

REDUCCIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN URBANA MEDIANTE INCREMENTO DE ÁREAS VERDES. CASO DE APLICACIÓN: SUBCUENCA EMISARIO 17, ROSARIO.

Zimmermann, Erik⁽¹⁾ y Laura Bracalenti⁽²⁾

⁽¹⁾Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, CONICET. ⁽²⁾ Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, UNR. Rosario, Argentina. E-mail: erikz@fceia.unr.edu.ar

Riobamba 245 bis. 2000 Rosario. TeleFax 0341-4808541

RESUMEN

Se analizan los efectos potenciales sobre el drenaje de aguas pluviales urbanas en la subcuenca del emisario 17 (sector sur de la ciudad de Rosario), frente a diferentes usos potenciales del suelo estipulados en escenarios futuros posibles. Se consideran escenarios conformes a los planes directores vigentes, uno con desarrollo de áreas verdes y otro con un notable incremento de áreas pavimentadas.

Se evalúan, como indicador, los cambios en el coeficiente de escurrimiento del método racional para las situaciones propuestas.

El escenario verde posible implicaría, una reducción del 23% en el coeficiente de escurrimiento aumentando considerablemente el nivel de protección frente a inundaciones, ya que con la infraestructura de drenaje existente el período de retorno asociado a los caudales de diseño aumenta más de 8 veces respecto al original considerado.

El escenario impermeabilizado implicaría un aumento del 15% en el en el coeficiente de escurrimiento disminuyendo considerablemente el nivel de protección frente a inundaciones, ya que con la infraestructura de drenaje existente el período de retorno asociado a los caudales de diseño disminuye a la tercera parte respecto al original considerado. Esta situación implicaría una necesaria reinversión en infraestructura pluvial urbana para retornar a los niveles de seguridad originales.

INTRODUCCIÓN

En las ciudades, el aumento sostenido del escurrimiento pluvial debido a la creciente impermeabilización del suelo, se ha convertido en una preocupación ambiental seria a la que se suma el incremento de las lluvias anuales, en determinadas áreas, debido a las consecuencias del calentamiento global.

La inundación repentina en estas áreas ante lluvias intensas por sobrecarga de los sistemas de drenaje, constituye un problema recurrente con impactos negativos de gran importancia social y económica. Pueden citarse las sucesivas inundaciones de barrios de la ciudad de Rosario provocados por los desbordes del arroyo Ludueña, tales como Empalme Graneros (1986), Nuevo Alberdi (2007), Fisherton (2012), etc.

Dado que además, en estas áreas urbanas la adecuación necesaria de la infraestructura pluvial - conforme aumentan las precipitaciones y la impermeabilización- demanda grandes inversiones e intervenciones muchas veces inviables en sectores con alta densidad edilicia, es prioritario definir estrategias sinérgicas de solución -para éste y otros problemas ambientales asociados- que permitan reducir los volúmenes de salida por escorrentía a través de incrementar el agua interceptada, la absorbida por el soporte edáfico y la almacenada en receptáculos de diverso tipo. Planificar y diseñar ciudades con mayores superficies permeables para reducir y retardar el volumen de agua a derivar a la red de drenaje, es una alternativa que puede implicar, además, otros muchos efectos positivos. Es un hecho probado que, frente a los conflictos que plantea el crecimiento urbano y la incertidumbre que genera el cambio climático, preservar áreas verdes en cantidad, calidad y conectividad adecuadas, es un modo de garantizar la prestación de servicios ecosistémicos indispensables para la vida en las ciudades.

En anteriores trabajos, los autores han presentado una metodología de evaluación del impacto de áreas verdes en ambientes urbanos en el escurrimiento pluvial. Basándose en la ecuación del método racional se ha propuesto un indicador cuantitativo para evaluar los cambios posibles en el escurrimiento a partir de diferentes usos del suelo previstos en el futuro (Zimmermann y Bracalenti, 2012). Seguidamente se ha propuesto una metodología para relacionar cambios en el indicador con modificaciones del riesgo de inundaciones (Zimmermann y Bracalenti, 2014).

