



ARQ

ISSN: 0716-0852

revista.arq@gmail.com

Pontificia Universidad Católica de Chile
Chile

Astaburuaga G., Ricardo

El agua en las zonas áridas de Chile

ARQ, núm. 57, julio, 2004, pp. 68-72

Pontificia Universidad Católica de Chile

Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37505718>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

El agua en las zonas áridas de Chile

La discusión por el agua ciertamente irá desplazándose hacia lugares más centrales en el espectro de prioridades mundiales. De no haber cambios radicales en las políticas globales sobre calentamiento terrestre, consumo y reciclaje, la escasez de agua será una condición independiente de latitudes. ¿Cuál es la lógica de la aridez? ¿cómo es su relación con las lluvias, los ríos y la humedad del aire? ¿cómo interviene en el desarrollo de la cultura? Este texto introduce la relación entre disponibilidad de agua, paisaje, urbanismo y medio ambiente.

Palabras clave: Zonas áridas – Chile, urbanismo, recursos hídricos, agua, aguas servidas, sequía.

The debate over water is no doubt destined to become ever more central to the world's priorities. Unless there are radical changes in international policies on global warming, consumption and recycling, the shortage of water will be felt everywhere. What is the logic of aridity, and how does it relate to precipitation, rivers and air humidity? How does it intervene in the development of culture? This article introduces the relationship between water supply, landscape, urbanism and the environment.

Key words: Arid zones – Chile, urbanism, water resources, water, waste water, drought.

“Los signos territoriales generan cultura, y viceversa.”

Prof. Ricardo Astaburuaga Echenique

¿Qué es una zona árida, por qué existen?, ¿cuáles son sus defectos y ventajas?, ¿cómo las manejamos en Chile? Este artículo sólo pretende entregar algunos antecedentes técnicos generales respecto de nuestras zonas áridas, las facilidades y dificultades que presenta su ocupación por asentamientos humanos permanentes, y la forma cómo administramos esta aridez, para terminar destacando la necesidad que el ordenamiento urbano en estas zonas, se inicie respetando el poco flexible trazado de las diversas redes hídricas territoriales, a saber, cauces naturales y artificiales, redes de riego y drenaje, y sistemas de reutilización de aguas servidas y excedentes de agua.

Zona árida: precipitación menor que la evapotranspiración vegetal

Nuestra definición de *zona árida* está referida a la vegetación que nos es útil: técnicamente se define como aquella región donde la precipitación es usualmente inferior a la evapotranspiración de la vegetación permanente o de los cultivos usuales, entendiendo por ello la cantidad de agua que es capaz de evaporar y transpirar cada planta.

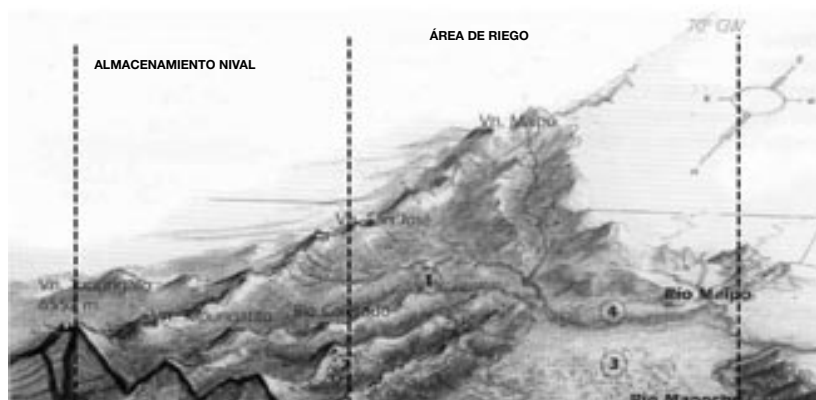
En la zona central de Chile, esta vegetación consume entre 700 y 1.200 mm/año. De este modo, la zona árida chilena abarca desde el extremo norte del territorio hasta Concepción, incluyendo zonas desérticas (I y II Región) y luego un clima mediterráneo árido (III y IV

Región), semiárido (V y Región) que se va tornando templado perdiendo esta calidad pasado el río Maipo. En estas zonas, el agua es el recurso para el desarrollo, tanto económico como social. Por lo tanto, cualquier mejoramiento en la eficiencia del uso del agua implica un inmediato aumento productivo y productividad de la zona.

