóctonas o alóctonas en zona vegetada	0% - 100%	80%-100%
II. Extracción	Recursos hídricos alternativos en el planeamiento Urbanístico	NO - SÍ	SÍ
III. Devolverla a las aguas naturales	Pavimentos porosos y aguas pluviales	0% - 100%	50% - 100%
IV. Depuración o descontaminación con un mínimo de gasto energético	Reciclaje de aguas domesticas (grises)	NO - SÍ	SÍ
V. Ciclo de la lluvia	Aguas regeneradas para riego de zonas verdes	NO - SÍ	SÍ
VI. Evaporación / temperatura	Horarios de Riego	0hrs – 24hrs	13hrs-02hrs
VII. Consumo y Circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad	Superficies vegetales con elevado consumo de agua	0% - 100%	0%-20%

Implementación en Plaza de Armas de Chillán.



Al considerar la representación gráfica, se levanta información atinente a la Plaza especificada, resumiéndose en el siguiente cuadro:

Principio Hidrosustentabilidad	Criterio	Unidad de medición	Rango del Optimo	Plaza de armas Chillán
I. Disminuir el gasto de agua:	Especies autóctonas o alóctonas en zona vegetada	0% - 100%	80%-100%	70%
II. Extracción	Recursos hídricos alternativos en el planeamiento Urbanístico	NO - SÍ	SÍ	NO
III. Devolverla a las aguas naturales	Pavimentos porosos y aguas pluviales	0% - 100%	50% - 100%	44%
IV. Depuración o descontaminación con un mínimo de gasto energético	Reciclaje de aguas domesticas (grises)	NO - SÍ	SÍ	NO
V. Ciclo de la lluvia	Aguas regeneradas para riego de zonas verdes	NO - SÍ	SÍ	NO
VI. Evaporación / temperatura	Horarios de Riego	0hrs – 24hrs	13hrs-02hrs	9-10 hrs
VII. Consumo y Circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad	Superficies vegetales con elevado consumo de agua	0% - 100%	0%-20%	44 %

Ordenado los datos, respecto al perfil de hidrosustentabilidad de la Plaza de Armas de Chillán, podemos decir que solo cumple respecto al principio N°2 (Devolverla a las aguas naturales), en particular a lo que dice referencia con pavimentos porosos y aguas pluviales, acercándose entre un 44% y 50% postulado como óptimo.

Implementación en Plaza Parque Ñuble de la comuna de Chillán.



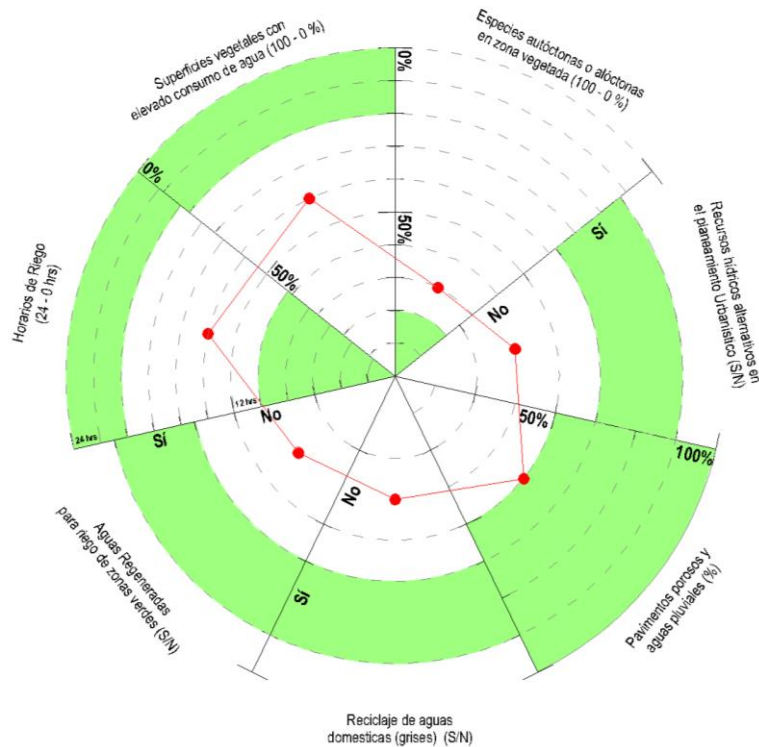
Al considerar la representación gráfica, se levanta información atinente a la Plaza especificada, resumiéndose en el siguiente cuadro:

