



# REDUCCIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN URBANA MEDIANTE INCREMENTO DE ÁREAS VERDES

**Bracalenti, Laura<sup>(1)</sup>, Zimmermann, Erik<sup>(2)</sup>  
Caballero, Ariel<sup>(3)</sup>, Fernández, Sebastián<sup>(3)</sup>  
Zana, Gastón<sup>(3)</sup>, Onocko, Adolfo<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, <sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, CONICET. <sup>(3)</sup> Egresados Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. UNR. Rosario, Argentina.



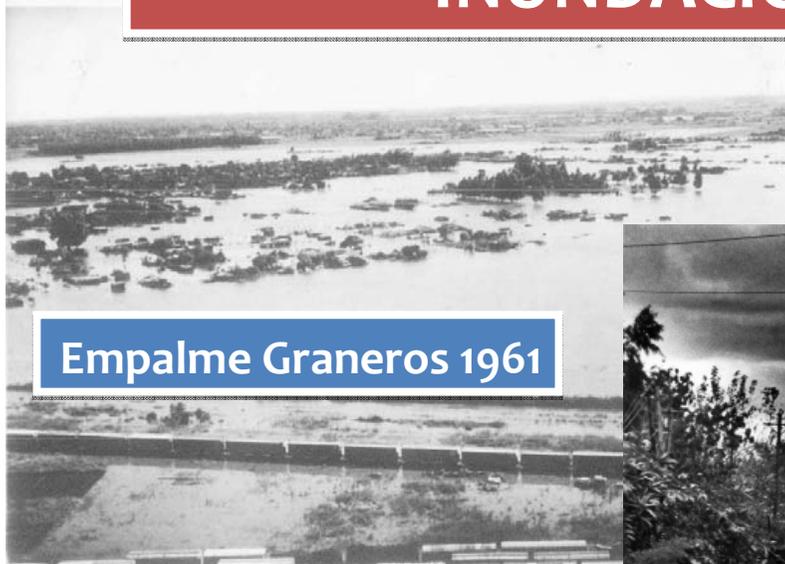


# MONITOREO DE LOS IMPACTOS DE LA AGRICULTURA URBANA EN LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y DE OTROS BENEFICIOS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO

Piacentini R.D., Bracalenti L., Salum G., Zimmermann E., Lattuca A., Terrile R., Bartolomé S., Vega M., Tosello L., Di Leo N., Feldman S., Coronel A.

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, CONICET.  
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, CIUNR.  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Instituto de Física Rosario IFIR  
Municipalidad de Rosario,  
Secretaría de Medio Ambiente prov. Santa Fe  
Rosario. Argentina.  
Riobamba 245 bis. 2000 Rosario. TeleFax 0341-4808541

# INUNDACIONES EN ROSARIO



Empalme Graneros 1961



V.G.Galvez 1986



Fisherton 2012



Empalme Graneros 1986



Nuevo Alberdi 2007



# SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

INCREMENTO DE LAS PRECIPITACIONES +  
IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO

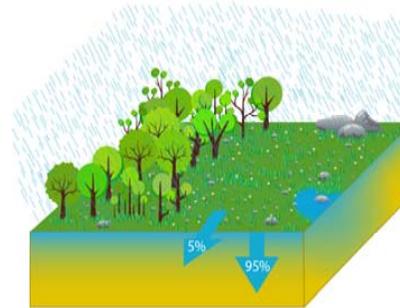
**MAYOR RIESGO INUNDACIÓN**

=

MAYOR DEMANDA DE INFRAESTRUCTURA PLUVIAL

=

GRANDES INVERSIONES E INTERVENCIONES  
FRECUENTEMENTE INVIABLES EN SECTORES CON  
ALTA DENSIDAD EDILICIA



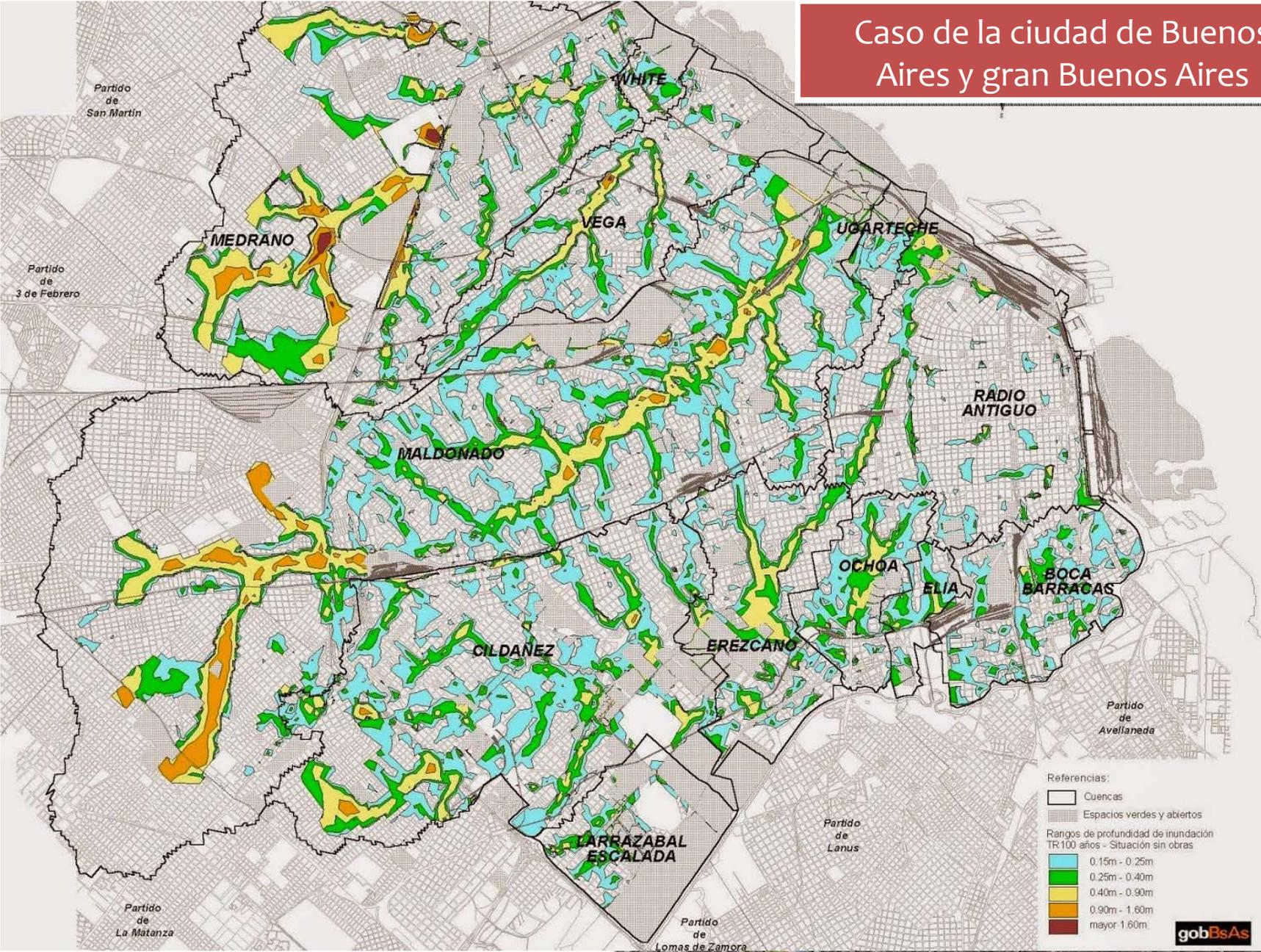
Antes



Después

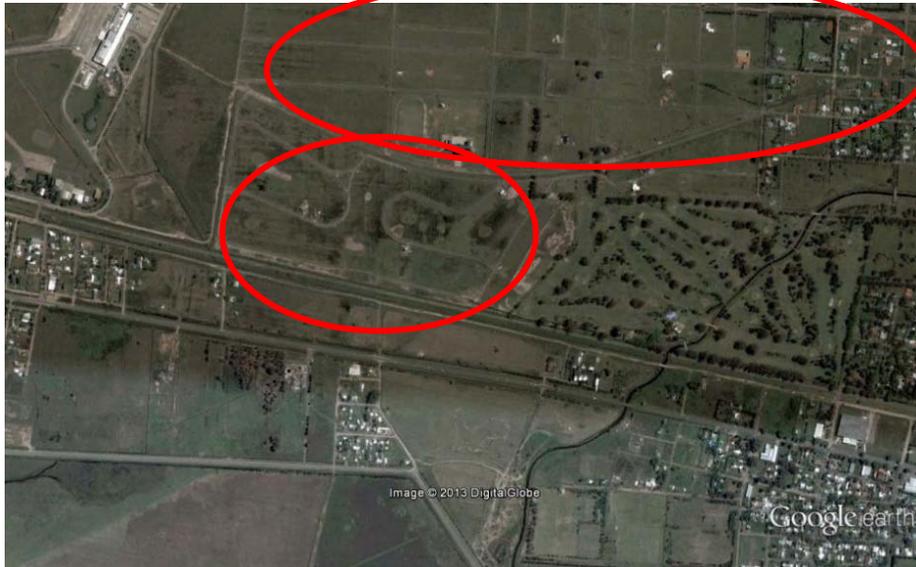


# Caso de la ciudad de Buenos Aires y gran Buenos Aires

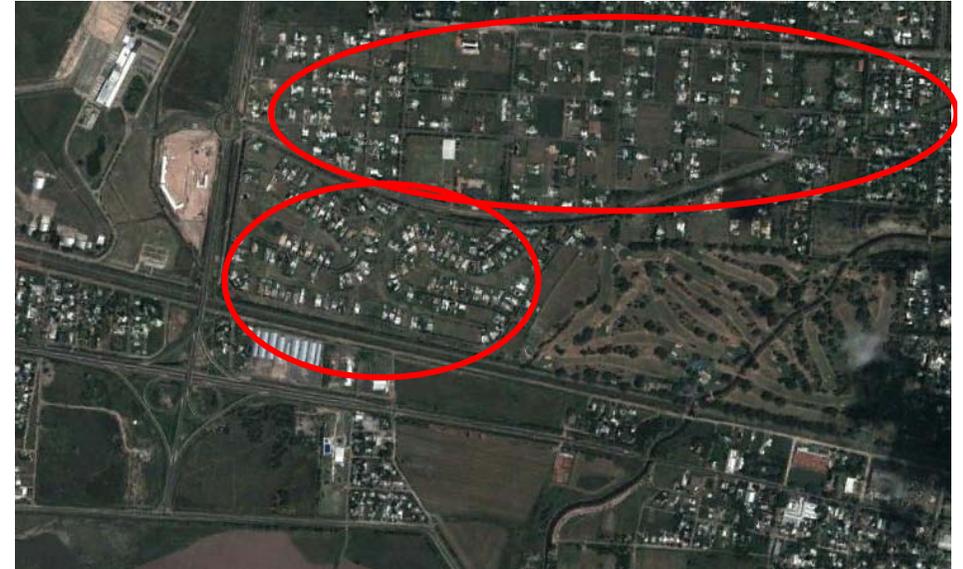


# EVOLUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN

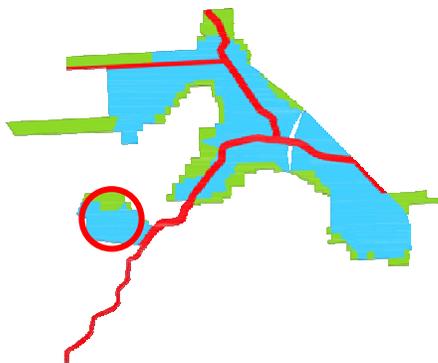
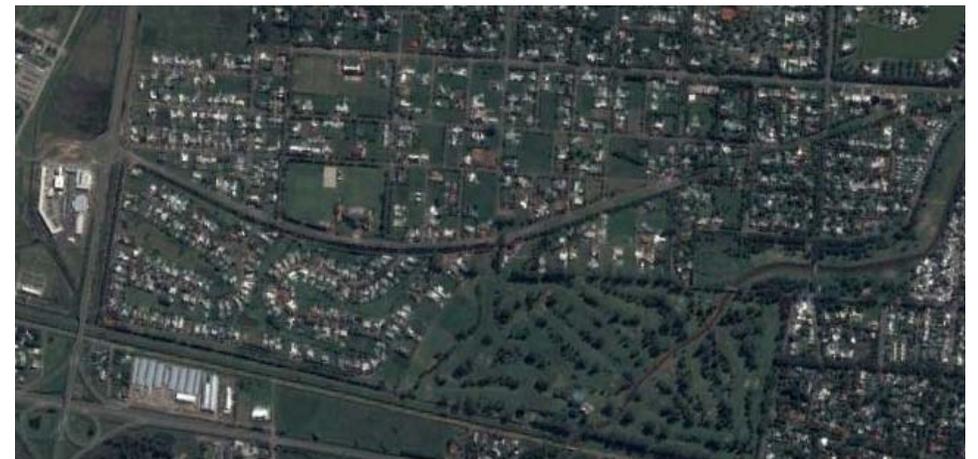
Año 2003



Año 2013



Año 2016

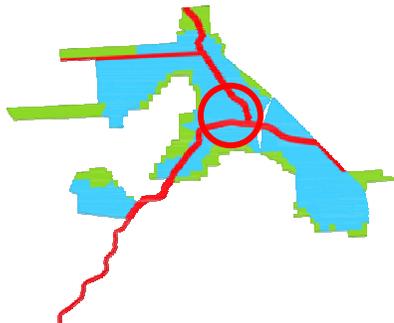


# EVOLUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN

Año 2003



Año 2013



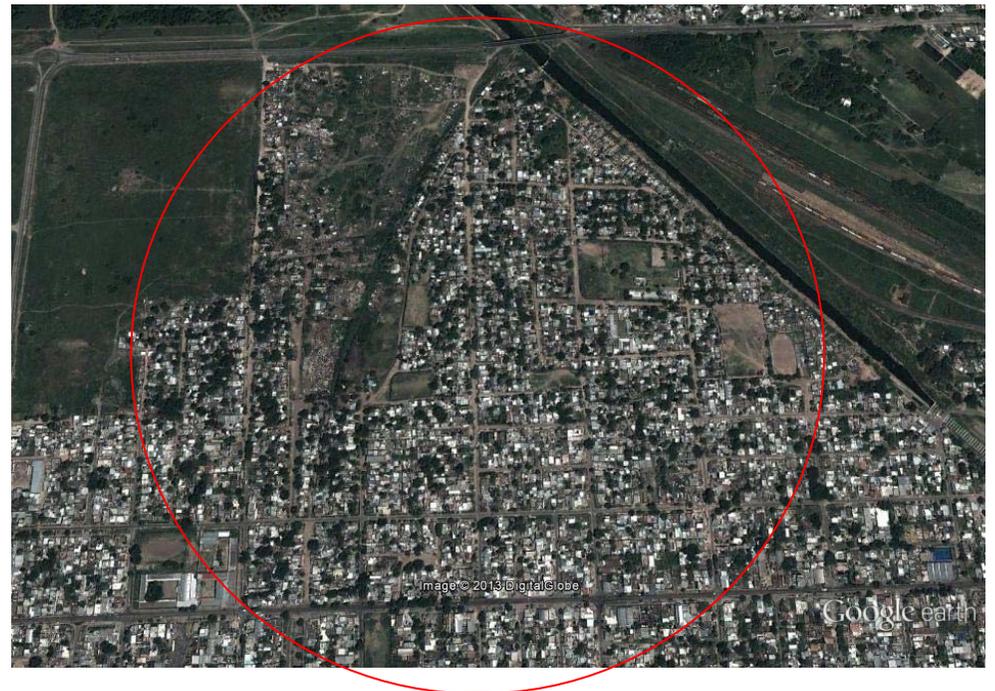
Año 2016

# EVOLUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN

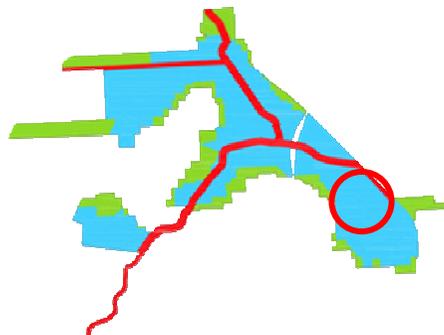
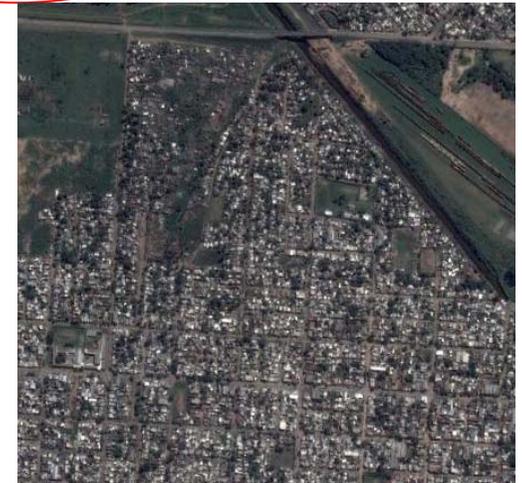
Año 2003



Año 2013

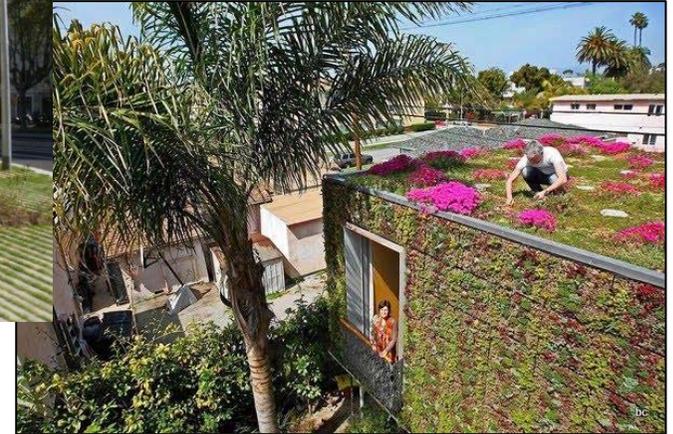


Año 2016



# DESARROLLO DE ÁREAS AFUP

## AGRICULTURA Y FORESTACIÓN URBANA Y PERIURBANA



ESTRATEGIAS DE BAJO COSTO Y ALTA EFICIENCIA

=

REDUCCIÓN DE ESCORRENTÍA Y RIESGO DE INUNDACIÓN

+

OTRAS PRESTACIONES SOCIALES

regulación climática

disminución del efecto "isla de calor"

infiltración

Calle Verde: Bordillos modificados, cunetas verdes, árboles,....

control de la erosión y la sedimentación

Siskiyou Street  
Portland, Oregon



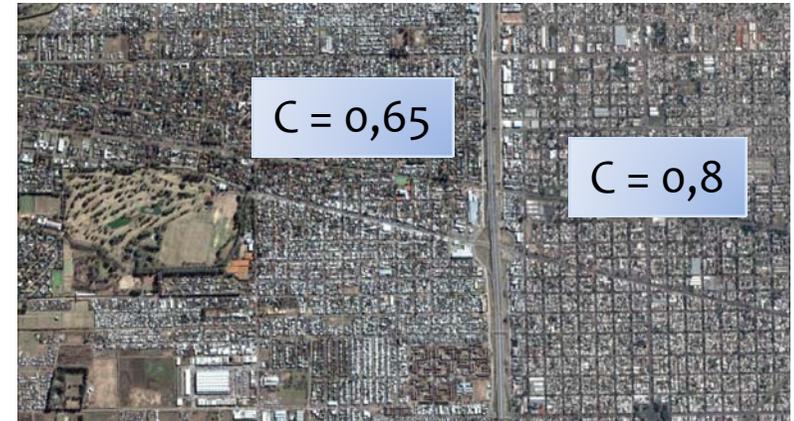
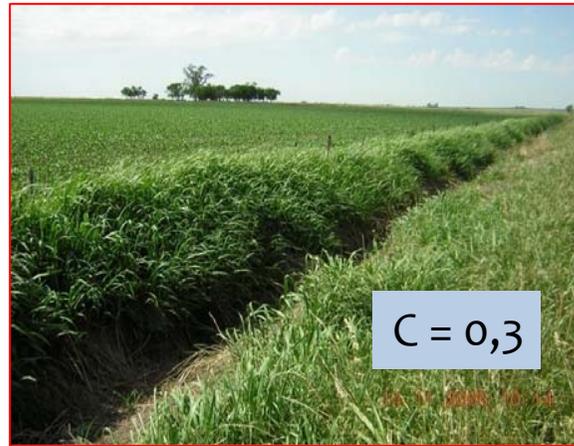
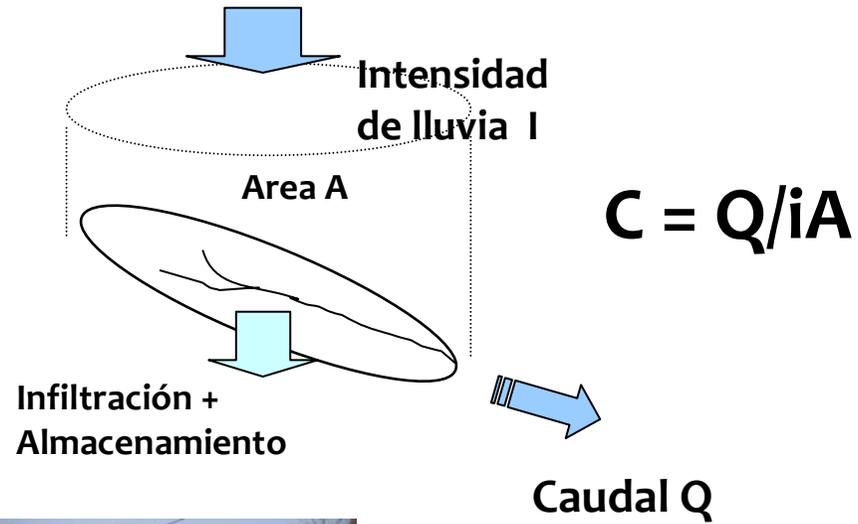
# Modelo residencial de alta densidad habitacional y uso ambientalmente eficiente del suelo