Por otra parte, una inadecuada distribución mensual de las precipitaciones produce zonas muy áridas, dado que la evapotranspiración (ET₀) es mínima en los meses fríos y máxima en los meses cálidos (7-10°C). Esto acentúa la condición de aridez en Chile, ya que las precipitaciones sólo en los tres meses de invierno (junio, julio y agosto) y los nueve meses restantes son de sequía y alta ET₀, coincidiendo con el crecimiento vegetal.

En zonas no áridas sucede lo contrario: en zonas calurosas, en India llueve sólo 115 mm/año, en París y Buenos Aires llueve con 1.000 mm/año. En otras zonas áridas como el desierto de Atacama, el calor seco y la ET₀ son altísimos, pero la lluvia en verano. Esta gran variación ha generado manejos y soluciones para cada región, con tecnologías difícilmente exportables.

Los cultivos de las zonas áridas
Las primeras civilizaciones s



- 1 Transecta geológica de la cuenca de Santiago
- 2 Acequias fundacionales
- 3 Primer bosquejo del canal San Carlos, 1746

en torno al riego en zonas áridas de clima mediterráneo (Egipto, Mesopotamia, México). La buena combinación de un clima fácil y la necesidad de dividir organizadamente el trabajo –para poder regar los cultivos– estimularon el desarrollo de comunidades organizadas. Además estas civilizaciones, y las que siguieron en el lugar, buscaron y combinaron genéticamente diversas plantas rústicas, generando así la mayor parte de los cultivos que hoy alimentan al mundo (trigo y otros granos, legumbres, nectarinas, etc.).

Como resultado, *una gran cantidad de los cultivos que existen crece mejor en su clima de origen: las zonas áridas regadas*. El Chile de la conquista y la colonia se benefició de la inmediata adaptación de las semillas mediterráneas y las árabes de África del Norte y del Medio Oriente, que desde un comienzo entregaron altos rindes a diferencia del resto de América (exceptuando algunos valles de Perú, México y California, con clima similar). Las condiciones fitosanitarias y de luminosidad son mejores en climas secos. Los hongos y pestes dificultan los cultivos en zonas húmedas y calurosas.

Sin embargo, como se vio anteriormente, en nuestro país casi toda la evapotranspiración de estos cultivos se produce en un período sin lluvias suficientes, por lo que necesariamente requieren de riego artificial. La tasa de riego tecnificado usual en Chile es de 0,5 l/seg/ ha durante 6 meses, equivalente a 780 mm al año. Para riego menos tecnificado, empastadas y jardines, esta tasa puede llegar al doble.

Aspectos meteorológicos de Chile y otras zonas áridas

Las zonas áridas resultan de fenómenos meteorológicos planetarios; se ubican mayoritariamente en ambos trópicos, donde descienden masas de aire seco y frío con altas presiones. En Chile, esto se suma a un continente que interrumpe de polo a polo las corrientes oceánicas y su intercambio térmico, a una alta cordillera que dificulta el intercambio atmosférico, y a la corriente fría de Humboldt, resultando un centro de alta presión permanente en el tiempo y semi-estacionario frente a Antofagasta, denominado anticiclón del Pacífico.

Este centro de alta presión actúa como una barrera, desvía los frentes hacia el sur, generando en su entorno la zona con menos precipitaciones del planeta. Cuando este anticiclón se desplaza un mínimo hacia el norte o norponiente, los frentes logran entrar hacia la III Región, generando las escasas precipitaciones locales.

