

COLOQUIO
2014

Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes
Una propuesta sustentable

Presentación

El manejo de las aguas urbanas



Acequias La Dehesa y Apoquindo, 1781 Plano de Antonio Martínez de Mata, Archivo Nacional

El manejo de las aguas urbanas



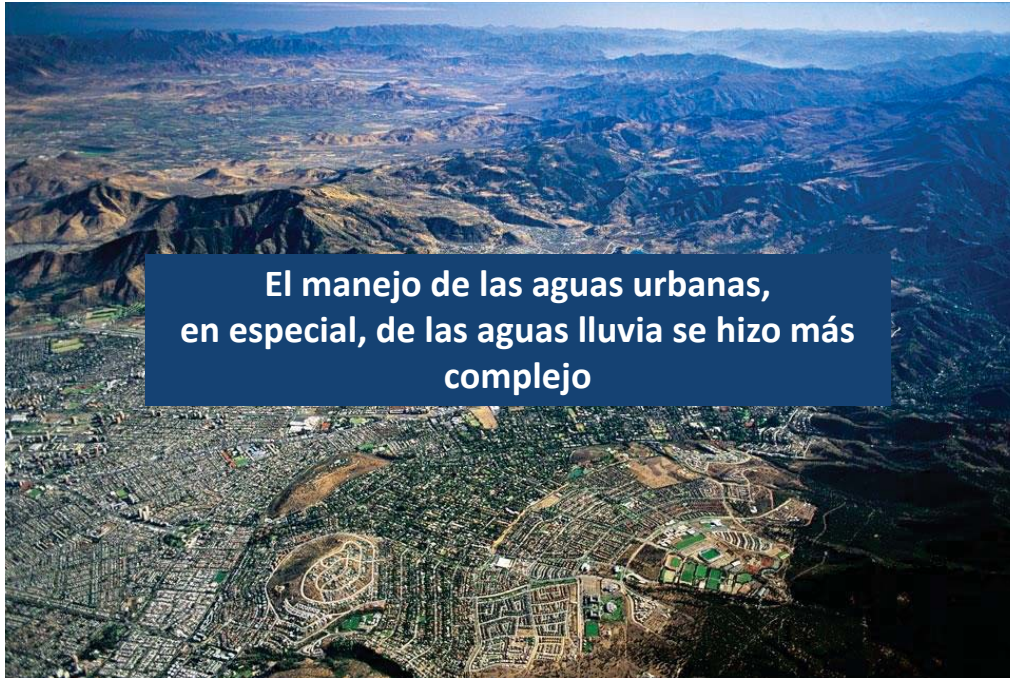
Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

