

# Uso del suelo y calidad del agua en la cuenca del Arroyo las Piedras, RMBA

G.Y. Iglesias<sup>a</sup>, G.O. Basílico<sup>b</sup>

a. Laboratorio de Bioindicadores y Remediación, Facultad de Ingeniería, Universidad de Flores

b. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (MACN-CO-NICET)

Contacto: [gabriela.y.iglesias@gmail.com](mailto:gabriela.y.iglesias@gmail.com)

## RESUMEN

La cuenca del arroyo Las Piedras se encuentra en el sur del conurbano bonaerense, sufriendo hace décadas los impactos del crecimiento urbano en un contexto de escasa planificación territorial. Esto se evidencia en inundaciones recurrentes, contaminación hídrica y residuos urbanos en agua y riberas. El objetivo de este trabajo es evaluar el cambio temporal en el uso del suelo, valorar la calidad de agua y la contaminación orgánica en la cuenca del arroyo Las Piedras. El cambio en el uso del suelo fue analizado mediante el uso de un software de análisis geográfico de imágenes satelitales Landsat 8 de los años 2013 y 2020. Asimismo, se evaluaron distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cuatro puntos del arroyo, calculándose los índices de calidad de agua (ICA) y de contaminación orgánica (ICOMO). Se observó un incremento del área urbana sobre áreas verdes, un ICA de medio a regular y un ICOMO de medio a muy alto.

**Palabras clave:** Suelo, Urbanización, ICA, ICOMO.



## ABSTRACT

The Las Piedras stream basin is located in the south of the Buenos Aires suburbs, detecting for decades the impacts of urban growth in a context of poor territorial planning. This is evidenced by recurring floods, water contamination and urban waste in water and riverbanks. The objective of this work is to evaluate the temporary change in land use, evaluate water quality and organic contamination in the Las Piedras stream basin. The change in land use was analyzed by using a geographic analysis software of Landsat 8 satellite images from the years 2013 and 2020. Likewise, several physicochemical and microbiological parameters were evaluated at four points of the stream, calculating water quality (ICA) and organic contamination (ICOMO) indices. An increase in the urban area over green areas, an ICA from medium to regular and a ICOMO from medium to very high were observed.

## INTRODUCCIÓN

En relación a la problemática del agua y el saneamiento, se puede mencionar que la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumentará. Otro dato destacable, es que más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación. Es por estas razones que se requiere mejorar y ampliar los servicios de agua y saneamiento [1].

El incremento del área urbanizada en un contexto de falta de planeamiento, conduce en muchos casos, a la pérdida de sustentabilidad ambiental. El avance del área urbana sobre la llanura de inundación de los cursos de agua y la falta de agua y saneamiento en grandes áreas de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) son procesos que resultan en el retorno de las aguas a los ambientes acuáticos con exceso de materia orgánica, nutrientes y gran variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos [2].

Este trabajo analiza aspectos ambientales de la cuenca del arroyo "Las Piedras", ubicado en el sur de la RMBA, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Entre los aspectos analizados, se encuentra la caracterización de la calidad del agua a lo largo del arroyo, a partir de variables microbiológicas y fisicoquímicas, así como también la descripción de los cambios en el uso del suelo en la última década.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área estudiada corresponde a la cuenca del arroyo Las Piedras, que abarca parcialmente los partidos de Avellaneda, Florencio Varela, Almirante Brown y Quilmes. La cantidad estimada de personas que sufren las consecuencias directas de la contaminación es de 655.536 [3].

La vegetación natural predominante es el pastizal. Actualmente, está convertido en gran parte a cultivos y se encuentran parches de neoecosistemas formados por especies leñosas exóticas, acompañadas por arbustos, hierbas y gramíneas nativas. El clima es subtropical húmedo con precipitaciones durante todo el año, atemperado por la presencia de grandes masas de agua de los ríos de la cuenca del Plata. Las altitudes varían entre 5 y 50 m y el relieve relativo es bajo. Las pendientes no alcanzan al 2%, aunque localmente hay sectores en que llegan al 5% [4].