En este trabajo, se pretende aplicar las metodologías propuestas en la subcuenca del emisario 17, ubicada en el sector sur de la ciudad de Rosario, proponiendo para ello escenarios futuros conforme a los planes directores vigentes. Se analizará el impacto en la reducción del escurrimiento urbano a partir del incremento de áreas verdes, bajo diferentes propuestas (agricultura urbana y periurbana, forestación urbana y periurbana, terrazas vegetadas, calles y/o veredas verdes, etc.) así como también un escenario de máxima impermeabilización y sus implicancias en el sistema de drenaje actual.

CARACTERÍSTICAS URBANÍSTICAS DE LA SUBCUENCA DEL EMISARIO 17.

Contexto

El área correspondiente a la Subcuenca Emisario 17 (SE17) está ubicada al Sureste de la ciudad, sobre el límite jurisdiccional de la misma, coincidente con el Arroyo Saladillo. Corresponde al Distrito Sur del municipio. Este Distrito tiene una población de aproximadamente 153.596 habitantes (16,89% del total) y una superficie de 18,78 km² (10,51% del total). Reúne sólo el 5% de los espacios verdes totales. La superficie urbanizada asciende a los 18,11km² y concentra 1251 manzanas. La densidad de población es de 8.178,70 habitantes/km² (Fig. 1).

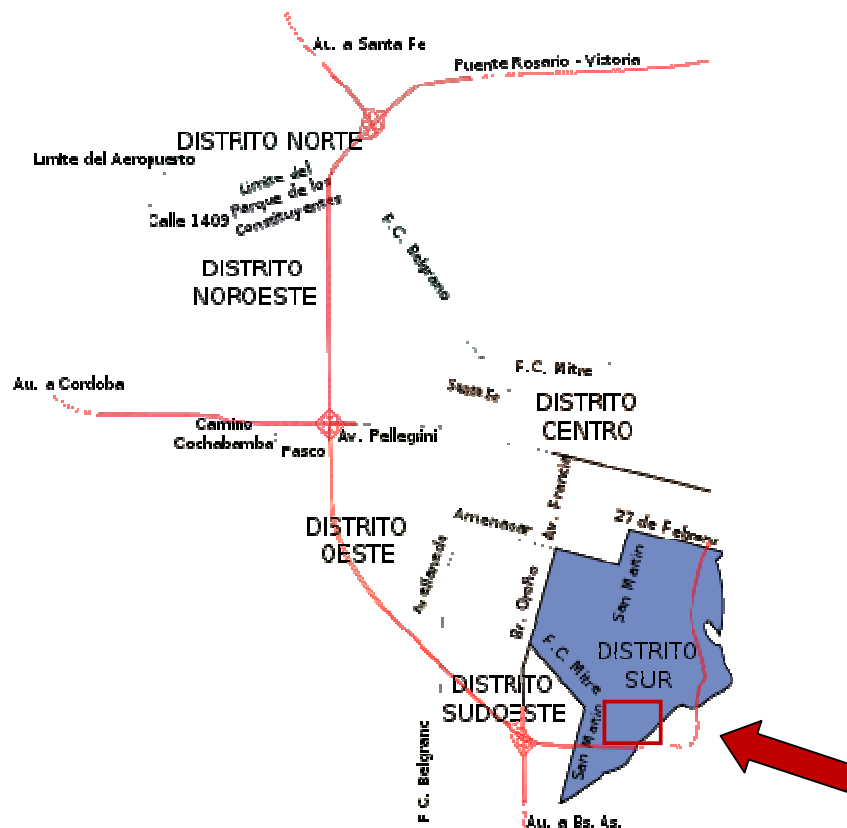


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

La subcuenca analizada es pequeña, abarcando una superficie de 0,70 km². Es un área baja que forma parte de la planicie de inundación del arroyo Saladillo. Dada la posición del sector en el paso obligado hacia el puerto de la ciudad, el carácter de borde y el tipo de actividad productiva desarrollada, pasaban por el sector numerosos tendidos ferroviarios, y se localizaron diversas instalaciones complementarias, como depósitos, talleres, y playas de maniobra. Desde 1960, sobre los laterales del ferrocarril y otros terrenos vacantes, comenzó la radicación de asentamientos irregulares, muchos de ellos hoy consolidados. La desafectación de instalaciones ferroviarias acentuó esta tendencia.

