

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA IMPERMEABILIDAD Y SU IMPACTO HIDROLÓGICO EN LA CUENCA URBANA DE LA LAGUNA ARAZÁ, RESISTENCIA, CHACO

ZALECHAK, Ricardo J. (#) y BASUALDO, Raúl H. (#), RUBERTO, Alejandro R. (*);

Departamento de Hidráulica – Facultad de Ingeniería- UNNE

(*) Grupo de Investigación del Departamento de Hidráulica - Facultad de Ingeniería - UNNE

(#) Alumno de grado de Ingeniería Civil – FI - UNNE

Av. Las Heras 727 (CPA H3500COI). TE (0362) 4427006. Correo electrónico: aleruberto44@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se aborda el estudio de cómo ha evolucionado una cuenca urbana de llanura denominada de la Laguna Arazá, situada en la ciudad de Resistencia, Chaco.

Siendo la misma de baja energía de relieve: pendiente media 0,0018m/m y próxima al valle de inundación del río Paraná y con un área de aporte de 14,96ha. Para analizar el uso del suelo con aplicación hidrológica se consideraron como: pastos, árboles, edificaciones, suelo desnudo y agricultura correspondientes con fotografías aéreas e imágenes satelitales de diferentes períodos: 1962, 1979, 1998, 2004 y 2017, que cubren un rango de evolución de 55 años. Se simularon los cinco escenarios con el modelo ArHymo, previamente calibrado, utilizando tormentas convectivas de alta intensidad de precipitación y para distintas recurrencias. El aumento promedio de la impermeabilidad en la cuenca ha sido de 10,7% cada 10 años, similar a cuencas próximas de la ciudad de Resistencia ya estudiadas. A modo de conclusión es posible observar que se ha producido aumento en el caudal pico y volumen de escorrentía similar a cuencas vecinas, producto de la antropización de la zona. Mediciones y simulaciones como la presente permiten planificar los desagües pluviales de ciudades similares en sistemas de llanura.

ABSTRACT

It has been an approach of the evolution of an urban plain basin called the Laguna Arazá, located in Resistencia, Chaco city.

Being the same of low energy relief: average slope 0.0018m/m and near of the Paraná river valley flood with contribution area of 36,96 Acres. In order to analyze the use soil with hydrological application were considered as: pastures, trees, buildings, bare soil and agriculture corresponding with aerial photographs and satellite images of different periods: 1962, 1979, 1998, 2004 and 2017, covering an evolution range of 55 years. The five stages simulated using the ArHymo model, previously calibrated, using convective storms of high precipitation intensity for different recurrences. The average increase in waterproofing basin was 10.7% every 10 years, similar to basins near Resistencia cities already studied. As a conclusion, it is possible to observe that there has been an increase in the peak flow and volume of runoff similar to neighboring basins, as a result of the anthropization area. Measurements and simulations like the present permit plan the storm drains of similar cities in flatlands systems.

INTRODUCCIÓN

La zona en estudio se ubica en la ciudad de Resistencia, Departamento San Fernando, Chaco, el cual se sitúa a la vera del río Negro que finalmente descarga al río Paraná (fig. 1). Posee coordenadas medias $27^{\circ} 27' S$ y $59^{\circ} 03' W$ y altitud media 51msnm.

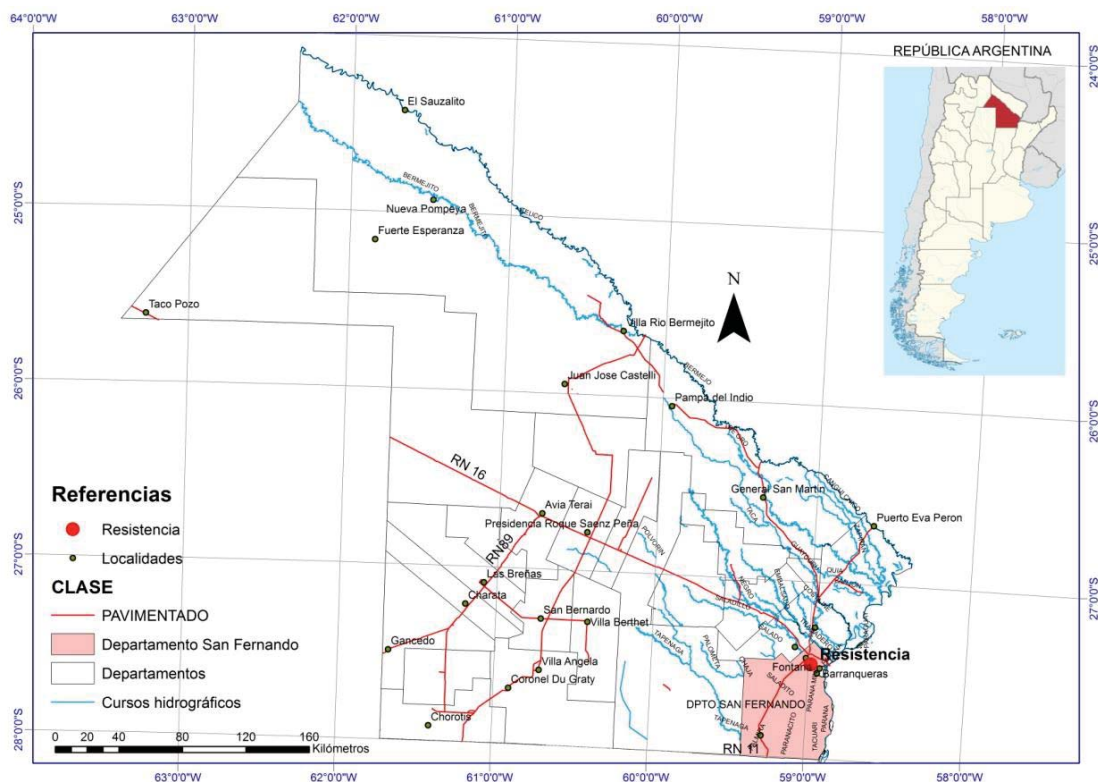


Fig. 1. Ubicación geográfica del estudio (elaboración propia).

En el área en estudio la lluvia media anual es aproximadamente 1.350mm (serie 1956-2016), con una frecuencia media anual de 75 eventos por año, correspondientes a la serie 1988-2012, (Ruberto et al, 2013).

La zona es meteorológicamente homogénea dentro de la llanura chaqueña, donde se ubica, teniendo como rasgo característico los sucesos convectivos, propios de la región subtropical en estudio.

“Pilar, J. et al (apud CPTEC-INPE, 1998) citan las altas probabilidades de ocurrencia de eventos convectivos, fenómeno muy común en cualquier época del año en estas latitudes” y Pilar & Depettris, 2000 aclaran que “esto es justificable por el hecho que los procesos son marcadamente puntuales y no tienen relación con direcciones geográficas dominantes”.

