



Riesgo hídrico poblacional a la contaminación por efluentes urbanos en Misiones

Population risk to water pollution by urban effluents in Misiones

Páez Campos, Hugo Ramiro ¹ ✉ - Dornes, Pablo Fernando ¹

Recibido: 02 de diciembre de 2016 • Aceptado: 21 de diciembre de 2016

Resumen

Típicamente los centros urbanos en la provincia de Misiones utilizan recursos hídricos locales para el aprovisionamiento de agua. Considerando que la mayoría de las ciudades no poseen servicio cloacal y la disposición de efluentes se realiza in situ, existe un riesgo de contaminación para los sistemas hidrológicos y la población en general.

El objetivo de este trabajo consistió en el análisis espacial del riesgo hídrico poblacional frente a la contaminación por efluentes urbanos dentro de dos cuencas hidrológicas drenadas por los arroyos Tulipán y Capilla de Jardín América, Misiones. Dicho riesgo se constituye por la amenaza de contaminación y la vulnerabilidad social ante la misma. La primera se determinó evaluando la vulnerabilidad intrínseca del acuífero y la concentración del ion Nitrato (NO_3^-). Para la segunda, se procesaron datos censales del año 2010.

Se comprobó la existencia de un fenómeno de contaminación en proceso que resulta en un aumento de la concentración de NO_3^- en el sentido del flujo subterráneo y en menor medida en el escurrimiento superficial, aunque no afecta significativamente la calidad del agua debido a la capacidad de depuración del sistema. Sin embargo, el riesgo poblacional se manifiesta diferencialmente. Los sectores más expuestos, fueron los barrios periféricos localizados a la vera de los cauces en donde se verifican mayores índices de necesidades básicas insatisfechas. Así, este estudio contribuye a la planificación de políticas sanitarias y a la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: riesgo, contaminación, hidrología, Misiones.

Abstract

Typically urban centers in the province of Misiones use local water resources for water supply. Whereas most cities have no sewage systems and therefore effluent disposal is carried out in situ, there is a risk of contamination for water systems and the population.

1. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.
Av. Uruguay 151. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
Tel: 54-2954-701513, Fax: 432535.

✉ ramiropaezcampos@hotmail.com

The objective of this work was the spatial analysis of population risk to water pollution by urban effluent in two watersheds drained by Tulipán and Capilla creeks in Jardín América, Misiones. This risk is constituted by the threat of pollution and social vulnerability. The first was determined by evaluating the intrinsic vulnerability of the aquifer and the concentration of nitrate ion (NO_3^-). For the second, 2010 population census data were interpreted.

It was observed, the existence of a phenomenon of contamination in process that results in an increase of the NO_3^- concentration in the direction of the groundwater flow and to a lesser extent in surface runoff. However, it did not significantly affect the water quality due to the system depuration capacity. The population risk is expressed differentially. The most exposed sectors were the suburbs located on the banks of rivers, where greater unsatisfied basic needs indices are verified. Thus, this study contributes to health policy planning and management of water resources.

Keywords: risk, pollution, hydrology, Misiones.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Provincia de Misiones posee abundantes recursos hídricos en todo su territorio, utilizados por la población para distintos usos. Existen alrededor de 800 cursos de aguas permanentes que nacen en las distintas sierras que atraviesan la provincia y desembocan en los grandes ríos Paraná, Uruguay e Iguazú (IPEC, 2012) atravesando zonas naturales, rurales y urbanas. Así también, las abundantes precipitaciones que generan estos ríos y arroyos infiltran en el terreno alimentando un acuífero sostenido, a poca profundidad, por rocas basálticas de la formación Serra Geral (Herbst, 1971).

Estos recursos son utilizados por la población, ya sea con previa potabilización o de manera directa por medios más o menos artesanales de acuerdo a la condición social y la accesibilidad a los mismos. Además, la gran mayoría de los centros urbanos no poseen una cobertura suficiente de redes cloacales. Estadísticas provinciales indican que un 81,4% de las viviendas no tiene conexión a la red de cloacas y que el 29,9 % no accede al agua potable; motivo por el cual la provincia de Misiones se encuentra como la más deficiente en la provisión de ambos servicios básicos del país (Capello et al, 2011).