Lambrisca, Romero, Ventroni, Vázquez. Tutor Di Bernardo, E. Concurso ASADES 2012



# INDICADORES HIDROLÓGICOS



# INDICADORES DE IMPACTO HIDROLÓGICO POTENCIAL

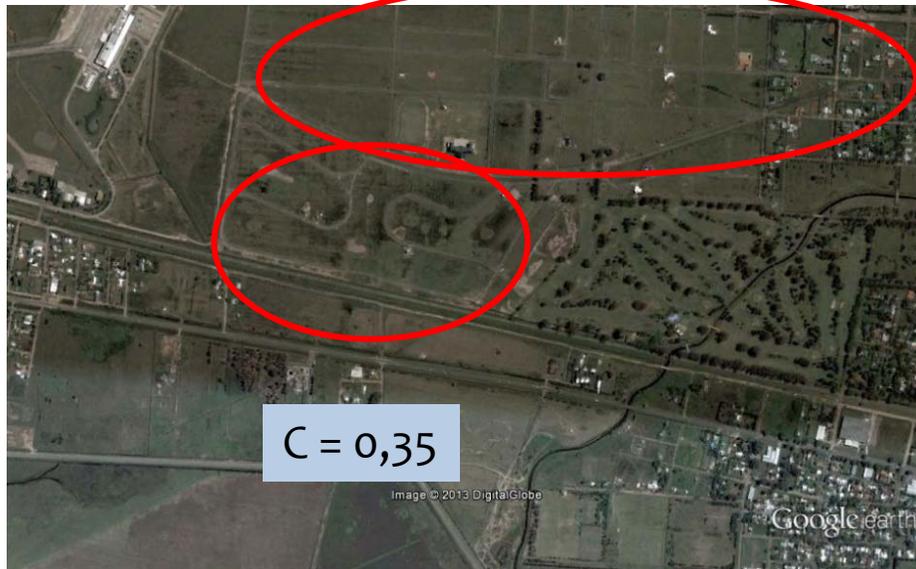
## VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

INDICADOR PARA EVALUAR IMPACTO DE ZONAS VERDES EN ÁREAS URBANIZADAS

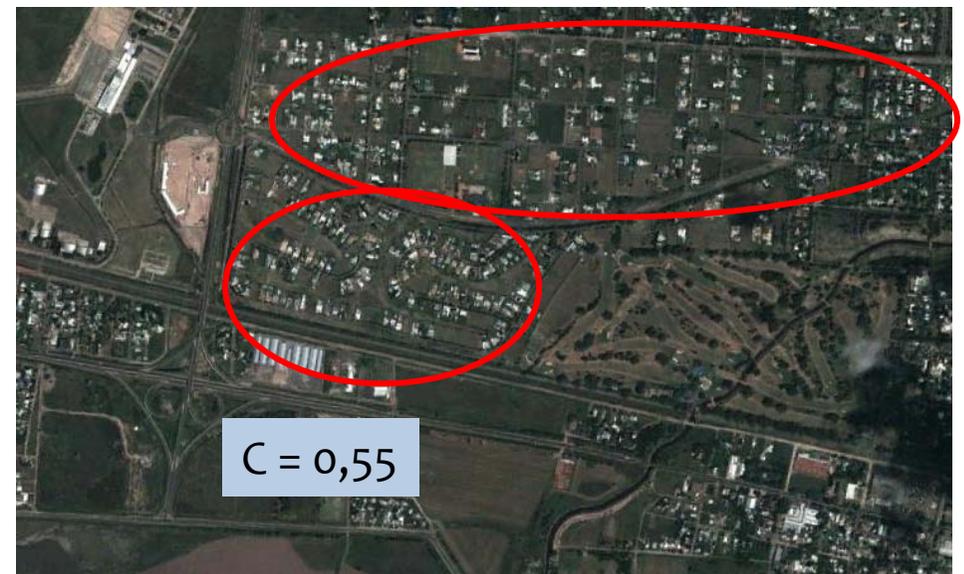
HERRAMIENTA PARA EVALUAR DIFERENTES ESCENARIOS DE USO DE SUELO

(ANTES Y DESPUÉS)

$$\Delta C = 200 \frac{C_{t+1} - C_t}{C_{t+1} + C_t} = 200 \frac{0,55 - 0,35}{0,55 + 0,35} = 44,4\%$$



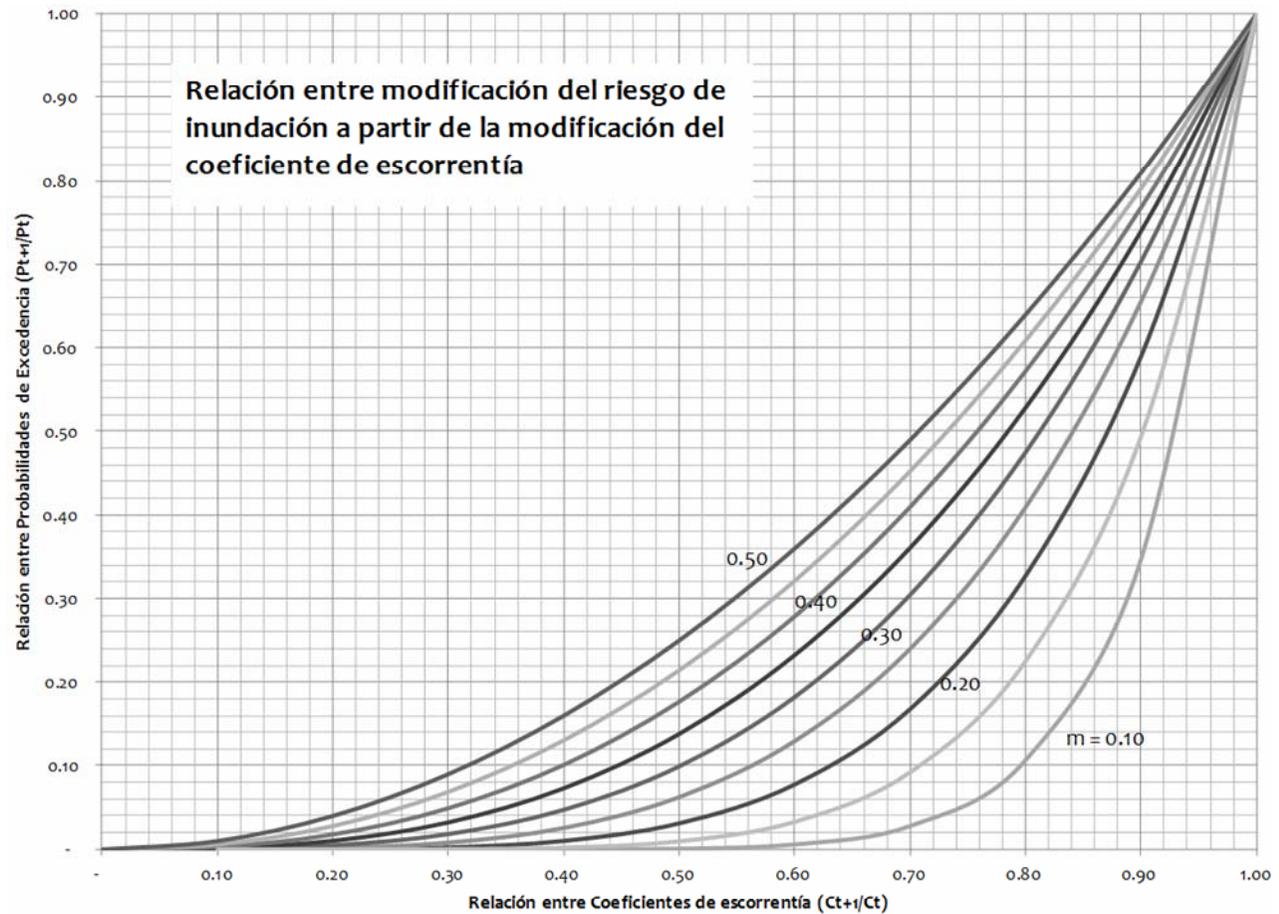
Año 2003



Año 2013

# RELACIÓN ENTRE INDICADOR Y RIESGO DE INUNDACIÓN

$$\left(\frac{C_{t+1}}{C_t}\right)^{1/m} = \frac{T_t}{T_{t+1}} = \frac{P_{t+1}}{P_t}$$



# ANÁLISIS DE SUELO

Identificación de tipos espaciales y coberturas de suelo representativos.  
Determinación de clases



## REFERENCIAS

-  Calles (aceras y calzadas) (\*)
-  Pavimentos en espacios públicos
-  Vivienda unifamiliar, hasta 2 pisos (< OCUPACION DE SUELO)
-  Vivienda unifamiliar, hasta 2 pisos (> OCUPACION DE SUELO)
-  Vivienda unifamiliar con centro de manzana forestado
-  Viviendas multi - unidades, hasta 4 pisos
-  Viviendas multi - unidades, más de 4 pisos
-  Viviendas multi unidades con acera, centro de Mz. y terraza verde
-  Residencial suburbano
-  Barrio cerrado
-  Area comercial y de negocios
-  Asentamientos irregulares incipientes
-  Asentamientos irregulares consolidados
-  Industrial poco densa
-  Industrial densa
-  Pasto/prado/césped suelo arcillo-limoso
-  Suelo desnudo compactado
-  Cultivo extensivo
-  Cultivo hortícola tradicional
-  Cultivo hortícola agroecológica
-  Forestal : bosques denso
-  Forestal : ( más del 50% del terreno cubierto)
-  Forestal : ( menos del 50% del terreno cubierto)
-  Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)
-  Ladrilleras
-  Ladrilleras con construcciones dispersas
-  Basurales
-  Cursos de agua, Cavas
-  Equipamiento deportivo sobre terreno forestado

NOTA:  
(\*) INCLUYE DISTINTO TIPO DE ACERAS Y CALZADAS PAVIMENTADAS Y DE TIERRA.  
LAS SUPERFICIES RESPECTIVAS SE SUMARAN A LAS CLASES CORRESPONDIENTES  
PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES.

# Aplicación de la metodología al caso Rosario: Selección de Subcuencas de estudio

## SUBCUENCA 9

En proceso de urbanización (sectores medios y altos) con potencialidad UPAF (Localizada sobre sobre vaso de inundación del Arroyo Ludueña)

## SUBCUENCA 3

En proceso de urbanización (sectores medios y bajos) . Presenta áreas vacantes con potencialidad UPAF (Localizada sobre vaso de inundación del Arroyo Ludueña).