El sistema hidrológico urbano que se estudia, en Resistencia, se encuentra en el Sector Sur de la misma, siendo que el sistema de macrodrenaje se divide en dos: el Sector Norte y el Sector Sur, cuyo límite físico son las vías del FFCC General Belgrano, el cual divide las aguas y áreas de aporte de los sistemas del río Negro al norte y del riacho Arazá al sur.

La cuenca estudiada se denomina De Grandi, subcuenca de la laguna Arazá (fig. n°2).

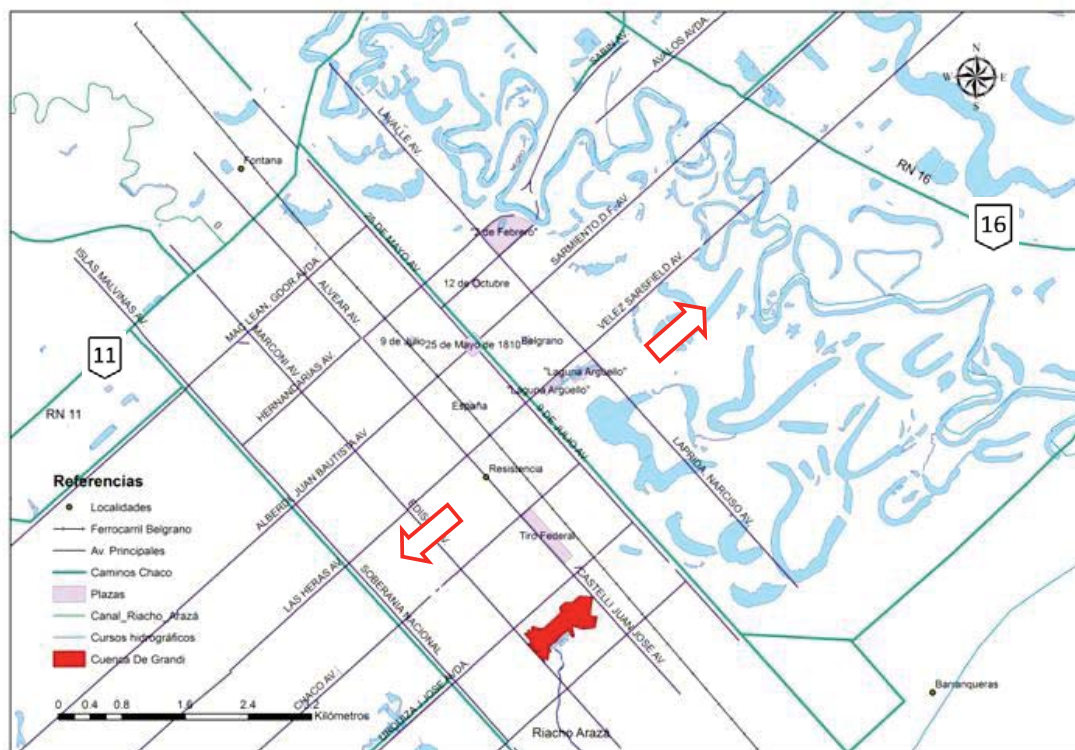


Fig. 2. Ubicación en la ciudad de Resistencia de la cuenca en estudio (elaboración propia).

Tiene un área de 14,96ha, con calles internas de tierra y algunas de ripio; sus excesos hídricos superficiales son evacuados por cunetas en el sistema de microdrenaje las cuales descargan, en dos puntos, a la laguna Arazá.

Actualmente el drenaje presenta obstrucciones en ingresos vehiculares a las viviendas, en sus alcantarillas de cruce debido a la presencia de residuos sólidos urbanos y en algunos lugares por la proliferación de plantas acuáticas.

La pendiente media de esta subcuenca es de 0,0018m/m, levemente superior a las de las cuencas urbanas de la llanura chaqueña, cuyas características son de escurrimiento lento y almacenamiento en superficie en depresiones del terreno.

El interés del estudio de dicha cuenca se debe al marcado crecimiento poblacional del Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) con una población estimada mayor a 400.000 habitantes, sumado al atraso del sistema de drenaje de las últimas dos décadas.

La cuenca laguna Arazá posee densidad de 66hab/ha, considerada en el AMGR como área de densidad media (INDEC, Censo 2010).

Dicho aumento de la densidad poblacional está directamente relacionado al aumento de la impermeabilidad y ello trae como consecuencia el aumento del escurrimiento superficial (Clemente, 2002), situación que deriva en la necesidad de ampliar la capacidad de evacuación de los sistemas de micro y macrodrenaje.

El abordaje de este trabajo analiza la variación de áreas impermeables en los últimos 55 años y también el impacto producido en el escurrimiento superficial en la subcuenca laguna Arazá descrita.

OBJETIVOS

- Determinar la variación de la impermeabilidad junto al avance poblacional y la ocupación territorial.
- Analizar el impacto hidrológico en el escurrimiento superficial producto del aumento de la impermeabilidad en un periodo de 55 años.
- Estudiar la relación caudal – impermeabilidad e impermeabilidad – tiempo.

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Varios autores han estudiado y analizado el efecto producido por el avance de la urbanización, siendo algunos de los argentinos de referencia Gutiérrez y Ayala (1999), que han analizado su efecto en cuencas urbanas de Posadas (Misiones) y con datos hidrológicos, de densidad poblacional, usos y ocupación del suelo; también han interpretado imágenes satelitales con aplicación a una cuenca tipo. Calcularon que 95% de Posadas, en dicha época, tiene densidad poblacional levemente por debajo de 119hab/ha, valor el cual se relaciona con impermeabilidad poco menor a 60% y en dicho trabajo vieron la posibilidad de la aplicación de algunas medidas para controlar la impermeabilización para lo cual propusieron un Plan Integral de Manejo de Cuencas.

En 2011 Ruberto et al, han estudiado la variación de la impermeabilidad en una cuenca urbana de llanura en Resistencia, Chaco, y obtuvieron que “el crecimiento medio de la impermeabilidad, a lo largo de cuarenta años, fue de 13% cada diez años en forma sostenida, no obstante, es posible observar aumentos más intensos debido a loteos y construcción de barrios en cortos periodos de tiempo ...”.

Más reciente, en Posadas, Ascarza y Núñez (2013) han realizado la adecuación hidráulica de la cuenca del arroyo Vicario de 418ha de superficie, en donde han clasificado y analizado según: árboles y áreas verdes densas, 23%; pasto, 10,9%; suelo desnudo, 3,2%; techos y áreas impermeables, 45%; calles de tierra, 2,2% y calles pavimentadas, 15,5%. Los mismos diseñaron considerando un aumento de la impermeabilidad de 5,6% cada 10 años siguiendo a Rodríguez et al, 2013.