La ciudad cambió y creció



Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

La ciudad cambió y creció

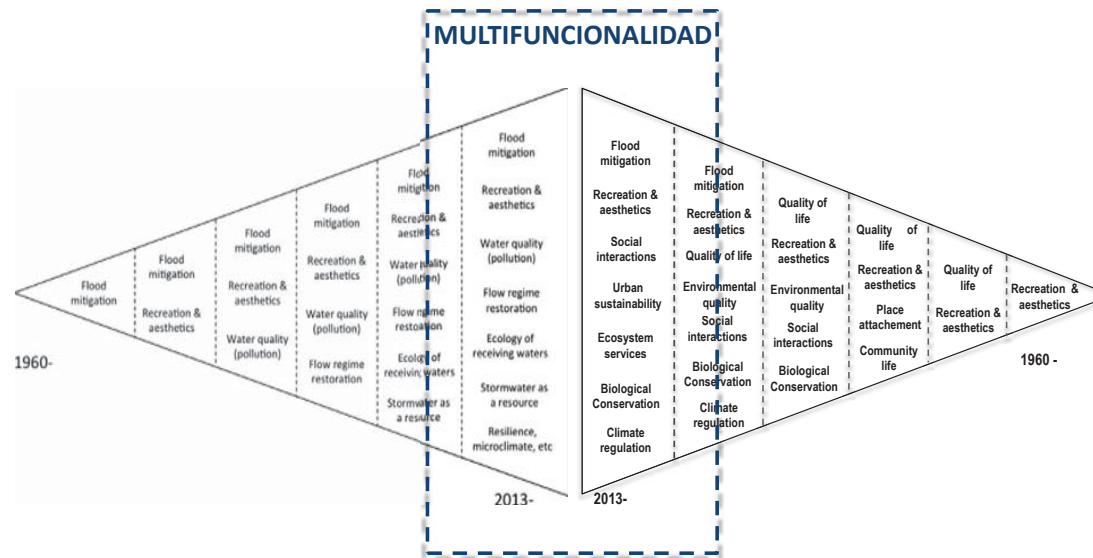


**El manejo de las aguas urbanas,
en especial, de las aguas lluvia se hizo más
complejo**

Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes



Integración y sofisticación creciente de la gestión del drenaje urbano

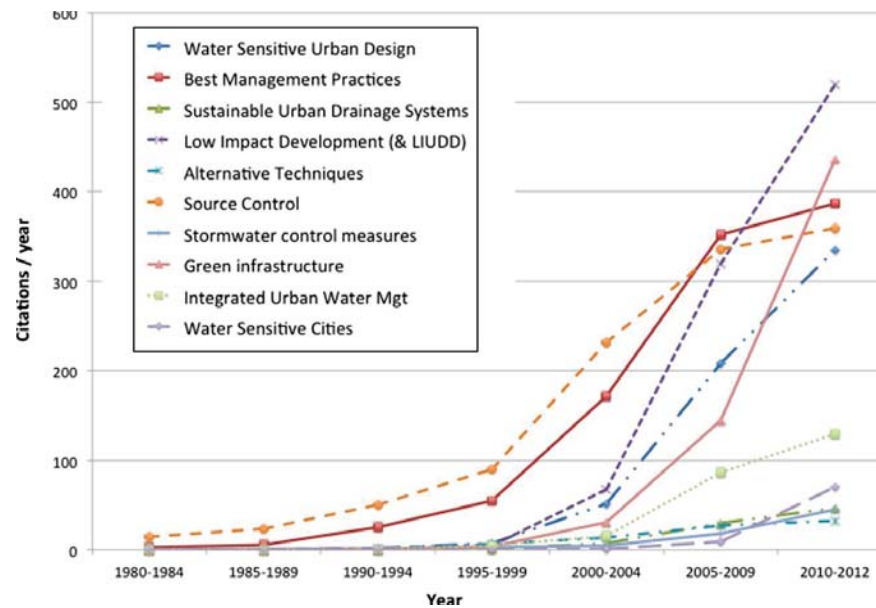


Fuente: Fletcher et al. 2014.
SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage

Objetivos y temáticas asociadas a las áreas verdes urbanas.
Fuente: Elaboración propia

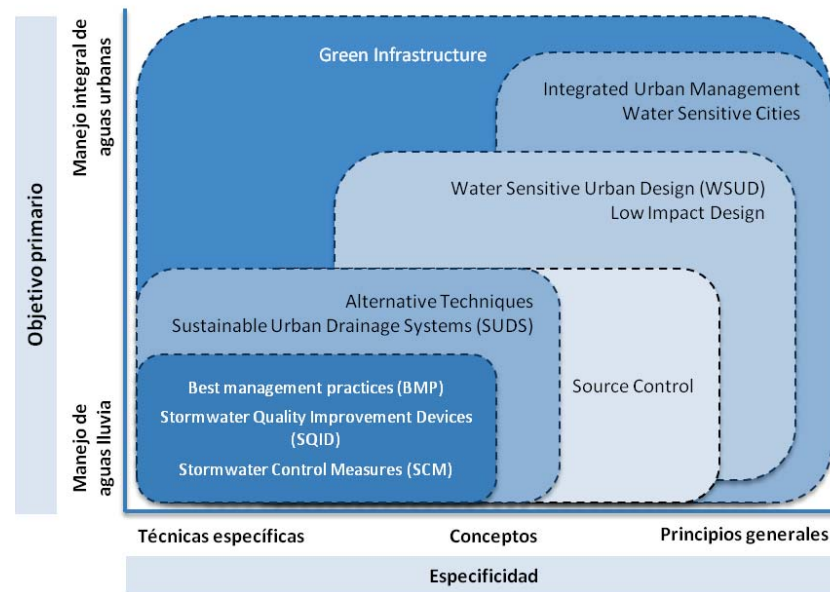
Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

Evolución de la terminología en drenaje urbano



Evolution of new urban drainage terminology in the 32 years from 1980 to 2012. The data were extracted from Google Scholar on 23/09/2012. The terms were searched as exact phrases and included only those that were accompanied by the term "stormwater" (or *eaux pluviales* in the case of the French term). Fuente: Fletcher et al. 2014.

Clasificación de la terminología en drenaje urbano en función de su especificidad y objetivo primario




Fuente: Fletcher et al. 2014.



- Una propuesta y un desafío para el desarrollo urbano sustentable
- De la evacuación a la gestión y al aprovechamiento
- Más que áreas verdes, infraestructuras verdes





COLOQUIO
2014

Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes Una propuesta sustentable

CUPOS LIMITADOS

- 09.30 Bienvenida
10.00 *La contribución de las áreas verdes a la gestión sustentable de las aguas lluvias.* Equipo CEDEUS
10.20 *Cauces urbanos y parques inundables.* Milo Millán, jefe de la División de cauces y drenaje urbano, DOH-MOP.
10.40 Preguntas del público
11.00 Café
11.30 *La transformación de un barrio, la construcción de un parque y la gestión de las aguas lluvias.* Rodrigo Morales, Departamento Desarrollo Urbano, MINVU.
11.50 *Melbourne Total Watermark, la ciudad como una cuenca.* Cynnamon Dobbs, Senior Urban Forester, Urban Landscapes, City of Melbourne.
12.10 Preguntas del público
12.30 Cierre

13

AGOSTO
9.30 a 12.30 horas
Sala de Usos Múltiples
Escuela de Ingeniería
Campus San Joaquín UC

INVITAN





LA CONTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS VERDES A LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS LLUVIAS

SONIA REYES, JORGE GIRONÁS, XIMENA SALINAS,
FRANCISCO DE LA BARRERA

CEDEUS, financiado por CONICYT a través de su programa FONDAP





LA CONTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS VERDES A LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS LLUVIAS



Sonia Reyes-Paecke - Investigadora asociada CEDEUS
P. Universidad Católica de Chile, Dep. de Ecosistemas y Medio Ambiente, Campus San Joaquín
sreyespa@uc.cl,



Jorge Gironás – Investigador asociado CEDEUS
P. Universidad Católica de Chile, Dep. Ingeniería Ambiental e Hidráulica, Campus San Joaquín
jgironas@ing.puc.cl



Ximena Salinas – Postdoc CEDEUS
P. Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín
csalinass@uc.cl



Francisco de la Barrera - Postdoc CEDEUS
P. Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín
fdelabarrera@uc.cl