## Problemática socio-ambiental

Uno de los problemas ambientales de la región son las inundaciones, en primera instancia el ni-

vel freático se encuentra cercano a la superficie en casi toda la RMBA. En las zonas de la planicie baja, el problema de inundación se ve agravado cuando hay superposición de sudestadas y de lluvias intensas, dando lugar a la elevación del nivel freático por efecto de la recarga y generando anegamiento de sótanos y excavaciones existentes. A su vez, existe un proceso reciente de elevación de la capa freática que afecta principalmente a sectores del conurbano, dicho proceso se origina en el abandono del uso del agua del subsuelo para consumo humano a través de perforaciones y en su reemplazo por agua conducida desde plantas potabilizadoras. En consecuencia, diversos factores naturales y antrópicos coadyuvan y se interrelacionan para producir inundaciones: precipitaciones de gran intensidad, presencia de una capa freática alta, sudestadas, pérdida de capacidad de absorción del suelo producida por la urbanización, red de drenaje inadecuado y obstrucción con sedimentos y residuos sólidos de los conductos subterráneos [5].

El cuerpo de agua estudiado se ve afectado por vuelcos de efluentes industriales, aguas grises y negras. Tras este impacto urbano, la calidad de agua, ribera y suelo se deterioran notablemente, afectando al ambiente y a la salud de la población que convive de manera directa con la contaminación [6].

La situación de la población que habita a la vera del arroyo, en cercanías a la Ruta Provincial N°4 resulta crítica. En los períodos sin precipitaciones se observan residuos urbanos en las riberas del arroyo descargados en ocasiones por los mismos habitantes. Esto se debe, a que estos asentamientos informales carecen del servicio de recolección de residuos, además de no contar con redes de agua potable y cloacas. En períodos de precipitaciones el nivel del agua se eleva rápidamente, ocasionando inundaciones, situaciones donde las aguas contaminadas ingresan a las viviendas que están asentadas en la ribera de este arroyo.

Según las ediciones 2001 y 2010 del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2001 y 2010), la población humana en el área de estudio ha aumentado a lo largo del tiempo. Es escaso el planeamiento urbanístico que se verifica en toda la RMBA y en particular en el área de estudio. El emplazamiento de viviendas informales en sitios no preparados para la urbanización, en un marco de escasos controles sobre los vuelcos de residuos sólidos y líquidos, ocasiona un colapso en los servicios socioambientales. Según la base de datos del último censo realizado en el año 2010 [7], la cantidad poblacional en el área de la cuenca del arroyo Las Piedras es del 42% superior que en

el resto del territorio de los partidos que forman parte de la cuenca del arroyo. La ausencia de servicios esenciales como el abastecimiento de agua potable, la recolección de residuos sólidos urbanos y el sistema de desagüe cloacal, en un contexto de alta densidad poblacional, resulta con la contaminación de agua, aire y suelo, afectando a la salud pública y los ecosistemas locales [8].

La contaminación hídrica del arroyo Las Piedras no se origina únicamente a partir de las viviendas, sino que es incrementada por las industrias con vuelco directo e indirecto de efluentes líquidos al cauce del arroyo. Estas industrias incluyen empresas químicas, frigoríficos, papeleras, refinería de grasa vacuna, productoras de plástico, entre otras, afectando la sanidad y la calidad ambiental [9].

### **Antecedentes sobre la contaminación hídrica del arroyo Las Piedras**

En el año 2012 se publicó un trabajo de investigación sobre la carga microbiológica del arroyo Las Piedras y en conjunto con un informe del año 2005 realizado por el Departamento de Estudios Ambientales de la Dirección de Saneamiento y Obra Hidráulica, Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, determinaron que el arroyo presenta una elevada carga bacteriológica de origen fecal asociada probablemente a la falta de servicio de red cloacal en las viviendas que ocupan los márgenes de los mismos. El estudio también destaca que los altos valores de carga microbiana en las aguas de los arroyos, principalmente en la zona baja de la cuenca, responderían no sólo a la falta del servicio de cloacas en las viviendas, sino también al aporte de desechos domésticos por parte de la población que habita en asentamientos informales en los alrededores de este arroyo [6].