Y Rodríguez et al, 2013, analizaron la urbanización e impacto hidrológico en una cuenca de alta pendiente del centro de Misiones, Argentina. Éste grupo ha calculado en una cuenca de Oberá, Misiones, un aumento sostenido de la impermeabilidad de 5,6% cada 10 años.

Oñate en 2006, analizó la repuesta hidrológica de una cuenca urbana en Loja, Ecuador, considerando el avance de la urbanización para el periodo 1972 - 2002, combinando técnicas de SIG con simulación matemática. Durante dicho periodo, el área impermeable en la zona de estudio aumentó 216% siendo el 9,6% del total de la cuenca. La relación caudal, tiempo de recurrencia y aumento de la urbanización presentó tendencia alineada, con alto coeficiente de correlación.

El trabajo de Clemente y otros, 2002, ha puesto de manifiesto la relación de la impermeabilidad versus la densidad poblacional de 29 subcuencas de Resistencia, observándose en las mismas que la tendencia hacia la cual se estabiliza el crecimiento de la impermeabilidad ronda en el intervalo de 65 a 75%, valores considerados en éste trabajo.

Ha sido considerado como escenario de crecimiento futuro y con horizonte a 20 años, al Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Resistencia, con la ordenanza 5403, en el cual el porcentaje de impermeabilidad adoptado responde a las limitaciones que establecen y regulan el factor de impermeabilización el suelo (FIS) y factor de impermeabilización total

(FIT), con 70% a nivel de parcela, requiriéndose un estudio de impacto hidrológico en caso de superar dicha limitante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Divisoria de cuenca y determinación del uso del suelo

La divisoria de cuenca en estudio es la que se denominó Laguna Arazá, de 14,96ha y que oficia de subcuenca del sistema de la cuenca De Grandi según se observa en mayor detalle en la figura 3:

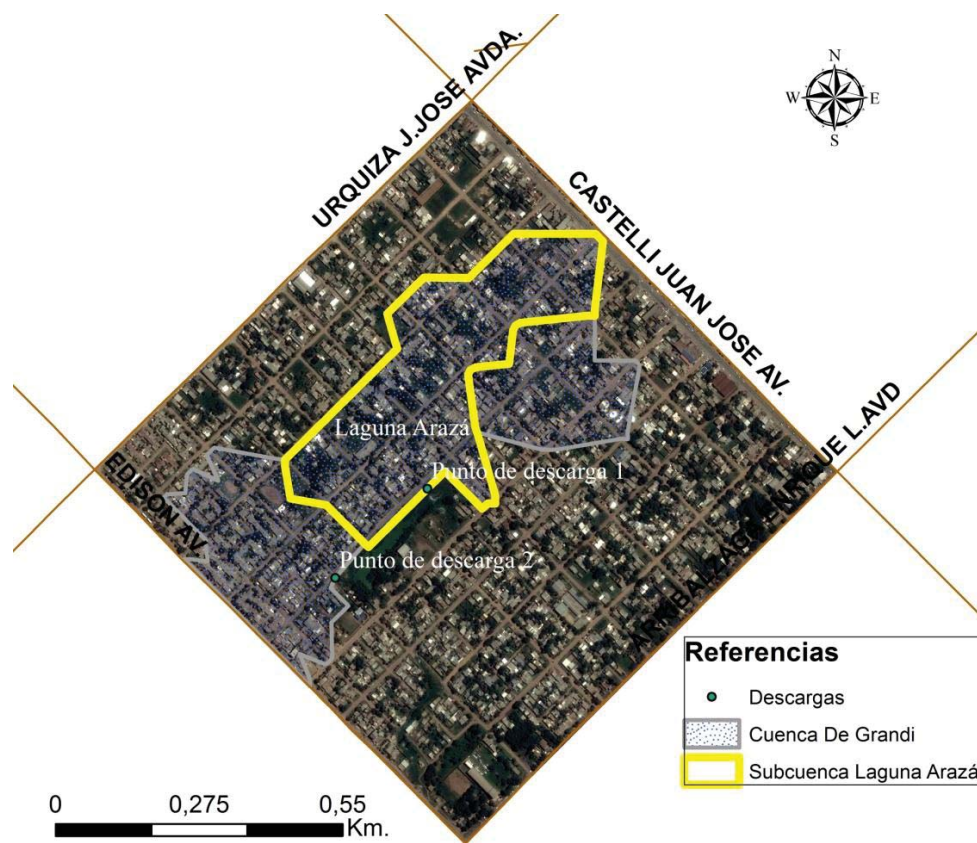


Fig. 3. Determinación de la subcuenca en estudio: laguna Arazá (elaboración propia).

Para analizar la variación temporal de la impermeabilidad, debido al cambio del uso del suelo particularmente por la progresiva antropización, se estudiaron escenarios de los años 1962, 1979, 1998, 2004 y 2017.

Con los cinco escenarios fue posible mantener la divisoria de cuenca de igual superficie. Esta aclaración es válida debido a que, en zonas llanas, la apertura y perfilado de calles puede cambiar la configuración de las áreas de drenaje.

Para determinar el uso actual del suelo y consecuentemente obtener el porcentaje de áreas impermeables y permeables se tomó como base de análisis fotografías aéreas e imágenes satelitales facilitadas por organismos provinciales y el sitio www.googleearth.com, las que luego fueron cotejadas con recorridos de campo en el área, singularmente para la situación actual.

Los años seleccionados para el análisis fueron los siguientes:

Año/imagen	Tipo	Resolución del pixel
1.962	Fotografía aérea	1,63 x 1,63m
1.979	Fotografía aérea	0,58 x 0,58m
1.998	Fotografía aérea	1,22 x 1,22m
2.004	Imagen satelital	0,85 x 0,85m
2.017	Imagen satelital	0,70 x 0,70m

Para el procesamiento de las mismas se empleó el programa ArcGIS del Environmental Systems Research Institute (ESRI®), con las imágenes georeferenciadas al sistema de coordenadas Gauss-Krüger, faja 5, posicionándolas dentro del área de estudio para su análisis.

Se trabajó con la metodología de clasificación supervisada; en la cual los archivos raster asignan para cada pixel un valor asociado que puede ser clasificado en clases discretas que deben ser definidas y “enseñadas” por el usuario para determinar los usos asignados que presentan las imágenes.

Todas las áreas se clasificaron por medio del comando “Maximum Likelihood Classification” que en base a una firma espectral generada por puntos preestablecidos con el valor del pixel buscado establece las divisiones que analizará el programa; a mayor densidad de puntos de clase la clasificación arrojará mayor precisión, para nuestro análisis se utilizaron capas de 50 puntos por clase.