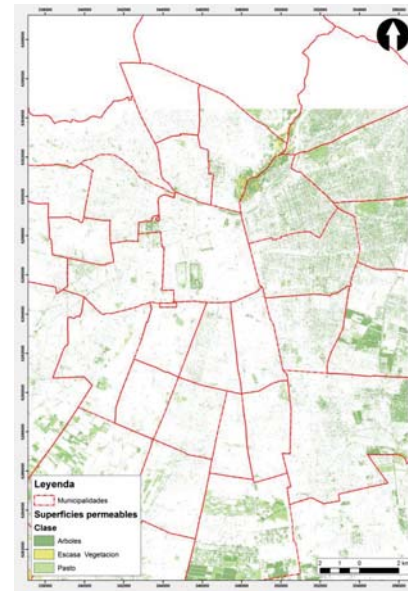
Santiago como caso de estudio

Numerosas, diversas, escala-específicas



Fuente: Elaboración propia a partir de áreas verdes GORE- PULSO

Infraestructuras verdes son *más* que las áreas verdes planificadas o existentes



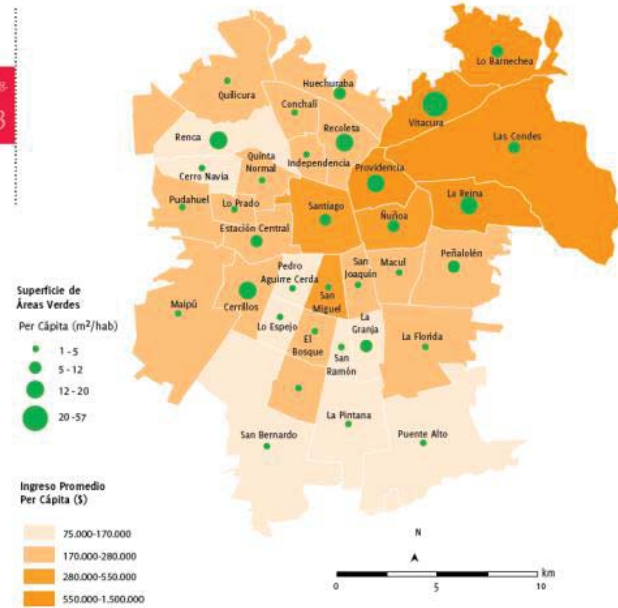
Fuente: Elaboración propia

Áreas verdes en Santiago

Áreas verdes por habitante (m²/hab) e ingreso promedio per cápita (\$) en las comunas del Gran Santiago

Fuente: Elaboración propia en base a Figueroa, 2008 y Mideplan (Encuesta CASEN 2009).

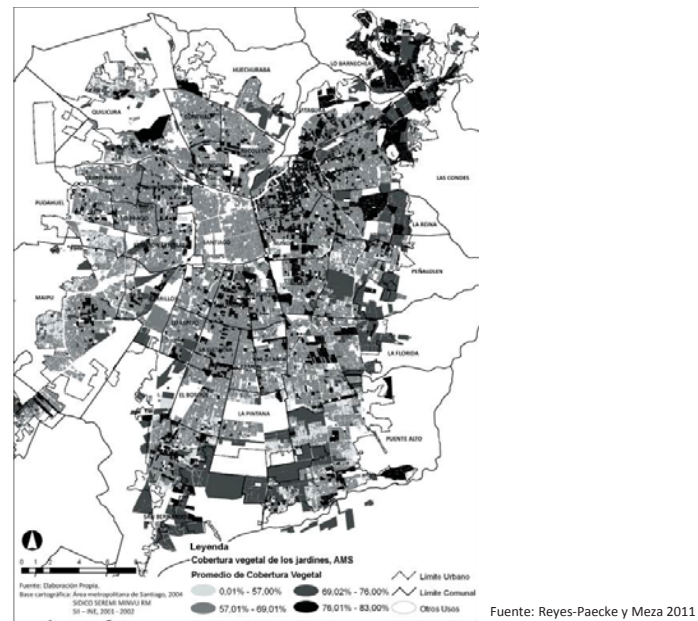
"Los mapas publicados en este informe que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen en modo alguno al Estado de Chile, de acuerdo al Artículo 2º, letra g del DFL 83 de 1979, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La información cartográfica está referenciada al Datum WGS84 y es de carácter referencial"



Fuente: Informe Estado del Medio Ambiente en Chile 2012. Ministerio de Medio Ambiente

Jardines residenciales del Área Metropolitana de Santiago

Cobertura vegetal de jardines



Diferencia en coberturas de suelo en vegetación y suelo desnudo



Clasificación



Vegetación



Suelo desnudo



Impermeable



Vialidad

Cobertura temática

Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

Fuente: De la Barrera et al. (in prep), Project "Evaluating Environmental Conditions and the Quality of Life in Santiago de Chile based on the Concept of Urban Vulnerability"

EL rol de las áreas verdes en la gestión de las aguas lluvias

La contribución de las áreas verdes a la gestión sustentable de las aguas lluvias está totalmente relacionada a la urbanización de una ciudad.



Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes



Tasa de urbanización en Chile

- El crecimiento económico de la segunda mitad del siglo XX significó altas tasas de desarrollo urbano, lo que se tradujo en que sólo en Santiago se urbanizó a una **tasa de 8 km²/año**.
- La situación ha sido bastante similar en varias de las grandes ciudades de Chile, lo que ha resultado en que en actualmente el 90% de la población chilena vive en ciudades.
- Tendencia futura: Para el 2050 la población urbana del país será del 94,2%

Fuente: MOP DOH, 2013



Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes



¿Qué implica esta situación para los recursos naturales?