Las carencias del área, las frecuentes inundaciones que afectaban sobre todo a la población marginal ubicada sobre los bordes del arroyo, y la existencia de suelo vacante, determinó, a partir de 1965, el inicio de un proceso de localización de conjuntos de viviendas de interés social, que ha dado como resultado un gran conglomerado de conjuntos habitacionales construidos a través de la implementación de distintos planes estatales.

Características urbanísticas de la SE17.

La trama es irregular, formada principalmente por manzanas rectangulares. El área cuenta con agua corriente, electricidad, gas natural, cloacas, mejorado en calles con cordón cuneta, veredas y equipamiento comunitario: arbolado, alumbrado público y paqueteros para residuos (Figs. 2 y 3).



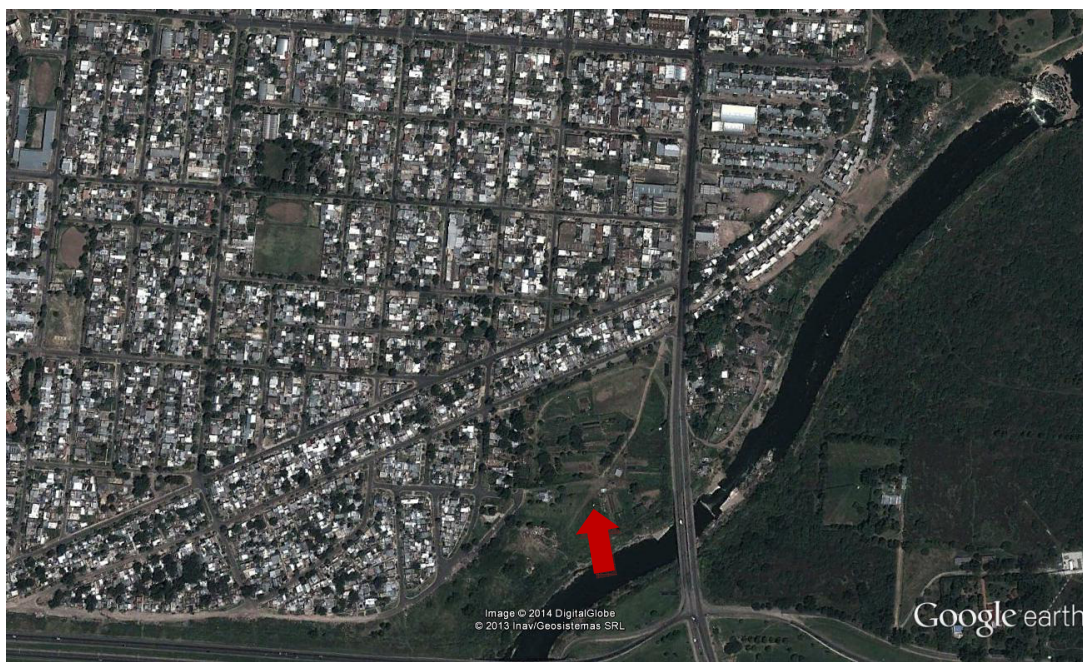


Figura 2. Imagen satelital del sector de estudio



Figura 3. Vista aérea del sector de estudio

Se diferencian dos sectores por su estructura, tipo de construcción y antigüedad:

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.

Sector Sur: Coincidente con el borde del arroyo y la Avenida de Circunvalación, presenta un área verde, dentro de la cual se localiza el parque Huerta Molino Blanco Sur. Los terrenos cercanos al arroyo están ocupados por asentamientos irregulares consolidados (Fig. 4)