Para los diferentes usos del suelo se adoptó la siguiente, acorde a lo encontrado en campo:

1- Suelo desnudo	2- Árboles	3- Pasto
4- Agua	5- Edificación	6- Agricultura

Esta clasificación prosigue trabajos precedentes como el “Estudio de los desagües pluviales del sector sur de Resistencia (CFI, 1995)” agregando la clase de agricultura al presentarse la misma en la situación de 1.962; donde árboles y pastos son consideradas áreas permeables, mientras que los restantes impermeables.

Recordando que se consiguieron imágenes con disparidad de resolución, como por ejemplo la fotografía aérea del año 1.979 pancromática, la cual no permite clasificar más de dos clases, pero sí permitió hacerlo en área permeable e impermeable que finalmente será insumo de cálculo.

En las figuras n°4 a 13 se observan las cinco clasificaciones realizadas para las situaciones analizadas:

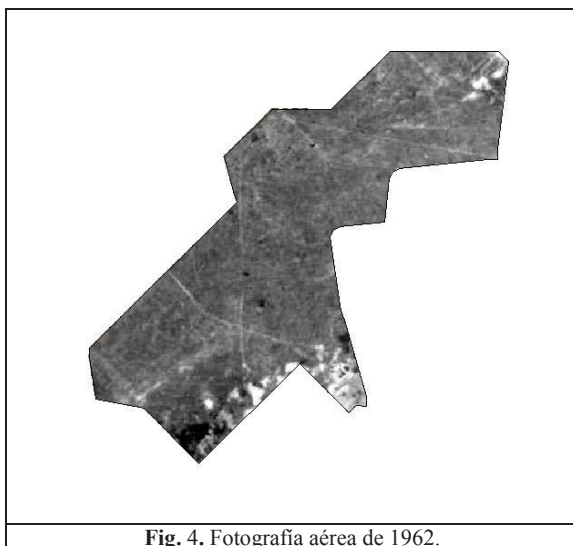


Fig. 4. Fotografía aérea de 1962.

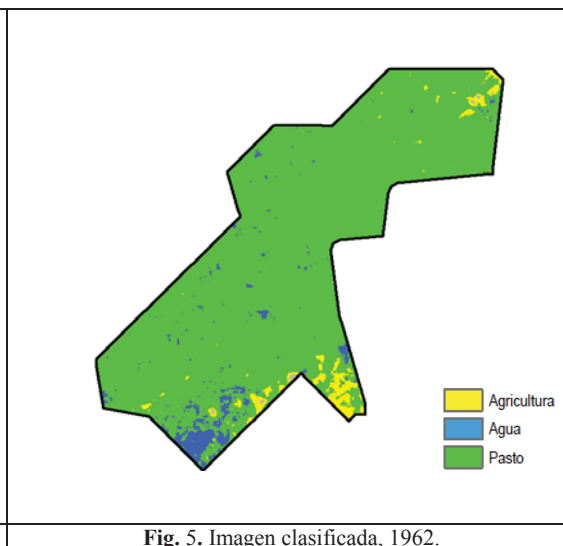


Fig. 5. Imagen clasificada, 1962.

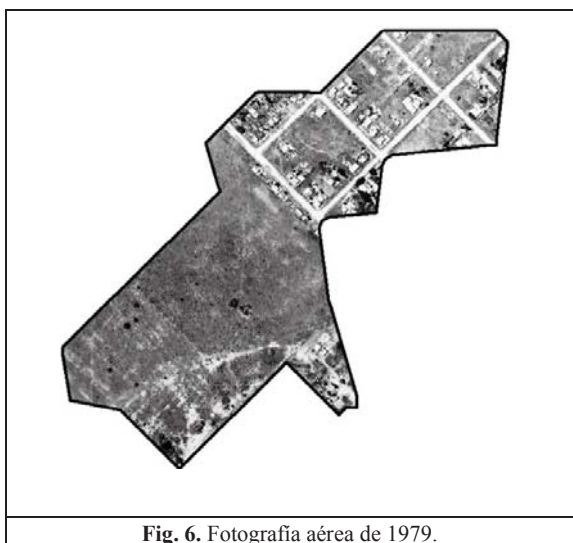


Fig. 6. Fotografía aérea de 1979.

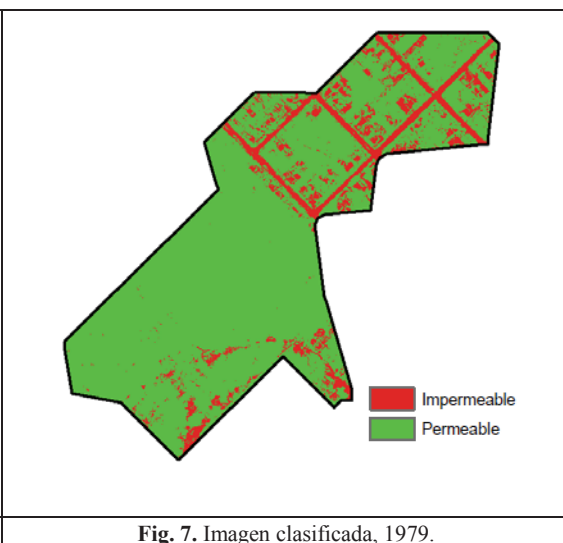


Fig. 7. Imagen clasificada, 1979.

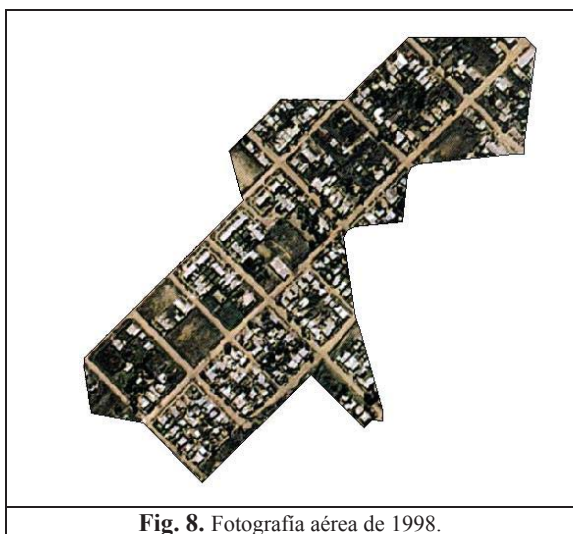


Fig. 8. Fotografía aérea de 1998.