- Las ciudades son las obras del ser humano de mayor impacto sobre las cuencas naturales.
- Las zonas urbanas desde el punto de vista de la hidrología se traducen en cambios de uso de suelo masivos que afectan significativamente los procesos del ciclo hidrológico, el balance hídrico en general, y la calidad de las aguas.
- La impermeabilización de los suelos propia del desarrollo urbano significa una pérdida de la capacidad natural de infiltración, del almacenamiento subsuperficial y la evapotranspiración, siendo estos procesos reemplazados por una mayor generación de escorrentía directa superficial.



Problemas asociados a aguas lluvias urbanas

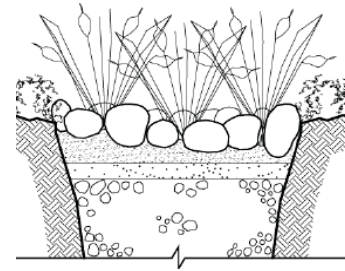
- Las aguas lluvias urbanas pueden causar distintos tipos de problemas con diferente magnitud y frecuencia
- Estos afectan a una variedad de agentes sociales y naturales de la cuenca. Su adecuada gestión no sólo se relaciona con el control de la cantidad y calidad de la escorrentía urbana, sino con otros aspectos tales como la recarga de aguas subterráneas, el bienestar y recreación, la integridad de hábitats y comunidades ecológicas, el control de erosión y sedimentos, etc.
- Por lo tanto es crucial integrar distintas herramientas de gestión estructurales y no estructurales al interior de la cuenca urbana compatibles con otros instrumentos de planificación y gestión de otros recursos urbanos.

Fuente: MOP DOH, 2013



Objetivos de prácticas actuales de drenaje urbano

- Una forma de mitigar los efectos de la urbanización es generar y favorecer el drenaje urbano de las aguas lluvias a través de diseños o respetando zonas naturales de drenaje.
- Las prácticas actuales de drenaje urbano en el mundo buscan cada vez más incorporar el recurso hídrico en el funcionamiento normal de la ciudad, con objeto de minimizar los efectos negativos de las urbanizaciones en las personas, la infraestructura y el medio ambiente.



Iluvias mediante áreas verdes



Col



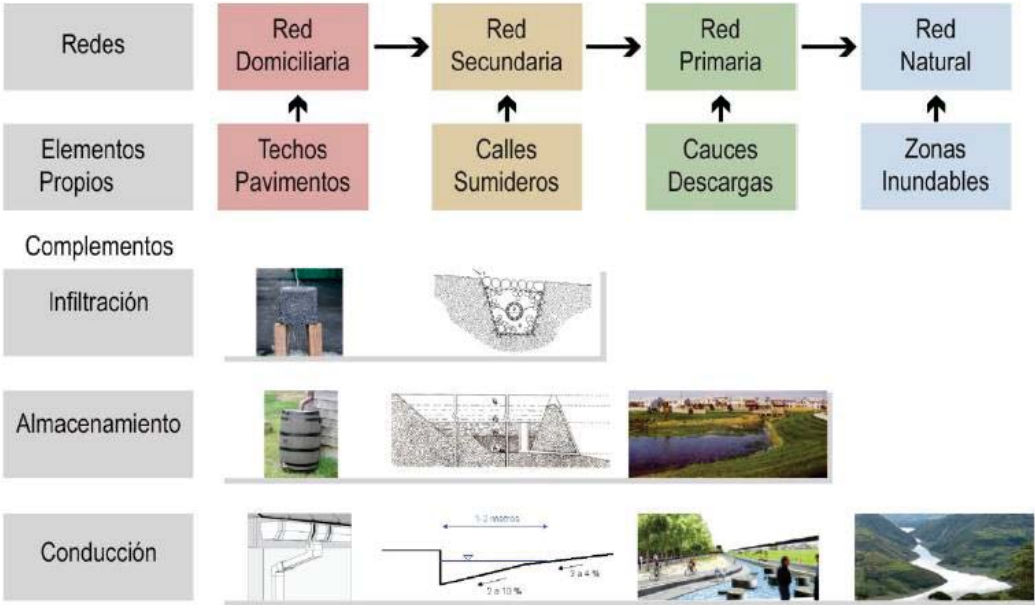
Clasificación drenajes aguas lluvias

De acuerdo a MOP DOH (2013) las obras de drenajes de aguas lluvias se clasifican en:

- **Infiltración**
- **Almacenamiento**
- **Conducción y transporte superficial y subterráneo**
- **Plantas de bombeo y otras obras especiales y anexas**
- **Obras especiales en redes unitarias**



Organización de las redes de drenaje urbano, sus elementos principales y las obras complementarias típicas.



Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

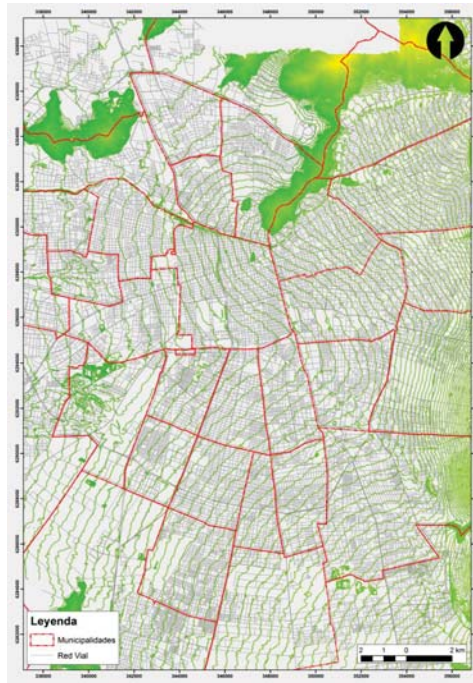




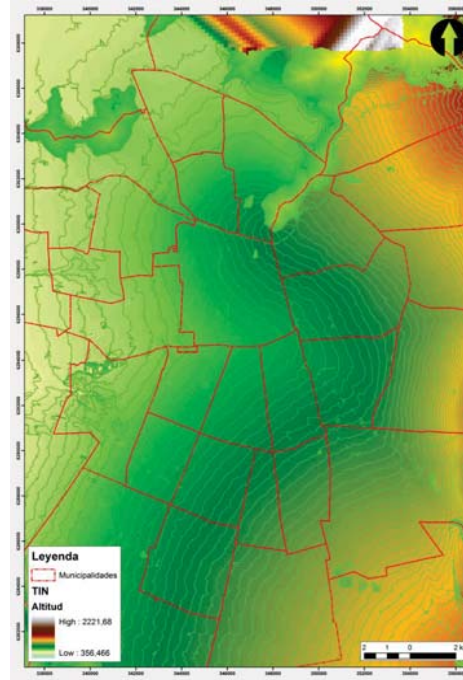
DESARROLLO DE CASOS

1. ¿Cuál es la relación espacial entre: superficies permeables e impermeables, las infraestructuras verdes y las zonas de acumulación de aguas lluvias?
2. ¿Cómo cambia la escorrentía en un área precordillerana que se urbaniza?
3. ¿Cómo varía el balance hídrico y escorrentía a escala local bajo distintas configuraciones urbanas?

¿Cuál es la relación espacial entre: superficies permeables e impermeables, las infraestructuras verdes y las zonas de acumulación de aguas lluvias?

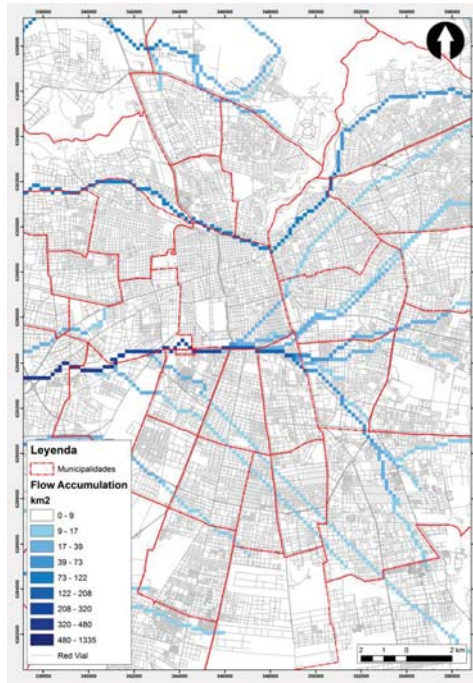


Fuente: Elaboración propia

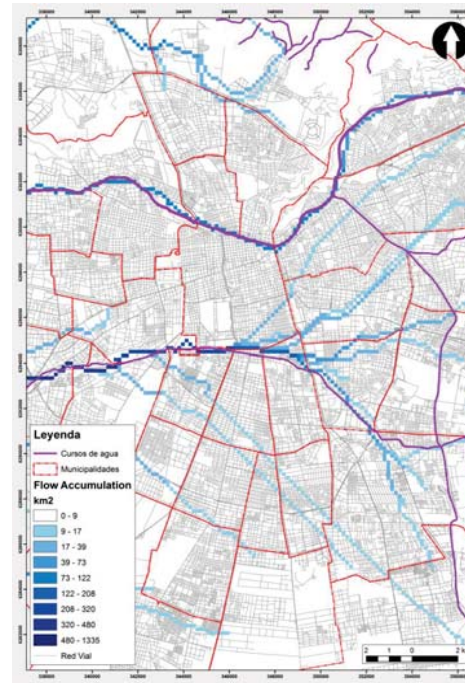


Fuente: Elaboración propia

¿Cuál es la relación espacial entre: superficies permeables e impermeables, las infraestructuras verdes y las zonas de acumulación de aguas lluvias?



Fuente: Elaboración propia



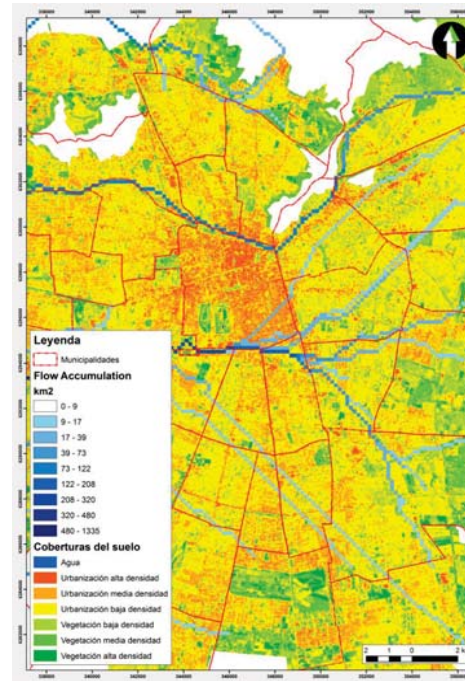
Fuente: Elaboración propia

Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

¿Cuál es la relación espacial entre: superficies permeables e impermeables, las infraestructuras verdes y las zonas de acumulación de aguas lluvias?