Estos factores combinados suponen la existencia de un riesgo hídrico poblacional que tiene como elemento eje al agua y como objeto a la población (Herrero, 2006). Maskery (1989) y Wilches-Chaux (1998) consideran al riesgo como la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad social, factores que para este estudio se definieron, respectivamente, como la contaminación orgánica del agua y las condiciones sociales que exponen a los distintos sectores de la población a la misma.

Un caso particular de esta situación lo constituye la localidad de Jardín América que con 25.726 habitantes (INDEC, 2014), y atravesada por los arroyos Tulipán y Capilla (Figura 1), no cuenta con una red cloacal. Con respecto al aprovisionamiento de agua potable, si bien existe una cobertura incompleta del servicio en algunos sectores, la misma alcanza a la mayor parte del ejido urbano.

El objetivo de este trabajo consistió en el análisis espacial del riesgo hídrico poblacional frente a la contaminación por efluentes urbanos dentro de dos cuencas hidrológicas drenadas por los arroyos Tulipán y Capilla de Jardín América, Misiones. Dicho riesgo se constituye por la amenaza de contaminación y la vulnerabilidad social ante la misma. La definición y representación espacial del riesgo hídrico poblacional, permitió además, contrastar las variables de riesgo con otras variables sociales e hidrológicas.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Jardín América ($27^{\circ}2'25''$ S; $55^{\circ}13'40''$ O), provincia de Misiones, Argentina. La misma se encuentra 100 km al Noreste de la capital provincial sobre la Ruta Nacional N° 12 y aproximadamente a 10 km del Río Paraná. La ciudad cuenta con una población de 25.726 habitantes (INDEC, 2014) y se abastece de agua para provisión de agua potable del arroyo Tabay. Para este estudio se delimitó el área de interés al sector que corresponde a las cuencas hidrológicas de los arroyos Tulipán y Capilla, que comprenden al casco urbano y a una porción de la zona rural aledaña (Figura 1). Ambas cuencas cubren en total 41 km² y pertenecen a la cuenca del arroyo Tabay que vierte sus aguas en el Río Paraná. Estos cursos de agua son de carácter permanente y atraviesan la ciudad en sentido SO-NE. Aunque no se cuentan con datos históricos, se ha registrado en agosto del año 2015 un caudal en el arroyo Capilla de 9,34 m³/s y de 18,46 m³/s para el Tulipán. Considerando que la precipitación durante el año hidrológico 2014-15 totalizó aproximadamente 2300 mm, valor que se encuentra muy por encima de la media.

El clima de la zona se define como tropical húmedo sin estación seca definida y presenta un régimen pluviométrico isohigro, debido a que el mismo no posee estaciones bien marcadas y en cualquier momento del año pueden producirse sequías o inundaciones (IPEC, 2012). La precipitación media anual en el área de estudio es de 1724 mm.

En el área de estudio la geomorfología está determinada estructuralmente por la litología basáltica que se manifiesta como diques y coladas ocupando el 90% del territorio provincial. Esta litología corresponde a la formación Serra Geral, la cual se originó en el Mesozoico y cubre el área desde el actual territorio de Brasil (Herbst, 1971).

Sobre esta formación, como producto de la meteorización de la roca basáltica, se han formado suelos lateríticos arenos-arcillosos profundos de color rojizo, que según la clasificación del Soil Taxonomy se definen dentro de los órdenes de los Oxisoles, Ultisoles y Alfisoles aunque también es posible encontrar, Entisoles y Molisoles (Panigatti, 2010). Más precisamente en el área de estudio se pueden encontrar tres unidades cartográficas de suelo, según C.A.R.T.A. (1962-63), las cuales son: La N° 3, de suelos variadamente evolucionados, generalmente hidromórficos, ácidos, poco fértiles, derivados de depósitos aluviales, la unidad N° 6A, de características similares a la anterior, pero de menor acidez y mayor fertilidad, con buena permeabilidad y sobre relieves planos con poco riesgo de erosión, y por

