



CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS

Cerrito 1250 (C1010AAZ) Buenos Aires, Argentina.

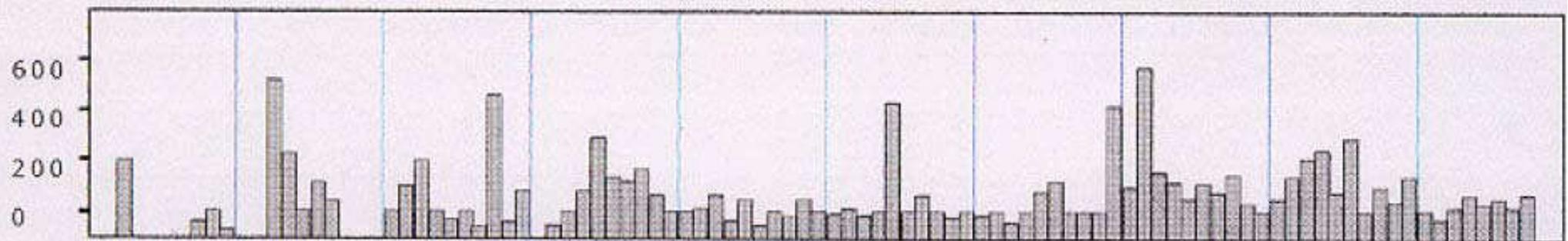
Tel.: (54-11) 4811 4133 www.cai.org

INUNDACIONES EN AREAS URBANAS

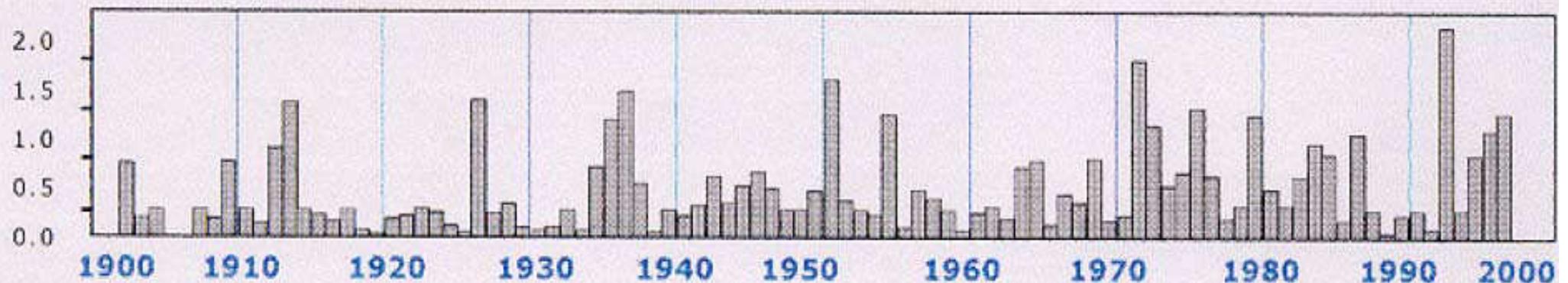


- Evolución de los daños económicos y en pérdidas de vida debido a inundaciones en los Estados Unidos

Número de víctimas



Daños en 10^{10} dólares



ANTECEDENTES , ORIGENES Y FACTORES COMUNES



POMPEYA



MACHU PICHU



MEXICO



LAS INUNDACIONES Y SUS CAUSAS

NATURALES

CLIMATICAS

- * *PRECIPITACIONES – SUDESTADAS - MAREAS*
- * *CRECIDA DE LOS NIVELES DE LOS RIOS*

GEOLOGICAS

- * *BAJAS PENDIENTES REGIONALES*
- * *PLANICIES ALUVIALES AMPLIAS*
- * *RED DE DRENAJE INSUFICIENTE*
- * *NAPA FREATICA ALTA*

ANTROPICAS

- *IMPERMEABILIZACION POR URBANIZACION .*
- *ELIMINACION DE LA COBERTURA VEGETAL .*
- *CAMBIO EN EL USO DEL SUELO .*
- *RECTIFICACION DE LOS CAUCES FLUVIALES .*
- *OBSTRUCCION DEL FLUJO EN RUTAS , AUTOPISTAS , FFCC*
- *MANTENIMIENTO DEFICIENTE DE LOS DRENAJES URBANOS .*

- ***MUCHAS VECES , LOS CASOS REALES SON UNA COMBINACION DE ESTOS***

ORIGEN DEL PROBLEMA



Figura 3 – Núcleos Urbanos con más de 10 millones de habitantes

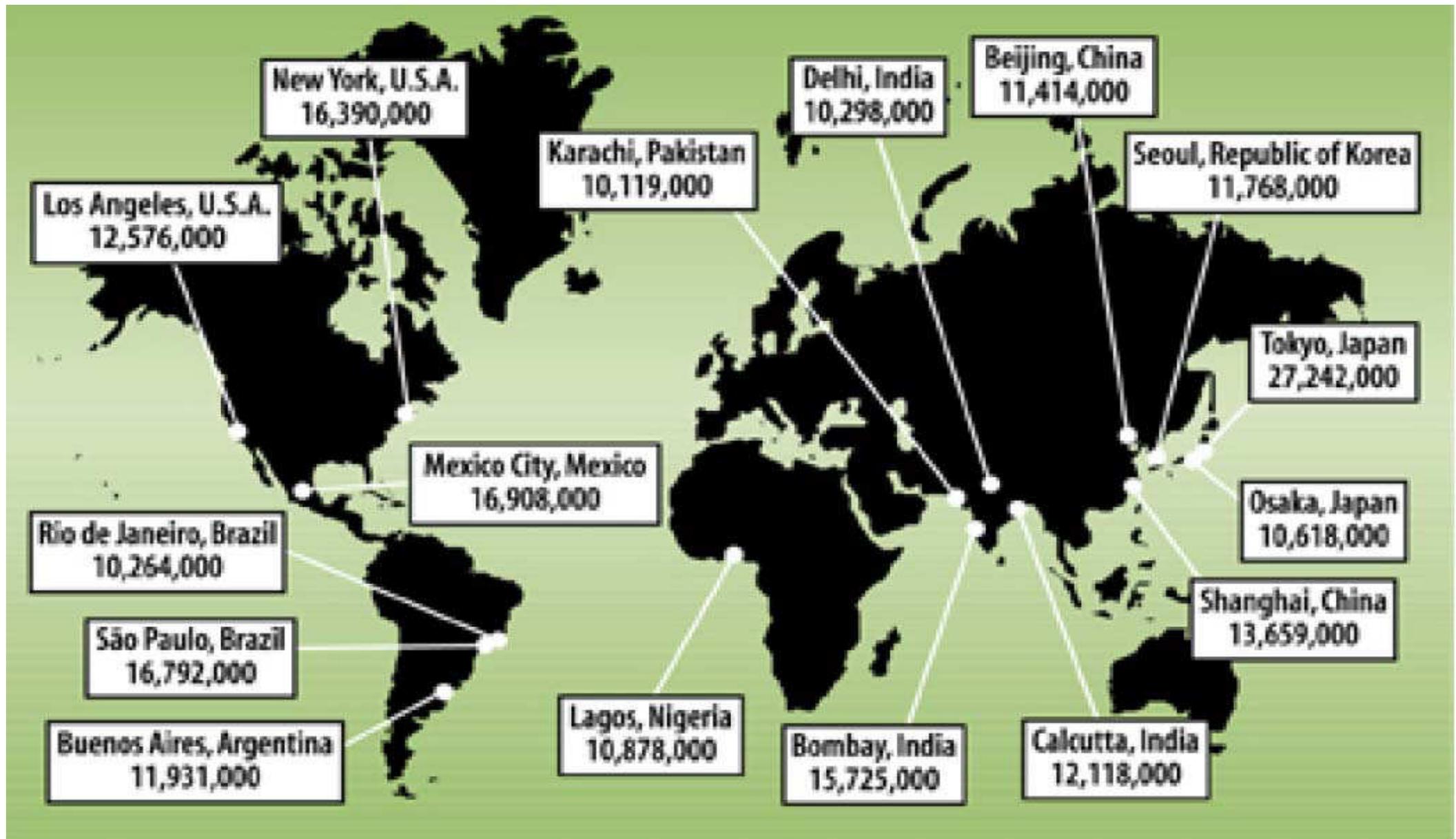


Gráfico 1 - Población Urbana en Países en Desarrollo

Urban Population in Developing Countries by City Size Class, 1975-2015 (UN, 1995)

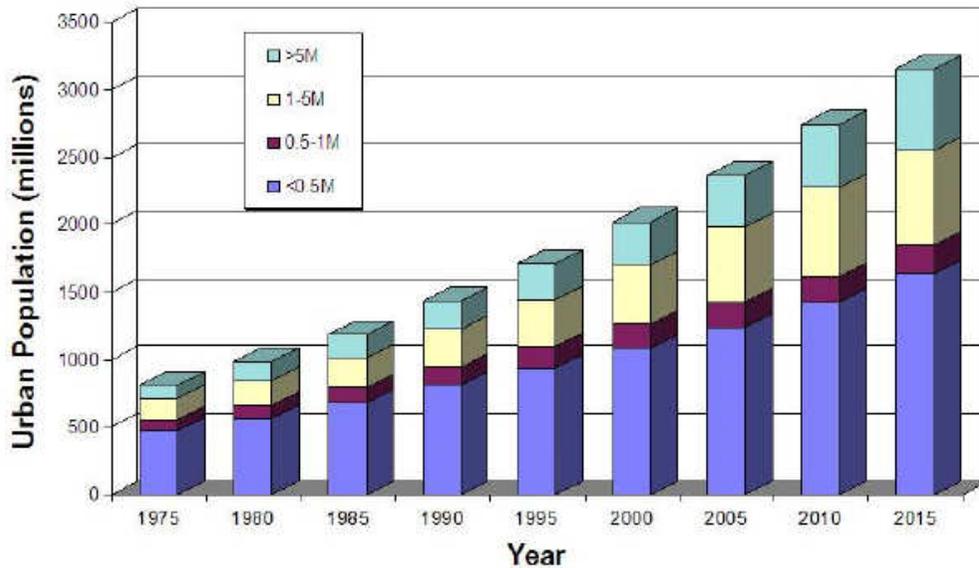


Gráfico 2 - Número de Ciudades Grandes en Países en desarrollo

Number of Large Cities in Developing Countries by City Size Class, 1975-2015 (UN, 1995)