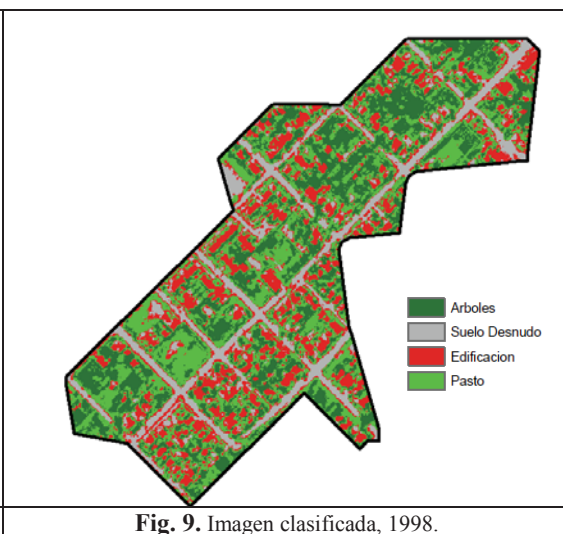
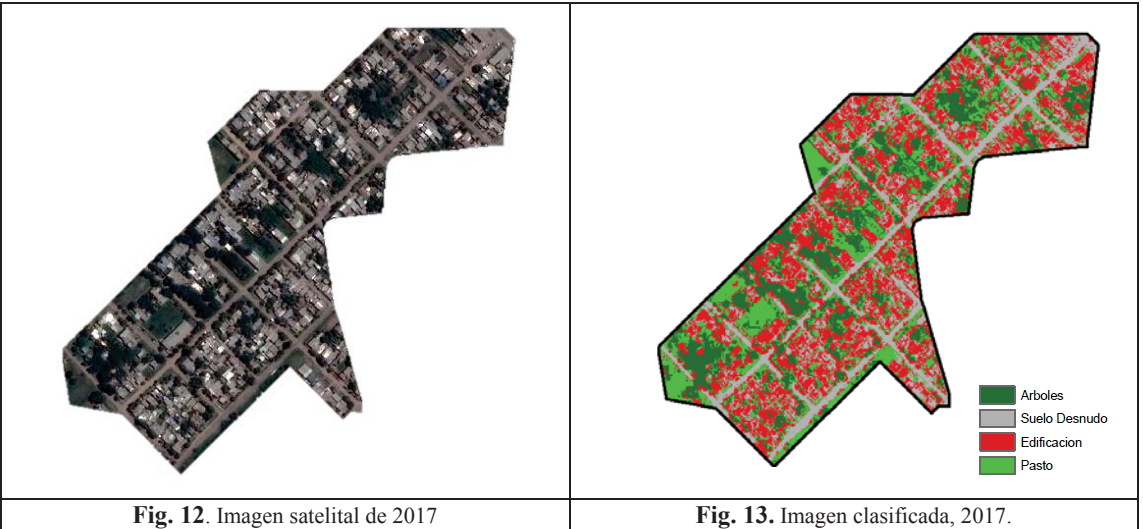
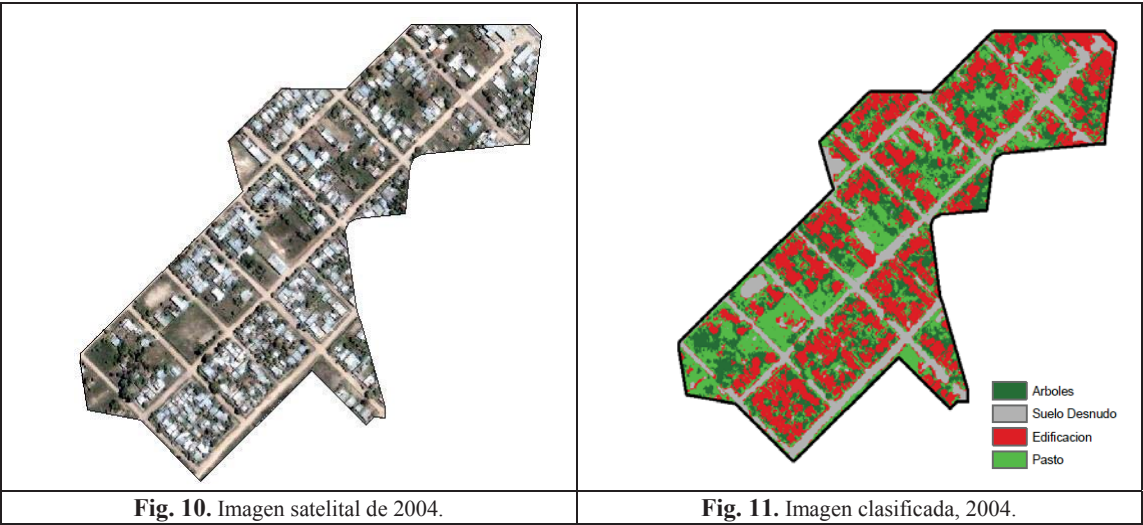


Fig. 9. Imagen clasificada, 1998.



Los resultados obtenidos del proceso de clasificación realizado para los distintos escenarios son:

Tabla nº1. Resumen de los usos del suelo y determinación de las áreas permeables e impermeables de la cuenca Laguna Arazá de los años 1962, 1979, 1998, 2004 y 2017.

Área 14,76 ha			1962	Área 14,76 ha			1979
Denominación	Coefficiente	Área (ha)		Denominación	Coefficiente	Área (ha)	
Agricultura	0,03	0,44		Impermeable	0,14	2,01	
Agua	0,03	0,48		Permeable	0,86	12,75	
Pasto	0,94	13,82					
	Áreas impermeables	Áreas permeables			Áreas impermeables	Áreas permeables	
Coefficiente	0,06	0,94		Coefficiente	0,14	0,86	
Área (ha)	0,92	13,82	Área (ha)	2,01	12,75		

Área 14,76 ha			1998	Área 14,76 ha			2004
Denominación	Coeficiente	Área (ha)		Denominación	Coeficiente	Área (ha)	
Agua	0,09	1,26		Árboles	0,21	3,14	
Árboles	0,18	2,59		Suelo Desnudo	0,17	2,56	
Suelo Desnudo	0,16	2,31		Edificación	0,33	4,84	
Edificación	0,24	3,49		Pasto	0,29	4,22	
Pasto	0,35	5,12					
	Áreas impermeables	Áreas permeables			Áreas impermeables	Áreas permeables	
Coeficiente	0,48	0,52		Coeficiente	0,50	0,50	
Área (ha)	7,05	7,71		Área (ha)	7,40	7,36	

Área 14,76 ha			2017	Área 14,76 ha			2037
Denominación	Coeficiente	Área (ha)		Denominación	Coeficiente	Área (ha)	
Suelo desnudo	0,25	3,74		Árboles	0,11	1,65	
Árboles	0,15	2,23		Pasto	0,15	2,24	
Pasto	0,23	3,33		Suelo Desnudo	0,16	2,39	
Edificación	0,37	5,46		Edificación	0,58	8,68	
	Áreas impermeables	Áreas permeables			Áreas impermeables	Áreas permeables	
Coeficiente	0,62	0,38		Coeficiente	0,75	0,25	
Área (ha)	9,21	5,55		Área (ha)	11,07	3,69	

Simulación del escurrimiento superficial

La evaluación y simulación hidrológica se realizó con el modelo Ar-Hymo, aplicado con buenos resultados en la zona y Argentina para reproducir en situaciones críticas la relación entre la precipitación y escorrentía en áreas urbanizadas. Permite la obtención de hidrogramas urbanos y propagarlos por conductos cerrados y/o cauces naturales, transitar hidrogramas por canales y embalses entre otras opciones.