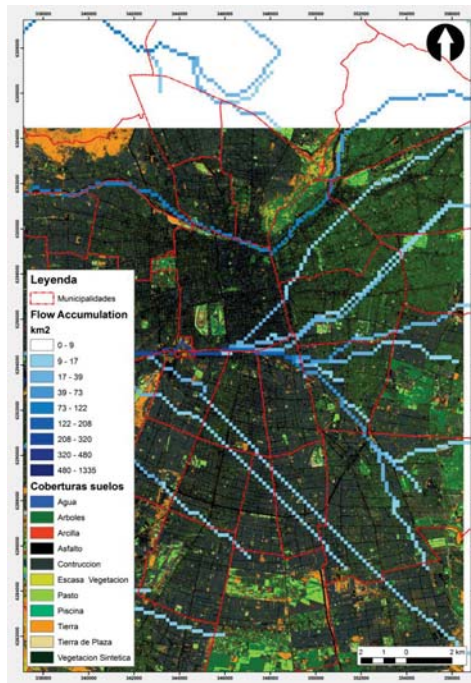


Fuente: Elaboración propia sobre áreas verdes (GORE-PULSO)



Fuente: Elaboración propia sobre datos Proyecto Vulnerabilidad y adaptación a la variabilidad y al cambio climático en la Cuenca del Río Maipo en Chile Central - Proyecto IDRC 107081-001.

¿Cuál es la relación espacial entre: superficies permeables e impermeables, las infraestructuras verdes y las zonas de acumulación de aguas lluvias?



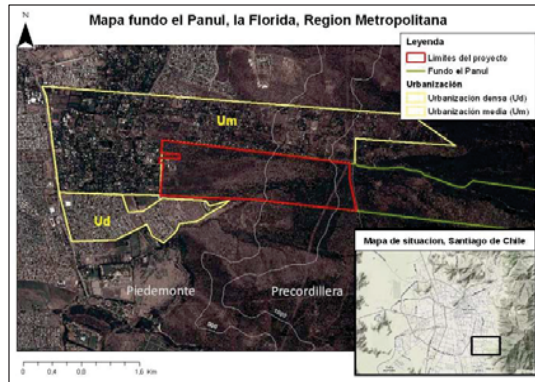
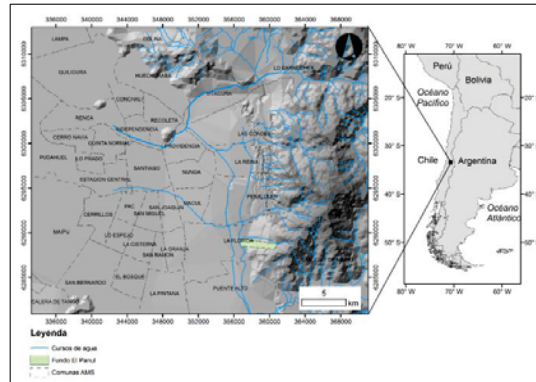
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia sobre áreas verdes (GORE-PULSO)

Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

¿Cómo cambia la escorrentía en un área precordillerana que se urbaniza?

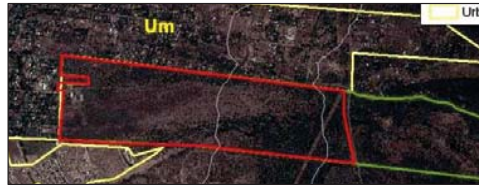


Fuente: Elaboración propia

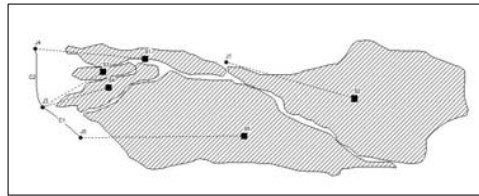
Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes



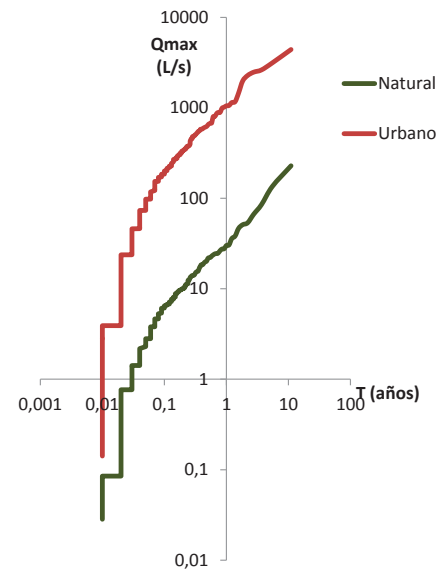
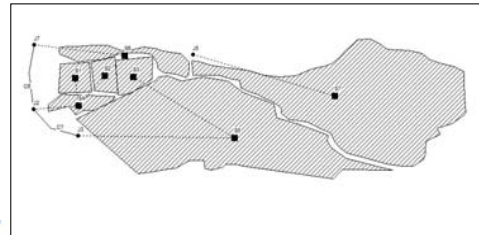
¿Cómo cambia la escorrentía en un área precordillerana que se urbaniza?