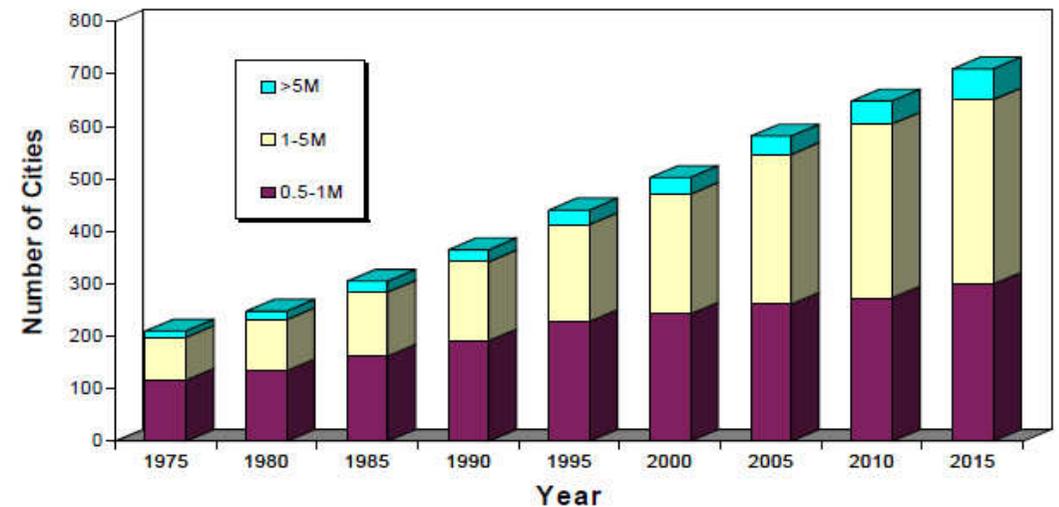
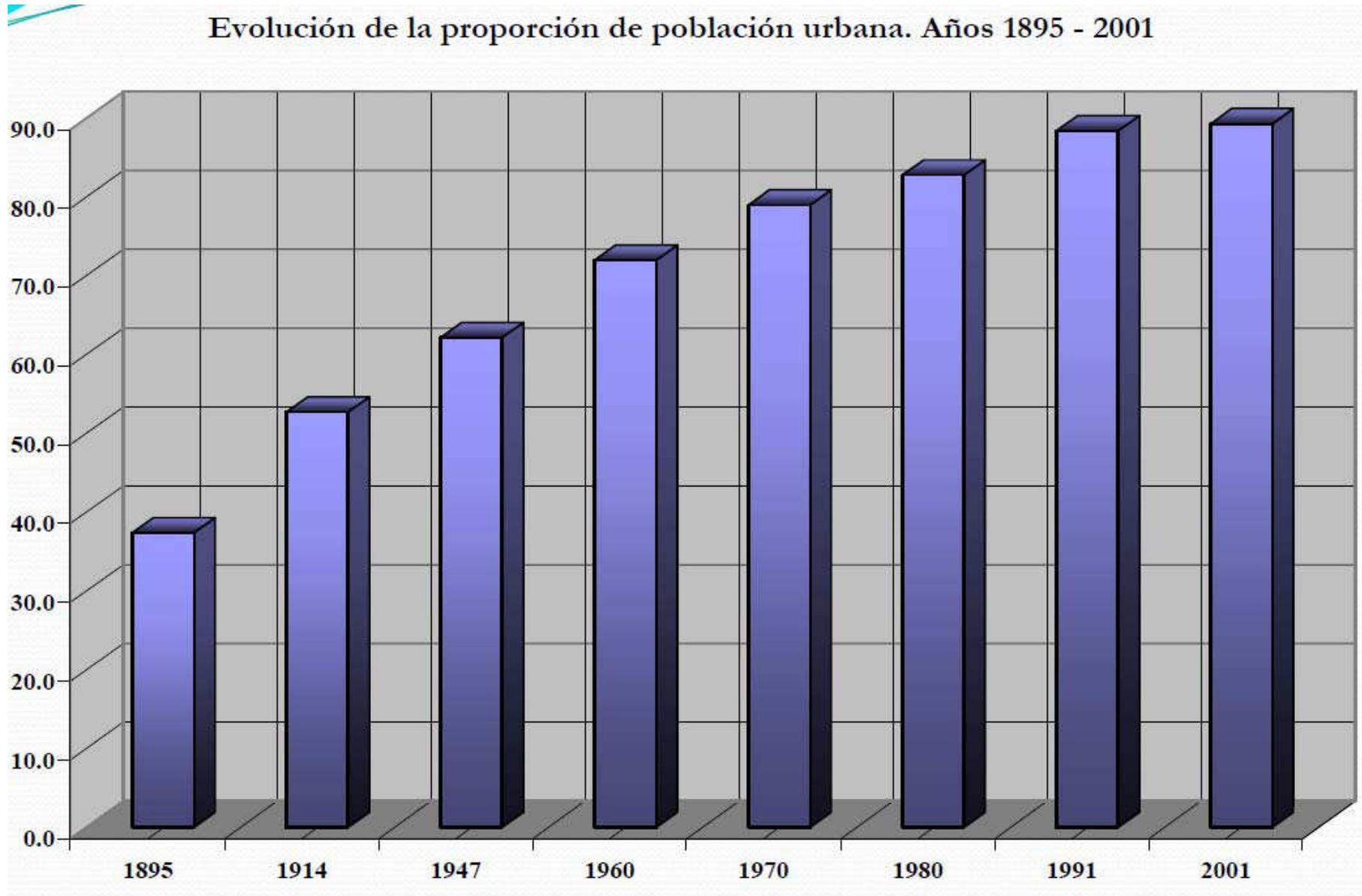
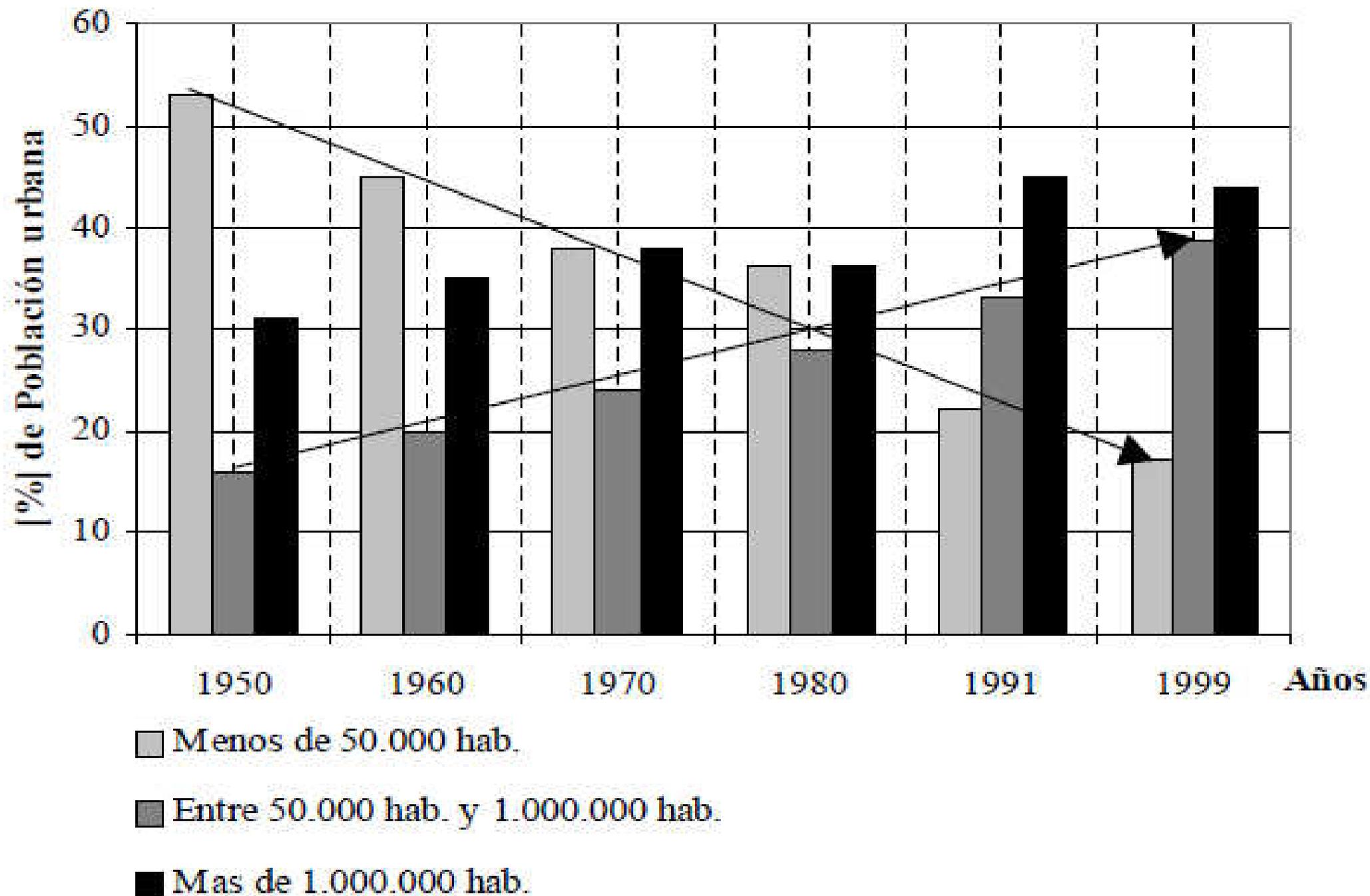


Gráfico 3 - Evolución de la proporción de población Urbana 1985-2001



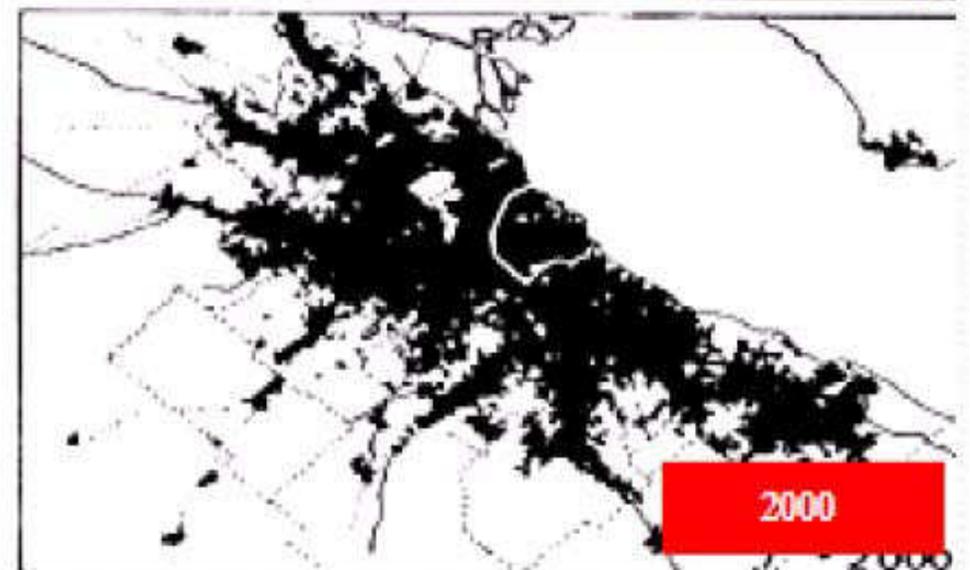
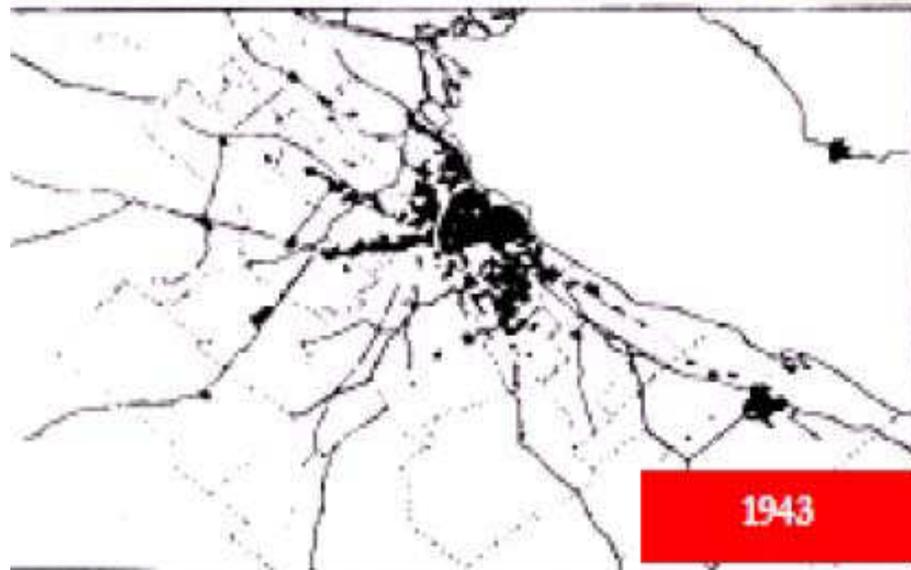
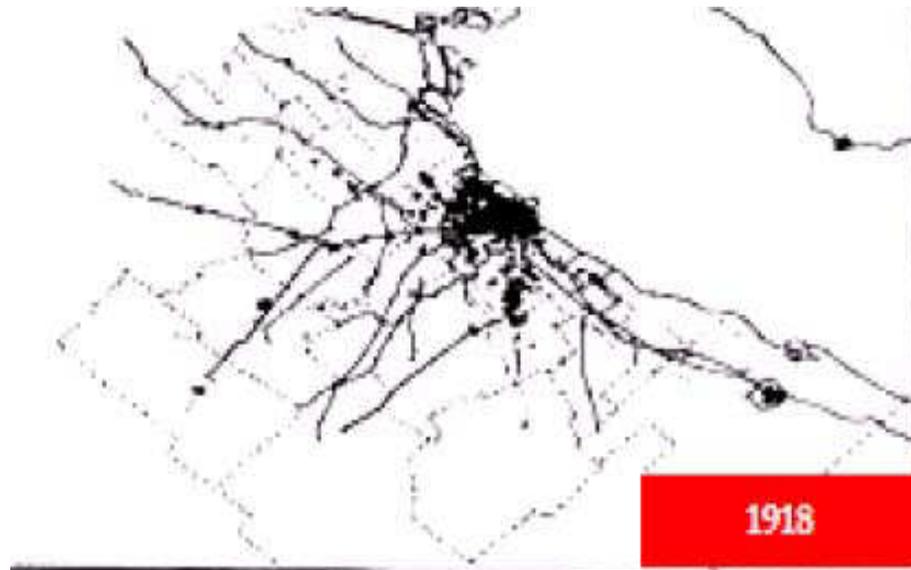
Distribución de población por tamaño de ciudad



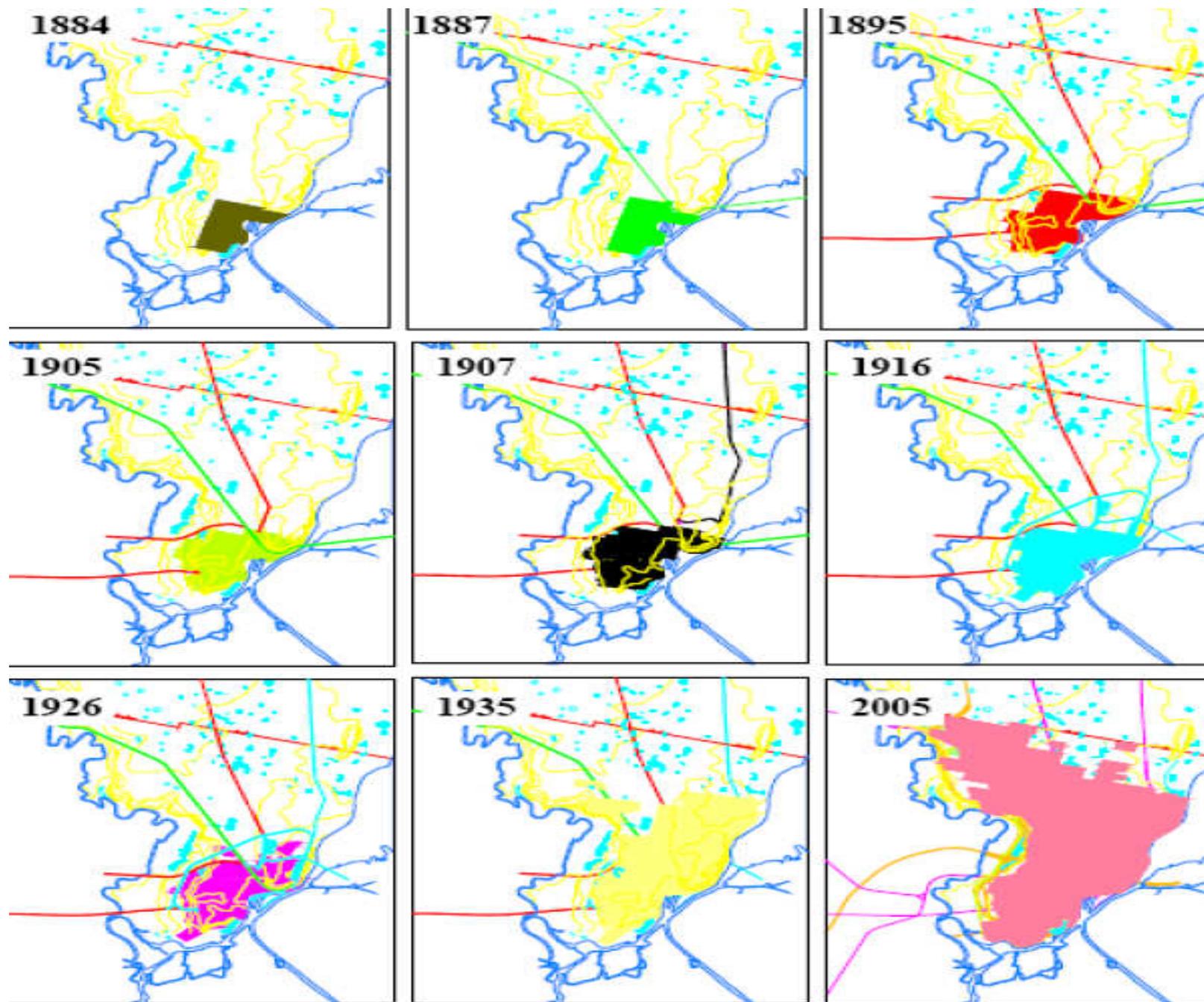
Megacities with more than 10 million people