La contaminación de origen industrial en la localidad de San Francisco Solano, Partido de Quilmes, podría tener efectos negativos sobre la salud de la población, según una resolución de la Defensoría del Pueblo de la provincia de Buenos Aires [9]. Tras una denuncia, el organismo recorrió el lugar observando las precarias condiciones ambientales en las que reside parte de la población donde conviven a la vera de aguas putrefactas, autos desarmados y sobre antiguos basurales a la vera del arroyo Las Piedras.

### **Objetivo**

Evaluar la calidad ambiental del arroyo Las Piedras mediante relevamientos, análisis de imágenes satelitales y muestreo de aguas superficiales.

Dentro de los objetivos específicos se establecen: Describir el arroyo las Piedras, evaluando el

cambio en el uso del suelo a lo largo de los últimos años, mediante imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIGs), evidenciar las principales problemáticas socioambientales e identificar las principales fuentes de contaminación hídrica, relevar, evaluar, medir y analizar parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua del arroyo, para establecer los valores de los índices de calidad (ICA) y de contaminación (ICOMO).

### **METODOLOGÍA**

Se analizó la variación temporal del uso del suelo y se caracterizó al cuerpo de agua principal mediante un índice de calidad y contaminación orgánica. Además, se analizó la evolución del uso del suelo, por medio del software libre QGIS, utilizando imágenes de la cuenca con una variación temporal de 7 años. A su vez, se establecieron cuatro puntos de muestreo para la toma de muestras y relevamiento visual. Tras las mediciones en campo y los parámetros evaluados por el laboratorio se caracterizó el cuerpo de agua con los índices de calidad del agua (ICA) y de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

### **Tendencias en el uso del suelo**

Con el fin de analizar la evolución temporal del uso del suelo en el área estudiada, se utilizaron imágenes tomadas por el satélite Landsat 8, siendo las mismas extraídas de la página Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), datadas del mes de mayo del año 2013 y 2020 provistas por el USGS. El análisis de las imágenes se realizó mediante el software "QGIS 3.13.3 with GRAS 7.8.5".

Sobre las imágenes seleccionadas se efectuó la combinación RGB de las bandas 4, 8 y 3, se realizó un refinamiento pancromático, corrección atmosférica y corte multibanda. Se continuó con las clasificaciones de la cobertura del suelo en 4 clases: área urbana/ SV (sin vegetación), agrícola o áreas verdes, vegetación secundaria o en transición y por último vegetación densa. La clasificación de las 4 áreas de estudio se llevó a cabo por medio de la conversión de las áreas en polígonos, obteniendo una capa vectorial con la selección de las áreas de interés. Luego, se combinó la capa vectorial y el corte multibanda por medio del complemento "DZETZACA" y con el comando "r.report" se determinó la superficie correspondiente a cada clase.

### **Ubicación de los puntos de muestreo**

Para el análisis de los indicadores se tomaron muestras de aguas superficiales en el mes de mayo del 2020 (Tabla 1).

**Tabla 1: Ubicación de los puntos de muestreo.**

Punto de muestreo	Ubicación
PM 1	Av. E. S. Zeballos y arroyo Las Piedras, Ministro Rivadavia, Bs.As. (-34.86152 ; -58.35505)
PM 2	Ruta Prov. N°4 y arroyo Las Piedras, F. Varela, Bs.As. (-34.78354 ; -58.29849)
PM 3	Camino General Belgrano y arroyo Las Piedras, Quilmes, Bs.As. (-35.74681 ; -58.31052)
PM 4	Miguel Ángel Mauriño y arroyo Las Piedras, Bs.As. (-34.72316 ; -58.31433)

### Índices de calidad y contaminación del agua

Los índices de calidad de agua son herramientas que permiten describir la condición general de un ambiente acuático a partir de variables físicas, químicas y, en algunos casos, microbiológicas. Es de destacar el alcance de este tipo de herramientas, ya que puede resultar insuficiente. Si bien permiten integrar información relevante de distintos los fenómenos naturales, en algunos casos no logran identificar de forma específica el origen de la contaminación hídrica.