Estado natural



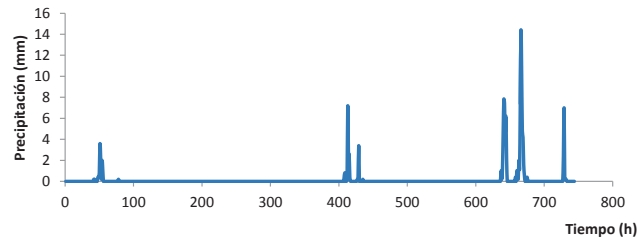
Estado urbano



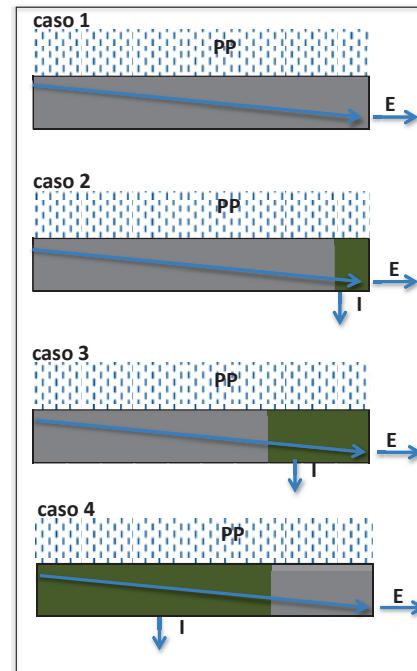
Fuente: Elaboración propia

¿Cómo varía el balance hídrico y escorrentía a escala local bajo distintas configuraciones urbanas? – Cuatro escenarios

- Variables fijas:
 - Superficie predio 50m²
 - Precipitaciones c/hora, mayo 2013: 125 mm totales
- Cuatro escenarios:
 - Hogar 100% impermeable
 - Hogar 90% impermeable, drena hacia área permeable
 - Hogar 70% impermeable, drena hacia área permeable
 - Hogar 70% permeable, drena sobre área impermeable

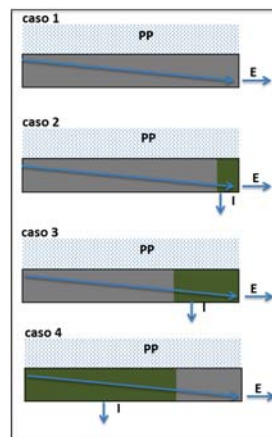


Fuente: Elaboración propia



Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

¿Cómo varía el balance hídrico y escorrentía a escala local bajo distintas configuraciones urbanas? – Cuatro escenarios

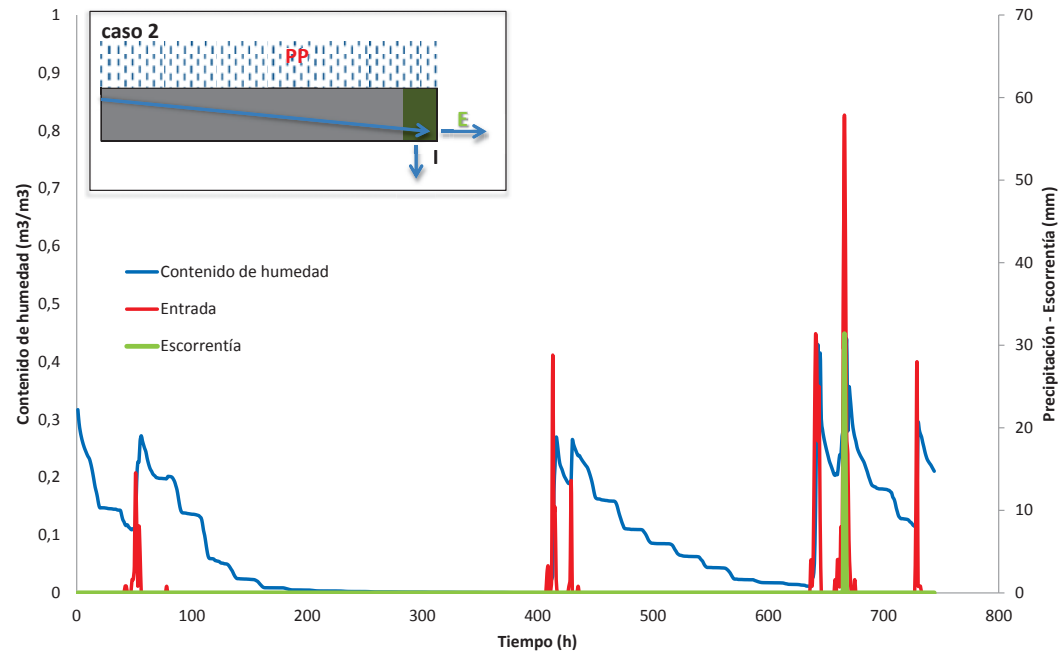


CASOS		Escorrentía [m³ (%)]	Infiltración [m³ (%)]
1	100% impermeable	6,24 (100%)	0 (0%)
2	90% impermeable 10% permeable	2,09 (33%)	4,09 (66%)
3	70% impermeable 30% permeable	0,42 (7%)	5,63 (90%)
4	70% techos verdes 30% impermeable	1,87 (30%)	4,07 (65%)