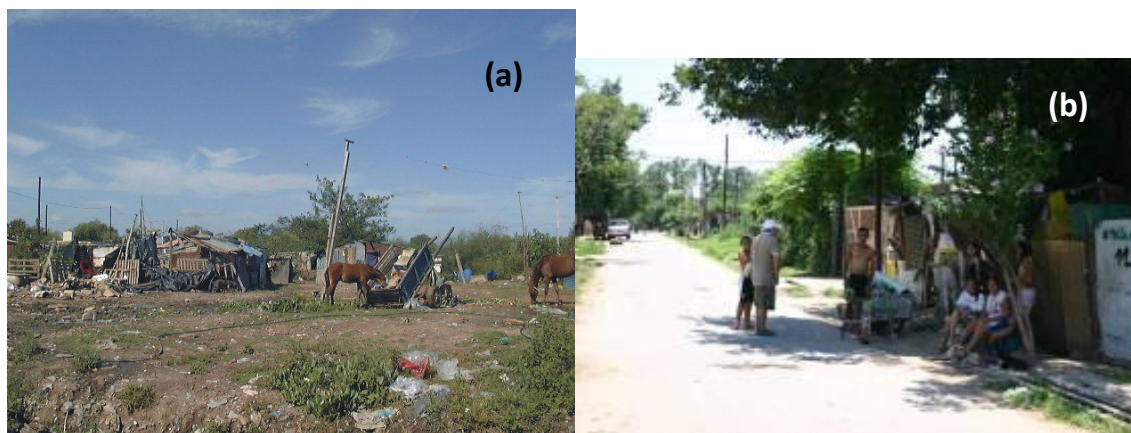


Figura 4. Fotografía de asentamientos no consolidados (a) y consolidados (b)

ESCENARIOS CONSIDERADOS

En base a las clases de uso y cobertura de suelo consideradas, se analizó el área de estudio teniendo en cuenta tres escenarios:

Escenario 1. Línea de base: Situación actual de usos de suelo (Fig. 5).

Escenario 2: Urbanización futura considerando los índices máximos permitidos por normativa actual y diferentes coberturas verdes en urbanizables y no urbanizables (huertas, árboles, calles y veredas verdes, techos vegetados). Se optimizan las coberturas vegetales (Incorporando AFUP) en las áreas no urbanizables (espacios verdes públicos, áreas inundables, laterales de carreteras y ferrocarriles) y se aumenta el porcentaje de superficie con cobertura vegetal en veredas.

Escenario 3: Urbanización futura considerando edificada la totalidad del área estudiada de acuerdo a los índices máximos permitidos por la normativa vigente, a excepción de las áreas verdes públicas previstas por Código Urbano y Reglamento de edificación y las áreas de libre escurrimiento fijadas por normativa de inundación.



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 densos
- Forestal : (más del 50% del terreno cubierto)
- Forestal : (menos del 50% del terreno cubierto)
- Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)



Figura 6. Uso del suelo para el escenario 2.

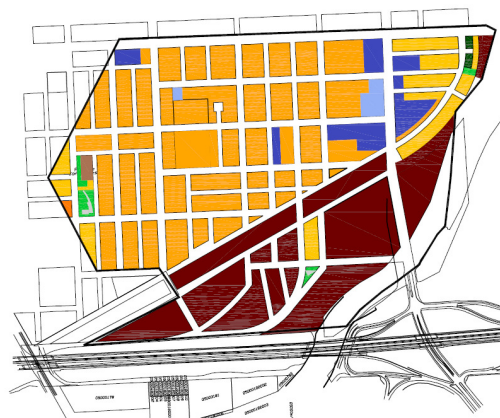


Figura 7. Uso del suelo para el escenario 3.

CÁLCULO DEL INDICADOR PARA LOS ESCENARIOS PROPUESTOS

Se calcularon los indicadores de modificación de escurrimiento debido a cambios de uso del suelo de la siguiente manera:

- (a) Estimación, con la ayuda de las Tablas 1 y 2, de coeficientes de escorrentía para cada tipo de suelo, cobertura y pendiente.
- (b) Cálculo del coeficiente de escorrentía compuesto para todas las cubiertas del suelo en la zona de captación:

$$C_c = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \quad (1)$$

donde C_c es el coeficiente de escorrentía compuesto, C_i son los coeficientes de escorrentía de áreas homogéneas y A_i son áreas individuales con C homogéneo. Esta información fue estimada mediante imágenes satelitales (Google Earth).