último la unidad N° 9, que es la más extendida en el área, y corresponde a suelos rojos profundos muy evolucionados, lixiviados, permeables, ácidos o ligeramente ácidos y medianamente fértiles. En general estos últimos pueden considerarse como suelos residuales, por su formación in situ producto de una alta meteorización tanto física como química en condiciones tropicales

húmedas. Son altamente heterogéneos en su estructura, induciendo a una alta variabilidad de la conductividad hidráulica, tanto lateral como verticalmente. Estos suelos, junto a los distintos factores físicos, biológicos y antrópicos generan un comportamiento complejo de diversos procesos hidrológicos (Mendonzo y Tucci, 1997)

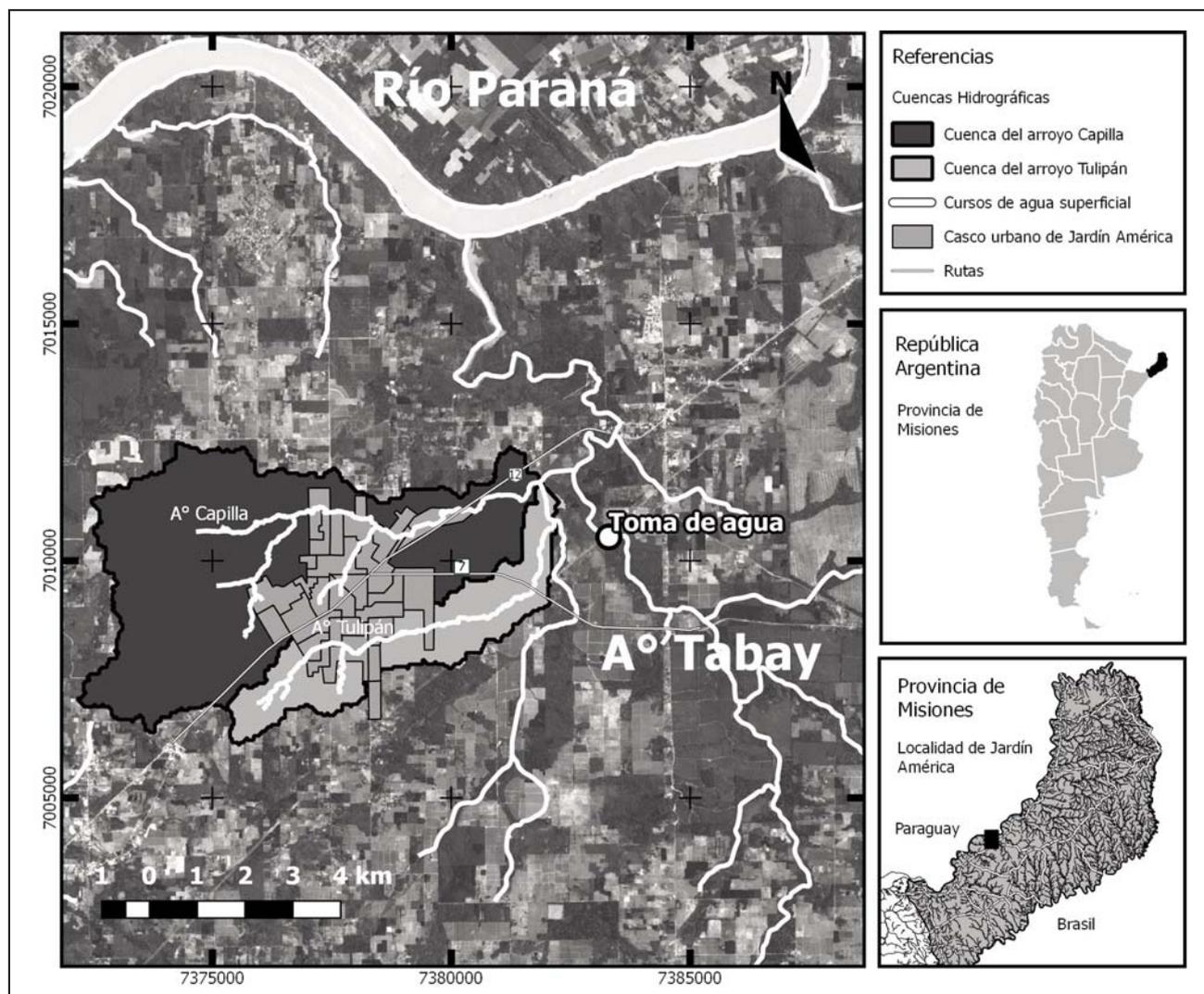


Figura 1. Ubicación del casco urbano de Jardín América. Se indican las dos cuencas que conforman el área de estudio, la toma de agua para abastecimiento de la población y la red de drenaje del área.

METODOLOGÍA

Definición y caracterización de las cuencas hidrográficas

Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se determinó la extensión de las cuencas, a partir del Modelo de Elevación Digital del Terreno denominado MDE-Ar (IGN, 2014). A este modelo se le aplicaron correcciones basadas en el conocimiento detallado del área de estudio, obtenido en sucesivas salidas a campo. A partir del mismo, se obtuvieron, además, los valores de cota para los 97 puntos muestreados en donde se midió la profundidad del nivel freático y la profundidad del basalto (considerado hidroapoyo del acuífero libre) durante una campaña en Abril de 2015. Con estos datos

se realizó el mapa piezométrico del área de estudio, interpolando los valores acotados del nivel freático con el método kriging, a través del software Surfer 11.

Determinación del Riesgo hídrico poblacional por radio censal

En este estudio se adaptó la metodología propuesta por Herrero (2006) para la determinación del riesgo hídrico poblacional (RHP) constituido por la amenaza de contaminación y la vulnerabilidad social ante la misma. Como modificación de la metodología adoptada, la distribución espacial del índice RHP se planteó a partir de radios censales, tal cual se dispone la información de base.