Principio Hidrosustentabilidad	Criterio	Unidad de medición	Rango del Optimo	Plaza Parque Ñuble
I. Disminuir el gasto de agua:	Especies autóctonas o alóctonas en zona vegetada	0% - 100%	80%-100%	50%
II. Extracción	Recursos hídricos alternativos en el planeamiento Urbanístico	NO - SÍ	SÍ	SÍ
III. Devolverla a las aguas naturales	Pavimentos porosos y aguas pluviales	0% - 100%	50% - 100%	100%
IV. Depuración o descontaminación con un mínimo de gasto energético	Reciclaje de aguas domesticas (grises)	NO - SÍ	SÍ	NO
V. Ciclo de la lluvia	Aguas regeneradas para riego de zonas verdes	NO - SÍ	SÍ	SÍ
VI. Evaporación / temperatura	Horarios de Riego	0hrs – 24hrs	13hrs-02hrs	9-10 hrs
VII. Consumo y Circulación superficial y subterránea del agua en la ciudad	Superficies vegetales con elevado consumo de agua	0% - 100%	0%-20%	20 %

Ordenado los datos, respecto al perfil de hidrosustentabilidad de la Plaza Parque Ñuble de la comuna de Chillán, podemos decir que cumple en 3 principios N°2, 3, 5 y 7, en general porque la plaza está diseñada como parte de un colector de aguas lluvias de la ciudad, **integrada al ciclo de agua urbano**. Estableciendo una función recreacional sin lluvia y una función urbana con lluvia.

Propuesta de Grafica.

Propuesta grafica con características de la Plaza de Armas de Chillan (en rojo), fuera de los indicadores de hidrosustentabilidad (verdes) en 6 de los 7 principios con su respectivo criterio.

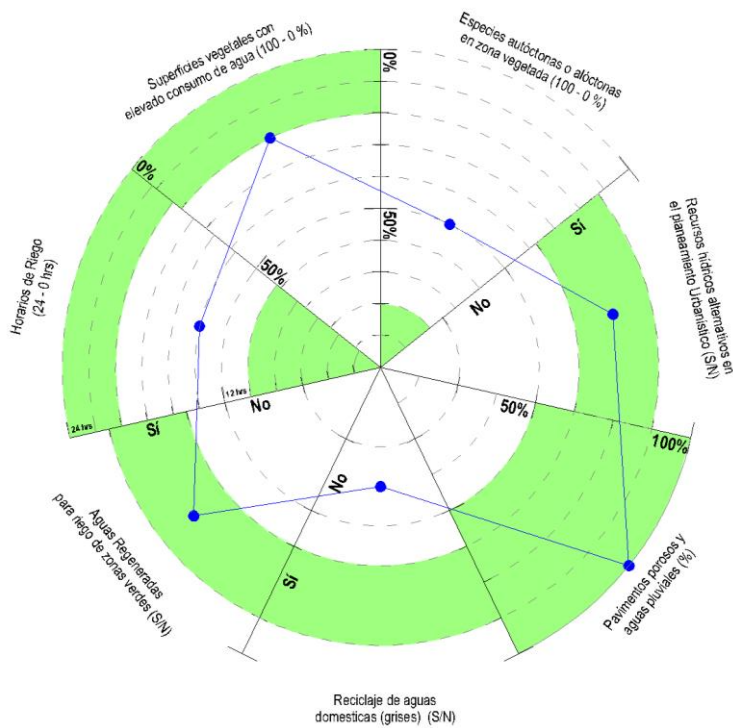


El gráfico establece un sector para **cada principio** y define una graduación en función a su rango de medición. También, hay casos en que las opciones son sí o no.

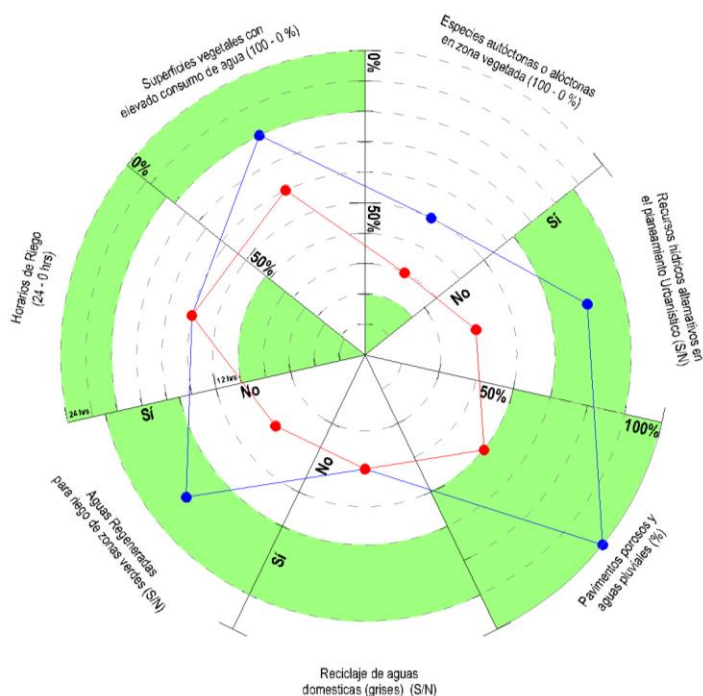
En verde se representan zonas de la gráficas calificadas como óptima por cada principio postulado en función al análisis previo de cada uno.