También permite la posibilidad de poder reproducir situaciones variadas de lluvia, particularmente en intensidad, para poder modelar diferentes tiempos de recurrencias o tormentas singulares.

En esta instancia, se ha simulado con tiempo de recurrencia de 5 años (fig. 14), valor usual en proyectos de drenaje urbano y considerando el incremento de impermeabilidad correspondiente al horizonte de vida útil de veinte años.

En el caso que nos ocupa, se simuló la relación lluvia – escurrimiento para los cinco escenarios citados, según una tormenta de diseño de 51mm y 35minutos de duración, generada mediante las curvas IDF de Resistencia (Depettris, Ruberto, Pilar, Gabazza, & Kutnich, 2006).

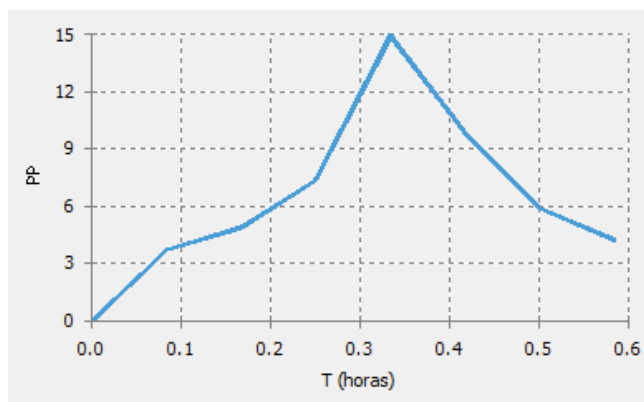
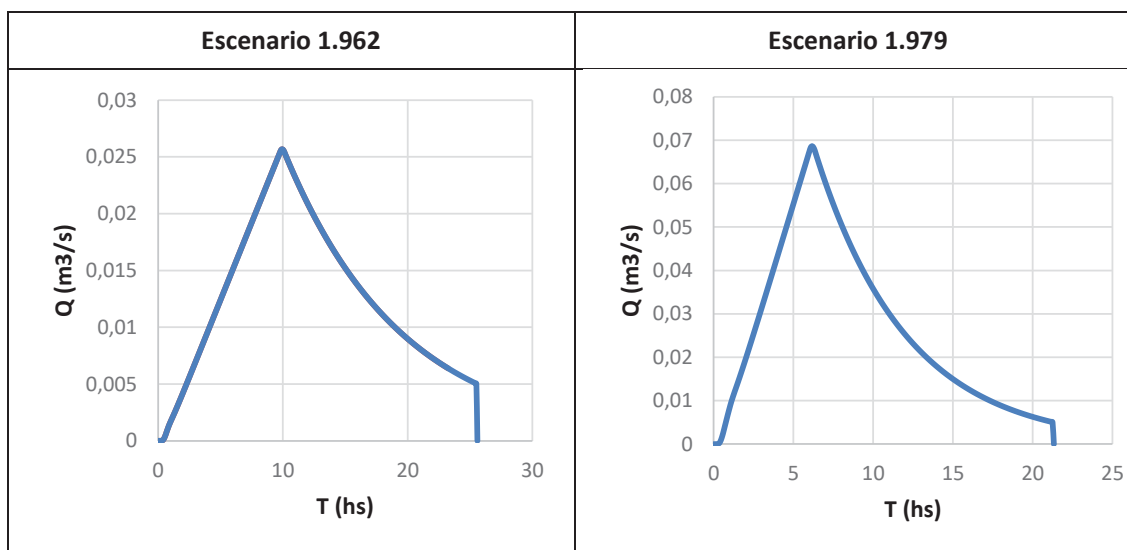


Fig. 14. Hietrograma de diseño

El hidrograma de escurrimiento directo fue generado por el comando URBHIDRO, logrado por la convolución del hietrograma de lluvia efectiva y el hidrograma unitario, que en este caso asimila la cuenca a un único embalse lineal (Zoch, 1934 apud Maza et al., 1996), debido a las pequeñas dimensiones de las subcuencas tratadas.

Se generaron los hidrogramas de escurrimiento directo para los diferentes escenarios analizados, los cuales se presentan en la figura n° 15.