Dado el movimiento de traslación de la Tierra, el anticiclón se desplaza en forma relativa hacia el sur en verano (empujando a los frentes hacia el paralelo 45°, la zona de Aysén), y hacia el norte en invierno, permitiendo las lluvias de nuestra zona central y su típico clima mediterráneo.

Un fenómeno similar de desplazamiento de anticiclones semi-estacionarios genera los otros escasos climas mediterráneos del planeta, a saber, en California, Sudáfrica, el sur de Australia y el mayor de todos rodeando el mar Mediterráneo.

Los frentes que acceden a Chile desde el Pacífico

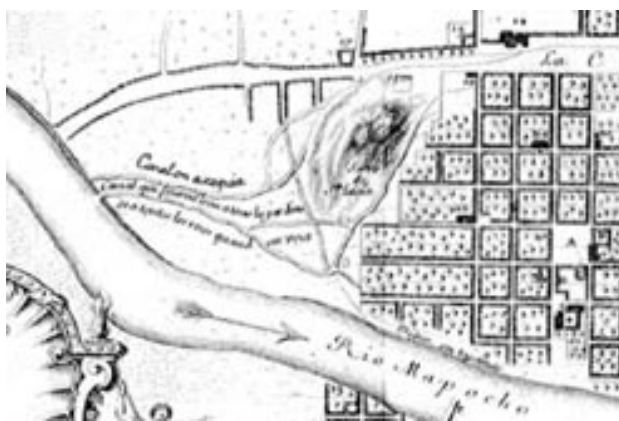
se condensan produciendo camanchaca al encontrarse con la corriente oceánica. Luego al ascender sobre la cordillera de la Costa (a 2.500 msnm), y finalmente sobre la cordillera de los Andes (a 6.000 msnm), donde descargan buena parte de su humedad. De este modo, bajan secos y fríos hacia el norte, generando una vasta zona árida en los Andes. De este modo, en Valparaíso llueve el doble que en Santiago, y en Pudahuel el triple que en Valparaíso. Este patrón de precipitaciones se atenúa hacia el sur, pero se exagera hacia el norte (descenso de la cordillera).

(Las violentas barreras orográficas que antepone a los frentes meteorológicos, a la nada a otros estímulos para la lluvia, como son la presencia de bosques, ríos ascendentes diversos, riego de nubes, etc.)

Las sequías y crecidas son fenómenos meteorológicos que normalmente se alejan y que simplemente se alejan. En Chile, la causa principal de las sequías obedece a desplazamientos temporales del anticiclón del Pacífico, muchas veces agravados por el fenómeno térmico más global.

Almacenamiento del agua en Chile

En Chile tenemos todos los años una precipitación de 9 meses, lo que es poco común en las zonas del planeta. Por esto hablamos de un clima permanente, que compensamos





4 Riego p
5 Riego t
6 Últimas
Santiag

con el almacenamiento nival de la cordillera, más otros almacenamientos de menor envergadura.

Almacenamiento nivo - glaciar: Desde el punto de vista del abastecimiento de agua, *la cordillera de los Andes es nuestro Nilo*. No sólo se produce mayor precipitación en la cordillera que en los valles, sino que ésta queda acumulada para ir deritiéndose gradualmente según la radiación solar, generando ríos estables y abundantes durante los meses secos, con suficiente cota para regar gravitacionalmente los valles. El almacenamiento nival proporciona el agua de primavera y verano de los ríos, y el glaciar desde fines de verano al otoño. Cabe destacar que la superficie cordillerana nival de la zona árida chilena abarca más de un tercio de la superficie total de cada región, constituyendo un almacenamiento de considerable dimensión.

Almacenamiento subterráneo: En Chile no existen grandes embalses subterráneos (como el valle de California), sino acuíferos medianos en el relleno del valle central; en el resto del país, la capacidad de almacenamiento subterráneo de agua es mínima. Los embalses subterráneos bajo el valle central son de gran importancia, ya que sus afloramientos naturales, para desaguar a través de la cordillera de la Costa, realimentan a los ríos, permitiendo así que toda el agua cordillerana sea previamente usada. Estos afloramientos no dependen del grado de humedad de cada año, ya que están regulados por más de diez años de infiltraciones; además, generan zonas húmedas al pie de la cordillera de la Costa, con abundante vegetación mayor (como la zona de Peñaflo). En forma creciente, se están explotando estos acuíferos mediante pozos profundos, mermando los afloramientos naturales.