La amenaza de contaminación (AC) se determinó por medio del análisis de la concentración de Nitratos (NO_3^-) y la vulnerabilidad intrínseca del acuífero, la cual se evaluó a partir del método *EKv* (*Auge 2004*). A diferencia de *Herrero (2006)* no se incluyó explícitamente en el índice la contaminación bacteriológica por la baja intensidad de muestreo. Sin embargo el análisis de presencia/ausencia de *Escherichia Coli* fue considerado en el análisis espacial del área de estudio.

La Vulnerabilidad Social (VS) se determinó a partir de datos del Censo de Hogar, Población y Vivienda del 2010 (*INDEC, 2014*) elaborados en términos porcentuales.

Para la construcción del índice de RHP (Ec. 1) se categorizaron en cinco clases, enumeradas de 1 a 5, los valores de cada variable según el método de rupturas naturales (*Jenks, 1977*). De la misma manera se categorizó el resultado final de la ecuación 1 para su representación.

$$RHP = AC \cdot VS \quad (1)$$

Donde

RHP: Índice de riesgo hídrico poblacional. Varía en 5 clases: 1 (mínimo) y 25 (máximo)

AC: Índice de amenaza de contaminación, 1 (muy bajo), 2, 3, 4, y 5 (muy alto)

VS: Índice de vulnerabilidad social, 1 (muy bajo), 2, 3, 4, y 5 (muy alto)

Para el cálculo del índice de AC se determinó un índice de vulnerabilidad intrínseca clasificado del acuífero (EKv_c) y un índice de amenaza por concentración de Nitratos (NO_3^-), (Ec 2). Para el primero se censaron 97 puntos donde se determinó el espesor de la zona no saturada (a partir de la medición de la profundidad del nivel freático) y se infirió la permeabilidad vertical de la misma con información de las cartas edafológicas del área. Para el índice de concentración de NO_3^- se tomaron 33 muestras de agua en pozos y cursos superficiales y se determinó su concentración mediante los métodos Salicilato de Sodio y Reducción de Cadmio. A partir de las determinaciones de laboratorio y de los valores de *EKv*, se realizaron mapas con la interpolación de Kriging a través del software Surfer 11. Para la generación de ambos índices se tomaron de los mapas respectivos el valor medio para cada radio censal mediante el software QGIS. Luego se procedió a clasificar los conjuntos de valores con el método de rupturas naturales en cinco clases otorgándoles a cada clase el valor de su numeración respectiva.