Como parte de este trabajo se analizaron los índices ICA e ICOMO. Se seleccionaron 4 puntos de muestreo en el arroyo Las Piedras, en los cuales se extrajeron muestras agua superficial y se preservaron para su posterior análisis en laboratorio. Además, se elaboró un registro fotográfico de las condiciones de la ribera y el cuerpo de agua en estudio, registrándose en cada caso las coordenadas geográficas mediante GPS. A su vez, se midió *in situ* la conductividad eléctrica (CE), el pH y la temperatura con un medidor de marca MLAT, modelo PHEC983.

### Índice de calidad del agua (ICA)

Este índice es utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos específicos de cursos de agua, a través del tiempo. También, sirve para establecer si un tramo de río es saludable o no. Para la determinación del ICA, intervienen 9 parámetros, los cuales son: Coliformes fecales (en NMP/100ml), pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO, en mg/L), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ , en mg/L), fosfatos ( $\text{PO}_4^{2-}$ , en mg/L), cambio de temperatura (en °C), turbidez (en FAU), sólidos totales disueltos (STD, en mg/L) y oxígeno disuelto (OD, en % en sat.) [10].

El ICA adopta un valor determinado en el rango de 0 a 100, el cual disminuye con el aumento de

la contaminación el curso de agua en estudio y se clasifica según la Tabla 2.

Las aguas con un ICA superior a 90 puntos son capaces de poseer una alta diversidad de vida acuática y se podría tener contacto directo con ella. En el caso de las aguas categorizadas como calidad media o regular, tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Las aguas con un ICA de categoría "mala" pueden solamente apoyar una baja diversidad de vida acuática y están experimentando probablemente problemas de contaminación hídrica. Las aguas con calidad "muy mala o pésima" pueden solamente apoyar un número limitado de las formas de vida acuáticas, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerada aceptable para actividades que implican el contacto directo con ella [10].

**Tabla 2. Valores del ICA y categorías de calidad del agua. Fuente: Extraída de Bonilla (2010) [10].**

Valor del Índice	Clasificación	Leyenda
0-25	Calidad muy mala (MM)	Rojo
26-50	Calidad mala (M)	Naranja
51-70	Calidad media (R)	Amarillo
71-90	Calidad buena (B)	Verde
91-100	Calidad excelente (E)	Azul

El ICA utilizado fue desarrollado por National Sanitation Foundation (NSF, 1970) y su cálculo se realiza de acuerdo a la ecuación 1.

$$ICA = \sum_i^n W_i Q_i \quad (1)$$

Dónde:

$W_i$ : es un factor de ponderación que varía entre 0 y 1, propuesto por NSF para cada parámetro.

$Q_i$ : es un valor que se extrae según graficas de valoración de cada parámetro.

**Tabla 3: Valores del factor  $w_i$  por parámetro evaluado.**

Parámetros	Factor $w_i$
Oxígeno disuelto	0,17
Coliformes fecales	0,15
pH	0,12
DBO	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Desviación temperatura	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos suspendidos totales	0,08



Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se calcula a partir de 3 parámetros: DBO, coliformes totales y porcentaje de saturación de OD, las cuales, recogen los distintos efectos de la contaminación orgánica [11].

El ICOMO es el valor promedio de los índices de cada una de las variables elegidas. Este indicador lo describen Ramírez et al. [11] con la siguiente ecuación (2):

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{CF} + I_{OD\%}) \quad (2)$$

Con el valor obtenido se clasifica la calidad del agua (Tabla 4):

Tabla 4: Valores del ICOMO y categorías de contaminación hídrica. Fuente: Ramírez et al. [11].