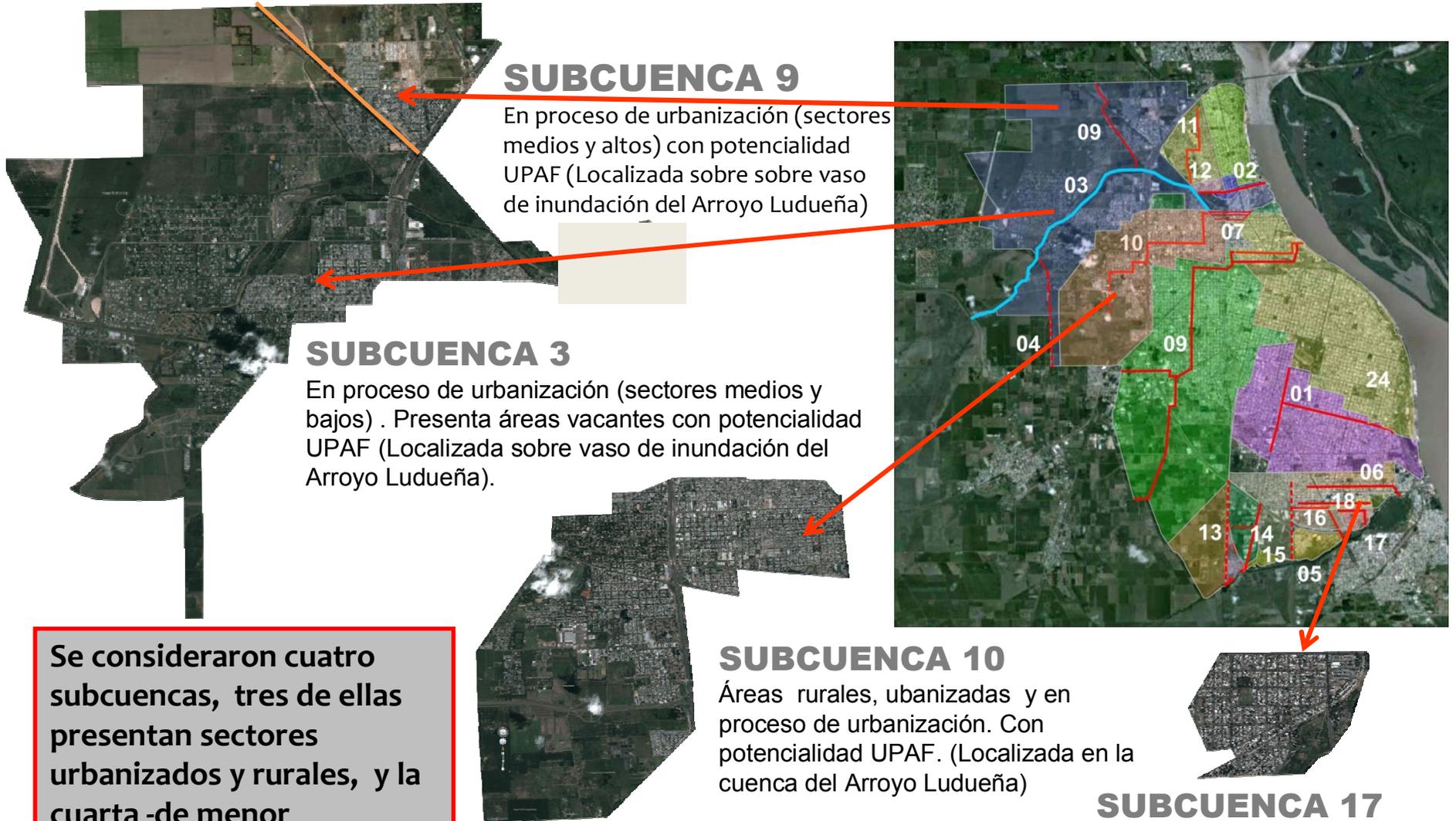
## SUBCUENCA 10

Áreas rurales, urbanizadas y en proceso de urbanización. Con potencialidad UPAF. (Localizada en la cuenca del Arroyo Ludueña)

## SUBCUENCA 17

Urbanizada y con UPAF. (Localizada sobre vaso de inundación del Arroyo Saladillo)

Se consideraron cuatro subcuencas, tres de ellas presentan sectores urbanizados y rurales, y la cuarta -de menor superficie- sectores urbanizados y un parque-huerta de gran escala.



# Estudio de la Subcuenca del Emisario 9.

## Descripción

**Ubicación:** Localizada sobre el límite Norte del Municipio y al Oeste de la Avenida Circunvalación. Pertenece a la Cuenca del Arroyo Ludueña

**Superficie** 1,6 Km<sup>2</sup>

## Características:

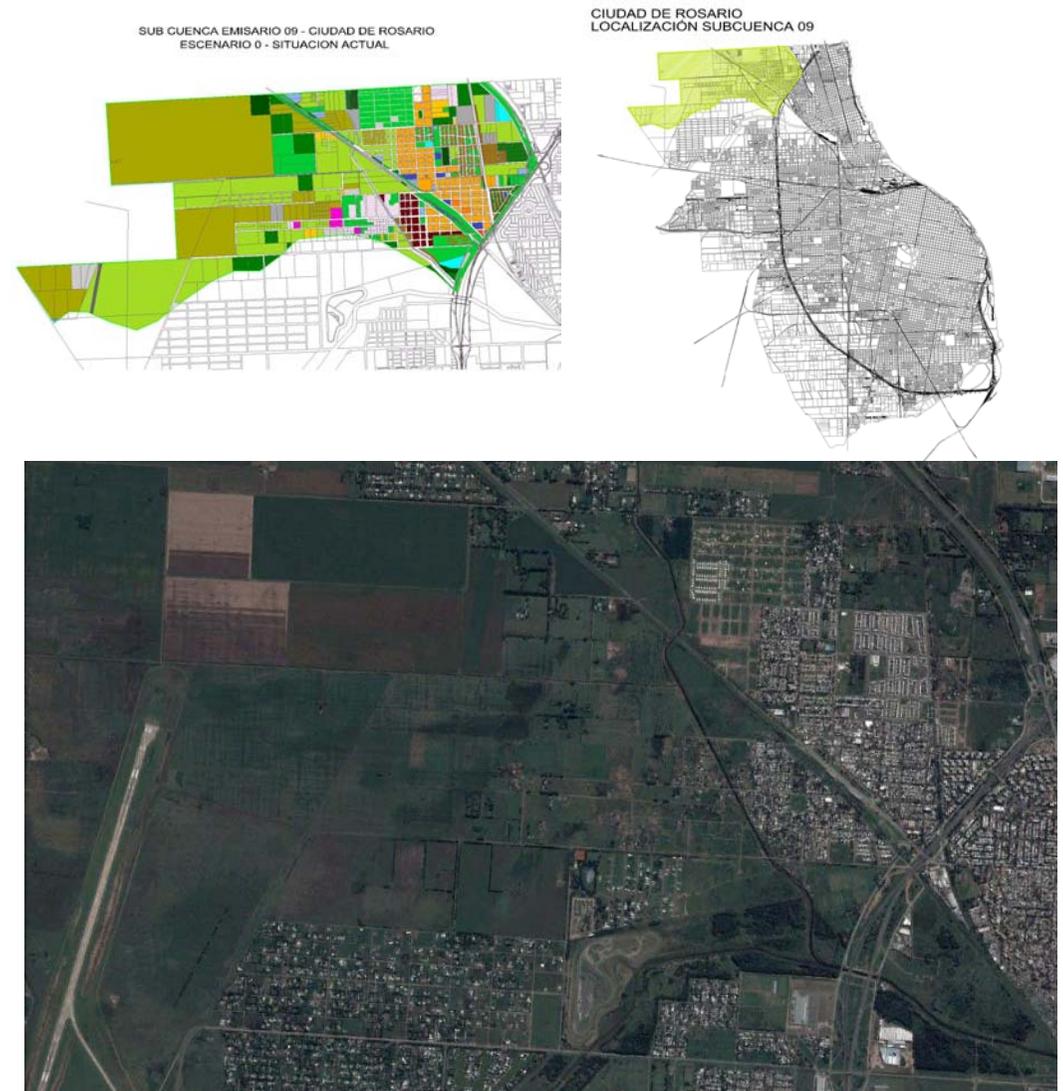
Gran diversidad de usos de suelo

Integra una de las zonas no urbanizables de mayor envergadura que todavía se mantienen en el municipio, la cual representa alrededor del 40% del total de la subcuenca.

Incluye sectores residenciales correspondientes a grupos medios, medios-bajos y bajos

Gran parte de la superficie urbanizable no está todavía edificada

Existen diversos proyectos de vivienda social que prevén tipologías residenciales colectivas y con uso privado del suelo



# Estudio de la Subcuenca del Emisario 3.

## Descripción

**Ubicación:** Localizada sobre el límite Norte del Municipio y al Oeste de la Avenida Circunvalación.

**Superficie** 19,5 Km<sup>2</sup>

## Características:

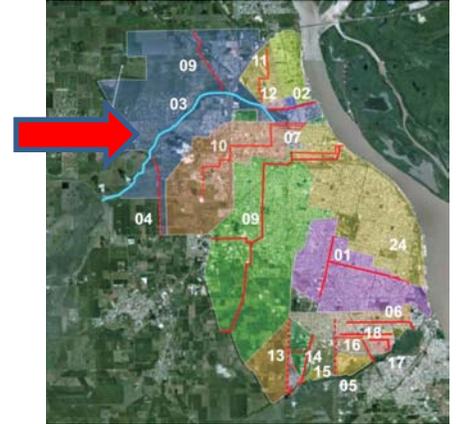
Gran diversidad de usos de suelo.

Presenta sectores altamente urbanizados, barrios periurbanos de baja densidad, zonas industriales y rurales. La diversidad de usos de suelo determina una densidad de población baja (39 hab/ha)

Incluye sectores residenciales correspondientes a grupos altos, medios, medios-bajos y bajos

Área de gran interés inmobiliario dado que la expansión de la ciudad tiene lugar fundamentalmente sobre el frente territorial Oeste, coincidente con gran parte del valle de inundación del Arroyo Ludueña.

Esta subcuenca resulta de interés dado que se han producido inundaciones recientes en sectores urbanizados



# Estudio de la Subcuenca del Emisario 10.

## Descripción

**Ubicación:** Forma parte de la Cuenca del Arroyo Ludueña. Centro Oeste del territorio municipal

## Superficie:

Aproximadamente 20 km<sup>2</sup>

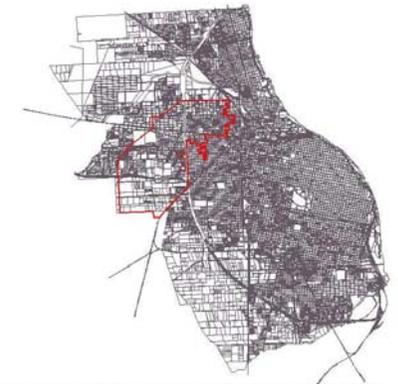
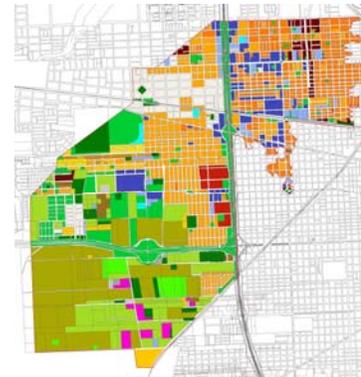
El 76 % de la Subcuenca está urbanizada o parcialmente urbanizada y el 24 % es rural.

## Características :

Presenta un tejido predominantemente residencial conformado por diversos tipos espaciales en el que se intercalan Industrias de pequeña, mediana y gran escala , clubes y un corredor comercial (Barrios tradicionales con edificación libre en el terreno y entre medianeras, Barrios cerrados, Conjuntos de interés social, Asentamientos irregulares, Contenedores industriales y Locales comerciales).