$$AC = \text{EKv}_c + \text{NO}_3^- \quad (2)$$

Donde

AC: Índice de amenaza de contaminación,

EKv_c : Índice de vulnerabilidad intrínseca clasificado,

NO_3^- : Índice de concentración del ion nitrato,

La valoración de cada índice es: 1 (muy bajo), 2 (bajo), 3 (medio), 4 (alto), y 5 (muy alto)

El índice de VS se determinó a partir de la definición de los índices de VS por acceso al recurso hídrico (VSRH), por disposición de excretas (VSDE), y por densidad poblacional (VSDP) según Ec. 3

$$VS = \text{VSRH} + \text{VSDE} + \text{VSDP} \quad (3)$$

Donde

VS: Índice de vulnerabilidad social,

VSRH : Índice de vulnerabilidad social por acceso al recurso hídrico,

VSDE : Índice de vulnerabilidad social por disposición de excretas

VSDP : Índice de vulnerabilidad social por densidad poblacional

La valoración de cada índice es: 1 (muy bajo), 2 (bajo), 3 (medio), 4 (alto), y 5 (muy alto)

Las variables utilizadas para el cálculo de índice de VSRH (Ec. 4) son basadas en la fuente de captación del recurso hídrico y fueron: acceso al agua por red pública (RP), por perforación con bomba a motor (PBMt), por perforación con bomba manual (PBMn), por pozo (P), a través de transporte por cisterna (TC), y de captación de agua de lluvia, río, canal o arroyo (LlyA). Para el cálculo de VSDE (Ec. 5), las variables fueron: disposición de excretas a cámara séptica y pozo ciego (CS), solo a pozo ciego (PC), y a hoyo, excavación en la tierra (H). Cabe destacar que en el caso del índice RP, la asignación de los valores mediante el método de rupturas naturales fue de manera contraria al resto de las variables, por su relación inversamente proporcional a la vulnerabilidad. La ponderación tuvo en cuenta si el factor no aporta a que se agrave la vulnerabilidad social (1), lo hace de manera intermedia (3) o alta (5). El índice de VSDP se calculó en función a los valores de densidad poblacional, a partir del método de rupturas naturales en cinco clases, del mismo modo en que fue utilizado para las demás variables.

$$\text{VSRH} = RP + 3 \cdot (PBMt + PBMn + P + TC) + 5 \cdot LlyA \quad (4)$$

$$\text{VSDE} = CS + 3 \cdot PC + 5 \cdot H \quad (5)$$

Análisis complementarios

Para complementar la interpretación de los índices propuestos, se procesó la variable Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) del mismo modo que se trató con las demás variables censales en el análisis de riesgo, por considerarse un indicador de pobreza estructural siendo la misma un factor explicativo de la vulnerabilidad frente a una amenaza de este tipo (*Suarez et al., 2004*). También, en forma complementaria, se tomaron 20 muestras de agua para determinar presencia/ausencia de *Escherichia Coli* por el método APHA: 1995 y posteriormente se colectaron 5 muestras para analizar concentración de bacterias coliformes fecales y Nitritos (NO_2^-) por los métodos ISO 9308-2:2012 y Método de la Sulfanilamida, respectivamente. Cabe aclarar que los análisis bacteriológicos están típicamente sujetos a casos de contaminación puntual siendo variables de difícil extrapolación en el espacio.

RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Proceso de Contaminación e hidrodinámica

En cuanto a la hidrodinámica, la elaboración del mapa piezométrico y la delimitación de las cuencas hidrográficas, demuestra el carácter efluente de los arroyos (Figura 2). La

profundidad del nivel freático en promedio fue de 5,04 m con un valor máximo de 14 m y zonas donde el nivel interceptó la superficie del suelo. De igual manera la profundidad promedio del hidroapoyo, variable medida a campo, fue de 7,55 m con un máximo de 25 m y un valor mínimo de 1m. Observaciones mostraron para distintos períodos fluctuaciones del espesor saturado de hasta 7 m, con alta variabilidad espacial (máximo de 7,6 m y un mínimo de 0,1 m), característica de un medio altamente anisotrópico.