Valor del Índice ICOMO	Contaminación	Escala de Color
0,0-0,2	Ninguna	Azul
0,2-0,4	Baja	Verde
0,4-0,6	Media	Amarillo
0,6-0,8	Alta	Naranja
0,8-1,0	Muy alta	Rojo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del uso del suelo

Tras procesar las imágenes satelitales de la cuenca arroyo Las Piedras, fechadas en mayo del año 2013 y mayo del año 2020, se obtuvo un reporte sobre las superficies asignadas a cada clase de uso del suelo trabajada. Tras la evaluación, se aprecia que en el período de siete años el área urbana aumentó un 27,5% sobre las áreas agrícolas y las áreas verdes. Reduciendo el 81% las áreas agrícolas, 19% la vegetación densa y 14% la vegetación secundaria.

Al observar los mapas de uso del suelo de la cuenca (Fig. 1), se puede apreciar que los sectores medio y bajo se encuentran ocupados casi en su totalidad por áreas urbanas con escasa vegetación. El aumento del área urbana a expensas de las áreas verdes también se observó en la cuenca alta, en el sector suroeste (Fig. 1). A su vez, se aprecia que las áreas ocupadas por actividades agrícolas fueron transformadas a vegetación secundaria. Este aumento del uso de las tierras con fines urbanos, no es una situación aislada de la cuenca, ya que ésta se encuentra situada dentro de la RMBA. Argentina es un país con un alto grado de urbanización, siendo el 92% la población urbana, en donde la RMBA, representa el 31% de la población total del país.

El crecimiento urbano en la cuenca baja del arroyo Las Piedras se atribuye principalmente a su cercanía a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA).

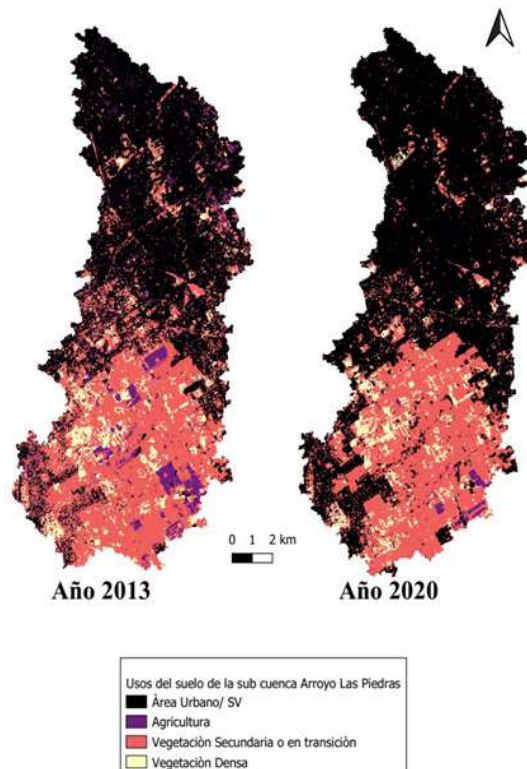


Figura 1: Usos de los suelos de la cuenca Arroyo Las Piedras 2013-2020.

### Relevamiento visual

A partir del relevamiento de los cuatro puntos de análisis (PM1, PM2, PM3 y PM4), se observaron diversos impactos de las actividades antrópicas. El PM1 corresponde a un entorno con escasa urbanización. Sin embargo, se registró burbujeo desde los sedimentos y presencia de espumas, ambos indicadores de contaminación hídrica de tipo orgánica. A su vez, se observaron bolsas plásticas y botellas retenidas por la vegetación a la altura del nivel promedio de inundación. En este punto no se encuentran viviendas ni industrias sobre el cauce, pero a corta distancia hay un barrio en desarrollo con presuntas descargas líquidas.