Almacenamiento en el suelo y capa vegetal: El

almacenamiento de agua en el suelo y capa vegetal es del orden de un 10% del volumen de suelo. Así, *una lluvia normal de 15 mm / día humedece sólo 15 cm de suelo*. A lo largo del invierno, se humedece usualmente no más de 60 cm de suelo, humedad que tiende a ser evaporada por capilaridad. En Chile, este almacenamiento de agua es importante, ya que abastece de agua a la vegetación en los periodos entre cada lluvia, o entre cada riego.

Almacenamientos artificiales: En Chile resulta

obvio almacenar artificialmente agua desde los períodos húmedos hacia los secos. Sin embargo, dada la fuerte pendiente de nuestros valles, los muros de embalse resultan muy altos para

Régimen de los ríos en Chile

Se llama régimen de un río a sus variaciones estacionales de caudal. Pueden ser de régimen pluvial (máximo caudal en estación lluviosa), nival (máximos en estación de deshielos) o glaciar (parejos, con algún máximo en verano), como sus combinaciones. Desde el punto de vista del riego, en las zonas áridas chilenas se prefieren los ríos de régimen nival o nivo - glaciar, ya que su oferta de caudales coincide con las demandas de riego.

En Chile hablamos de *sequía* cuando no se produce suficiente acumulación de nieve en la cordillera. Las zonas que no tienen acceso a un almacenamiento nival (por ejemplo, los valles costeros) son muy vulnerables a los años secos. En el Norte Chico, dados los pocos frentes lluviosos que llegan tan al norte, se tienen tres años secos cada cuatro. En la zona central, las grandes sequías son menos frecuentes, últimamente cada 20 años.

En Chile las crecidas y aluviones ocasionados por tormentas no generan inundaciones duraderas, dada la fuerte pendiente de nuestros valles. Sin embargo, generan caudales inusuales en los ríos, con el consiguiente arrastre de aquellas piedras que ha ido produciendo la cordillera desde la crecida anterior. Esto ocurre en *ríos con lechos muy anchos*, configurados no para transportar el agua, sino para las piedras que ingresan (el arrastre es por metro de ancho). *Mientras más árida es una zona, sus crecidas son más agresivas*, ya que ofrecen más suelo susceptible a la erosión y arrastre pluvial. Los ríos del norte y centro de Chile muestran un

Los ríos del norte y centro de Chile muestran un lecho pedregoso (sin suelo fino), suficiente para el paso de su crecida centenaria. Las crecidas no son desproporcionadas en las hoyas nivales (la nieve se queda), y muy agresivas en hoyas pluviales (por ejemplo, el río Mapocho).

El agua del Nilo se reparte mediante largos canales

- lagunas, que se deprimen cuando se los bombea en exceso, problema similar al de Mesopotamia y al del valle del río Po. Los inmensos canales que riegan terrenos en India son manejados como embalses; la mayor parte de los terrenos regados del mundo tienen mal drenaje, como Holanda, y sus canales deben entregar justo el agua que en cada momento evapora la vegetación: los excesos generan inundaciones difíciles de resolver. California, como Arizona o Israel, se abastece