La poca profundidad del hidroapoyo le otorga un control predominantemente geológico al sistema. Esto explica que la dirección del flujo subterráneo obtenida a partir del censo de pozos, coincida con la dirección del flujo superficial definida para las distintas subcuencas a partir de su delimitación topográfica. Esta condición sumada a la importante pluviosidad y a los variables y marcados gradientes hidráulicos (de hasta 0,14), resulta en un breve tiempo de residencia del agua en el acuífero, con una rápida descarga a los arroyos.

En cuanto a los valores de NO_3^- sólo una muestra de agua subterránea superó el límite establecido por el Código Alimentario Argentino (CAA) de 45 mg/l, con 51 mg/l. El promedio de los valores fue de 16,89 mg/l y el mínimo de 1 mg/l (Tabla 1). Especialmente se puede apreciar que los valores más bajos se corresponden a muestras de agua superficial tomadas en las cabeceras de los arroyos, y se corrobora un aumento de la concentración fundamentalmente en el agua subterránea a medida que los flujos atraviesan el casco urbano, con un posterior descenso de los mismos aguas abajo. Se observa también que dentro del ejido urbano las zonas de mayor concentración se verifican en áreas de confluencia de flujos tanto superficiales como subterráneos. Por otro lado, en todos los casos se observa que la concentración de NO_3^- es menor en los arroyos que en los pozos aledaños, lo cual da cuenta de una capacidad de depuración aun no sobrepasada en los cursos superficiales (Figura 2).

Tabla 1. Determinaciones de NO_3^- en pozos y cursos de agua (*) utilizadas en el cálculo del índice AC. Toma de muestra realizada en Julio de 2015.

Muestra	NO_3^- (mg/l)	Muestra	NO_3^- (mg/l)	Muestra	NO_3^- (mg/l)	Muestra	NO_3^- mg/l)
002	14,0	056	32,0	256	16,7	307	6,6
040	51,0	022	41,0	*116	1,5	316	1,0
327	10,0	311	9,0	326	1,7	320	12,0
035	37,0	125	39,0	49	18,6		
283	10,0	302	10,0	*93	3,5		
241	28,0	310	34,0	*108	3,2		
251	11,0	266	22,0	114	13,0		
117	6,0	*244	16,0	136	18,9		
012	4,0	80	33,0	*237	7,2		
*252	10,0	294	19,0	277	17,4		

La determinación de NO_2^- en los pozos con los valores más altos de NO_3^- , indicó la existencia de contaminación orgánica reciente en 5 de las 6 muestras tomadas y ninguna superó los valores guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Tabla 2), aunque la muestra 40 excede el valor de referencia provisional (0,2 mg/l).

Tabla2. Comparación de indicadores de contaminación orgánica en aquellos pozos y cursos de agua (*) con determinaciones de NO_3^- y NO_2^- . Se resalta el valor que supera el límite establecido. Valores guía OMS/CAA: 50/45 mg/l (NO_3^-), 3/10 mg/l (NO_2^-), y ausencia de E.Coli. (P: presencia, A: ausencia).

Muestra	NO_3^- (mg/l) 07/2015	NO_3^- (mg/l) 02/2016	NO_2^- (mg/l) 02/2016	E. Coli 07/2016
22	41	36,5	---	A
40	51	33,1	0,35	P
80	33	35,1	0,056	P
125	39	41,8	0,016	---
244*	16	6,4	0,063	A
252*	10	4,3	0,016	P

La distribución NO_3^- y la presencia de NO_2^- indican la existencia de un fenómeno de contaminación en proceso que no ha alcanzado a degradar el recurso hídrico de manera drástica. Estos bajos valores son coincidentes con otros estudios realizados en la provincia (Tchilinguirian et al., 2005; Avigliano y Schenone, 2016) y pueden deberse a la hidrodinámica del sistema anteriormente descrita, la cual permite una rápida evacuación de la carga contaminante a los cursos superficiales, sumado a una posible limitación de la nitrificación debido al potencial efecto reductor del suelo bajo condiciones de saturación, frecuentemente observadas. Dicho fenómeno se manifiesta en un reducido aumento en el espacio de la carga contaminante en el acuífero.