En el PM2 se observaron viviendas precarias sobre la vera del arroyo y un gran volumen residuos de diferente índole, botellas PET, colchones, neumáticos, ropa, inodoro, entre otros. El flujo del agua es turbulento, con sobrenadantes e islas de residuos sólidos.

En el PM3 el ancho del arroyo es de 3 a 4 veces mayor al del PM1 y presenta residuos sobre el cauce, al igual que el PM2. Además se observaron ve-

hículos y partes de ellos hundidos (estos son descartados generalmente por actividades delictivas), olor nauseabundo y presunta grasa como sobrenadante retenido por la basura y vegetación de la vera del cauce (Fig. 2). Se sospecha que la materia orgánica presente como sobrenadantes de color blanco es generada por una refinería de grasa ubicada en las cercanías de este punto, dado que la misma ha sufrido clausuras por diferentes organismos de control debido a la ausencia en el tratamiento de sus efluentes y presencia de cañerías clandestinas.



Figura 2: Punto de muestreo n°3 (PM3).

El tramo PM3-PM4 posee una mayor densidad poblacional, mataderos y frigoríficos. Visualmente hay un mayor volumen de residuos que los puntos anteriores y la mitad del arroyo se encuentra interrumpido por una barrera de basura, ramas y restos orgánicos (Fig. 3).



Figura 3: Punto de muestreo n°4 (PM4).

### Análisis físicoquímicos y microbiológicos

Con los resultados de los parámetros evaluados se observó cómo relevante (Tabla 5):

Tabla 5: Valores físico-químicos y microbiológicos por cada punto de muestreo de aguas superficiales.

Parámetro	Unidades	PM 1	PM 2	PM 3	PM 4
pH	u de pH	7,75	7,72	7,63	7,37
Temperatura agua	°C	14,5	17,6	18,6	19,1
Temperatura ambiente	°C	16,0	17,0	17,4	17,8
Conductividad	µS/cm	1000	1040	1140	970
DBO	mg/L	< 10	< 10	< 10	< 10
OD	mg/L	3,2	1,2	1,9	1,0
% OD	% mg/L	30,83	11,83	19,58	10,02
Fosfatos	mg/L	1,6	5,4	1,1	2,5
Nitratos	mg/L	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
SDT	mg/L	630	655	718	611
SST	mg/L	1,0	2,9	1,3	60
Coliformes	NMP/100	< 3	< 3	< 3	< 3
fecales Coliformes	ml NMP/100	240	130	130	350
totales	ml				
Turbidez	NTU	3,2	31,1	8	21,4

- Los valores de pH descendieron levemente a lo largo del arroyo.
- La temperatura del agua aumentó entre el punto inicial y final 5°C. La temperatura ambiente solo varió 1,8°C.
- La concentración de oxígeno disuelto disminuyó a lo largo del arroyo.
- El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto se observa fuertemente impactado, con una reducción marcada a partir del PM2.
- La concentración de fosfato tuvo un incremento notable en el PM2.
- Los SDT del PM3 estuvieron por encima de la media de los otros puntos.
- En el PM4 se aprecia un alza del valor de los coliformes totales.

### Resultados ICA

Se obtuvo que la calidad del agua del arroyo Las Piedras se encuentra en la categoría "media", con valores cercanos a 60 (Tabla 6). Si bien los valores ICA no difieren ampliamente, se puede destacar que el PM1 y el PM3 poseen valores mayores que en los PM2 y PM4.

Las variables que más contribuyeron en el cálculo del ICA fueron el oxígeno disuelto, los fosfatos y la turbidez.

### Resultados ICOMO

La contaminación orgánica del arroyo Las Piedras se encuentra en la categoría "media", con valores cercanos a 0,5 (Tabla 6). Si bien los valores ICOMO tampoco difieren ampliamente entre los puntos de muestreo, se puede destacar que el PM2 y el PM4 poseen valores mayores que PM1 y PM3, indicando un mayor nivel de contaminación. La variable que contribuyó de manera directa al valor del

indicador es el oxígeno disuelto.