Fuente: Elaboración propia

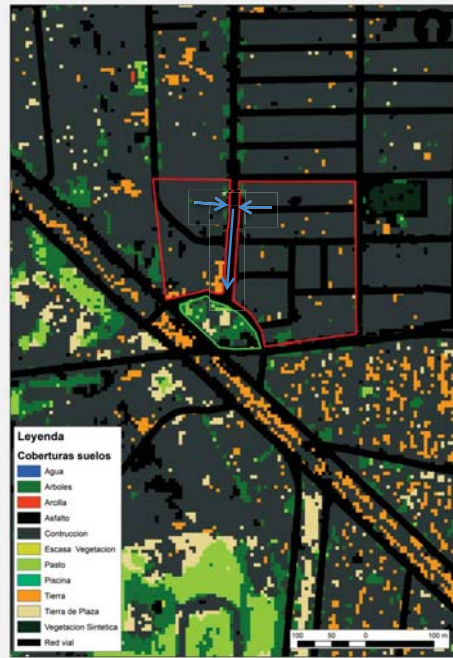
- Si un hogar tiene un 10% de su superficie permeable que recibe las aguas lluvias que drenan desde sus áreas impermeables, un 33% escurrirá a la calle.
- Y si un 30% es permeable, sólo un 7%
- Áreas permeables deben estar antes de que el agua drene a la calle

¿Cómo varía el balance hídrico y escorrentía a escala local bajo distintas configuraciones urbanas? – Cuatro escenarios

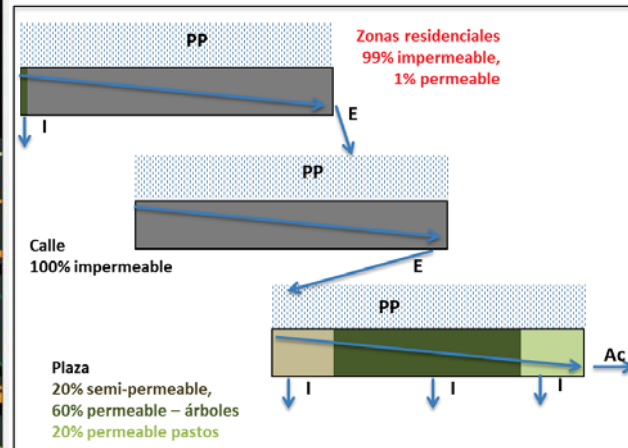


Coloquio CEDEUS: Gestión de aguas lluvias mediante áreas verdes

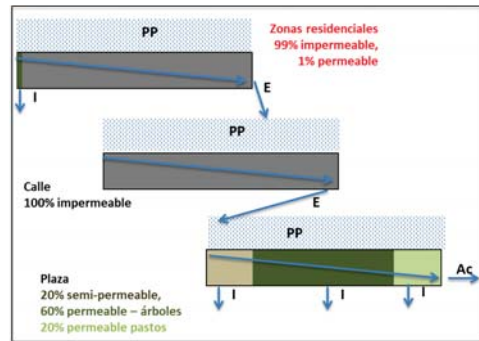
¿Cómo varía el balance hídrico y escorrentía a escala local bajo distintas configuraciones urbanas? – Caso Plaza Pedro de Valdivia



2 zonas residenciales drenan hacia la calle, la calle drena hacia una plaza



¿Cómo varía el balance hídrico y escorrentía a escala local bajo distintas configuraciones urbanas? – Caso Plaza Pedro de Valdivia



ZONAS	Área [m ²]	Entrada (PP+E') [m ³]	Salida (E) [m ³ (%)]	Infiltración (I) [m ³ (%)]
Zona residencial				
1 1% permeable 99% impermeable	21000	2617,87	2594,59 (99%)	23,28 (1%)
Zona residencial				
2 1% permeable 99% impermeable	44000	5485,07	5436,29 (99%)	48,78 (1%)
Calle				
3 100% permeable	4000	8530,08	8530,08 (100%)	0 (0%)
Plaza				
4 20% impermeable 60% zona árboles 20% pasto	5000	9095,57	3954,39 (43%)	5141,17 (57%)

- De toda el agua que precipita sobre un área residencial con un 1% permeable y que fluye por el agua a una plaza,

el 57% logra infiltrarse en el mes y un volumen de agua aprox. 4000 m³ debe acumularse e infiltrarse.

- Para acumular ese volumen en 4000m² de plaza (80%), se requieren 1m máximo de profundidad y 32 horas para infiltrarse completamente

Recomendaciones, alternativas de diseño

Infraestructuras verdes:

- ampliamente distribuidas en el territorio
- diversas
- receptoras de caudales

Diseño:

- obras bajo áreas verdes (ej. subterráneos)
- localización de superficies permeables/impermeables

Multi-funcionalidad y escala

- Local: infiltración
- Barrio: acumulación
- Cauces: garantizar lecho de inundación

Herramienta económica:

- Cobro por manejo de aguas lluvias para estimular infiltración
- Superficies permeables:
 - Pasto
 - Otras superficies herbáceas/arbustivas
 - Huertos urbanos
 - Jardines
 - Ripios – arena
 - Cubiertas permeables
 - Dependen de la multifuncionalidad planeada
- Criterio: favorecer superficies permeables, mantenerlas y combinar alternativas





- Las infraestructuras verdes contribuyen a la gestión de las aguas lluvias, a la vez que provee otros servicios (i.e. son multifuncionales), contribuyendo a la sustentabilidad urbana.
- Las infraestructuras verdes aportan con soluciones locales y parciales a diversos problemas urbano-ambientales.
- Para un uso efectivo de las áreas verdes como infraestructuras de drenaje urbano que infiltran y acumulan aguas lluvias, ¿cuáles son las oportunidades, limitantes y potencialidades a nivel físico, social, normativo, financiero y de gobernanza?



Gracias por la atención

Agradecimientos:
CONICYT/FONDAP/15110020
Thibaud Dubrule
Josefina Herrera