1975	2003	2015
Tokyo, Japan (26.6)	Tokyo, Japan (35.0)	Tokyo, Japan (36.2)
New York, USA (15.9)	Mexico City, Mexico (18.7)	Mumbai, India (22.6)
Shanghai, China (11.4)	New York, USA (18.3)	Delhi, India (20.9)
Mexico City, Mexico (10.7)	Sao Paulo, Brazil (17.9)	Mexico City, Mexico (20.6)
	Mumbai, India (17.4)	Sao Paulo, Brazil (20.0)
	Delhi, India (14.1)	New York, USA (19.7)
	Calcutta, India (13.8)	Dhaka, Bangladesh (17.9)
	7° Buenos Aires, Argentina (13.0)	Jakarta, Indonesia (17.5)
	Shanghai, China (12.8)	Lagos, Nigeria (17.0)
	Jakarta, Indonesia (12.3)	Calcutta, India (16.8)
	Los Angeles, USA (12.0)	12° Karachi, Pakistan (16.2)
	Dhaka, Bangladesh (11.6)	12° Buenos Aires, Argentina (14.6)
	Osaka-Kobe, Japan (11.2)	Cairo, Egypt (13.1)
	Rio de Janeiro, Brazil (11.2)	Los Angeles, USA (12.9)
	Karachi, Pakistan (11.1)	Shanghai, China (12.7)
	Beijing, China (10.8)	Metro Manila, Philippines (12.6)
	Cairo, Egypt (10.8)	Rio de Janeiro, Brazil (12.4)
	Moscow, Russian Federation (10.5)	Osaka-Kobe, Japan (11.4)
	Metro Manila, Philippines (10.5)	Istanbul, Turkey (11.3)
	Lagos, Nigeria (10.1)	Beijing, China (11.1)
		Moscow, Russian Federation (10.9)
		Paris, France (10.0)

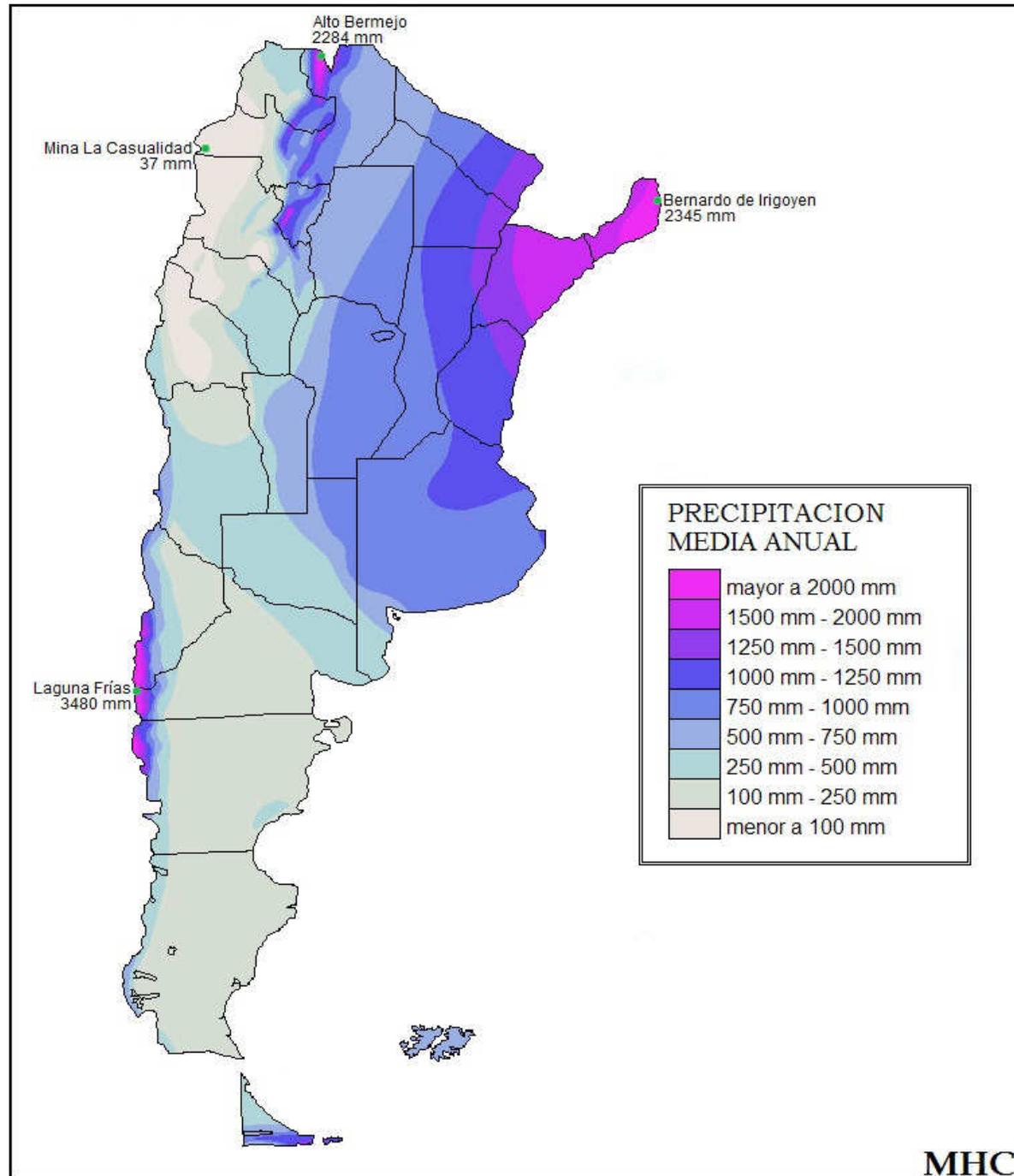
EVOLUCION POBLACION BUENOS AIRES



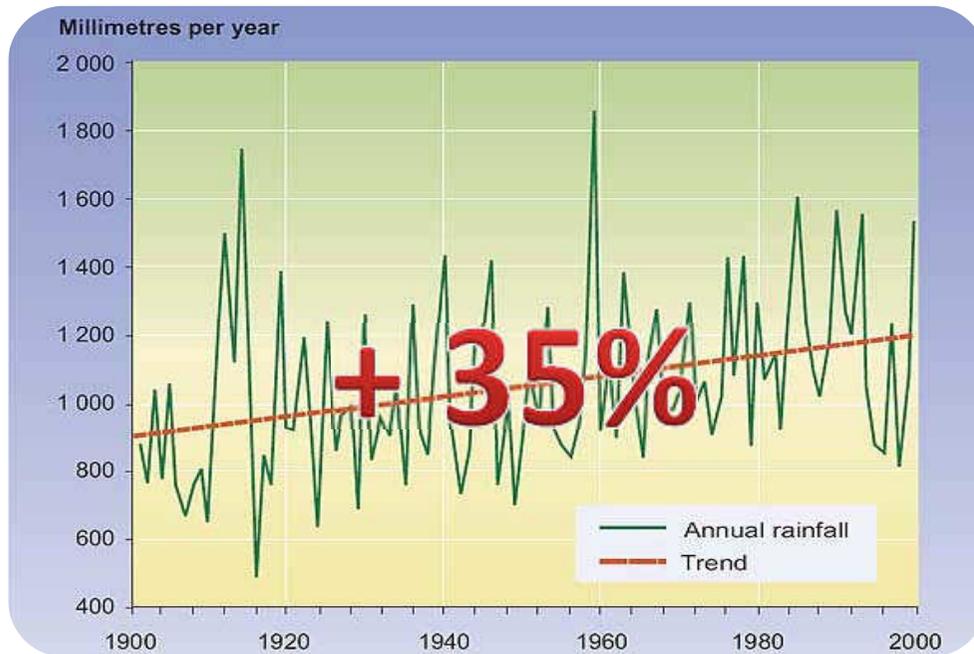
EVOLUCION POBLACION SANTA FE



LLUVIAS



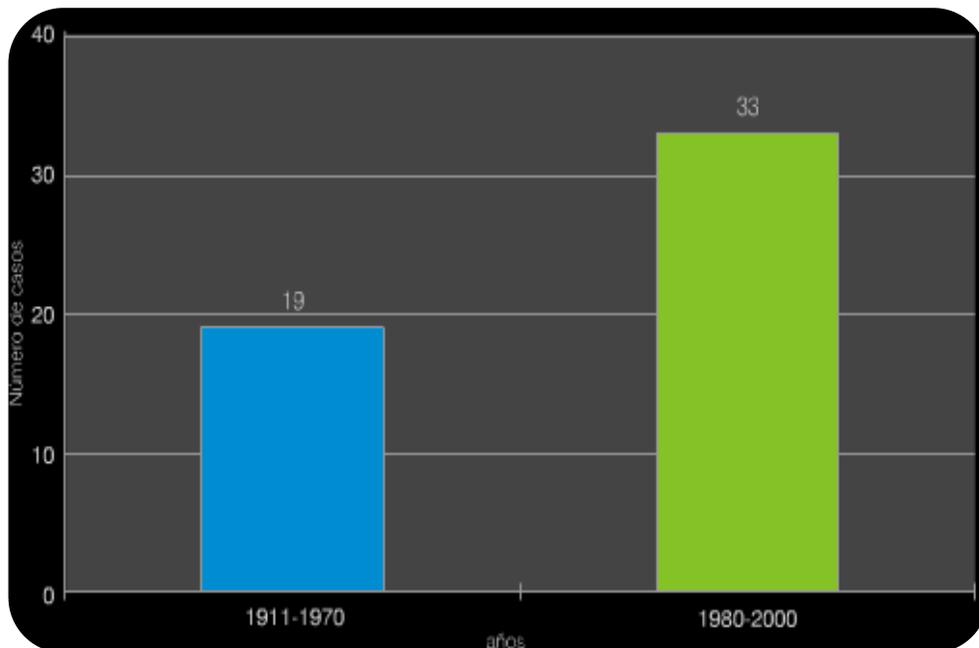
TENDENCIA 1900 - 2000



CAMBIO RÉGIMEN DE LLUVIAS

Ciudad de Buenos Aires

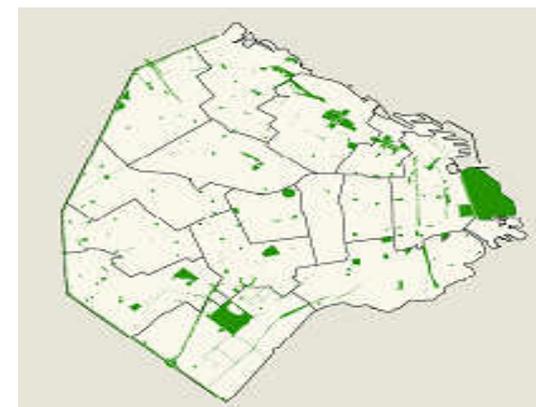
- Crecimiento de un 35% en el promedio de mm caídos entre los años 1900 y 2000
- El número de eventos superiores a los 100 mm/día pasó de un total de 19 entre los años 1911 a 1970 (0,38 eventos/año), a 33 entre 1980 y 2000 (1,65 eventos/año).
- Si agregamos el período de años 2000 – 2013, el número se incrementa a más de 40 eventos.



ESPACIOS VERDES EN BUENOS AIRES

Ciudad	Parques y plazas m ² /hab.	Ciudad	Parques y plazas m ² /hab.
Curitiba	52,0	Paris	11,5
Bruselas	29,3	Chicago	10,7
Róterdam	28,3	Zurich	10,3
La Haya	27,7	Santiago de Chile	10,0
Ámsterdam	27,5	Córdoba	8,0
New York	23,1	Rosario	7,6
Viena	19,8	Barcelona	5,6
Varsovia	18,0	San Pablo	5,2
Filadelfia	15,0	Ciudad de México	3,5
Singapur	17,0	Río de Janeiro	3,5
Seúl	14,7	Tokio	3,0
Madrid	14,0	Buenos Aires	1,8

- La Ciudad de Buenos Aires cuenta con unas 600 hectáreas de espacios verdes parqueizados.
- De 7 m² de espacios verdes públicos parqueizados por habitante en 1904, llegamos a fin de siglo con 1,8 m² por habitante (disminución del 75%)

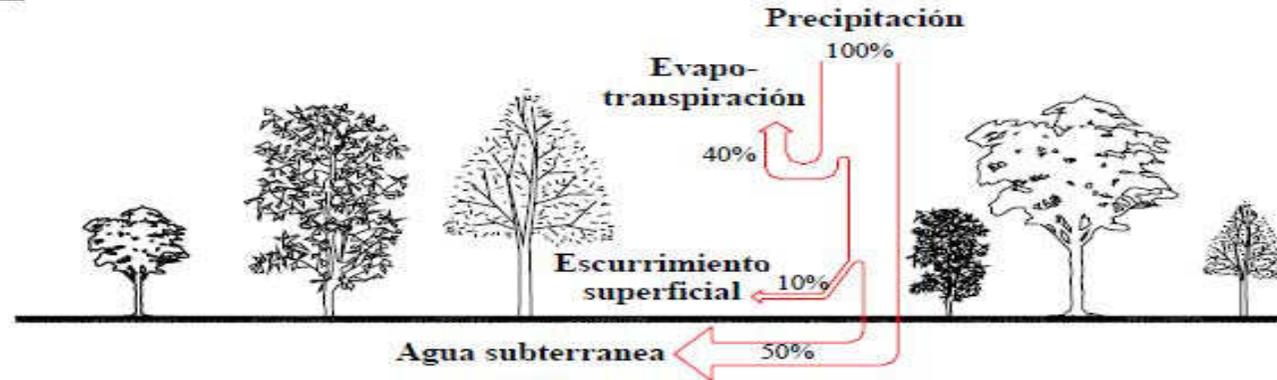


(*) Por fuera de este registro, el surgimiento de la Reserva Ecológica Costanera Sur aportó un nuevo tipo de espacio verde aprox. 1 m² por habitante al dato ya consignado