Los criterios seleccionados para la estimación de los coeficientes de escorrentía se describen en la Tabla 3, para el escenario 1. En la Tabla 4 se muestran usos del suelo, áreas y coeficientes de escorrentía para el escenario 1.

(c) Cálculo de la modificación en la escorrentía debido a cambios de uso de suelo en la cuenca urbana estudiada, empleando el índice ΔC (Zimmermann y Bracalenti 2012). Valores ΔC negativos para cualquier período de tiempo indican una disminución neta de la escorrentía (y consecuente reducción de riesgo de inundación), provocado por un aumento en la infiltración/ almacenamiento de la precipitación en esa superficie urbana. El indicador ΔC , en términos porcentuales, se puede calcular de la siguiente manera:

$$\Delta C = 200 \frac{C_{t+1} - C_t}{C_{t+1} + C_t} \quad (2)$$

donde C_{t+1} = es el coeficiente de escurrimiento para escenarios futuros (hipotéticos) y C_t = el coeficiente para un escenario actual.

Los resultados de su aplicación se muestran en las Tablas 5 y 6, correspondientes a los escenarios 2 y 3 .

Tabla 1. Coeficientes de escurrimiento para diferentes usos de suelo urbano

Uso de suelo/ Tipode superficie	Rango de valores de “C”
Tejido de usos diversos y alta densidad edilicia	0.70 a 0.95
Tejido Barrial con comercios y servicios aislados	0.50 a 0.70
Tejido residencial (viviendas unifamiliares)	0.30 a 0.50
Bloques edilicios separados	0.40 a 0.60
Bloques edilicios unidos	0.60 a 0.75
Tejido residencial suburbano	0.25 a 0.40
Edificios de departamentos	0.50 a 0.70
Industria con espacios verdes	0.50 a 0.80
Industria sin espacios verdes	0.60 a 0.90
Parques y cementerios-jardines	0.10 a 0.25
Parques infantiles	0.20 a 0.35
Playa de maniobras ferrocarril-vías	0.20 a 0.35
Terrenos urbanizados (no construidos)	0.10 a 0.30
Pavimentos de Asfalto y hormigón	0.70 a 0.95
Pavimentos de Ladrillo	0.70 a 0.85
Techos tradicionales	0.75 a 0.95
Césped sobre suelo arenoso, pendiente < 2 %	0.05 a 0.10
Césped sobre suelo arenoso, pendiente 2- 7 %	0.10 a 0.15
Césped sobre suelo arenoso, pendiente > 7 %	0.15 a 0.20
Césped sobre suelo arcilloso, pendiente < 2 %	0.13 a 0.17
Césped sobre suelo arcilloso, pendiente 2- 7 %	0.18 a 0.22
Césped sobre suelo arcilloso, pendiente > 7 %	0.25 a 0.35

Tabla 2. Coeficientes de escorrentía para diferentes usos verdes del suelo.

Uso de suelo/ Cobertura vegetal	Coeficientes de Escorrentía C (rango)	C sugerido (para tipo de suelo B y pendientes menores al 2%)	Para tipos de suelo C y D	Para pendientes mayores al 2%
Agricultura				
Tierras cultivadas	0.10 – 0.40	0.15	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
Pasturas/pradera	0.10 – 0.60	0.25	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
Vegetación nativa				
Principalmente arbustos / matorrales	0.10 – 0.40	0.15	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
principalmente pastos	0.10 – 0.60	0.25	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
Vegetación poco densa	0.20 - 0.60	0.35	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
Humedales	0.90	0.90	-	-
Forestado	0.05 – 0.25	0.10	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
Tierra compactada no vegetada	0.30 – 0.75	0.50	Adicionar 25% para cada clase mayor	Adicionar 30% para cada clase mayor
Techos verdes	0.10 – 0.50	0.30	-	-