Tendencia expansiva sobre suelo vacante impulsada por la existencia de infraestructura vial genera un gran interés inmobiliario en el sector.

El área rural presenta sectores ocupados por cultivos intensivos, huertas tradicionales y una superficie significativa correspondiente a parcelas vacantes.



# Estudio de la Subcuenca del Emisario 17.

## Descripción

**Ubicación:** Sureste de la ciudad, sobre el límite jurisdiccional coincidente con el Arroyo Saladillo. Forma parte del Distrito Sur del municipio.

**Superficie:** 0,70 km<sup>2</sup>.

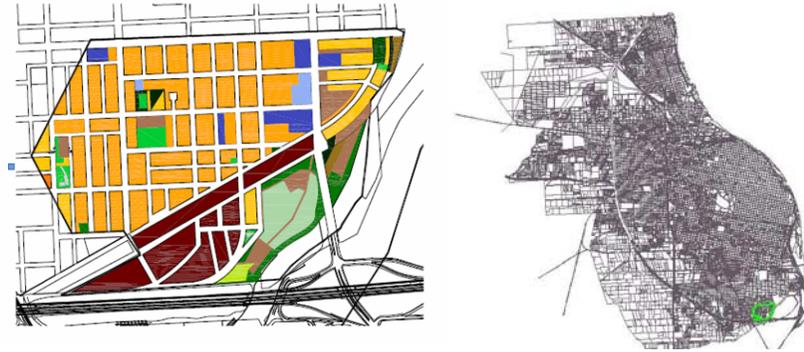
**Características:** Área baja localizada en la planicie de inundación del arroyo Saladillo.

Trama irregular, formada principalmente por manzanas rectangulares.

Presenta dos sectores diferenciados:

**Sector Sur:** Coincidente con el borde del arroyo y la Avenida de Circunvalación, presenta un área verde, y terrenos cercanos al arroyo ocupados por asentamientos irregulares consolidados.

**Sector Norte:** Más antiguo, con mayor grado de organización y consolidación del tejido, densamente edificado con viviendas individuales de baja altura. Al Este presenta algunas industrias y depósitos. Los espacios verdes públicos son escasos.

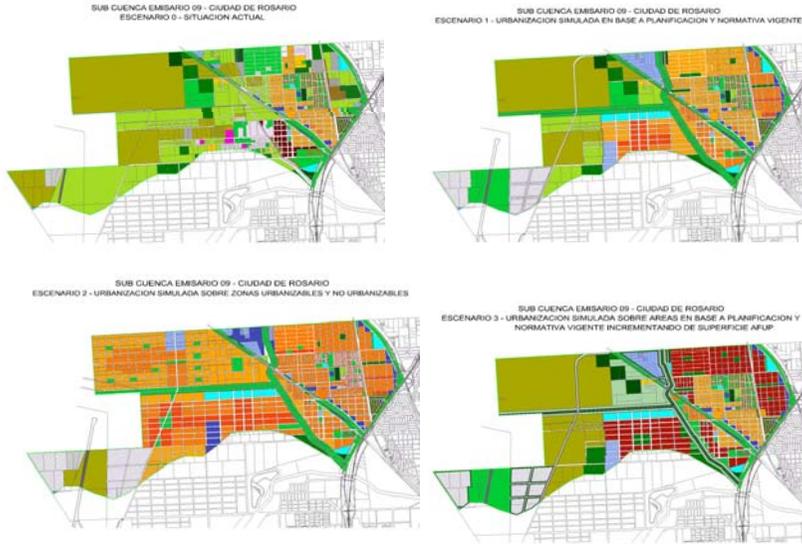


SUB CUENCA EMISARIO 17 - CIUDAD DE ROSARIO  
FOTO SATELITAL - CLASIFICACION DE SUELO - SUBDIVISION EN SECTORES CATASTRALES

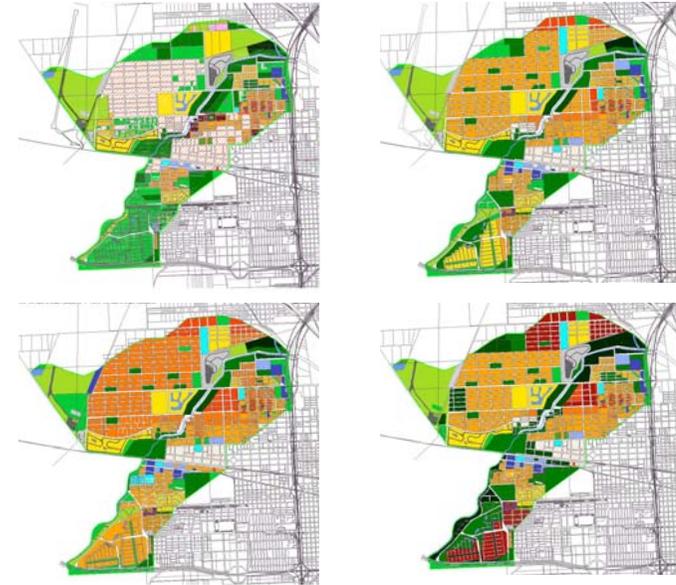


# Escenarios considerados

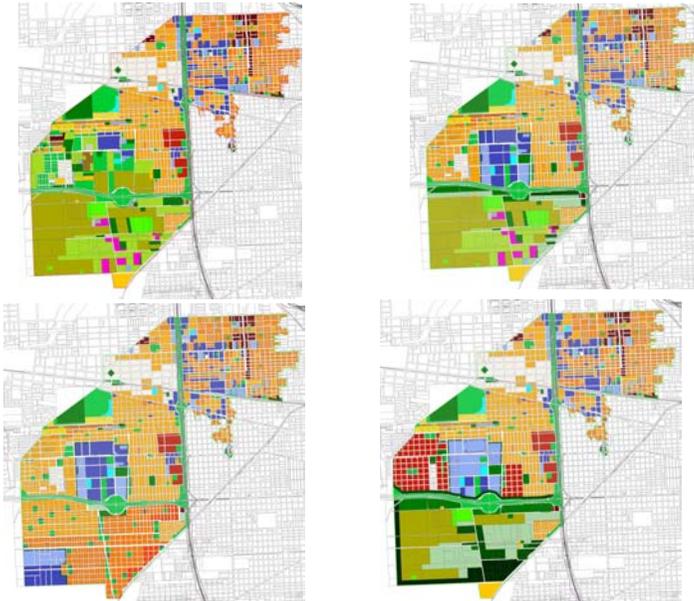
## Subcuenca 9



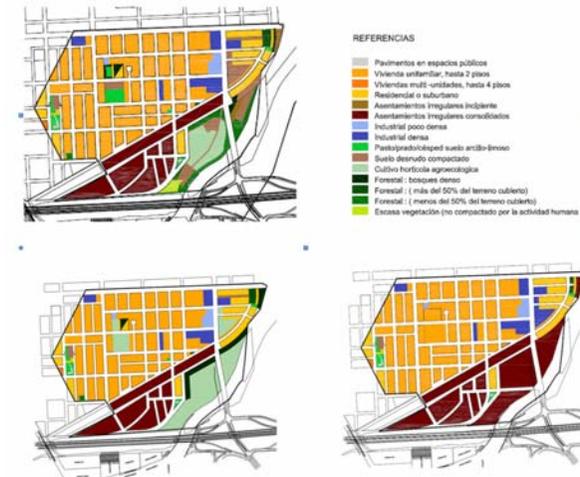
## Subcuenca 3



## Subcuenca 10



## Subcuenca 17



**Escenario 0:**  
Situación Actual

**Escenario 1:**  
Urbanizado el  
suelo urbanizable

**Escenario 2:**  
Urbanizado el  
suelo no  
urbanizable

**Escenario 3:**  
Escenario verde

# Escenarios considerados



C= 0,60

## REFERENCIAS

- Pavimentos en espacios públicos
- Vivienda unifamiliar, hasta 2 pisos
- Viviendas multi-unidades, hasta 4 pisos
- Residencial o suburbano
- Asentamientos irregulares incipiente
- Asentamientos irregulares consolidados
- Industrial poco densa
- Industrial densa
- Pasto/prado/césped suelo arcillo-limoso
- Suelo desnudo compactado
- Cultivo hortícola agroecológica
- Forestal : bosques denso
- Forestal : ( más del 50% del terreno cubierto)
- Forestal : ( menos del 50% del terreno cubierto)
- Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana )



C= 0,54

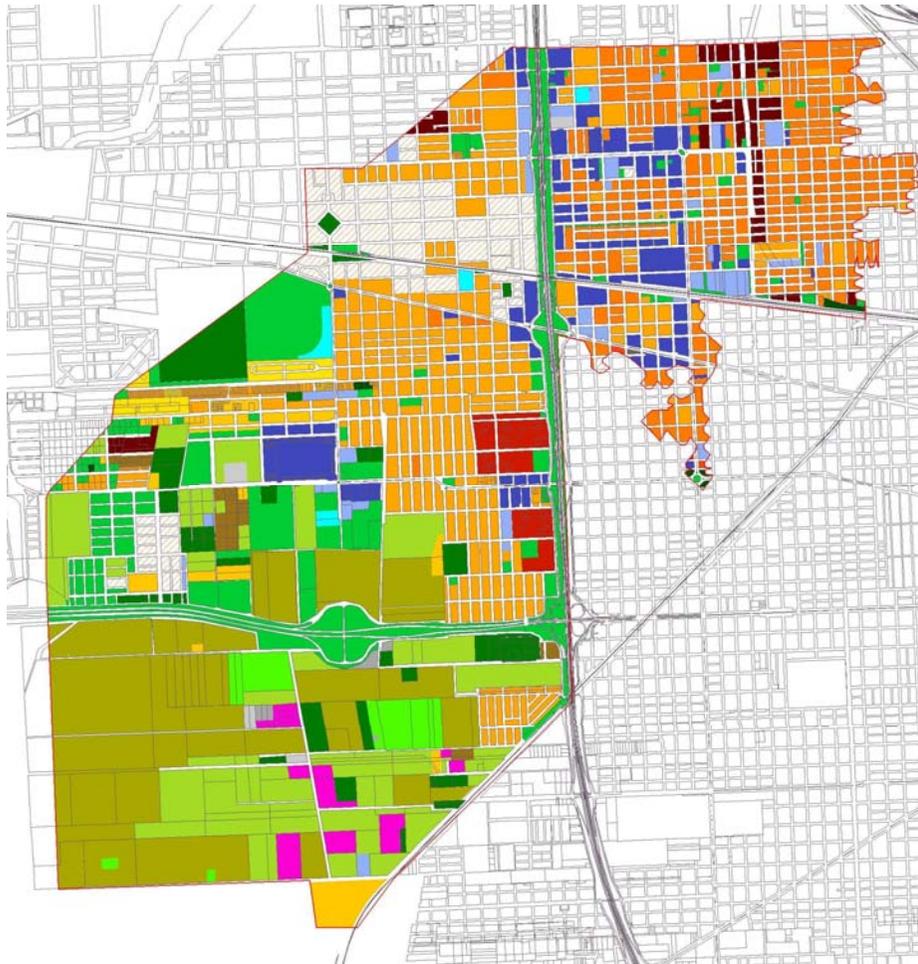


C= 0,66

# ANÁLISIS DE SUELO

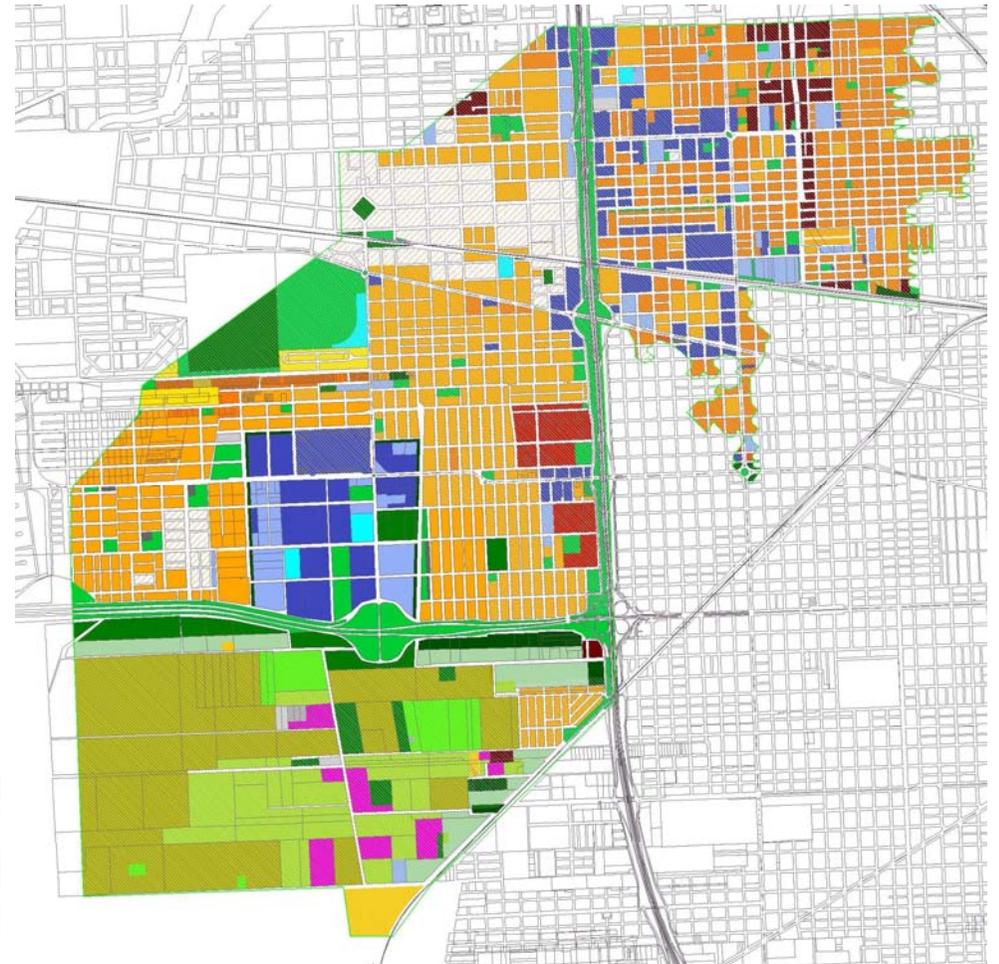
## DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

**Escenario 0**  
Situación Actual



**C= 0,51**

**Escenario 1**  
En base a Planificación y Normativa vigente

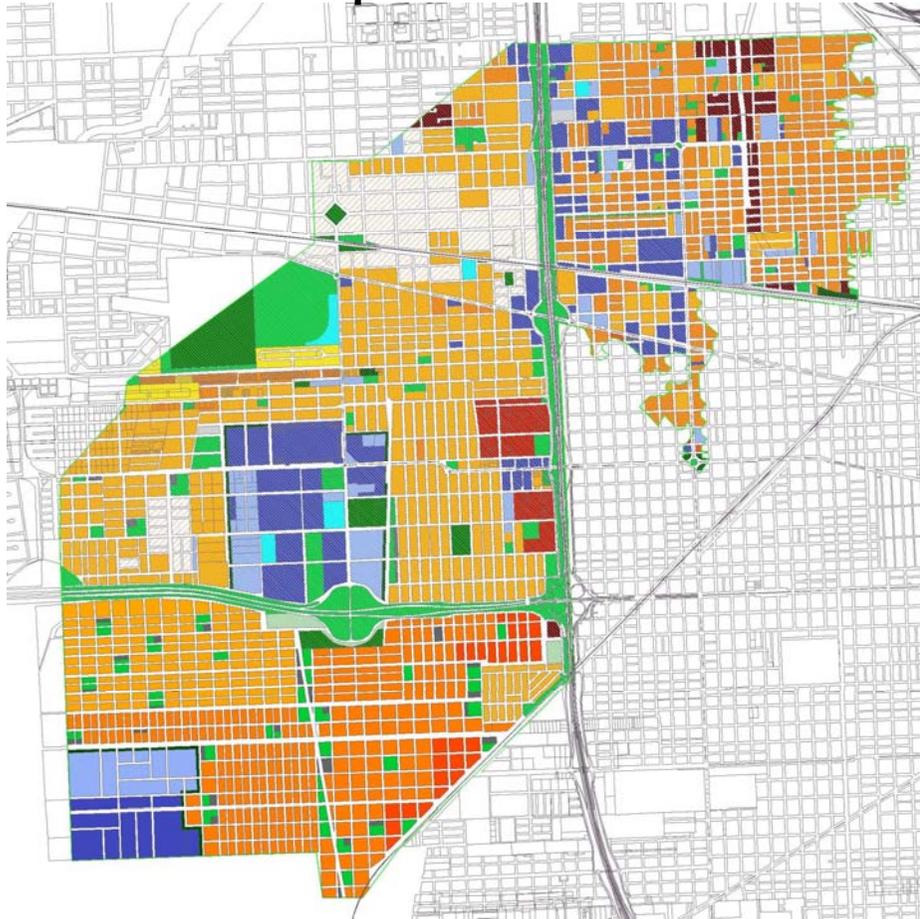


**C= 0,53**

# ANÁLISIS DE SUELO

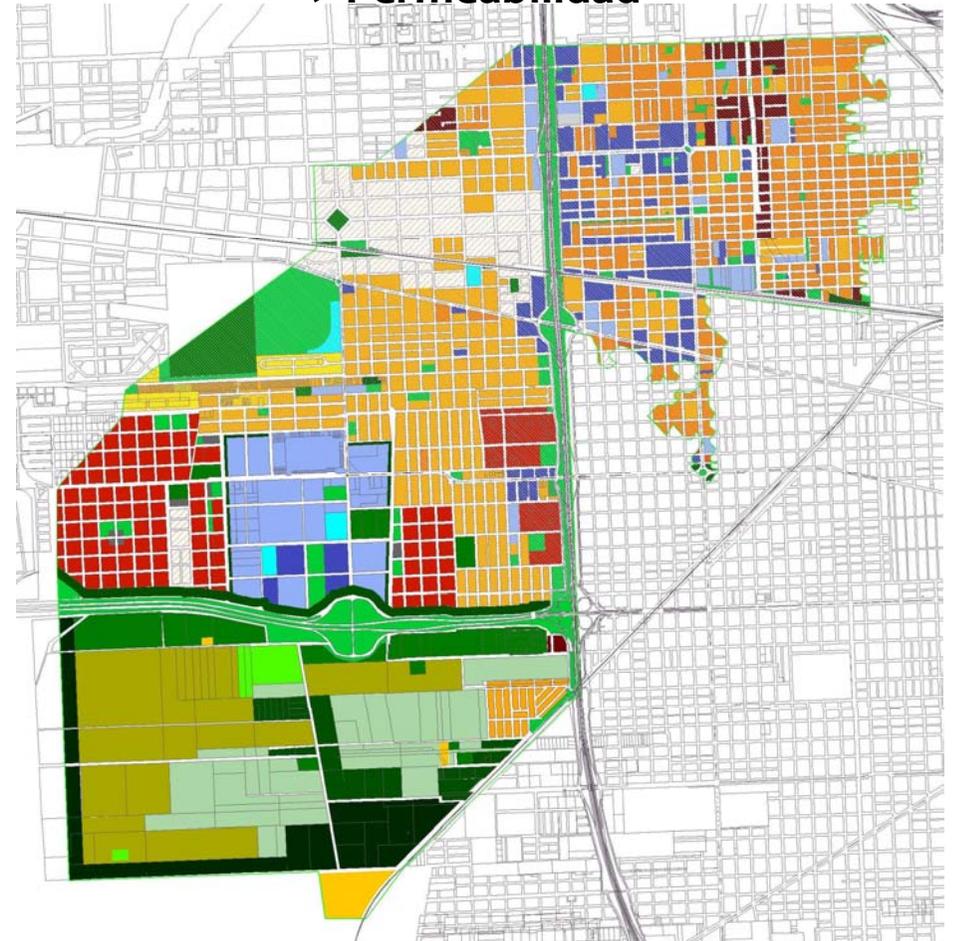
## DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Escenario 2  
> Impermeabilidad