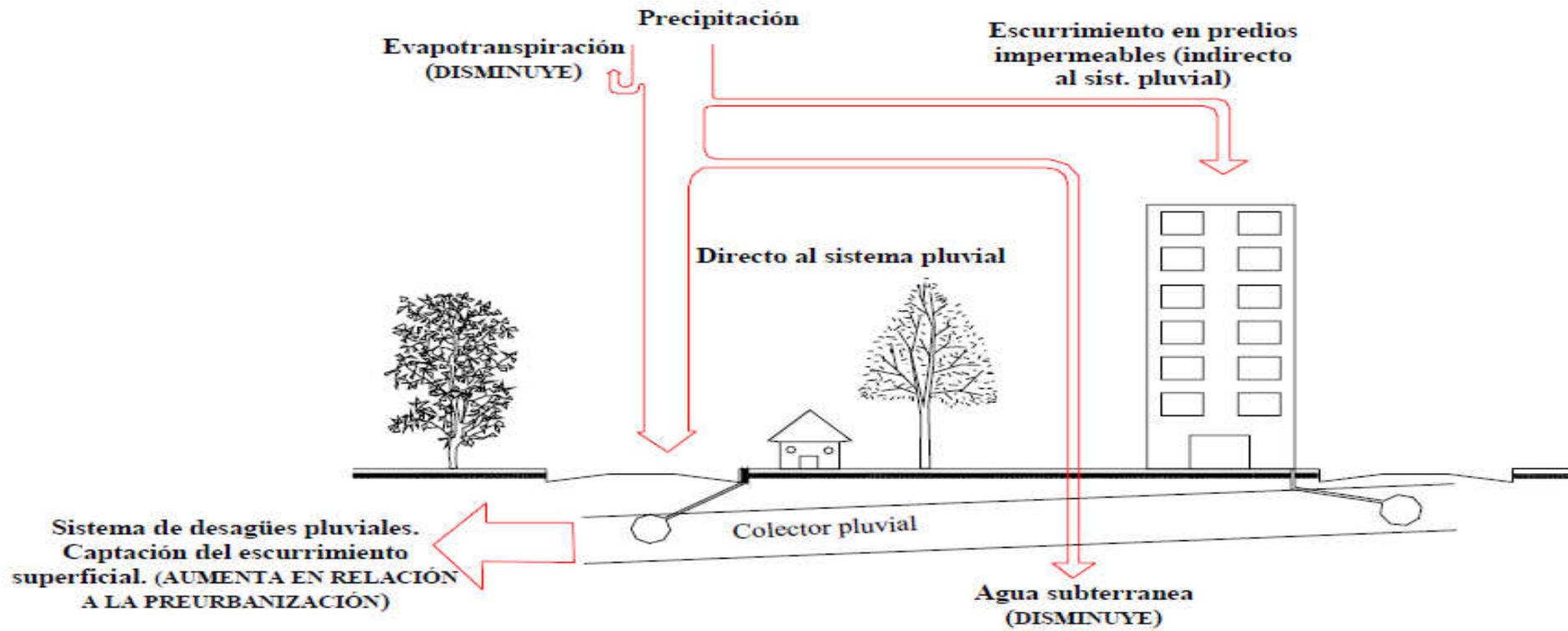


EQUILIBRIO VERTICAL DE LOS VOLUMENES

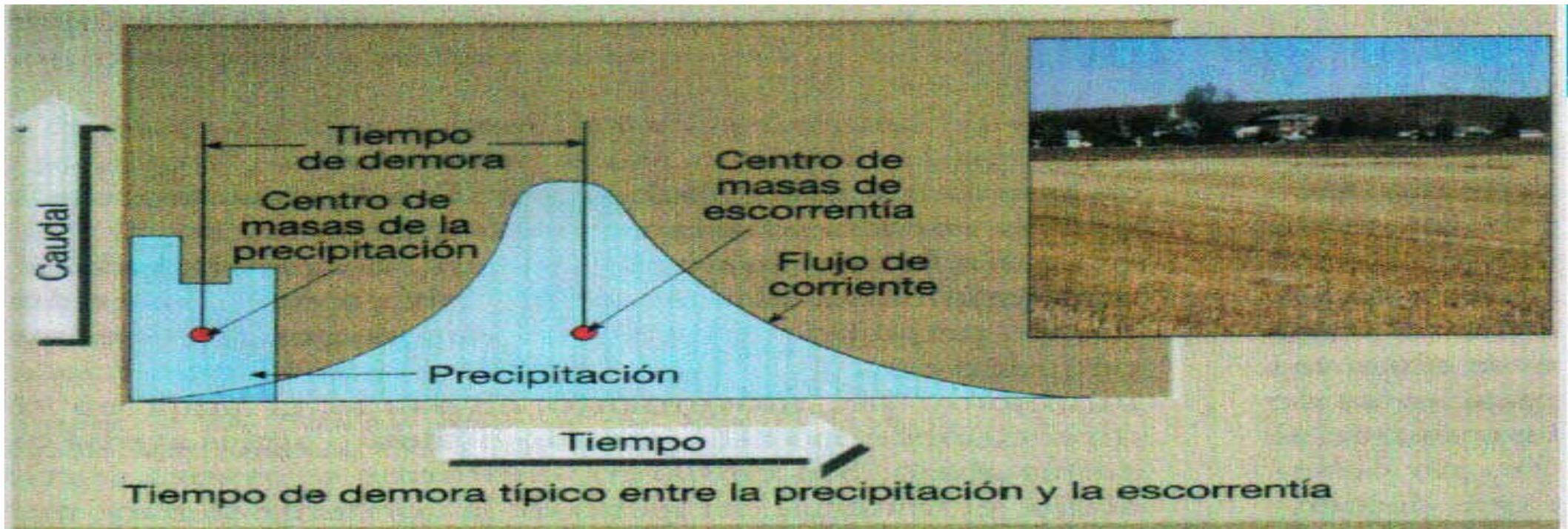
Pre urbanización



Urbanizado



MODIFICACION DE LOS HIDROGRAMAS



- 0,1 ha de área rural se convierte en urbana per cápita de incremento en la población
- Cuando la densidad aumenta de 0,4 hab/ha a 50 hab/ha, en promedio, el T_p se reduce 10 veces y el volumen de escurrimiento se incrementa 10 veces
- Cuando la impermeabilidad pasa de 0% a 40%, en promedio, el T_p se reduce a la mitad y el $Q_{m\acute{a}x}$ se incrementa en 90%

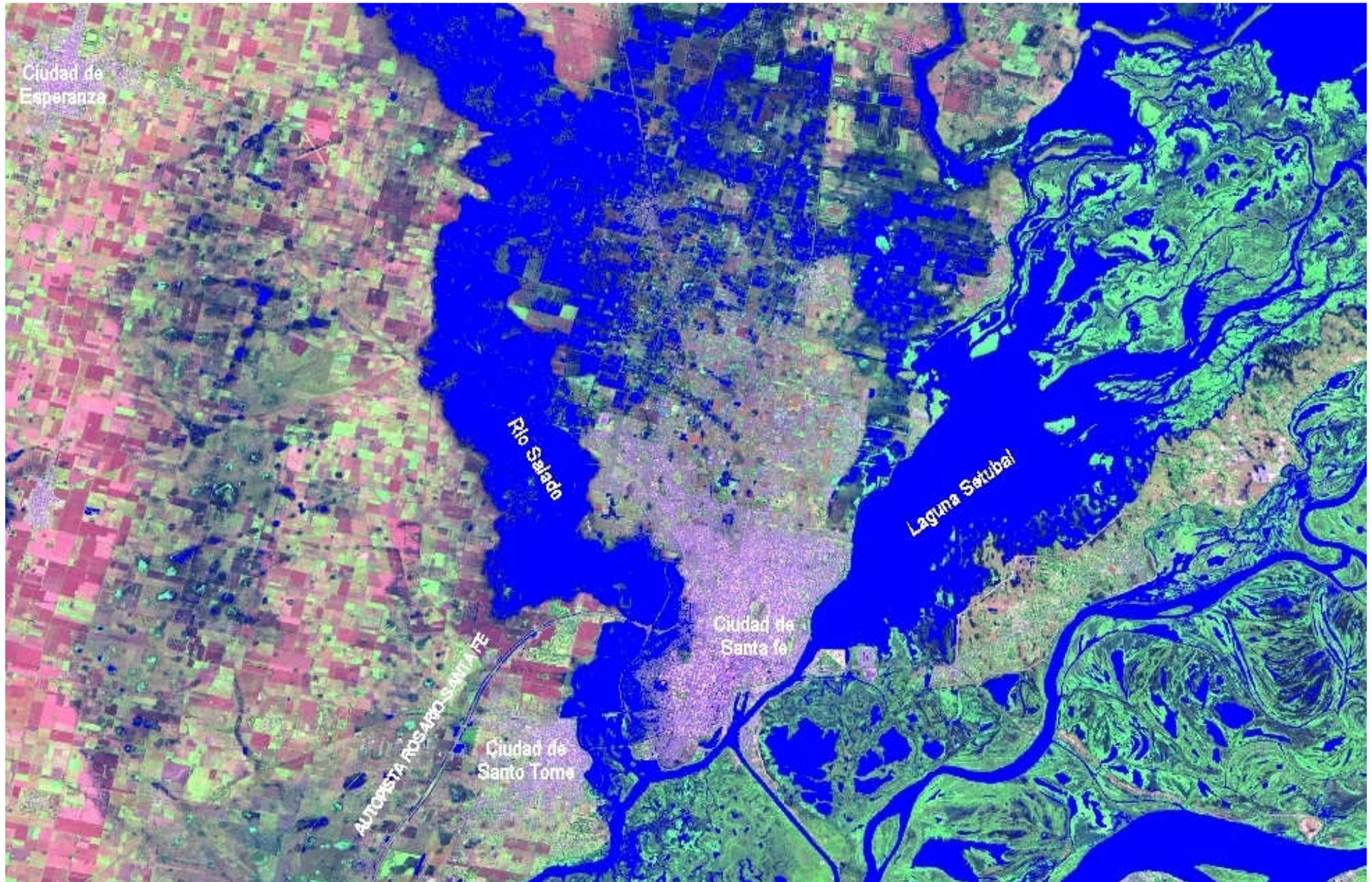
BUENOS AIRES



SANTA FE - 2003



SANTA FE - MAYO 2003



CORDOBA



JUNIN 2001 - 2002



TARTAGAL



TRELEW 1998



SAN ANTONIO DE ARECO 2015



LA PLATA 2013



LUJAN 2015



SALTO 2015



LOBOS 2015



TUCUMAN



CHINA



ECUADOR



PERU



EEUU



INDIA



RIESGOS GEOLOGICOS



TIPOS DE INUNDACION



Tipo de inundaciones urbanas

Drenaje mayor

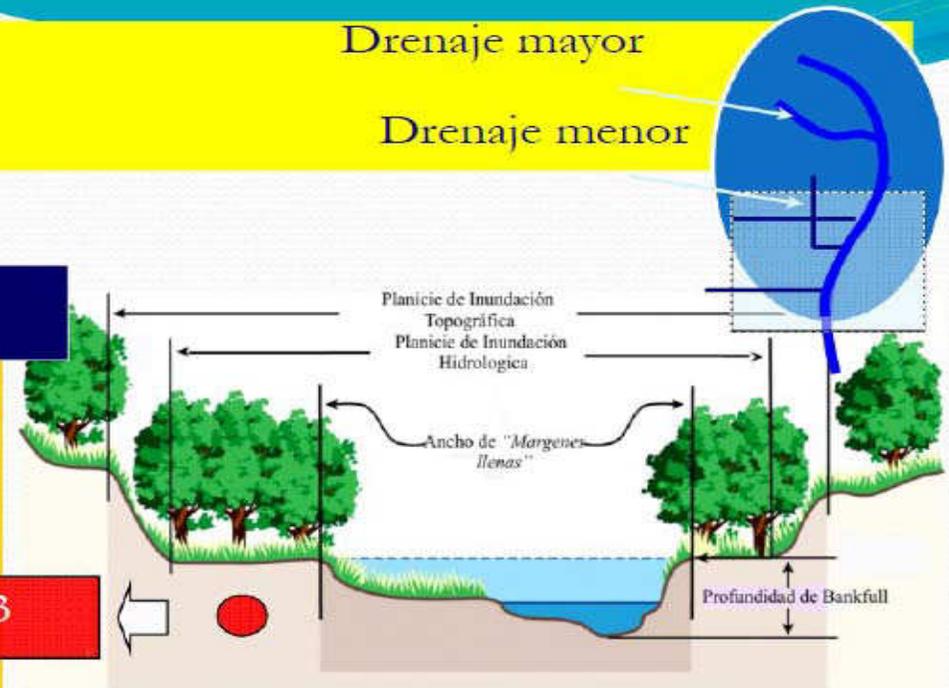
Drenaje menor

Macro drenaje: fluviales

- Secuencia de años secos
- Falta de legislación municipal
- Ocupación por población de baja renta

Ribereñas

Santa Fe, 2003



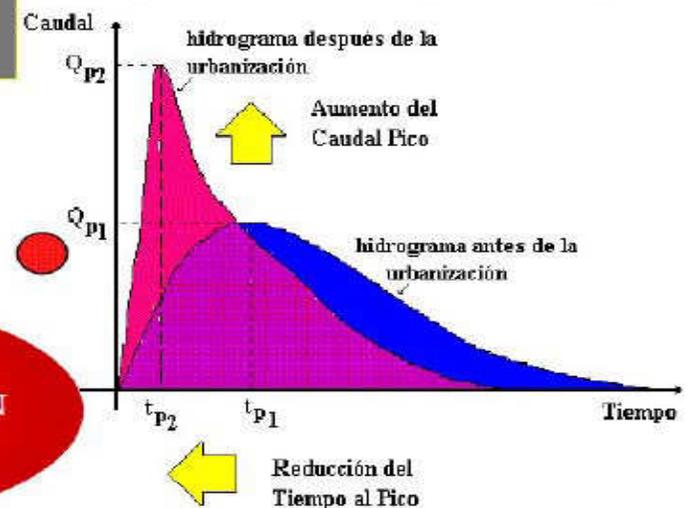
Micro drenaje: locales

- Concepto sanitarista
- Falta de integralidad de análisis
- Interferencias
- Desechos sólidos

Crecimiento urbano

Santa Fe, 2007

IMPERMEABILIZACION





Proceso de Urbanización. Impacto sobre el Drenaje

Tendencias Típicas

Expansión urbana (desde aguas abajo hacia a. arriba)

Urbanizaciones en áreas inundables

Canalizaciones en sectores críticos

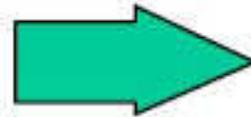
Urbanización no planificada conduce a:

- ocupación desorganizada del suelo;
- incremento de áreas impermeables;
- necesidad creciente de sistemas de drenaje de mayor envergadura;
- aumento de la frecuencia de inundaciones

DILEMA DEL USO DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN

ACTIVIDAD HUMANA

Crecimiento de: ciudades, transportes, actividad económica, etc.