En cuanto al análisis de E. Coli, se reveló poca presencia de contaminación bacteriana por excretas humanas (solo 3 muestras sobre 20 dieron positivo), sin embargo de las cinco muestras de Coliformes fecales en cuatro se obtuvo un valor de 1100 NMP/100ml. Dada las características puntuales de este tipo de contaminación, la baja intensidad de muestreo de Coliformes fecales y la poca presencia de E. Coli, no es posible evaluar la existencia de una contaminación bacteriana generalizada en el municipio.

Riesgo Hídrico Poblacional

La Figura 3 ilustra que el RHP(Ec.1) no se distribuye homogéneamente entre los distintos radios censales del área de estudio. Los radios categorizados de riesgo alto y muy alto (categorías 4 y 5 respectivamente) se encuentran cerca de los arroyos, en zonas periféricas del casco urbano y en la zona rural Este. Se observa en la cuenca del arroyo Tulipán que el mayor riesgo se registra en los radios urbanos 12, 13, 15 y 32 de la cuenca

media y el radio rural 11. En la cuenca del arroyo Capilla el mayor riesgo se concentra en los radios 21, 22, 23 y 33, ubicados también en la cuenca media de dicho arroyo. El menor riesgo (categorías 1 y 2) se sectoriza en los radios del centro de la ciudad (14, 25, 28, 29, 30, 31 y 35), el radio 24 que se extiende longitudinalmente a la vera de la Ruta Nacional Nro. 12, y los radios urbanos periféricos (3, 19, 20 y 27) y rurales del Oeste de la ciudad (8, 9, 1 y 18), notándose un aumento del RHP en el sentido del escurrimiento de Oeste-Este.