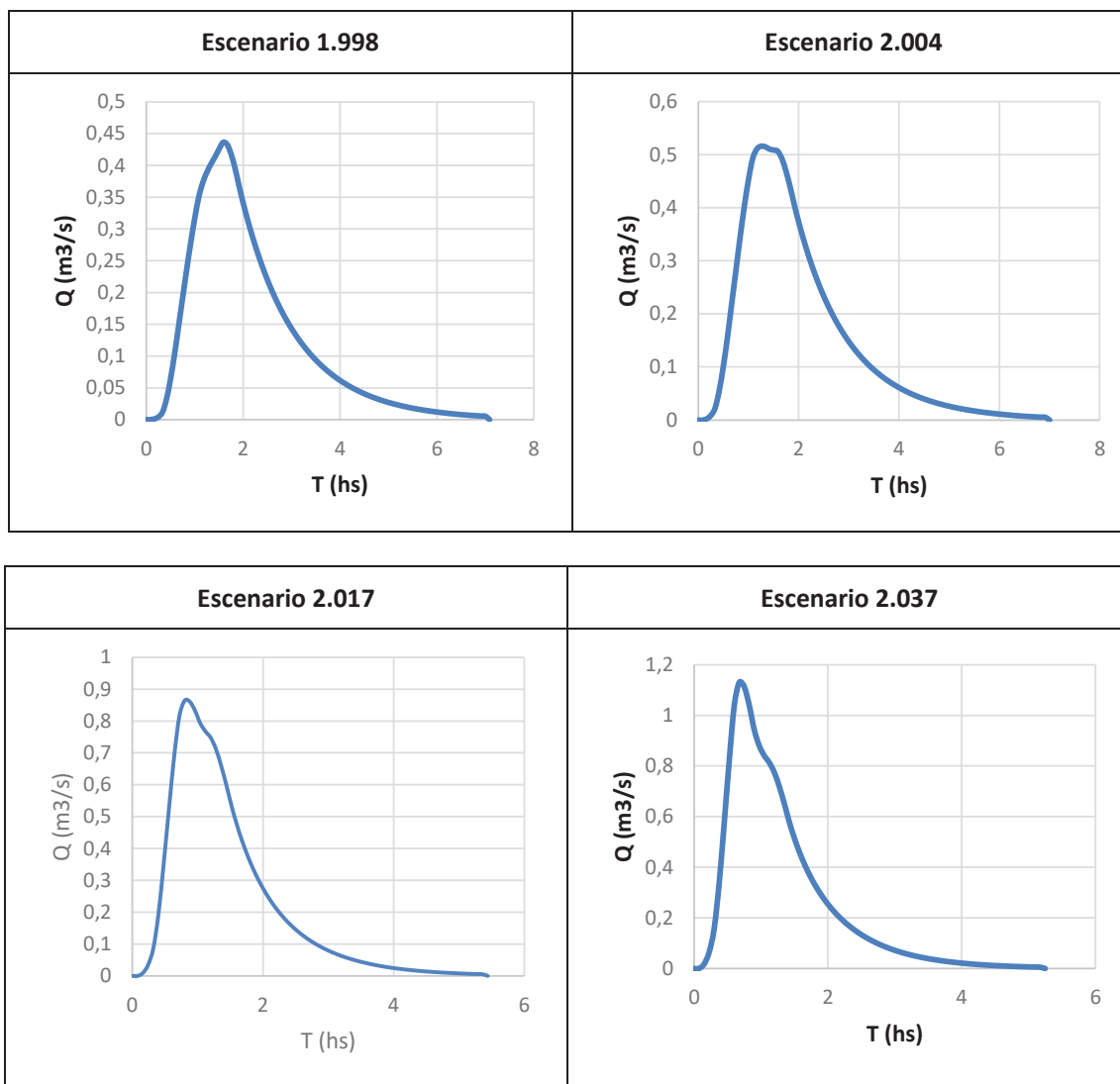


Fig n° 15. Hidrogramas de escurrimiento directo de los seis escenarios.

Escenario 1962

Se observa una instancia rural en la cual el uso total del suelo corresponde a pasto junto a una incipiente actividad agrícola. Se presenta el hidrograma de escurrimiento directo.

Imagen 1979

Comenzó el inicio de urbanización con apertura de calles y construcción de viviendas en la parte superior de la cuenca en estudio, en la actualidad barrio villa Aeropuerto, lo cual aumentó la impermeabilidad respecto a la situación antecedente. (fig.16)

Imagen 1998

En este periodo ya se encuentra consolidado el trazado urbano y loteos de los barrios villa Aeropuerto y Gobernador Luzuriaga, observándose una densidad de viviendas sobre la calle Cocomarola, en el límite sur de la cuenca. Se destaca además la implantación de árboles autóctonos.

La descarga del sistema se produce mediante una red conformada por zanjas y alcantarillas de diámetros variable a la laguna Arazá.

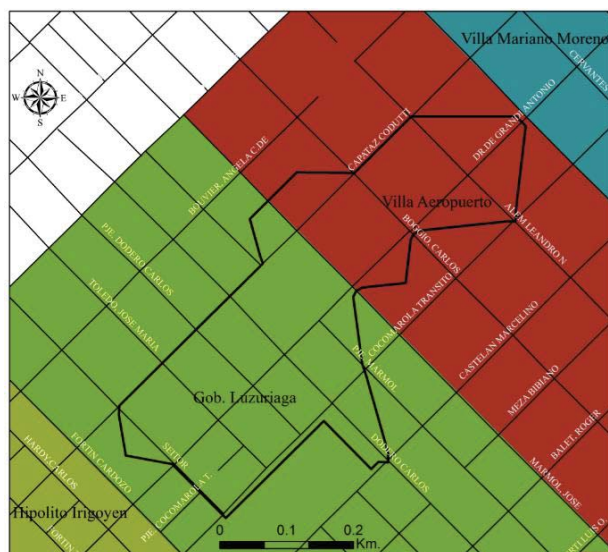


Fig. n°16. Mapa de barrios. Cuenca Laguna Arazá. (elaboración propia)

Imagen 2004

En este escenario se observa en avance del grado de edificación en el resto del área de la cuenca, destacando la existencia de varios terrenos sin intervención que mantienen un porcentaje de área permeable considerable.

Imagen 2017

Se observa un avance del grado de impermeabilidad, principalmente por construcción de una escuela, edificación en los terrenos disponibles y la consolidación de las viviendas existentes generando un aumento de áreas impermeables en sus lotes.

Escenario 2037

Para el cálculo del hidrogama para un escenario futuro a 20 años, se adoptan los límites de impermeabilidad establecidos por la ordenanza n° 5403- anexo III que establece un factor de impermeabilización del suelo (FIS) de 0,70; que representa el grado de impermeabilidad o superficie no absorbente del suelo, a nivel de parcela.

Para veredas se adopta ancho de 2m y parterre destinado a jardín urbano, con obligación de forestar con especies autóctonas o adaptadas.

Queda terminantemente prohibido construir cualquier borde de cantero o similar que supere la cota de la vereda, sus bordes lo serán el de la vereda.

RESULTADOS

En la tabla n°2 se presentan los valores obtenidos de caudal pico, tiempo al pico, volumen de escurrimiento directo, escorrentía e impermeabilidad para los seis escenarios.

Tabla n°2. Resumen de los seis escenarios: 1962, 1979, 1998, 2004, 2017 y 2037.

Año	Q _p (m³/s)	tp (h)	Volumen de escurrimiento directo (m³)	Escorrentía (mm)	Impermeabilidad (%)
1.962	0,026	9,92	1.105	9,3	3,40
1.979	0,07	6,17	1.362	15,2	13,65
1.998	0,436	1,58	3.386	22,7	47,79
2.004	0,516	1,25	4.168	26,5	50,15
2.017	0,865	0,80	5.073	31,6	62,37
2.037	1,13	0,68	5.900	36	75

En la tabla n°3 se presenta un resumen de los valores de áreas permeables e impermeables, caudal pico y volumen de escorrentía para los seis escenarios y la variación de volumen de escorrentía, caudal pico y áreas impermeables.

Tabla n°3. Resumen comparativo.