C= 0,62

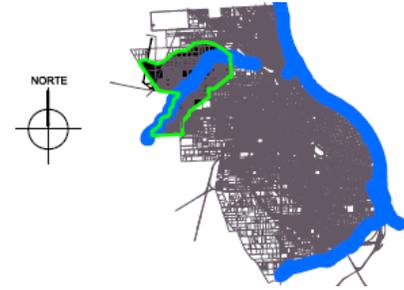
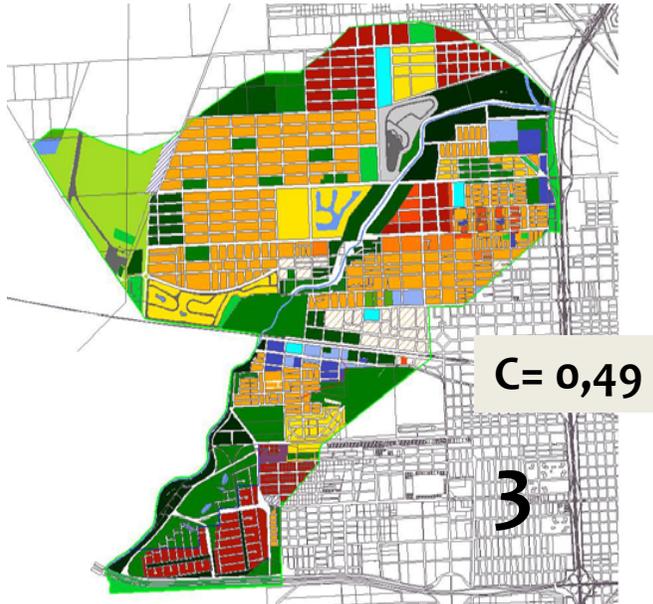
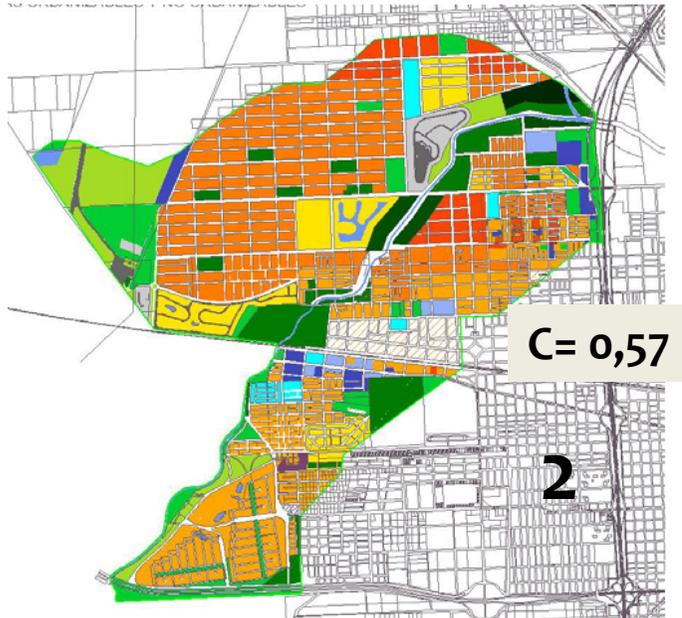
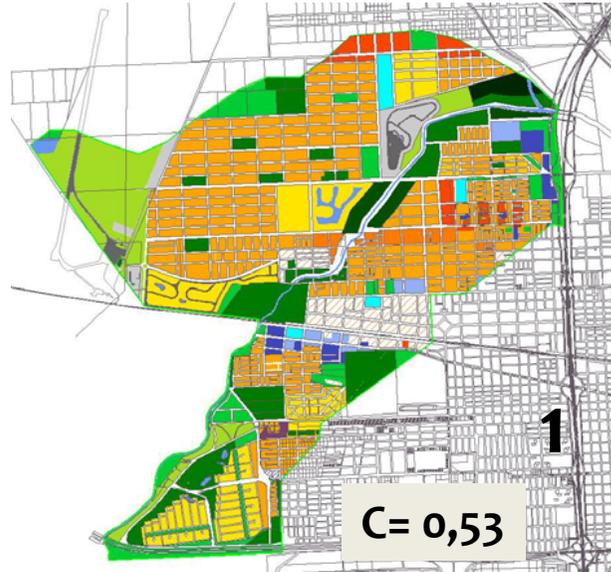
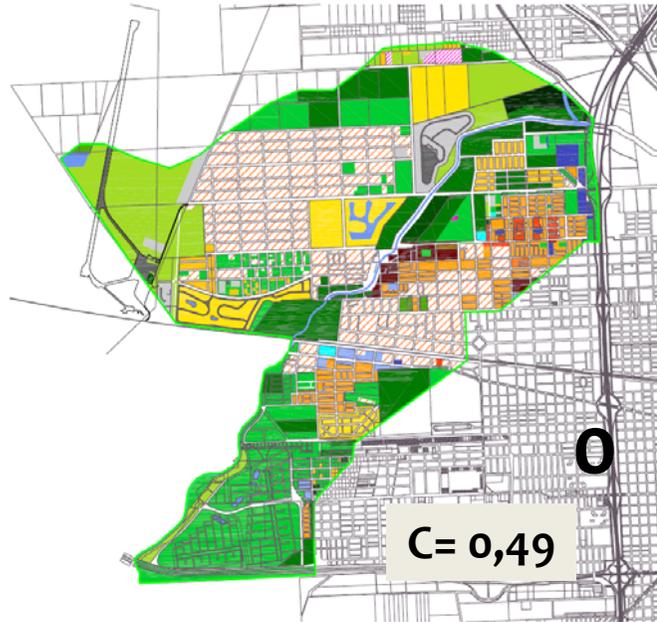
Escenario 3  
> Permeabilidad



C= 0,49

# Escenarios considerados

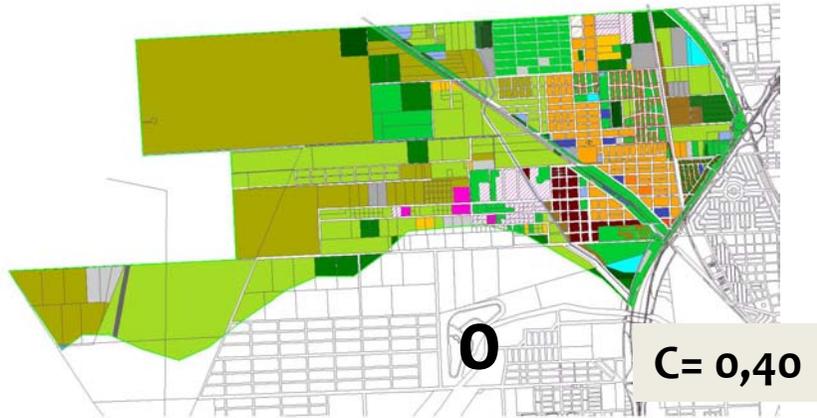
## Subcuenca 3



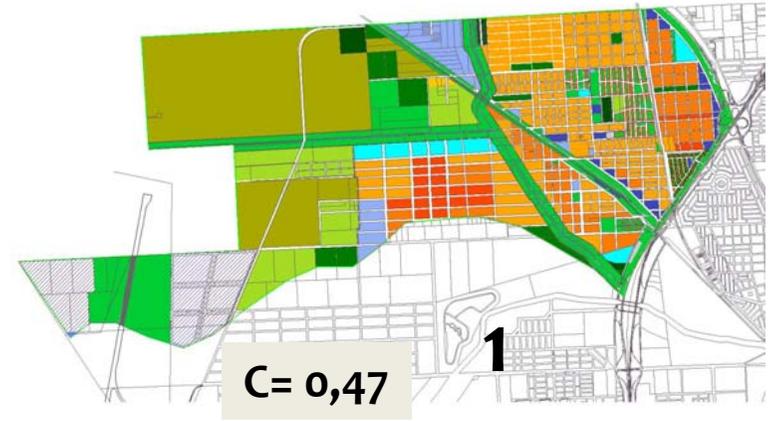
# Escenarios considerados

## Subcuenca 9

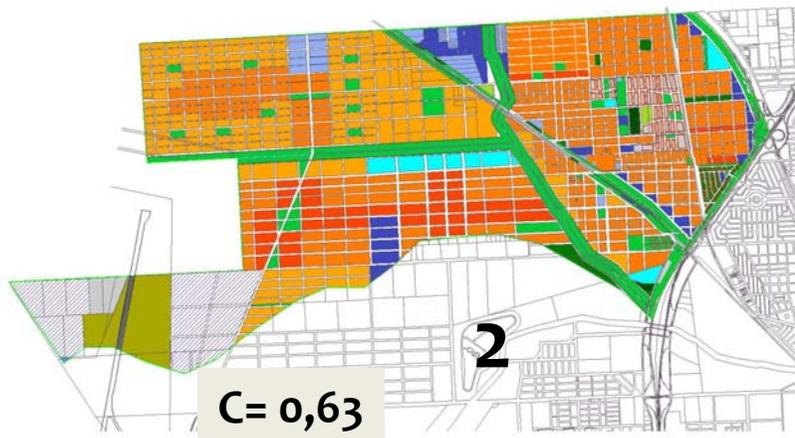
SUB CUENCA EMISARIO 09 - CIUDAD DE ROSARIO  
ESCENARIO 0 - SITUACION ACTUAL



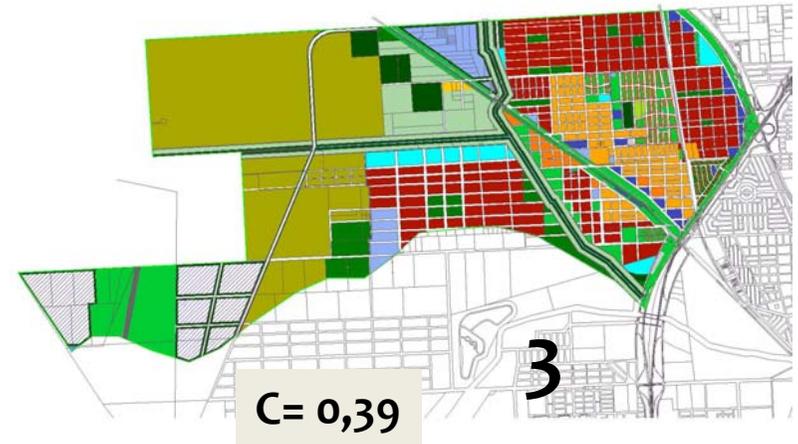
SUB CUENCA EMISARIO 09 - CIUDAD DE ROSARIO  
ESCENARIO 1 - URBANIZACION SIMULADA EN BASE A PLANIFICACION Y NORMATIVA VIGENTE



SUB CUENCA EMISARIO 09 - CIUDAD DE ROSARIO  
ESCENARIO 2 - URBANIZACION SIMULADA SOBRE ZONAS URBANIZABLES Y NO URBANIZABLES



SUB CUENCA EMISARIO 09 - CIUDAD DE ROSARIO  
ESCENARIO 3 - URBANIZACION SIMULADA SOBRE AREAS EN BASE A PLANIFICACION Y NORMATIVA VIGENTE INCREMENTANDO DE SUPERFICIE AFUP