Tabla 3. Criterios establecidos para fijar coeficientes de escurrimiento

	Coberturas	C	Observaciones
1	Pavimentos de asfalto y cemento (50% de la superficie de calles y veredas)	0.90	Rango establecido: 0.70-0.95
2	Superficie pavimentada en veredas	0.90	Rango establecido: 0.70-0.95
3	Superficie no pavimentada en veredas	0.30	Considerado como césped + 25% Suelo tipo C
4	Asentamientos irregulares consolidados	0.70	Considerado como vivienda unifamiliar más compacta
5	Vivienda unifamiliar	0.65	Ponderado: 70%*0.90+30%*0.30, 30% césped y el resto techado
6	Viviendas multi -unidades , edificios bajos	0.70	Considerado como vivienda unifamiliar más compacta
7	Residencial o suburbano	0.40	Rango establecido: 0.25-0.40
8	Asentamiento Incipiente	0.56	idem asentamiento consolidado menos compacto
9	Industrial poco densa	0.70	Rango establecido: 0.50-0.80
10	Industrial densa	0.80	Rango establecido: 0.60-0.90
11	Pasto/prado/césped suelo arcillo-limoso	0.30	Considerado como césped (C=0,25) + 25% Suelo tipo C
12	Suelo desnudo compactado	0.63	Considerado según Tabla (C=0,50) + 25% Suelo tipo C
13	AFUP (huertas).	0.19	Considerado según Tabla (C=0,15) + 25% Suelo tipo C
14	Forestal : bosques denso	0.13	Considerado según Tabla (C=0,10) + 25% Suelo tipo C
15	Forestal : (más del 50% del terreno cubierto)	0.23	Considerado (C=0,18) + 25% Suelo tipo C
16	Forestal : (menos del 50% del terreno cubierto)	0.33	Considerado (C=0,25) + 25% Suelo tipo C
17	Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)	0.44	Considerado según Tabla (C=0,35) + 25% Suelo tipo C
18	Pavimentos en espacios públicos	0.90	Rango establecido: 0.70-0.95

Tabla 4. Usos de suelo, áreas y coeficientes de escurrimiento para escenario 1 (actual).

	Uso del suelo	Superficie en m2	C	% Sup
1	Pavimentos de asfalto y cemento (50% de la superficie de calles y veredas)	123,065.55	0.90	17.5
2	Superficie pavimentada en veredas (50% del total)	61,532.78	0.90	8.7
3	Superficie no pavimentada en veredas (50% del total)	61,532.78	0.30	8.7
4	Asentamientos irregulares consolidados	74,850.44	0.70	10.6
5	Vivienda unifamiliar	206,878.77	0.65	29.4
6	Viviendas multi -unidades , edificios bajos	835.24	0.70	0.1
7	Residencial o suburbano	40,599.02	0.40	5.8
8	Asentamiento Incipiente	4,484.22	0.56	0.6
9	Industrial poco densa	5,870.31	0.70	0.8
10	Industrial densa	19,959.94	0.80	2.8
11	Pasto/prado/césped suelo arcillo-limoso	11,445.11	0.30	1.6
12	Suelo desnudo compactado	33,462.77	0.63	4.8
13	AUP (huertas).	26,321.46	0.19	3.7
14	Forestal : bosques denso	5,312.79	0.13	0.8
15	Forestal : (más del 50% del terreno cubierto)	3,189.56	0.23	0.5
16	Forestal : (menos del 50% del terreno cubierto)	19,447.11	0.33	2.8
17	Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)	3,920.39	0.44	0.6
18	Pavimentos en espacios públicos	775.00	0.90	0.1
TOTAL		703,483.24		
		C medio	0.64	

Tabla 5. Usos de suelo, áreas y coeficientes de escurrimiento para escenario 2 (verde).