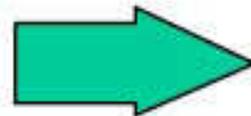


INUNDACIONES

Daños, pérdidas económicas, humanas, etc.

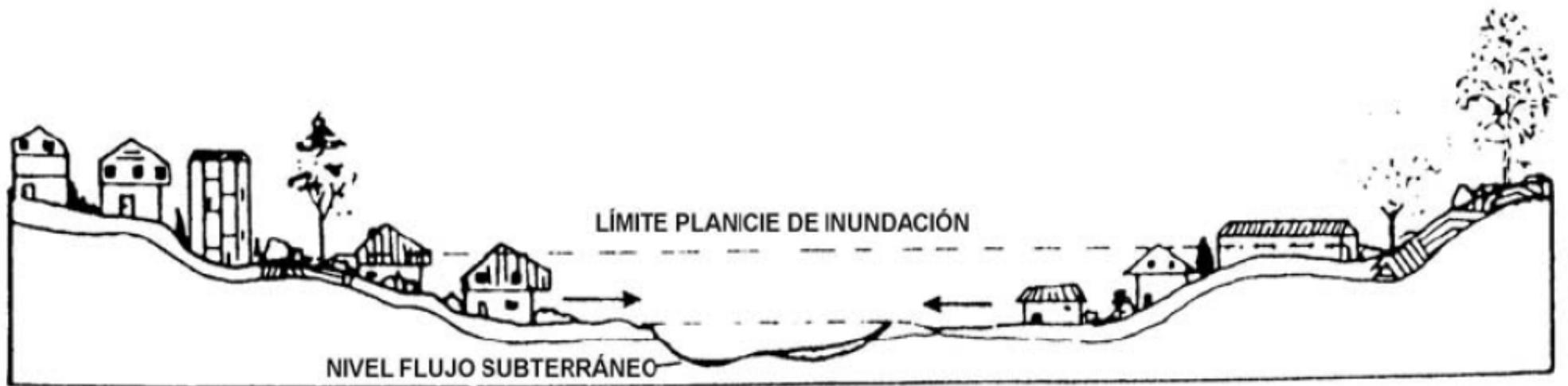
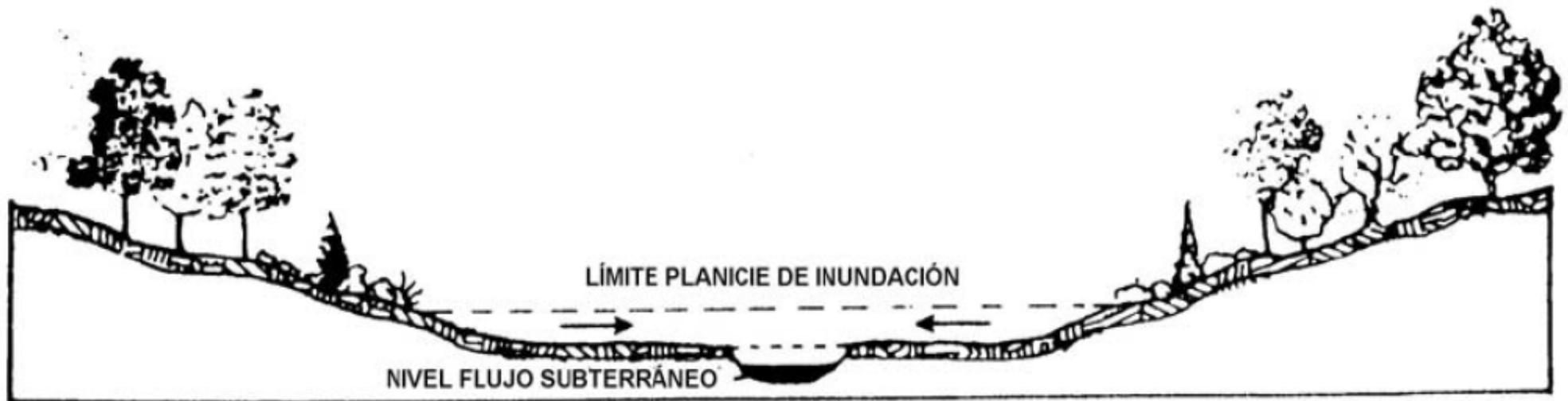
RESPUESTA CONVENCIONAL