desde pozos. Cada zona de riego ha inventado un

aprovechamiento precisos respecto a la cantidad de agua, caudal, destino, etc. Prácticamente el 80% del caudal permanente (80%) de los ríos de Chile ya está concedido a algunos particulares. Los nuevos deberán adquirirlos desde el momento de su nacimiento. El reparto de las aguas de cada río se hace de la siguiente manera: el total del caudal se divide en un número arbitrario de partes iguales de río. A cada acción corresponde un porcentaje fijo del caudal total en cada instante, medido a la salida del río (cabecera). Cada propietario de una acción de río elige la forma de cómo consumir el agua y su destino (elige un canal de riego, un canal de bombeo, etc.). Un juez de río, elegido por los accionistas, vigila diariamente el reparto de agua entre todas las bocatomas o sacos de agua. El juez ajusta a las acciones que les corresponde el río trae más agua de lo normal, o menos, de lo que desea. Las excepciones son las aguas del Limarí, que reparten el agua entre los distintos embalses a su modo. La participación en las aguas es escasa: puede conceder nuevas acciones si el caudal permanente disponible lo permite. Se resuelve técnicamente controversias sobre el reparto estadística de los caudales.

Luego, el reparto del agua entre los usuarios de cada canal se realiza por sus acciones, mediante un tipo de “marco partidor” (de origen árabe perfeccionado, en Chile), repartido por los mismos usuarios mediante los “Canalistas”, cuyo directorio atribuciones judiciales para resolver los conflictos internos con gran velocidad y eficacia, ya que todos los involucrados son usuarios. Este tipo de administración ha resultado eficiente y económica, que pasa inadvertida al ojo de las grandes administraciones son un ejemplo para los usuarios.

Toda la normativa relacionada

concesión y administración de los recursos terrestres, sus infraestructuras, etc. El Código de Aguas refundida en el Código de Aguas de 1985, en general defiende a los usuarios frente a las amenazas externas como la expansión

Los sistemas de ap

agrícolas son muy variados;

Tabla 3. DENSIDAD de POBLACION por SUPERF. POTENCIALMENTE ARABLE

PAIS	Población Total millones	% Urbano	Superficie Total miles ha	Superficie Potencial Arable miles ha	Densidad Pobl. x Sup.Pot.Arable hab/ha
EGIPTO	71.2	43%	100.100	3.900	20.34
FILIPINAS	80	47%	29.900	9.342	8.56
INDIA	1.090	28%	315.700	206.327	5.29
BELGICA	10.3	97%	3.000	2.401	4.29
JAPON	127.4	78%	37.800	31.473	4.05
CHILE	15.6	86%	74.900	4.250	3.67
ITALIA	58.1	90%	30.100	16.764	3.47

PAIS	Población Total millones	% Urbano	Superficie Total miles ha	Superficie Potencial Arable miles ha	Densidad Pobl. x Sup.Pot.Arable hab/ha
INDONESIA	217	39%	191.600	71.233	3.05
ALEMANIA	82.4	86%	36.900	28.125	2.93
FRANCIA	56.5	74%	54.300	38.906	1.53
DINAMARCA	5.4	80%	4.300	3.594	1.58
EE.UU.	287.4	79%	934.400	354.315	0.81
ARGENTINA	36.5	90%	277.200	80.571	0.48
BOLIVIA	8.9	64%	109.600	61.917	0.14

100 ha = 1km² Fuente: FAO - 2002

de ellos, los 10 cm superiores se evaporan rápidamente por capilaridad, y los 40 cm inferiores abastecen al cultivo por una o dos semanas hasta el riego siguiente. Estos sistemas de aplicación *manual* presentan el defecto de una muy mala aplicación durante las horas de la noche, con importantes pérdidas de agua, resueltas por los “tranques de noche”.

Los actuales sistemas de riego tecnificado (goteo, aspersión, etc.) entregan poca agua al suelo en forma casi continua, especialmente durante la noche, en conjunto con abonos y otros productos, compensando la evapotranspiración. La aplicación del agua es eficiente, a pesar de la mayor evaporación desde la superficie siempre húmeda del suelo, y requieren escasa mano de obra. Su defecto radica en la necesidad de altas presiones de agua dentro de una red de tuberías costosas, y en el desarrollo de raíces confinadas a bulbos húmedos que no siempre abarcan todo el suelo.