Finalmente, en rojo, podemos apreciar las características de la plaza de arma respecto a cada principio y a la distancia aparente que pudiese tener respecto a la zona del “rango optimo”.

Se aprecia que efectivamente sólo hay un cierto acercamiento en lo que a pavimentos porosos se refiere, por lo tanto, el perfil hídrico de la Plaza de Armas de Chillan, es factible de mejorar según los puntos descritos.



Respecto a la Plaza Parque Ñuble de la comuna de Chillán, esta plaza ofrece un **diseño asociado a la red de captación de aguas lluvia**, lo que implica asociación directa respecto al perfil hídrico de la ciudad, lo cual se nota efectivamente en la **variedad de criterios que acierta**.



Si finalmente comparamos ambas gráficas y entendemos que ambos **diseños de plaza responden a distintas necesidades**, podremos apreciar los puntos en que difieren, respecto al manejo sustentable del recurso hídrico.

Sin embargo también hay puntos en los que, pese a sus diferencias, concuerdan y tienen que ver con criterios asociadas a la **definición y gestión política del agua**, punto de revisión obligatorio en la **nueva constitución** para hablar de un **manejo sostenible del Agua**.

“La naturaleza no acepta como excusa la ignorancia de sus leyes” (Anzieta, 2010)

BIBLIOGRAFÍA.

- Acuña, M. (2010). Las lecciones del Agua. *Revista Aniversario Ñuble* 203, 10.
- Alvarado Ojeda Andrea, Guajardo Becchi Felipe y Devia Cartes Simon. (2014). *MANUAL DE PLANTACION DE ARBOLES EN AREAS URBANAS*. CHILE: CONAF.
- Alvarado Ojeda, A., Guajardo Becchi, F., & Devia Cartes, S. (2014). *Manual de Plantación de Árboles en areas urbanas*. Santiago: CONAF.
- Anzieta, E. (2010). El agua,. Bien Público o Privado. *Revista Aniversario Ñuble* 203, 10.
- BBC. (19 de marzo de 2015). *Por qué se está acabando el agua*. Obtenido de www.bbc.com
- Catrón Lazo, C. (2017). *Desarrollo de criterios para la evaluación de la sostenibilidad de parques Urbanos, enfocados en la localización y relación con el entorno. Aplicación a proyectos de recuperación de ex vertederos: parques André Jarlán y La Cañamera*. Concepción: UBB.
- Diversos Autores. (2012). *México rumbo a la Sustentabilidad: 40 Propuestas para la administración federal 2012-2018*. Mexico DF.
- ESSBIO. (2020). *Reporte de sostenibilidad de ESSBIO*. Santiago de Chile: propia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2017). <https://climate.nasa.gov/>. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/efectos/#:~:text=El%20Grupo%20Intergubernamental%20de%20Expertos,Fahrenheit%20durante%20el%20pr%C3%B3ximo%20siglo>.
- Hinrichsen. (1998). *Vinculos entre población y el agua dulce*.
- La Tercera. (2013). *Metros Cuadrados de Área Verde por habitantes en Chile*. Santiago: La Tercera.
- Maddocks, A., Young, R. S., & Reig, P. (26 de Agosto de 2015). <https://www.wri.org>. Obtenido de <https://www.wri.org/resources/charts-graphs/water-stress-country>
- Miracle Sole, M. R. (2016). *Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua*. Santiago: Propia.

- OCDE. (2016). *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Paris: Antartica.
- ONU. (2010). *Agua y Ciudades, Hechos y Cifras*. ONU: ONU.
- Rivera, D., & Vergara, A. (2014). *El Derecho de Aguas en Chile, Contextualización y directrices generales*. Santiago: PUC.
- Urrutia, B., Parra, O., & Acuña, A. (2003). *Los Recursos Hídricos, una perspectiva global e integral*. Buenos Aires: Antartica.
- Valenzuela, L. (2009). Sustentabilidad en espacios colectivos. En L. Valenzuela, M. Andrade, C. Araos, M. Gatica, C. Justiniano, & C. Katz, *Sustentabilidad en espacios colectivos* (pág. 193). Santiago: PUC.
- Vinita Huang, A. G., & Nadine Soubotin, K. M. (2007). *Hammarby Sjostad Stockholm, Sweden a case study*. Stockholm.
- Zafra, C. A., Temprano, J., & Tejero, I. (2009). Evaluación de la contaminación por escorrentía urbana: sedimentos depositados sobre la superficie de una vía. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 8.