Terraplenes y/o recintos



RESULTADO

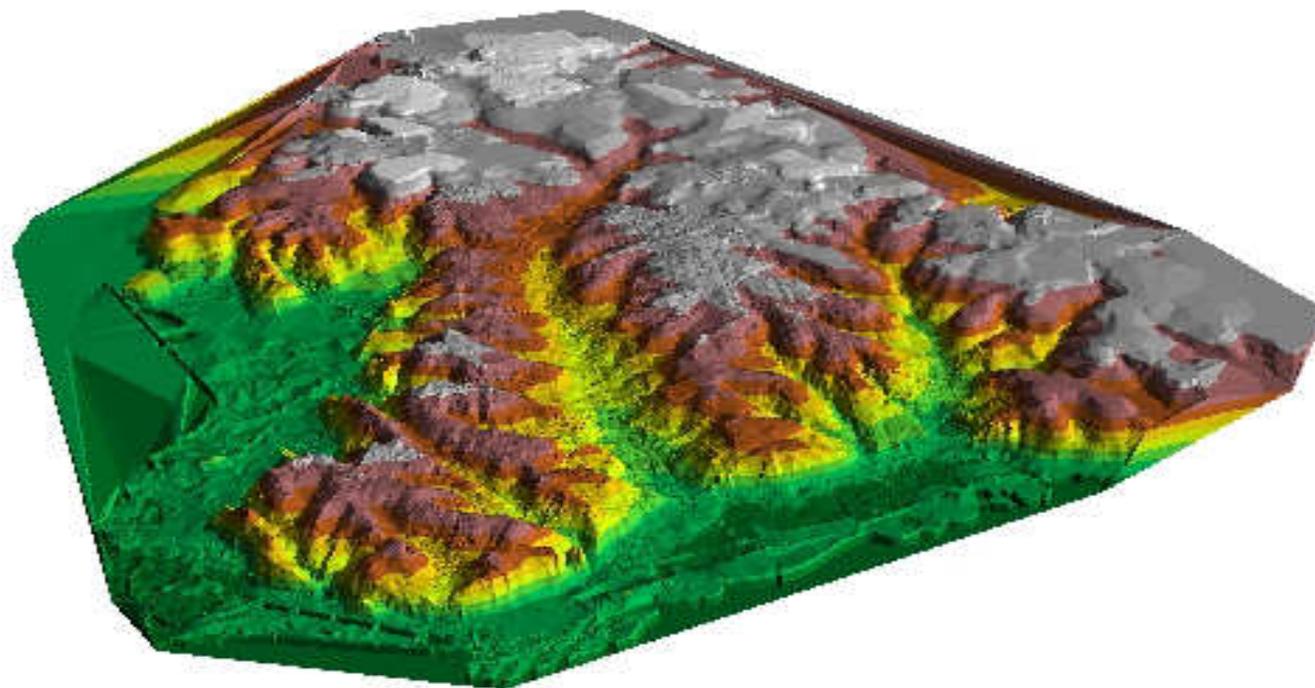




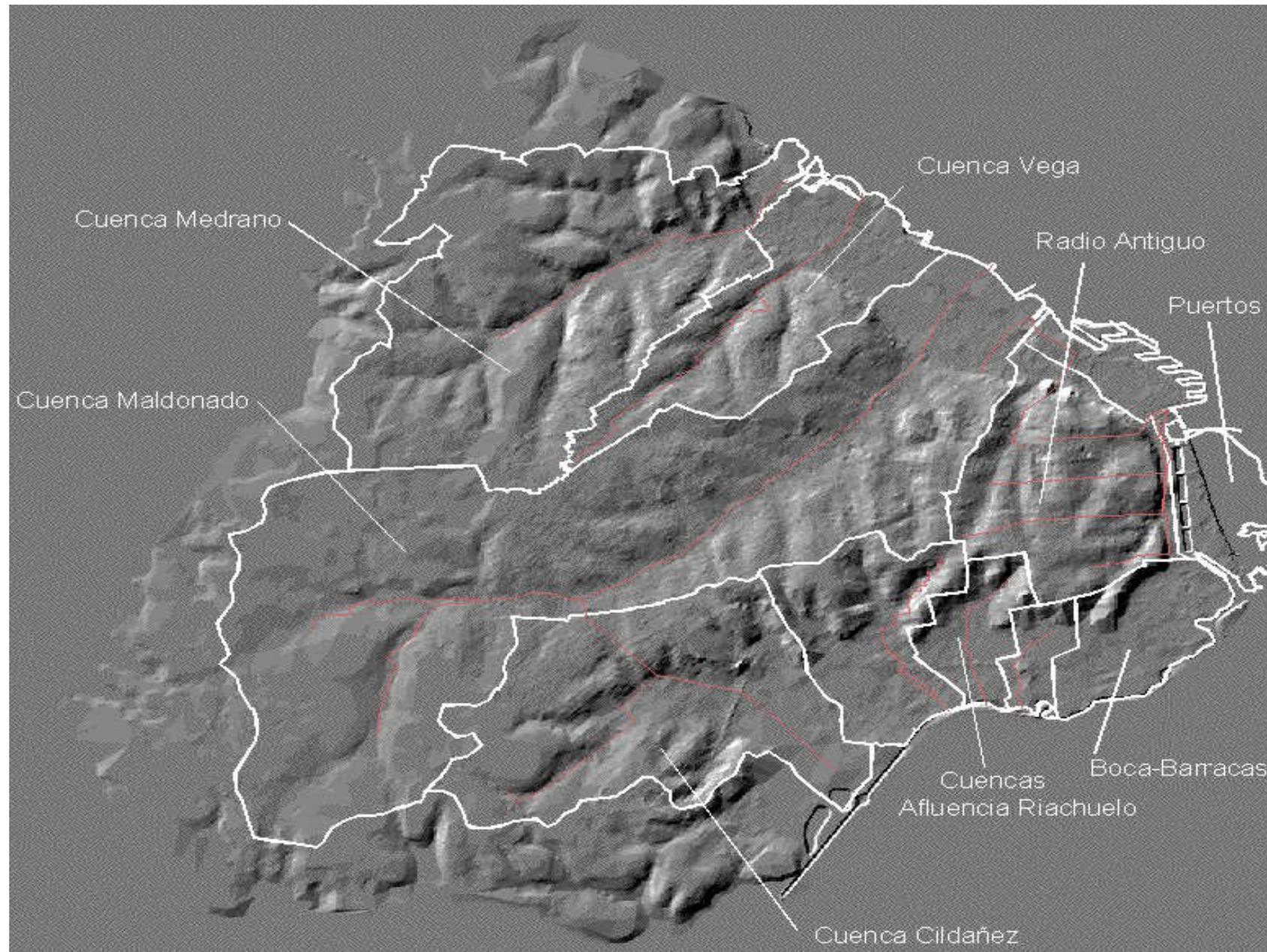
CORTE ESQUEMATICO DEL VALLE ALUVIAL



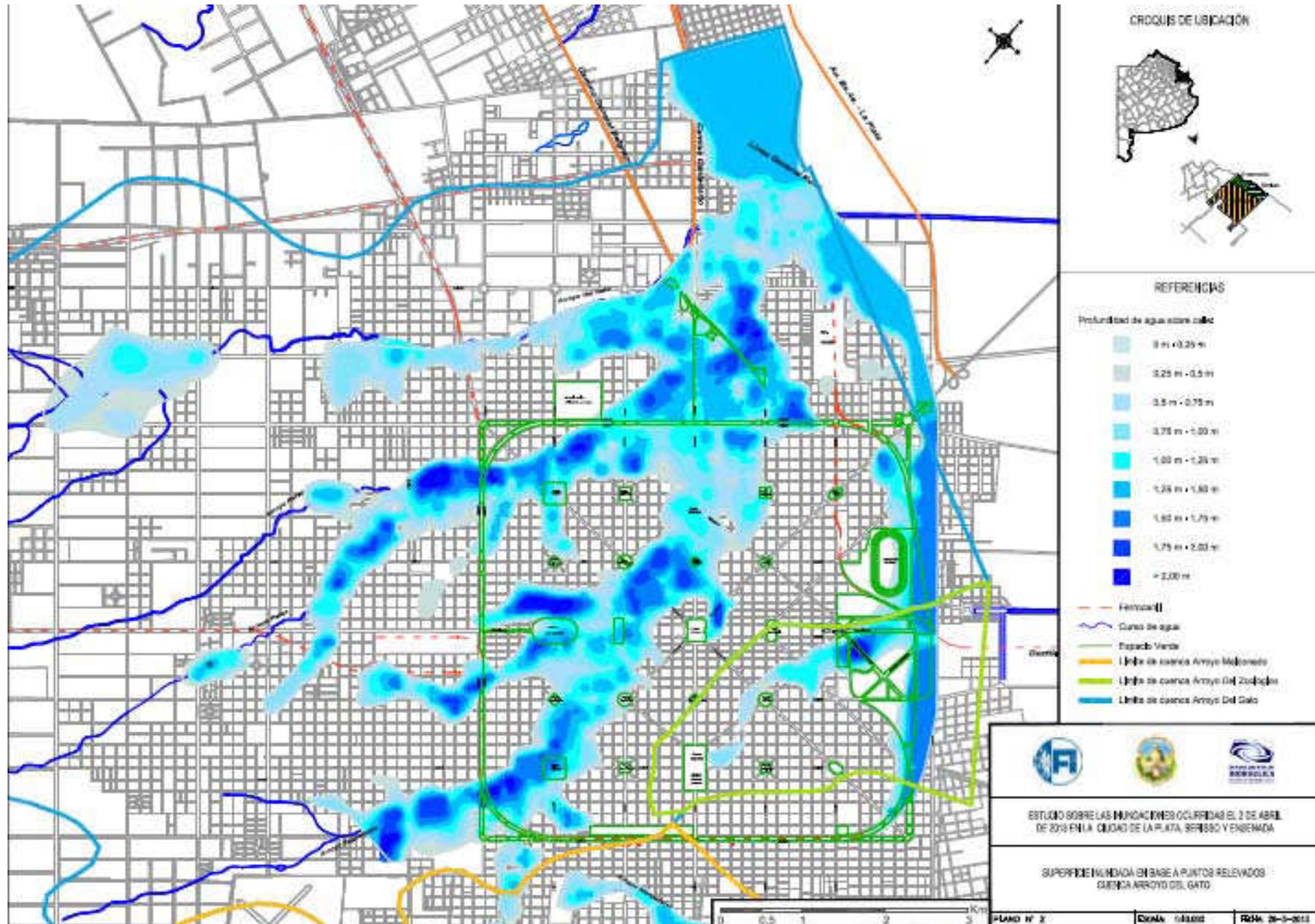
BUENOS AIRES – MDT



BUENOS AIRES

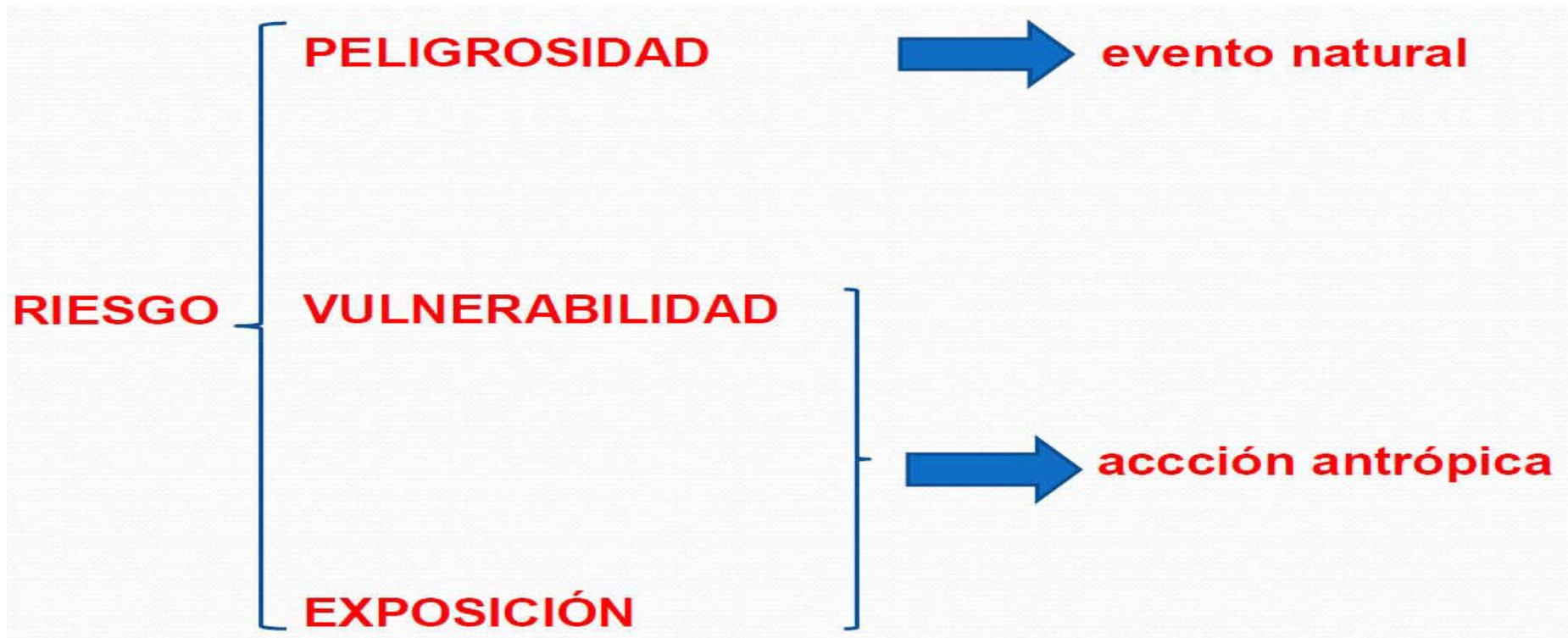


LA PLATA – h



Buenos Aires – h.V





RIESGO = AMENAZA X VULNERABILIDAD / RESILIENCIA – CAPACIDAD DE ADAPTACION

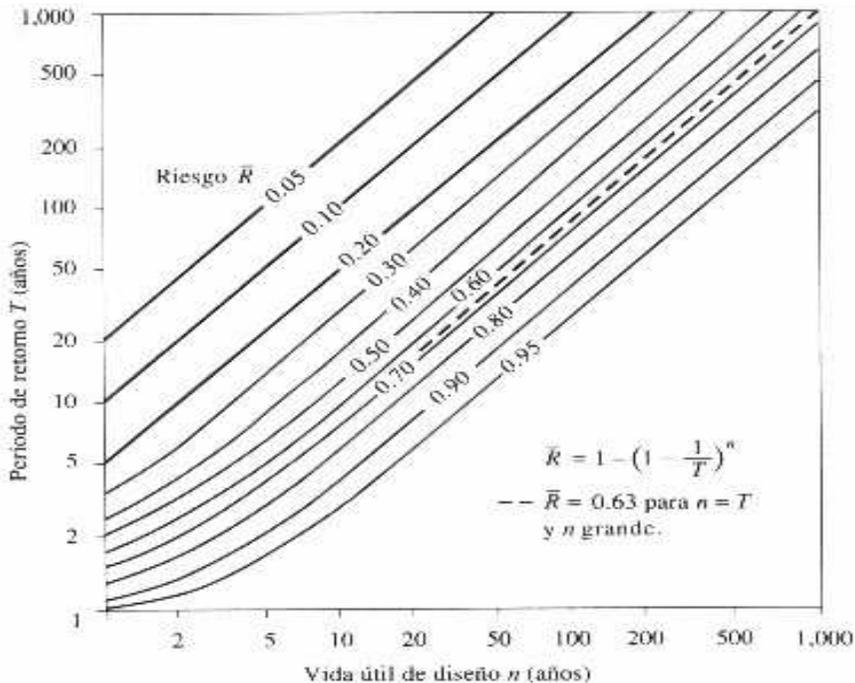
RIESGO

- **RIESGO HIDROLÓGICO NATURAL**

$$\bar{R} = 1 - [1 - P(X \geq X_T)]^n$$

$$\bar{R} = 1 - \left[1 - \frac{1}{T}\right]^n$$

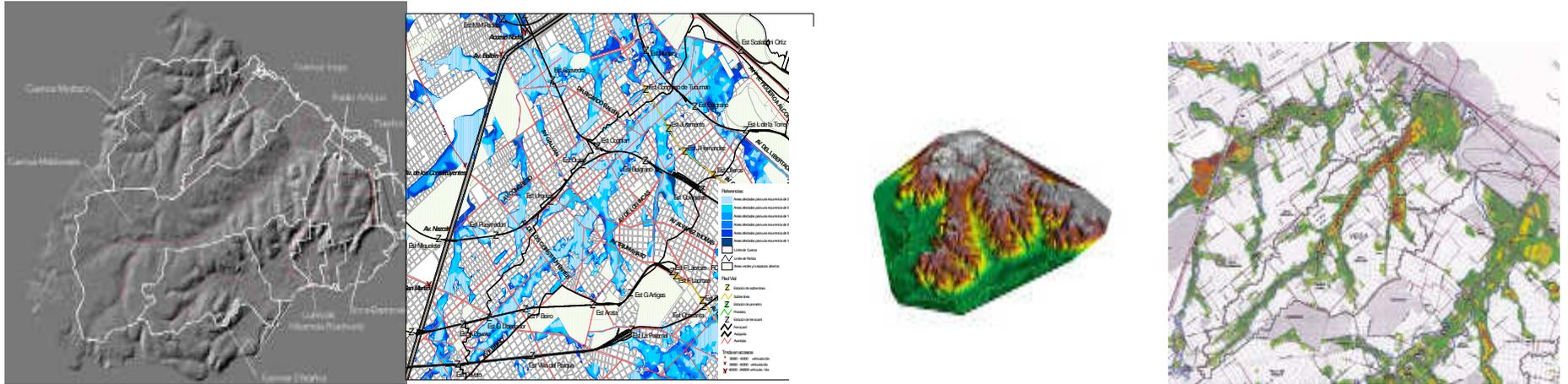
- Siendo
- T = Período de retorno
- n = Vida útil de la obra
- R: representa la probabilidad de que un evento X mayor o igual a X_T ocurra por lo menos una vez en “n” años .



	T					
	1	5	10	100	500	1000
n						
1	1.00000	0.20000	0.10000	0.01000	0.00200	0.00100
5	1.00000	0.67232	0.40951	0.04901	0.00996	0.00499
10	1.00000	0.89263	0.65132	0.09562	0.01982	0.00996
20	1.00000	0.98847	0.87842	0.18209	0.03925	0.01981
50	1.00000	0.99999	0.99485	0.39499	0.09525	0.04879
100	1.00000	1.00000	0.99997	0.63397	0.18143	0.09521
200	1.00000	1.00000	1.00000	0.86602	0.32995	0.18135
500	1.00000	1.00000	1.00000	0.99343	1.00000	0.39362

FIGURA 13.2.1
Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.

MODELIZACION HIDRAULICA

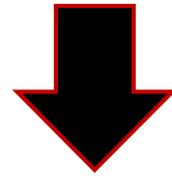


- **LA MODELIZACION HIDRAULICA**

- En la actualidad contamos con interesantes y variadas herramientas de modelización hidologica e hidraulica , que nos permiten simular los diferentes escenarios de la cuenca hidrográfica para adoptar en base a ellas , las mejores decisiones para mitigar los problemas .
- En base a estas podremos comprobar el funcionamiento del sistema con diferentes tipos de tormentas , con o sin el agregado de obras , comprobar la eficiencia de las mismas y obtener los parámetros de tirantes y velocidades en calles , cuando este fuera el caso .
- En las figuras de arriba , observamos las cuencas de la capital federal y la simulación de un escenario , incluyendo las manchas de agua que se producen en los distintos sectores afectados y los valores de tirante por velocidad ($h \cdot V$) .
- Habitualmente , se desconoce que cuando estas variables multiplicadas , superan el valor 1, existe Riesgo que una persona pueda ser arrastrada por la corriente , o sea tenemos riesgo de vida .

ENFOQUE ACTUAL





- El Agua es un problema de TODOS !!
- No me lo puedo “ SACAR DE ENCIMA “
- Las Obras Públicas no resuelven TODO



NECESIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS FUERTES DE
MANEJO DE AGUAS URBANAS

IMPACTO CERO

Nuevas Edificaciones

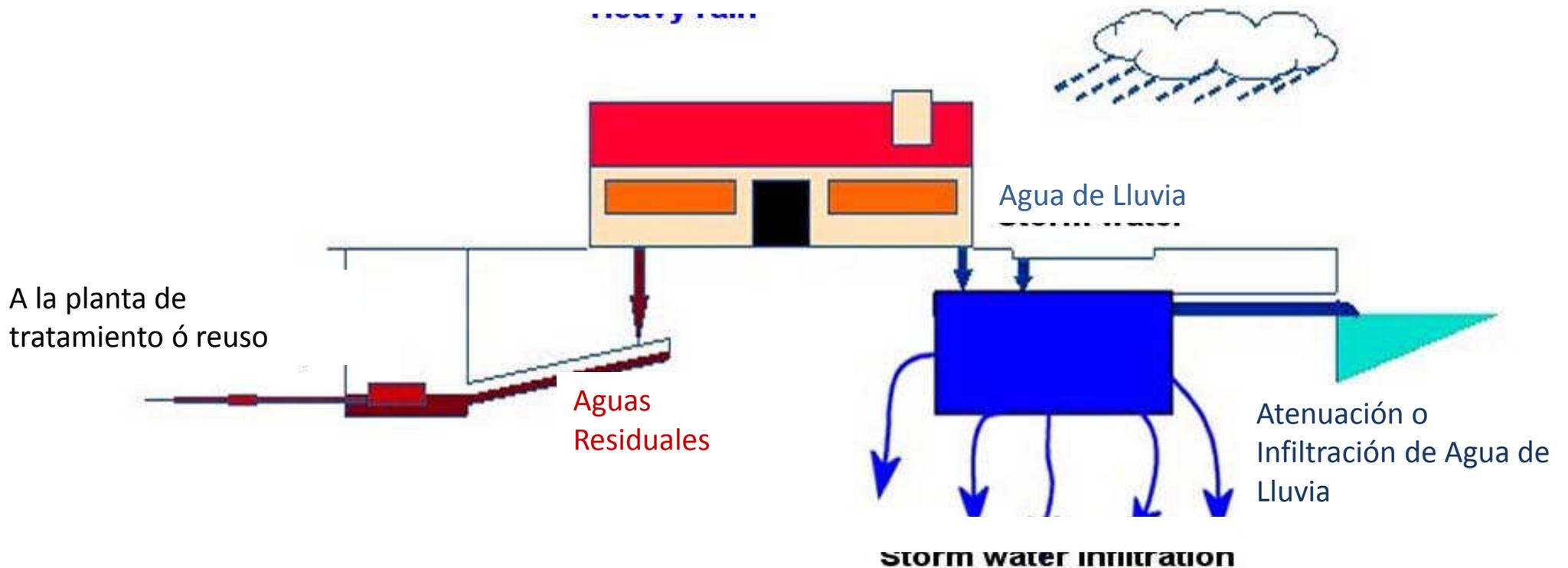
Impermeabilización de
Superficies

Aumento Población por m2

Almacenamiento de agua de
tormenta y posterior
Infiltración ó Reuso

Tratamiento y reuso de aguas
residuales

IMPACTO CERO

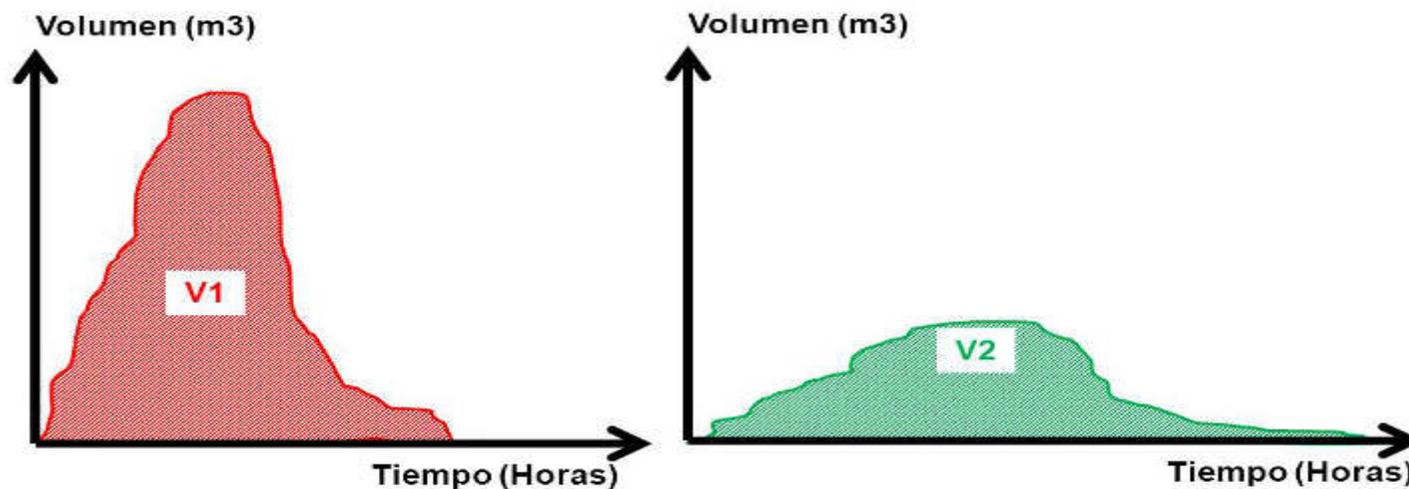


- Posibilitar la infiltración de agua de lluvia hacia las napas
- Minimizar el agua residual enviada a las plantas de tratamiento

Aproximación a la situación sin urbanizar , restituyendo el flujo vertical
(IMPACTO CERO)

Manejo del Agua “Adonde Cae” , restituyendo equilibrio vertical que la URBANIZACION MODIFICO

- Recarga de acuíferos mediante infiltración en el subsuelo (simulación de la situación natural sin urbanización). Esta opción implica lo que se conoce como IMPACTO CERO.
- Reutilización (previa separación de sólidos) para riego, limpieza, uso sanitario, etc.
- Reutilización (previo tratamiento) para agua potable.
- Vuelco al sistema pluvial de la ciudad una vez finalizada la tormenta, de manera controlada y en tiempo extendido (amortiguación o laminación del hidrograma).



Crecimiento Urbano - Repavimentaciones

Otro factor no menor es el reemplazo de pavimentos de adoquines por pavimentos impermeables y la metodología de repavimentación que suele utilizarse en nuestro país (colocando el pavimento nuevo por encima del anterior, elevando la cota del mismo). Esto genera varios efectos perjudiciales:

1. Se pierde la permeabilidad del pavimento
2. Se pierde profundidad del pavimento, disminuyendo el volumen disponible para la acumulación de agua por debajo de la cota del cordón
3. Los cambios en las pendientes del pavimento cambian por completo la configuración del escurrimiento del agua de lluvia y la mecánica de transporte hacia los sumideros.

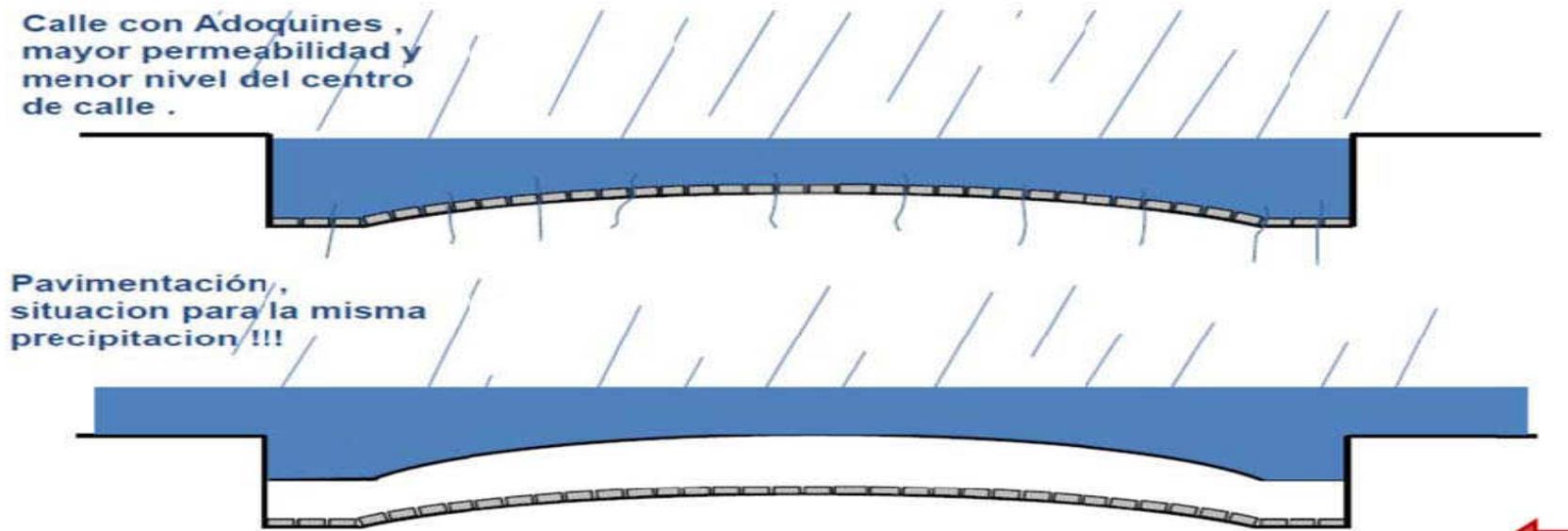
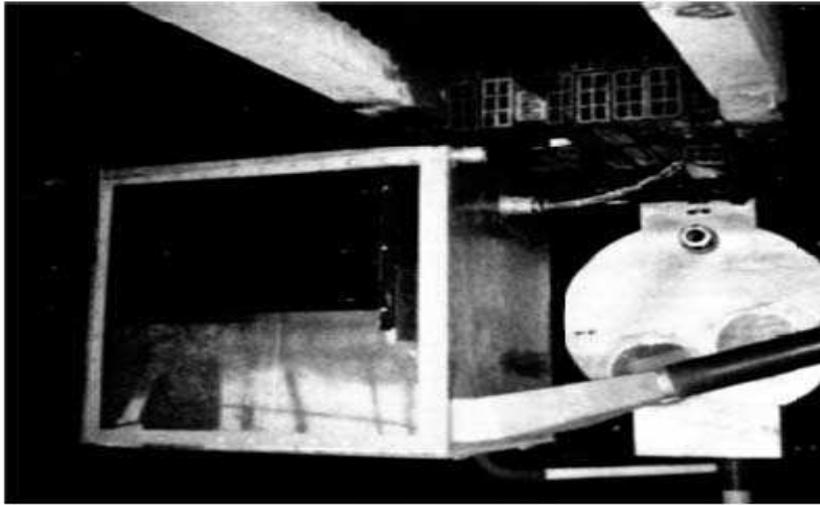


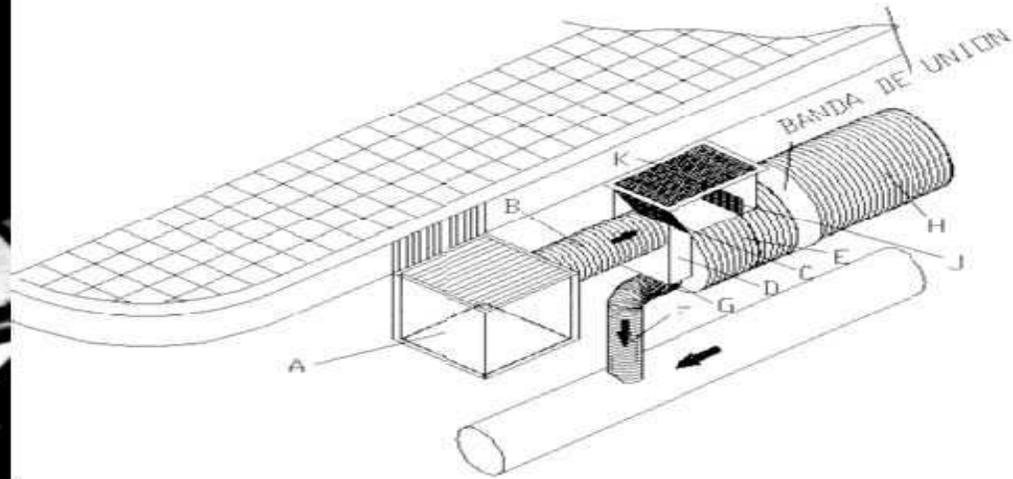
Figura 3. Repavimentación



ACADEMIA NACIONAL DE GEOGRAFÍA



DOMICILIARIOS



EN CALLES

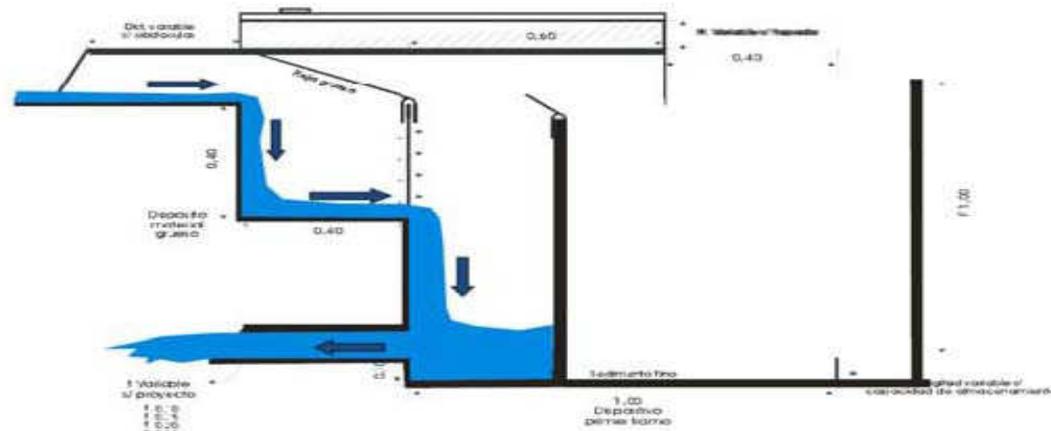


Figura 9. Sumideros Laminadores



ACADEMIA NACIONAL DE GEOGRAFÍA



A directly connected roof drain



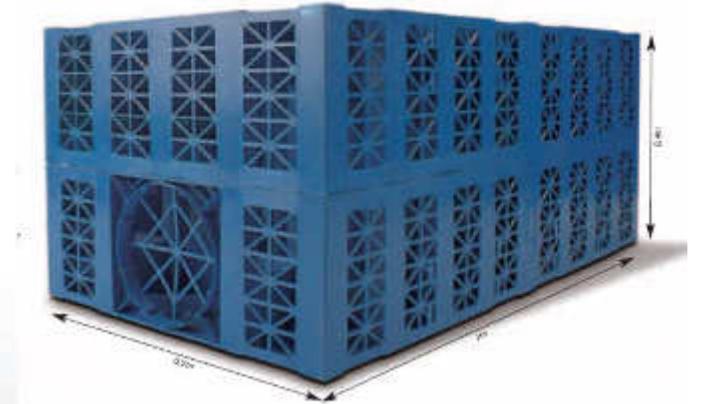
A disconnected roof drain (drains to pervious area)