Año	Áreas (%)		Volumen de escorrentía (m³)	Caudal pico (m³/s)	Variación		
	Permeables	Impermeables			Volumen de escorrentía	Caudal pico	Área Impermeable
1.962	96,60	3,40	1105	0,026			
1.979	86,35	13,65	1362	0,07	+19	+63	+10
1.998	52,21	47,79	3386	0,436	+60	+84	+34
2.004	49,85	50,15	4168	0,516	+19	+16	+2
2.017	37,63	62,37	5073	0,865	+18	+4	+12
2.037	25,00	75	5900	1,13	+14	+23	+13

Se observa que de 1979 a 1998 (19 años) y de 2017 a 2037 (20 años) se produjeron los mayores incrementos en la impermeabilización: 34% el primero y 13% el segundo. El valor de 34% responde a la apertura de calles y consolidación de los barrios Gobernador Luzuriaga y Villa Aeropuerto.

Para 2.017 se obtuvo un caudal pico de 0,865m³/s y volumen de escorrentía de 5.073m³. Para el mismo evento se obtuvo caudal pico de 1,13m³/s y volumen de escorrentía de 5.900m³ proyectado para 2.037; dicho incremento en estas variables es debido a que ha sido considerado que cada vivienda pudiera impermeabilizar el máximo permitido a nivel de parcela ya explicado anteriormente.

En la figura 16 se presenta la variación de la impermeabilidad en un periodo proyectado de setenta y cinco años (1962 – 2037). En el mismo es posible observar que si se considera el

aumento según la función polinómica de ajuste, éste sería constante e igual a 10,7% cada diez años en promedio.

Además se observa, considerando las restricciones impuestas por el Municipio más las observaciones realizadas por Clemente (2002) que el valor de impermeabilidad tiende a un valor próximo a 75%, estando también en función de la densidad poblacional.

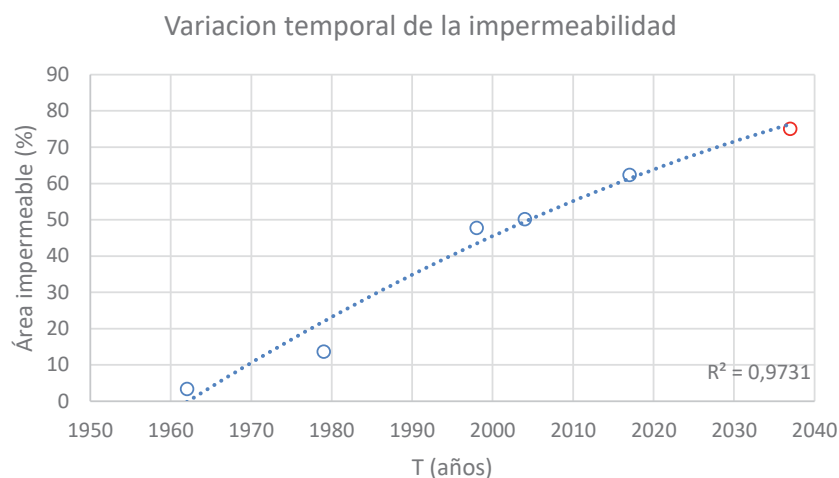


Fig. 26. Variación temporal de la impermeabilidad

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procedimiento utilizado aparece como herramienta válida para realizar el seguimiento y evolución de la impermeabilidad y su impacto hidrológico en sectores de llanura donde avanza la urbanización.

Se planteó un escenario de crecimiento futuro con un horizonte a veinte años, en el cual el porcentaje de impermeabilidad adoptado responde a las limitaciones que impone el código de planeamiento urbano de la ciudad de Resistencia.

También fue posible observar el avance de la impermeabilidad desde un inicio correspondiente a 1.962 hasta 2.037; producto de la construcción de barrios, viviendas, escuelas y comercios.

En el inicio la impermeabilización era de 3%, mientras que el escenario proyectado último de 75%.

Es posible afirmar que el crecimiento medio de la impermeabilidad a lo largo de los cincuenta y cinco años, en ésta cuenca, fue de 10,7% cada diez años en forma sostenida; no obstante han habido aumentos mayores debido a loteos y construcción de barrios, como se observa en el período 1979 - 1998 con incremento de 34%.

El análisis para la cuenca laguna Arazá de 15ha, es posible considerarlo o proyectarlo a las 1.820ha del sector sur del AMGR y a las casi 800ha que se están incorporando al sur del canal colector de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas puesto que son cuencas de comportamiento similar a la estudiada.

Es recomendable planificar el control y avance de la impermeabilidad en cuencas urbanas de llanura, promoviendo sectores verdes o con vegetación, que introduzcan permeabilidad a cuencas de escasa pendiente, reduciendo el caudal pico y retardando el tiempo de concentración a fin de evitar anegamientos en calles y eventualmente en viviendas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascarza, J. P., Nuñez A.G.** 2013. “Anteproyecto de adecuación hidráulica de la cuenca del arroyo Vicario Posadas, Misiones”. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ingeniería. Resistencia, Chaco.
- Clemente M. T. et al.** 2002. “La relación entre la impermeabilidad y densidad poblacional en áreas urbanas: sector norte de la ciudad de Resistencia, Chaco” VIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la UNNE, Resistencia, Chaco. 4p.
- Consejo Municipal de Resistencia, Chaco.** 2001. “Ordenanza n°5403. Cuerpo principal y tres Anexos”. Resistencia, Chaco.
- Gutiérrez M., Ayala A.** 1999. “Hidrología urbana: efectos de la impermeabilización en las cuencas urbanas de la ciudad de Posadas”. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 1999. 25 al 29 de octubre. Corrientes. Argentina.
- INDEC.** 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010
- Maza J. A. et al.** 1996. "ARHYMO", Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas-Centro Regional Andino.
- Oñate, F.** 2006. “Aplicación de técnicas de fotointerpretación, modelamiento hidrológico y SIG en un estudio de hidrología urbana en la sierra ecuatoriana”. XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Guayana. Venezuela.
- Pilar, J. V. et al.** 2007. “Actualización y análisis de las curvas IDF en el área metropolitana del gran Resistencia (AMGR)”. XXI Congreso nacional del agua. San Miguel de Tucumán, Tucumán. 11p.
- Pilar, J.V., Depettris, C.A.** 2000. Análisis de una lluvia intensa real. In: XVIII Congreso Nacional del Agua, Termas del Río Hondo, Santiago de Estero, Argentina. Anales.
- Rodríguez, D. et al.** 2013. “Urbanización e impacto hidrológico en una cuenca de alta pendiente del centro de Misiones”. XXIV Congreso nacional del agua. San Juan, San Juan. 12p.
- Ruberto A. R. et al.** 2011. “Variación de la impermeabilidad en una cuenca urbana de llanura y su impacto en el escurrimiento superficial” XXIII Congreso nacional del agua. Resistencia, Chaco. 18p.