Uso histórico de las aguas en Chile

Acequias urbanas Los indígenas prehispánicos del país fueron principalmente pescadores y cazadores, sin agricultura de riego, salvo raras excepciones. Los últimos incas introducen escasamente el riego en el valle central, con poblaciones agrícolas alineadas a lo largo de algún canal, que se conservan hoy como “calles largas” (como Curtiduría).

Los primeros españoles detectan hábilmente las ventajas del riego al fundar sus villas, casi siempre en lugares de poca vegetación (con ventaja bélica para sus caballos). Se aseguran previamente de contar con un fácil y seguro abastecimiento de agua desde algún río, el consiguiente canal hasta alcanzar el punto alto de la explanada (generalmente riberano), y luego el damero orientado y ajustado según las pendientes de riego, con cada manzana abastecida por una acequia ya sea por el oriente en sentido norte - sur, o por el norte en sentido oriente - poniente, permitiendo hortalizas de riego al interior y alimentando las norias para la bebida. El posterior crecimiento de la villa con casas - huerto siempre fue acompañado por sus acequias, y siguiendo sus trazados posibles.

La ampliación del riego agrícola comenzó así desde la villa hacia sus alrededores: terrenos que, al ser absorbidos después por ésta, ya contaban con una red de acequias que se incorporaban. Hasta fines del siglo XIX, las acequias seguían cumpliendo su

a pesar de la casi total extinción de las acequias urbanas, todavía podemos reconocer la relación entre su trazado y el trazado urbano.

La gran sequía de 1770 y los canales de riego

Durante la conquista y la colonia, el riego agrícola se limitó a las zonas urbanas y sus aldeaños, más algunos paños de pie de monte vecinos a quebradas. La producción agrícola de trigo, pastos y otros era de rulo. Entre los años 1770 y 1782 se produjo una larga sequía, alternando tres años secos con nueve extremadamente secos; la agricultura de rulo colapsó y buena parte de la cordillera de la Costa central se secó definitivamente (tuvo buenos pastos, bosques y quebradas).

Como consecuencia de esta larga sequía, se inició la construcción del canal San Carlos desde el río Maipo hacia el río Mapocho, para regar las extensas explanadas secas del sur de Santiago. Luego de muchas dificultades, los inmediatos éxitos de esta obra de riego (agrícola, económico y de valor paisajístico) alentó al resto de los agricultores del valle central a construir canales para sus extensos fundos (ellos eran mineros recientemente enriquecidos, que sabían excavar tierra). Muchos quebraron en la empresa, pero en un solo siglo lograron regar nada menos que un millón de hectáreas, casi las mismas que se riegan hoy, y con los mismos canales.

Los anteriores agricultores lograron regar los mejores suelos de la zona árida del país, ubicados relativamente cerca de las fuentes de agua. A inicios del siglo XX, el Estado inicia obras para ampliar la cobertura de riego: obras de mayor envergadura que surten terrenos distantes o de pequeños propietarios que no podían absorber semejante inversión. Paralelamente, construye los pocos embalses anuales existentes en el país; hoy, luego de construir embalses en los ríos Elqui y Huasco, además del canal Laja - Diguillín, el fisco subsidia pequeños proyectos privados de nuevo riego, que en conjunto suman importantes hectáreas de nueva agricultura intensiva.

Dado el actual agotamiento de las aguas superficiales respecto de nuevos derechos de agua, el reciente crecimiento del riego se abastece desde las aguas subterráneas, mediante pozos profundos. El aumento resultante del costo operacional del agua ha obligado una alta eficiencia de aplicación, lograda con tecnología agrícola, especialmente en productos de exportación. Estos avances técnicos

agricultores y campesinos fueron problemas de operación y aplicación en especial en nuestros valles con homogéneos, generando toda una ciencia validó posteriormente. La tecnología es un saber campesino, una de las pocas tradiciones culturales del país: *la tradición de riego*. En la necesaria introducción del riego a largos programas de instrucción como “*Alarife en hacer acequias y repartir*” Pedro de Valdivia, como primer acaudalado. La tradición de riego chilena, siglos de prueba y error, es la base normativa técnica y legal que se usa para administrar nuestras zonas áridas.