	Uso del suelo	Superficie en m2	C	% Sup
1	Pavimentos de asfalto y cemento (50% de la superficie de calles y veredas)	122,736.77	0.90	16.6
2	Superficie pavimentada en veredas (30% del total)	36,821.03	0.90	5.0
3	Superficie no pavimentada en veredas (70% del total)	85,915.74	0.30	11.6
4	Asentamientos irregulares consolidados	74,850.44	0.70	10.1
5	Vivienda unifamiliar	206,878.77	0.30	28.0
6	Viviendas multi -unidades , edificios bajos	835.24	0.70	0.1
7	Residencial o suburbano	40,599.02	0.40	5.5
8	Asentamiento Incipiente	-	0.56	-
9	Industrial poco densa	5,870.31	0.70	0.8
10	Industrial densa	19,959.94	0.80	2.7
11	Pasto/prado/césped suelo arcillo-limoso	12,220.11	0.30	1.7
12	Suelo desnudo compactado	33,462.77	0.63	4.5
13	AUP (huertas).	77,854.38	0.19	10.5
14	Forestal : bosques denso	17,829.77	0.13	2.4
15	Forestal : (más del 50% del terreno cubierto)	3,189.56	0.23	0.4
16	Forestal : (menos del 50% del terreno cubierto)	820.09	0.33	0.1
17	Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)	-	0.44	-
18	Pavimentos en espacios públicos	-	0.90	-
TOTAL		739,843.94		
		C medio	0.49	
		ΔC (%) =	-26.35	
		Ct+1/Ct =	0.77	

Tabla 6. Usos de suelo, áreas y coeficientes de escurrimiento para escenario 3 (impermeable).

	Uso del suelo	Superficie en m2	C	% Sup
1	Pavimentos de asfalto y cemento (50% de la superficie de calles y veredas)	125,587.18	0.90	17.9
2	Superficie pavimentada en veredas (100% del total)	125,587.18	0.90	17.9
3	Superficie no pavimentada en veredas	-	0.30	-
4	Asentamientos irregulares consolidados	148,257.58	0.70	21.1
5	Vivienda unifamiliar	222,699.76	0.65	31.7
6	Viviendas multi -unidades , edificios bajos	835.24	0.70	0.1
7	Residencial o suburbano	38,592.28	0.40	5.5
8	Asentamiento Incipiente	-	0.56	-
9	Industrial poco densa	5,870.31	0.70	0.8
10	Industrial densa	27,486.57	0.80	3.9
11	Pasto/prado/césped suelo arcillo-limoso	4,507.99	0.30	0.6
12	Suelo desnudo compactado	1,958.50	0.63	0.3
13	AUP (huertas).	-	0.19	-
14	Forestal : bosques denso	-	0.13	-
15	Forestal : (más del 50% del terreno cubierto)	1,325.63	0.23	0.2
16	Forestal : (menos del 50% del terreno cubierto)	-	0.33	-
17	Escasa vegetación (no compactado por la actividad humana)	-	0.44	-
18	Pavimentos en espacios públicos	775.00	0.90	0.1
TOTAL		703,483.22		
		C medio	0.74	
		ΔC (%) =	14.35	
		Ct+1/Ct =	1.15	

ESTIMACIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL RIESGO DE INUNDACIÓN

Mediante el uso conjunto de la ecuación racional para la obtención del caudal de diseño y la ecuación de Kieffer y Chu como modelo empírico que ajusta una curva IDR, puede demostrarse que la relación entre coeficientes de escorrentía ante escenarios diferentes de uso de suelo y las probabilidades de excedencia y/o períodos de retorno para el diseño puede expresarse como (Zimmermann y Bracalenti 2014):

$$\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{1/m} = \frac{T_t}{T_{t+1}} = \frac{P_{t+1}}{P_t} \quad (3)$$

donde C_t y C_{t+1} ; T_t y T_{t+1} ; P_t y P_{t+1} son los coeficientes de escorrentía, períodos de retorno y probabilidades de excedencia de la intensidad de lluvia en los escenarios al tiempo t y $t+1$, respectivamente; m es un parámetro empírico de carácter regional, exponente del período de retorno en la ecuación de Kieffer y Chu.

Para el ajuste de dicha ecuación con los datos de lluvia de la ciudad de Rosario (Argentina, 32 ° 57 'S, 60 ° 41' W), $m = 0,122$. El promedio regional del parámetro m es 0.18 (Zimmermann 2013).

RESULTADOS

En las tablas anteriores, puede verse la diferencia entre las situaciones hipotéticas a las situaciones con y sin desarrollo de las zonas AFUP.

Con el uso del suelo actual (escenario 1) el coeficiente de escorrentía promedio es 0,64 para el área de estudio.