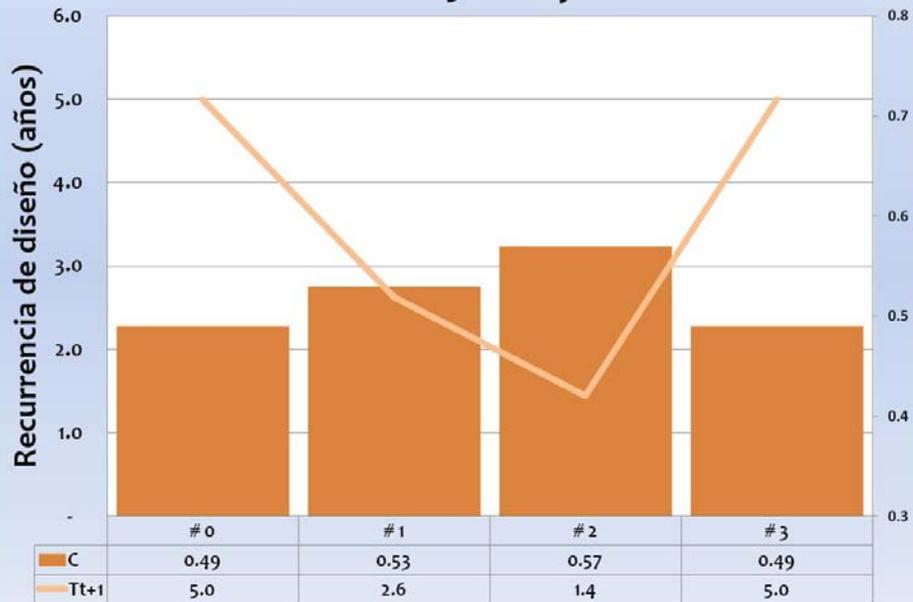
### Subcuenca 17. Molino Blanco



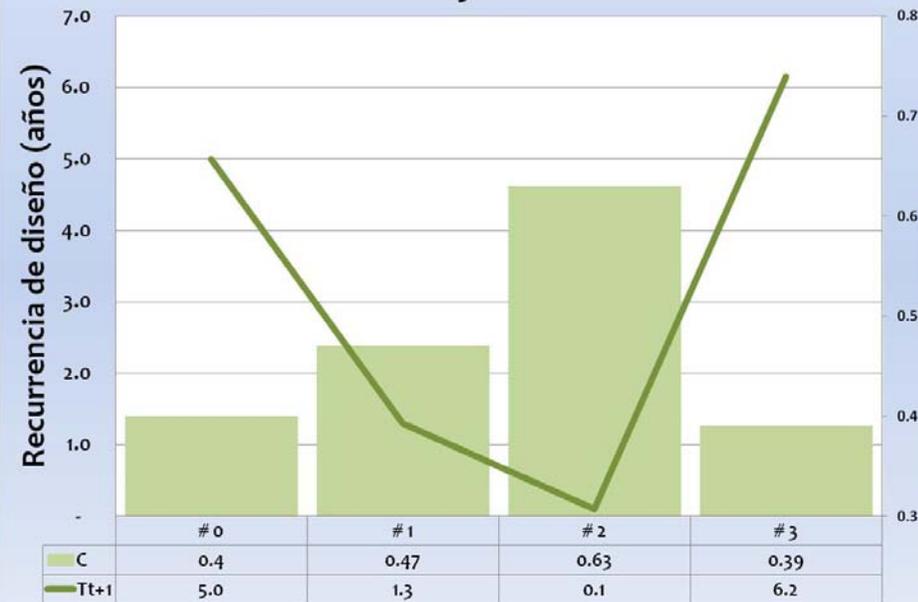
### Subcuenca Emisario 10



### Subcuenca 3. Arroyo Ludueña

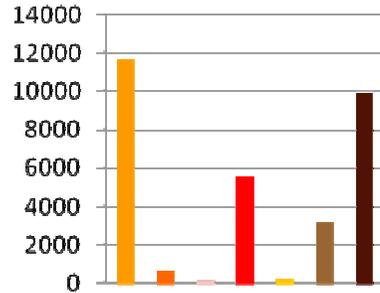


### Subcuenca 9. Canal Ibarlucea



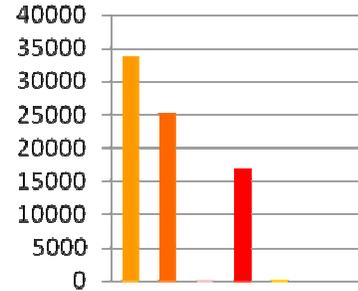
# Análisis de densidades poblacionales por escenarios

## Subcuenca 9



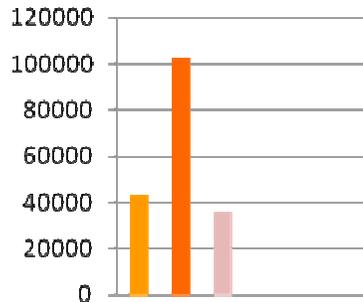
### ESCENARIO ACTUAL

**Población: 31375 hab.**  
**Superficie total: 1659 ha.**  
**Superficie ocupada por viviendas: 209 ha.**  
**Densidad de Población en Superficie ocupada por viviendas SC9: 150 hab./ ha.**  
**Densidad de Población en Superficie total SC9: 19 hab. / ha**



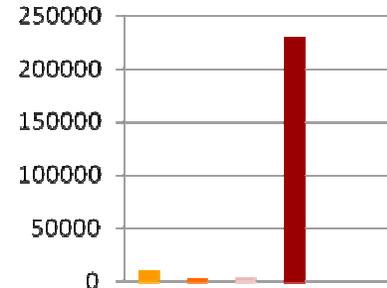
### ESCENARIO SEGÚN NORMATIVA VIGENTE

**Población: 75817 hab.**  
**Superficie total: 1659 ha.**  
**Superficie ocupada por viviendas: 381 ha.**  
**Densidad de Población en Superficie ocupada por viviendas SC9: 199 hab./ ha.**  
**Densidad de Población en Superficie total SC9: 46 hab. / ha.**



### ESCENARIO DE MAYOR IMPERMEABILIDAD

**Población: 181481 hab.**  
**Superficie total: 1659 ha.**  
**Superficie ocupada por viviendas: 809 ha.**  
**Densidad de Población en Superficie ocupada por viviendas SC9: 224 hab./ ha.**  
**Densidad de Población en Superficie total SC9: 109 hab. / ha.**



### ESCENARIO VERDE

**Población: 268768 hab.**  
**Superficie total: 1659 ha.**  
**Superficie ocupada por viviendas: 348 ha.**  
**Densidad de Población en Superficie ocupada por viviendas SC9: 772 hab. / ha**  
**Densidad de Población en Superficie total SC9: 162 hab. /ha.**



#### REFERENCIAS

- Calles (aceras y calzadas) (\*)
- Pavimentos en espacios públicos
- Vivienda unifamiliar, hasta 2 pisos (< OCUPACION DE SUELO)
- Vivienda unifamiliar, hasta 2 pisos (> OCUPACION DE SUELO)
- Vivienda unifamiliar con centro de manzana forestado
- Viviendas multi - unidades, hasta 4 pisos
- Viviendas multi - unidades, más de 4 pisos
- Viviendas multi unidades con acera, centro de Mz. y terraza verde

- Suelo desnudo compactado
- Cultivo extensivo
- Cultivo hortícola tradicional
- Cultivo hortícola agroecológica
- Forestal : bosques denso
- Forestal : ( más del 50% del terreno cubierto)
- Forestal : ( menos del 50% del terreno cubierto)
- Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana )

- Residencial suburbano
- Barrio cerrado
- Area comercial y de negocios
- Asentamientos irregulares incipientes
- Asentamientos irregulares consolidados
- Industrial poco densa
- Industrial densa
- Pasto/prado/cesped suelo arcillo-limoso

- Ladrilleras
- Ladrilleras con construcciones dispersas
- Basurales
- Cursos de agua, Cevas
- Equipamiento deportivo sobre terreno forestado
- Equipamiento urbano (> permeabilidad) (\*\*)
- Equipamiento urbano (< permeabilidad) (\*\*)

NOTA:  
 (\*) INCLUIRE DIFERENTE TIPO DE ACERAS Y CALZADAS/PAVIMENTACIONES Y DE TERRENO.  
 LAS SUPERFICIES RESPECTIVAS SE SUMARÁN A LAS CLASES CORRESPONDIENTES  
 PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES.  
 (\*\*) EN CASO DE NO ESTAR PLANIFICADO EL CARÁCTER ESPECÍFICO DE LA  
 OCUPACIÓN, SE DECIDIRÁ UNA ALTERNATIVA POSIBLE DE ADECUAR AL CONTEXTO.

# Conclusiones

Se analizan los efectos potenciales sobre el drenaje de aguas pluviales urbanas en distintos sectores de la ciudad de Rosario, frente a diferentes usos potenciales del suelo correspondientes a escenarios futuros posibles.

Las urbanizaciones conformes a los planes directores vigentes aumentarían el riesgo de inundación entre 1,4 – 3,8 veces. En el caso de la SCE10, la adecuación de obras implica inversión de 75 M\$. En el caso de la SC09, la población posible de ubicar se incrementaría 2,4 veces con un incremento área de viviendas de 1,8 veces.

Las urbanizaciones que ocuparían la totalidad del área posible aumentarían el riesgo de inundación entre 2,2 – 50 veces. En el caso de la SCE10, la adecuación de obras implica inversión de 275 M\$. En el caso de la SC09, la población posible de ubicar se incrementaría 6 veces con un incremento área de viviendas de 4 veces.

Las urbanizaciones conformes a los planes directores vigentes con desarrollo de espacios verdes **disminuirían** el riesgo de inundación entre 0 – 2,4 veces. En el caso de la SCE10, la adecuación de obras implica inversión de 30 M\$. En el caso de la SC09, la población posible de ubicar se incrementaría 9 veces con un incremento área de viviendas de 1,7 veces

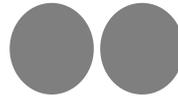
# ANTECEDENTES

## Desbordes de los arroyos Saladillo y Ludueña en 1986.

### Evolución demanda de capacidad de conducción Arroyo Ludueña

Lluvias causantes: entre 250 mm y 300 mm en dos o tres días.

**Década 40** 2 diám. 3.80 m



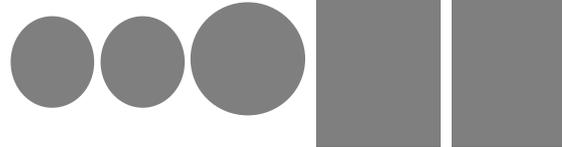
$A=23 \text{ m}^2$ ,  $Q=94 \text{ m}^3/\text{s}$

**Década 60** 2 diám. 3.80 m + 1 diám. 4.10 m.  
(Aliviador 1)



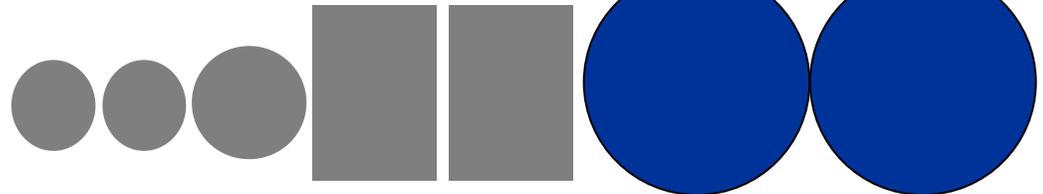
$A=36 \text{ m}^2$ ,  $Q=174 \text{ m}^3/\text{s}$

**Década 80** 2 diám. 3.80 m + 1 diám. 4.10 m.  
+ 2 rect 4.30 x 5.05 (Aliviador 2)



$A=74 \text{ m}^2$ ,  $Q=330 \text{ m}^3/\text{s}$

**Década 2010** 2 diám. 3.80 m + 1 diám. 4.10 m.  
+ 2 rect 4.30 x 5.05 + 2 diám. 7 m  
(Aliviador 3 y 4)



$A=130 \text{ m}^2$ ,  $Q=480 \text{ m}^3/\text{s}$

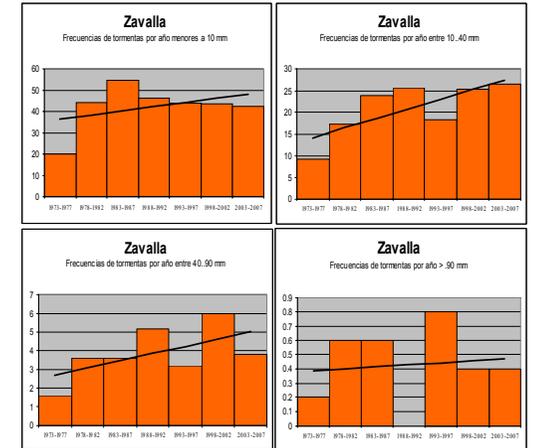
# Factores Causantes

## Climáticos (en menor medida)

- Mayor frecuencia de tormentas medianamente intensas.
- Condición antecedente más húmeda

## Uso del suelo (muy significativos)

- Expansión de fronteras agrícolas, predominio del monocultivo - soja, aumento del laboreo del suelo, densificación de caminos rurales:
- Canalizaciones clandestinas
- Uso de bajos naturales
- Urbanizaciones en áreas rurales y periurbanas



**Respuesta hidrológica más rápida**  
**Mayor impermeabilidad**