Diseño urbano en zonas áridas: aspectos hídricos

Nuestro diseño urbano inicial preferentemente todos los temas relacionados con el agua, desde los primeros días de la colonia española, pasando por toda la Colonia de la República. A partir de la independencia de la casa - huerto y la instalación de agua potable y alcantarillado en cada casa, la atención fue decreciendo en todo el país para terminar siendo sólo una suma de inconveniencias, impuestas a los nuevos habitantes por muchos organismos mal coordinados, demasiadas veces deben aceptar anónimamente. Otros aspectos simplemente se olvidaron, como el impacto en la calidad de vida urbana. En el caso del riego urbano: nuestras ciudades son el semi - desierto que precedió a la agricultura. A continuación, se presentan algunos aspectos sobre los aspectos hídricos relacionados con el diseño urbano en zonas áridas.

Sobrepoblación de las zonas áridas

De los 749.000 km² de superficie habitable continental, la mayor parte no es habitable, se congela o se fríe. Consiguientemente, habitable sólo el territorio potencialmente habitable de apenas 4,25 millones de ha (< 6%). Chile tiene una alta densidad de población por hectárea habitable, y algo mayor que Italia.

Dado su clima más amable, la mayor parte de la población del país se concentra en zonas regadas, con pueblos que crecen en un



excelentes suelos regados.

El cuadro siguiente presenta algunas densidades de población por superficie potencialmente arable: (tabla 3)

Demandas urbanas de agua Las demandas urbanas de agua son de aproximadamente 200 l/ hab/ día sin riego de jardines; incluyéndolos, puede subir hasta 600 l/ hab/ día; éstos consumen 870 l/ día por 100 m² (tasa de riego de 1,0 l/ seg/ ha). El riego veraniego de la forestación urbana de veredas debiera consumir 3.500 l/ día por manzana (0,05 l/ seg/ ha urbanizada), equivalente al consumo de 3,5 departamentos.

Actualmente, las nuevas poblaciones de Santiago que ocuparon suelos de riego, consumen menos de un 30% del agua que disponían dichos suelos, prueba de un consumo sólo doméstico y sin ningún riego (dado el alto costo del agua potable, ¡mayor en el verano!).

Espacio propio de los cauces naturales y artificiales: drenaje y crecidas El alto precio de los terrenos urbanos ejerce una fuerte presión sobre los terrenos *de nadie*, como los cauces urbanos de ríos, esteros y quebradas. Al urbanizar, nadie quiere recordar que la faja propia de los canales artificiales es de a lo menos 2 veces su ancho; se los destina a fondos de patio o se entuban, llenándose de basuras. Las antiguas acequias de desagüe simplemente se eliminan. Como resultado, con lluvias mínimas las ciudades colapsan, con daños reales a sus habitantes. Como se dijo, el espacio que requieren los ríos es aquel que permita conducir su crecida centenaria más las piedras que ella arrastra (más de 100.000 m³ por crecida). Una pérdida de ancho se traduce en menor capacidad para conducir dichas piedras, las que se embancan generando desbordes muy dañinos a la población (los ríos rellenaron el valle, por lo que corren por su parte más alta, y los desbordes se alejan de éstos).

Los esteros y quebradas del valle suelen ser sus cauces de drenaje natural. Su eliminación o reducción al mínimo no impide que las aguas sigan accediendo hacia ellos.

La tendencia mundial actual es generar amplios parques en torno a los ríos, parte de ellos inundable durante crecidas, con un diseño bastante específico (*natural channel design*), y con una adecuada solución de continuidad tanto aguas arriba como aguas abajo. Lo mismo con los esteros de desagüe y drenaje. Los

Sin embargo, la tendencia actual chilena es ocupar parte de los cauces urbanos existentes para solucionar el tráfico, y otra parte como botaderos de escombros (que luego se urbanizan).