Para el uso futuro de la tierra bajo un aumento de la zona verde (escenario 2) el coeficiente de escorrentía alcanza un valor de 0,49, lo que supone un 77 % de disminución aproximada en comparación con su valor actual y un valor de indicador negativo de -26,35 %. Considerando el valor de $m = 0,122$ ajustado para Rosario, aplicando la ecuación (3) se tiene que para una reducción del coeficiente de escorrentía del 23 % ($C_{t+1}/C_t = 0,77$) provocaría una reducción de riesgo del 88% (equivalente a $P_{t+1}/P_t = 0,117$). Ampliando el ejemplo, puede interpretarse como: dados, en el diseño urbano de drenaje, una probabilidad de excedencia del 20 % (tiempo de retorno de 5 años), con una reducción del coeficiente de escorrentía del 23%, la nueva probabilidad de excedencia alcanzaría el valor $0,117 * 20 \% = 2,34 \%$ (nuevo tiempo de retorno aproximado 42,7 años).

Estos valores permiten señalar que se mejora significativamente la situación de la población.

Para el uso futuro de la tierra consistente con una impermeabilización importante de la zona (escenario 3), el coeficiente de escorrentía alcanza un valor de 0,74, lo que implica un aumento de aproximadamente 15 % de su valor actual y un valor indicador positivo de 14,35 %. Considerando el valor de $m = 0,122$ ajustado para Rosario, aplicando la ecuación (3) se tiene que para un aumento del coeficiente de escorrentía del 15 % ($C_{t+1}/C_t = 1,15$) provocaría un aumento de riesgo equivalente a $P_{t+1}/P_t = 3,144$. Con el mismo ejemplo, en el diseño urbano de drenaje, dada una probabilidad de excedencia del 20 % (tiempo de retorno de 5 años), con un aumento del coeficiente de escorrentía del 15%, la nueva probabilidad de excedencia alcanzaría el valor $3,144 * 20 \% = 62,88 \%$ (nuevo tiempo de retorno aproximado 1,6 años).

Estos valores indican que la situación se tornaría totalmente inadecuada, y que sería imperiosa una reinversión en la infraestructura de drenaje urbano para restablecer la situación de protección en las condiciones actuales.

CONCLUSIONES

Se analizan los efectos potenciales sobre el drenaje de aguas pluviales urbanas en un sector sur de la ciudad de Rosario, frente a diferentes usos potenciales del suelo estipulados en escenarios futuros posibles. Se consideran escenarios conformes a los planes directores vigentes, uno con desarrollo de áreas verdes y otro con un notable incremento de áreas pavimentadas.

Se evalúan, como indicador, los cambios en el coeficiente de escurrimiento del método racional para las situaciones propuestas.

El escenario verde posible implicaría, una reducción del 23% en el coeficiente de escurrimiento aumentando considerablemente el nivel de protección frente a inundaciones, ya que con la infraestructura de drenaje existente el período de retorno asociado a los caudales de diseño aumenta más de 8 veces respecto al original considerado.

El escenario impermeabilizado implicaría un aumento del 15% en el en el coeficiente de escurrimiento disminuyendo considerablemente el nivel de protección frente a inundaciones, ya que con la infraestructura de drenaje existente el período de retorno asociado a los caudales de diseño disminuye a la tercera parte respecto al original considerado. Esta situación implicaría una necesaria reinversión en infraestructura pluvial urbana para retornar a los niveles de seguridad originales.

REFERENCIAS

- Zimmermann, Erik y Laura Bracalenti (2012). Escorrentías pluviales y Regulación del Suelo en el municipio de Rosario. VI Jornadas de Ciencia y Tecnología 2012. Secretaría de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional de Rosario.
- Zimmermann Erik (2013) Ajuste de funciones empíricas a las IDR Regionales. Comunicación personal. Departamento de Hidráulica. FCEIA. UNR.
- Zimmermann Erik y Laura Bracalenti (2014) Reducción de riesgo de inundación urbana mediante incremento de áreas verdes. IV Taller de Regionalización de Precipitaciones Máximas. Tucuman. (en evaluación)