Tabla 6: Resultados de los valores ICA e ICOMO.

Índice	PM 1	PM 2	PM 3	PM 4
ICA	62,60	55,94	60,54	56,62
ICOMO	0,45	0,51	0,48	0,52

## DISCUSIÓN

Tras el análisis de la evolución del uso del suelo en la cuenca hídrica del arroyo Las Piedras, se observó que el área urbana se encuentra concentrada en la cuenca baja, sector donde, en el período 2013-2020, el área urbana se incrementó un 27,5%. Esta información ratifica y apoya la proyección del crecimiento poblacional que realizó el INDEC sobre la región [7].

El deterioro progresivo de la calidad del agua del arroyo puede asociarse a la expansión urbana e industrial observada en la cuenca. El crecimiento urbano sin planificación territorial, en un contexto socioeconómico preocupante y de escasos controles sobre los vuelcos de efluentes líquidos y residuos sólidos, afectan no solo a la calidad ambiental del arroyo Las Piedras, sino también a la calidad de vida de la población.

## CONCLUSIONES

El crecimiento urbano en la cuenca del arroyo Las Piedras es constante y se da en un marco de ausencia de planificación territorial. Como consecuencia directa se registra un aumento de los vuelcos de efluentes líquidos y residuos sólidos en los cursos de agua.

Las condiciones actuales de la cuenca son críticas y se requiere intervención de manera inmediata para frenar el deterioro socioambiental y lograr la recuperación de los sectores que presentan la peor calidad ambiental, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y recobrar las funciones de los ecosistemas alterados y perdidos. Asimismo, es necesario preservar las áreas verdes que aún existen en la cuenca, las cuales constituyen sectores valiosos con potencial para la preservación y la educación ambiental.

## REFERENCIAS

- [1] ODS 6 (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- [2] Aranda, D. F. C. (2010). *Introducción a la hidrología urbana*. Printego.
- [3] Lecertua, E. A., Kazimierski, L. D., Re, M., Badano, N.

D., & Menéndez, Á. N.

- (2014). *Modelación hidrológica-hidráulica de la cuenca Sarandí-Santo Domingo ante un evento de precipitación extrema*. Laboratorio de Modelación Matemática, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- [4] Matteucci, S. (2012). Ecorregión Pampa. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos, 405-413.
- [5] Morrás, H. J. (2010). *Ambiente Físico del área metropolitana*. Dinámica de una ciudad. Buenos Aires, 22-67.
- [6] Elordi, M. L., Digirónimo, M. C., & Porta, A. A. (2012). Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas de los arroyos Las Piedras-San Francisco considerando el nivel de cobertura sanitaria de la población adyacente. In VII Congreso de Ambiente.
- [7] INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2010. <http://www.censo2010.indec.gov.ar/>
- [8] Masciadri, V. (2009). *Ciudadanía y salud ambiental en la población de Quilmas residente en la cuenca de los arroyos San Francisco y Las Piedras*. Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina, San Fernando del Valle de Catamarca.
- [9] Defensoría del Pueblo de la provincia de Buenos Aires (2015). Resolución 111-15.
- [10] Bonilla, B., Carranza-Estrada, F. A., Flores-Tensos, J. M., Ángeles-González, C., Arias, A. Y., & Chávez-Sifuentes, J. M. (2010). Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA). M. Springer, & JM Sermeño-Chicas (Edits.), Proyecto financiado por el fondo FEMCIDI de la Organización de los Estados Americanos y SEDI/AICD (págs. 1-19). San Salvador.
- [11] Ramírez, A. R. R. V. G., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro, 1(3), 135-153.
- [12] Goytia, C., & Cristini, M. (2017). *Diagnóstico sobre Ciudades y Desarrollo Urbano*. Report Coordinated by the Universidad Torcuato Di Tella and Jefatura Gabinete de la Nación: Buenos Aires, Argentina.