Evacuación y tratamiento de aguas servidas

Nuestras ciudades siempre evacuaron sus aguas servidas a cauces naturales, donde se producía un tratamiento natural apoyado por un suficiente caudal de dilución, fuertes pendientes del cauce (oxigenación) y abundantes días de sol (radiación UV). Las mayores demandas de agua han restado caudal continuo a los ríos, los que legalmente se secan cerca de la cabecera de los valles, para reaparecer mucho después en las zonas de afloramiento subterráneo. Esto ha obligado a buscar caudales de dilución cerca de la cordillera de la Costa, cuando se puede.

Otra tendencia mundial, apoyada por la FAO, es ocupar las aguas servidas de zonas áridas en el riego agrícola. Las raíces no absorben microbios ni bacterias, y la contaminación se produce sólo en la manipulación de las cosechas, lo que se controla. Por otra parte, el tratamiento natural de la materia orgánica de estas aguas al penetrar el suelo, resulta óptimo. El re uso de las aguas será una necesidad mundial, en especial en zonas áridas.

Forestación urbana, áreas verdes y de esparcimiento

En las zonas áridas, las ciudades debieran ser un oasis y no más secas y calurosas que su entorno. La forestación urbana, por ejemplo de Mendoza (Argentina), protege totalmente a la ciudad de la aridez colindante (a la sombra se conserva la humedad); Mendoza, con orgullo, crece con una ejemplar red de más de 500 km de acequias urbanas, que además colecta aguas lluvia.

En Santiago, los mejores árboles en veredas son los de las calles Lyon y Pedro de Valdivia, que continúan regándose semanalmente con sus acequias gracias a la porfía del ingeniero del canal San Carlos.

Por otra parte, en la medida que desaparecen los jardines interiores en poblaciones y departamentos, se hace indispensable la presencia de áreas verdes y de esparcimiento cercanas, inaceptables si son baldías. El problema que presenta una adecuada forestación urbana y de áreas verdes en Santiago es la ausencia de alguna red de abastecimiento de agua urbana que no sea la de agua potable. El alto

accesos de autos a sus predios; el alto costo de las calles, por lo que los municipios

Proposición. Uso urbano de las aguas servidas

La otra red urbana que cuenta con espacio es el rincón de las ciudades, y que no es la de alcantarillado. Creo que un diseño de micro - planta de tratamiento - impulsión, que en horas de máxima demanda por goteo de subsuelo a los árboles, puede ser una solución. alguna universidad o privados podrían desarrollar este diseño, que estimo tiene futuro.

Conclusiones

En Chile manejamos nuestra agua con una tradición de riego que la agricultura de vergeres de cultivos mediterráneos ha mantenido posible ya que gran parte del terreno agrícola es un almacenamiento de agua. Los espacios urbanos vuelven a ser desiertos al abandonar esta tradición de la eliminación municipal de la contaminación. El posterior alza del costo del agua en el verano, a partir de los años 80. Desde el punto de vista de estos años, cabe destacar la necesidad que en las zonas urbanas en zonas áridas considere las siguientes materias:

- Soluciones de largo plazo para la gestión de los cauces naturales, con cauces de aguas arriba y abajo, y anchos suficientes para la crecida centenaria y para el arrastre de la contaminación. Esta faja, en lo posible, debiera considerarse como áreas inundables (incluso inundables), y no vías ribereñas.
- Aprovechamiento de las depósitos de agua de desagüe natural como red de almacenamiento de agua lluvia, con un cauce en un amplio espacio de la ciudad, de una calle y solución de continuidad hacia aguas abajo (reservando las áreas de recreación).
- Abastecimientos de agua urbanos, competitivos con la agricultura, con acequias profundas o afloramientos de agua.
- Reuso de las aguas servidas urbanas, con algún tratamiento.
- Soluciones para el riego de la forestación urbana y de áreas verdes y de esparcimiento, inyectando agua de la red de agua potable. Puede involucrarse a la red de antiguos canales y acequias, para investigar desde las aguas arriba.
- Soluciones propias y adecuadas para la gestión de las aguas servidas.