Figura 10. Terrazas verdes

Almacenamiento – Soluciones Modernas

Uso debajo de Playas de Estacionamiento

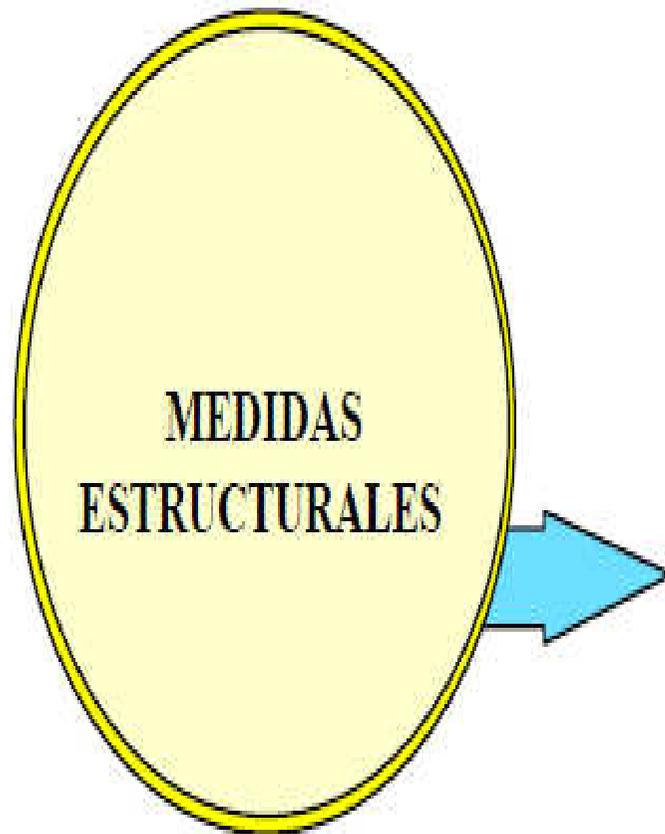




ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD

- Una ciudad será más o menos vulnerable frente a fenómenos naturales en función no sólo de su infraestructura pluvial sino también de otros factores como las medidas no estructurales implementadas, la existencia o no de medidas de contingencia definidas para casos de siniestro, existencia o no de alertas tempranas, grado de conocimiento de la población, infraestructura asistencial, etc.
- Será muy importante la generación de Mapas de Riesgo, utilizando el criterio de definir zonas de mayor o menor vulnerabilidad a partir del análisis de la variable h.V (tirante x velocidad) en cada lugar y del análisis de la afectación en función de las formas de uso, ocupación e inversión social de las mismas.
- Deberá estudiarse la reducción del riesgo en las diferentes zonas, ya sea mediante medidas estructurales (obras de ingeniería que eviten o minimicen la inundación) o mediante medidas no estructurales (por ejemplo, evitar la ocupación permanente de la zona, evitar la construcción de instalaciones costosas, instaurar sistemas de alerta y socorro para posibilitar la evacuación del sitio, etc.). La elección de una u otra dependerá del riesgo involucrado en cada caso.
- Será necesaria la implementación medidas para cubrir los costos de los daños finalmente ocasionados, mediante seguros, reaseguros o a través de bonos especiales. Todos estos mecanismos requerirán una importante intervención del Estado, la colaboración de las compañías de seguros y de toda la comunidad.





Acondicionamiento y/o construcción de terraplenes.

Estaciones de bombeo y descargadores.

Colectores pluviales urbanos y canalizaciones.

Acondicionamiento y/o reemplazo de puentes y alcantarillas.

Defensas de costas (espigones).

Estabilización de barrancas.

Limpieza de cauces.

Sistematización de cauces.



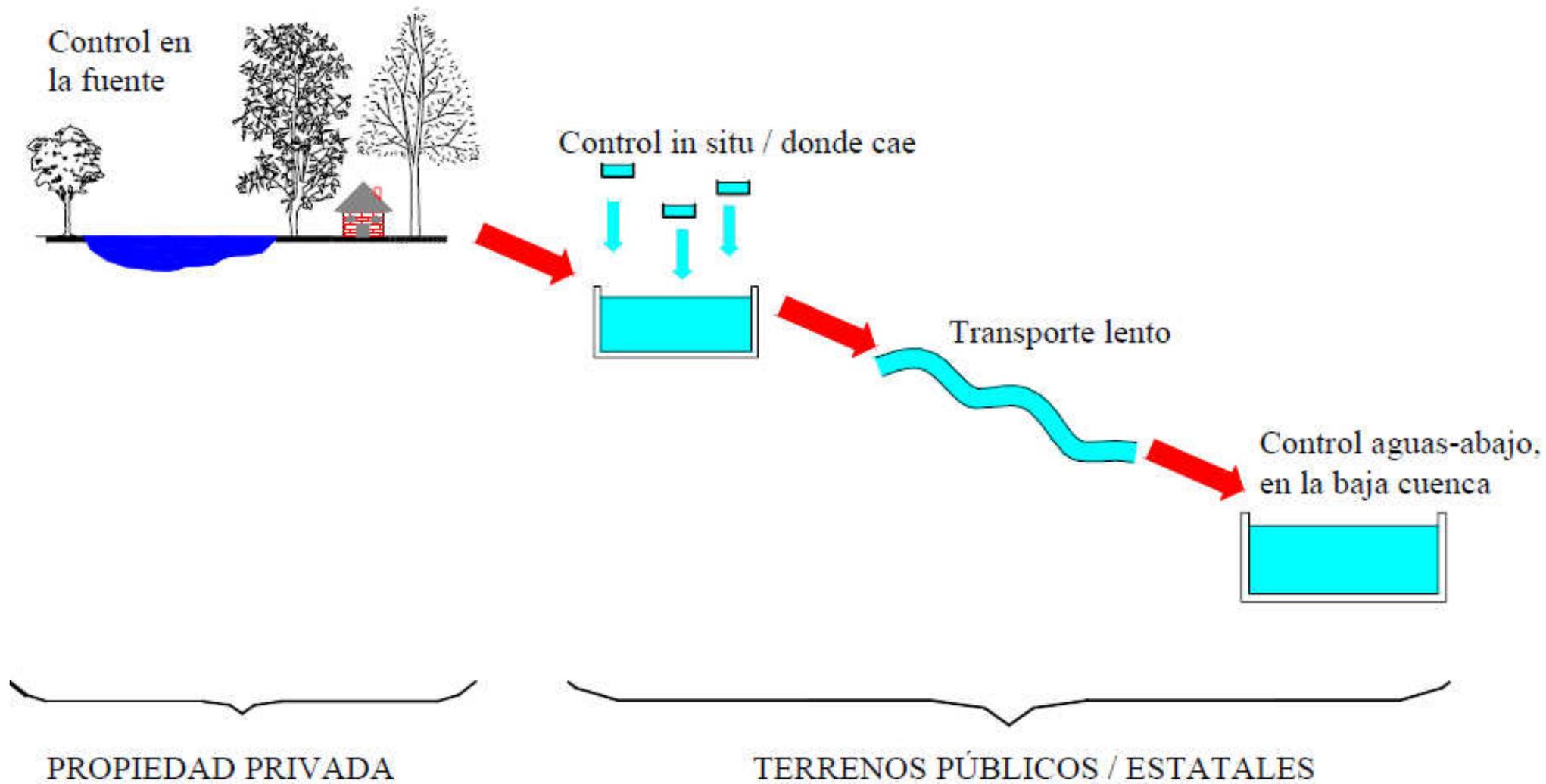
Regulación del uso del suelo en la planicie de inundación

Unidad responsable de coordinación: Defensa civil, advertencia inundaciones, medidas de seguridad, mantenimiento de instalaciones e impacto ambiental.

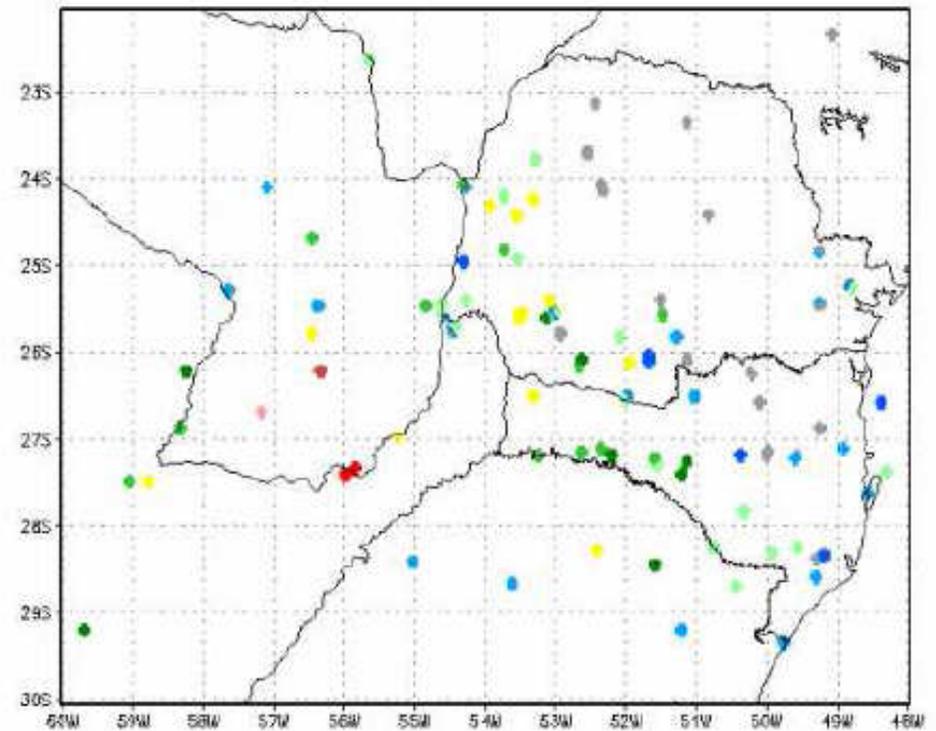
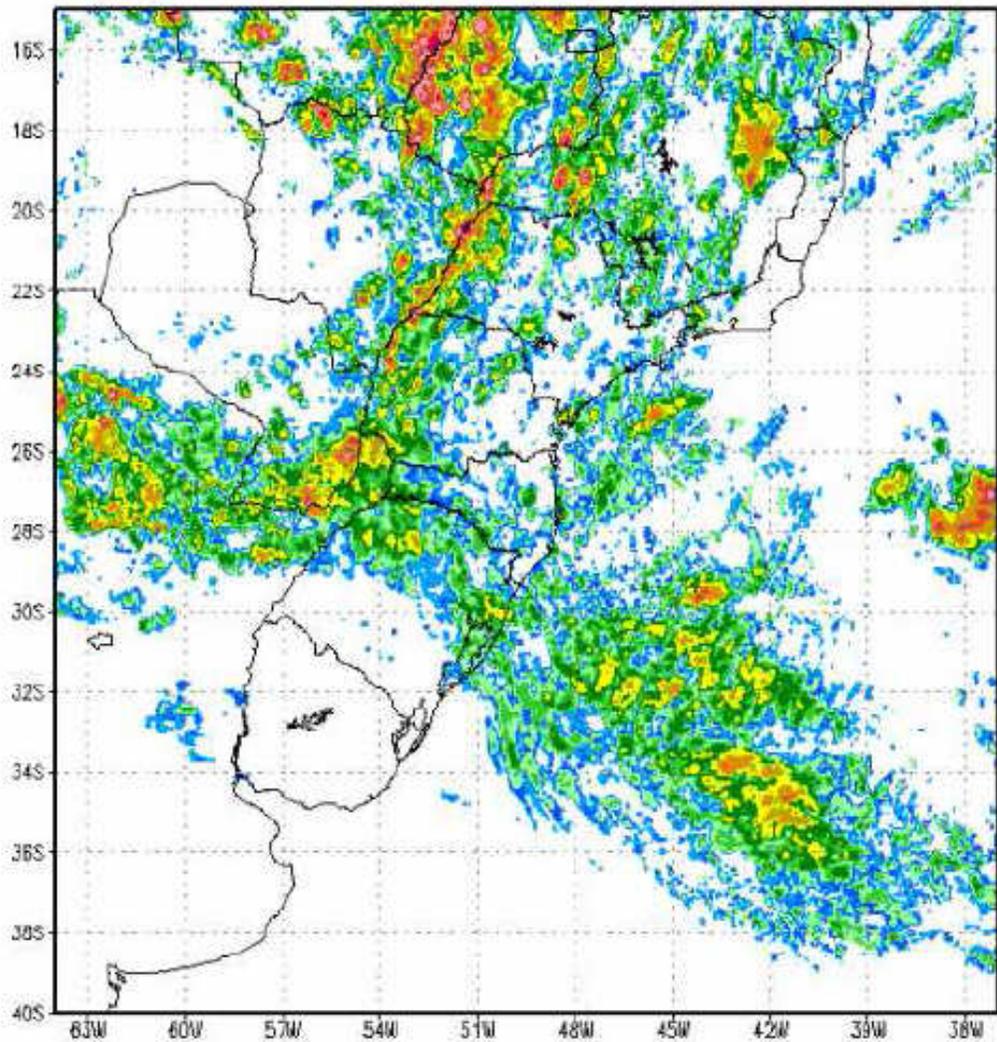
Programa de prevención y de defensa civil en áreas sin obras de defensa, provisión de refugios y Programa de autoconstrucción de viviendas para sectores de bajos recursos.

Nuevo Sistema de Alerta Hidrológico:
- Instalación de una red telemétrica.
- Desarrollo de modelos de pronósticos, locales, regionales y generales.

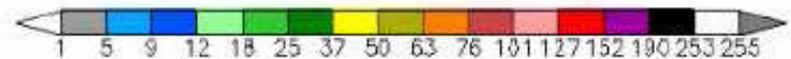
Programas Ambientales



HIDROMEDICION Y MONITOREO



Observado



21/ene/2003

ALGUNAS PROPUESTAS

Los problemas de inundaciones en áreas urbanas , no poseen un unico enfoque, sino que mas bien deberian ser abordados a traves un Plan Integral de medidas , Estructurales y No Estructurales

- Mejora de redes de medicion Hidrometeorologicas, especialmente predictivas.
- Ejecucion de Planes Maestros, debidamente actualizados al estado del arte.
- Aumento y mejora de las obras de desagues primarios y secundarios deficientes .
- Elaboracion de un Plan estrategico de mantenimiento permanente de la red pluvial.
- Generacion y Promulgacion de leyesde Terrazas Verdes y de Impacto Cero (laminacion domiciliaria y en sumideros).
- Implementacion de sistemas de alerta temprana.
- Difusion y educacion de la poblacion en relacion con las alertas.
- Implementacion de seguros específicos .
- Ayuda oficial a los damnificados.



CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS

Cerrito 1250 (C1010AAZ) Buenos Aires, Argentina.

Tel.: (54-11) 4811 4133 www.cai.org

MUCHAS GRACIAS !!