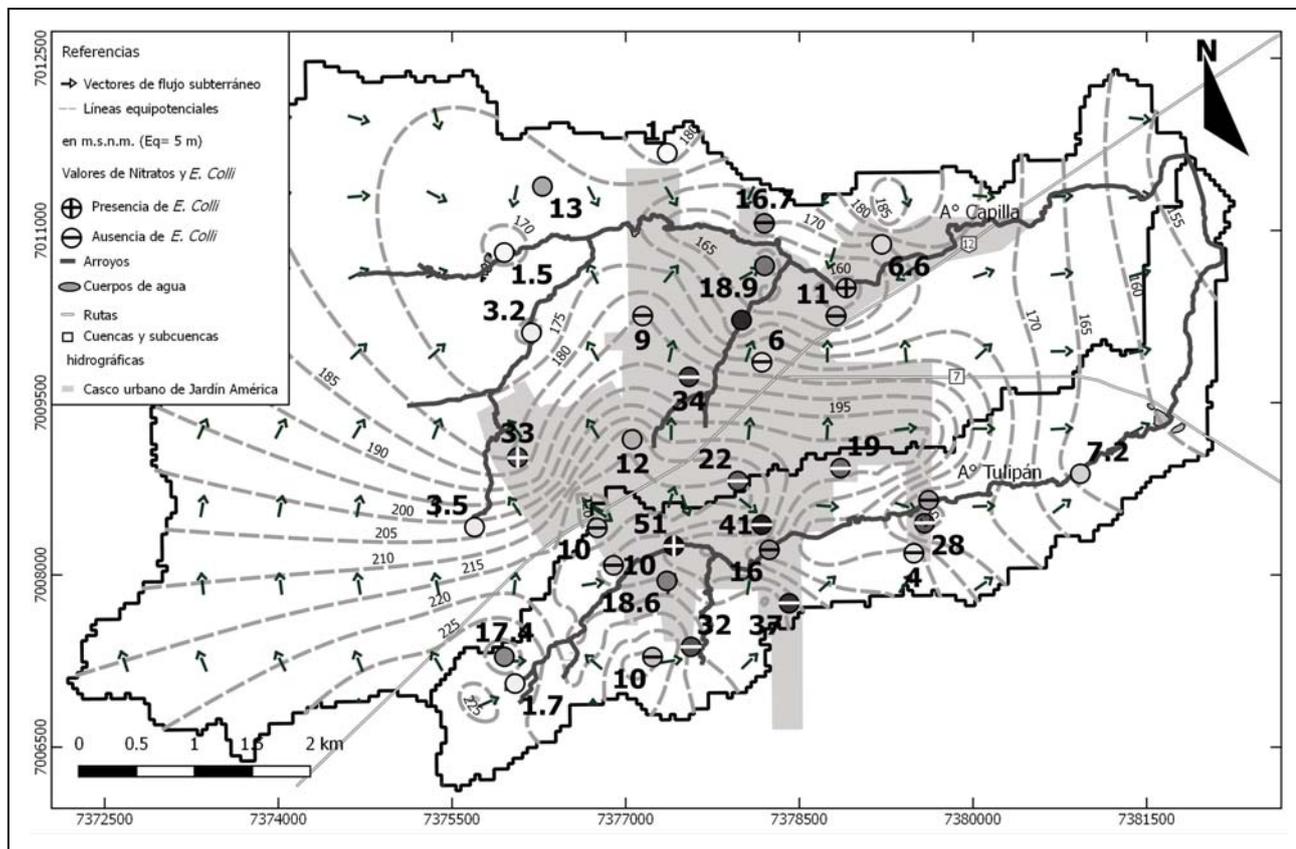


Figura 2. Mapa piezométrico de la localidad de Jardín América. Se detalla el área urbana (sombreado), los arroyos Capilla y Tulipán y sus cuencas, y valores (círculos) de NO_3^- y *E. coli*.

Los radios que se categorizan cualitativamente como de RHP Muy alto son el 13, 15, 32 y 23, son también los que tienen mayores porcentajes de población con NBI (a excepción del 13), con 48,07% para el radio 15, 43,79% y 65,67% para los radios 32 y 23, respectivamente. Esta situación indica una mayor vulnerabilidad potencial por disminución de la capacidad de resiliencia de dichos sectores poblacionales.

Los radios 22, 23, 33 (cuenca del A° Capilla) y 32 (cuenca del A° Tulipán) son los que presentan una mayor índice de VS (Figura 4a). El 22 y el 33 deben esta situación, fundamentalmente, a la precariedad de los sistemas de disposición de efluentes que elevan el índice de VS_{DE} (Figura 5b). En el caso de los radios 23 y 32 se combina la alta densidad poblacional con la precariedad de los sistemas de disposición de aguas residuales, resultando en mayores valores de VS que los anteriores. Todos los radios urbanos de mayor VS se ubican en sectores con altos índices de AC (Figura 4), lo que corrobora la

explotación sufrida por los sectores sociales de bajos recursos (Carballo, 2001).

Analizando el índice de VS_{RH} (Figura 5a), se concluye que los valores 4 y 5 se presentan en los radios rurales, lo cual es esperable dada falta de red de agua potable. Sin embargo, el efecto de un VS_{RH} Alto en el radio urbano 13 resulta en un VS y RHP elevados. Esto se debe a que el sector, además de encontrarse en un área con un alto índice AC (Ver figura 4b), presenta un valor medio en el índice RP pero valores altos en los índices de aprovechamiento del agua subterránea (PBMt y PBMn). Es importante resaltar que en el mismo sector el NBI es bajo (6,67%), y en la observación a campo se comprobó que aunque es un sector relativamente heterogéneo en su composición social, la mayor parte de su población no es de escasos recursos. Datos tomados a campo revelan que un 55% de las viviendas censadas en toda la ciudad utilizan agua subterránea (ya sea mediante bomba o manualmente) aun teniendo conexión a la red de agua potable, debido a una preferencia de los propios usuarios. Esto denota un factor cultural importante en

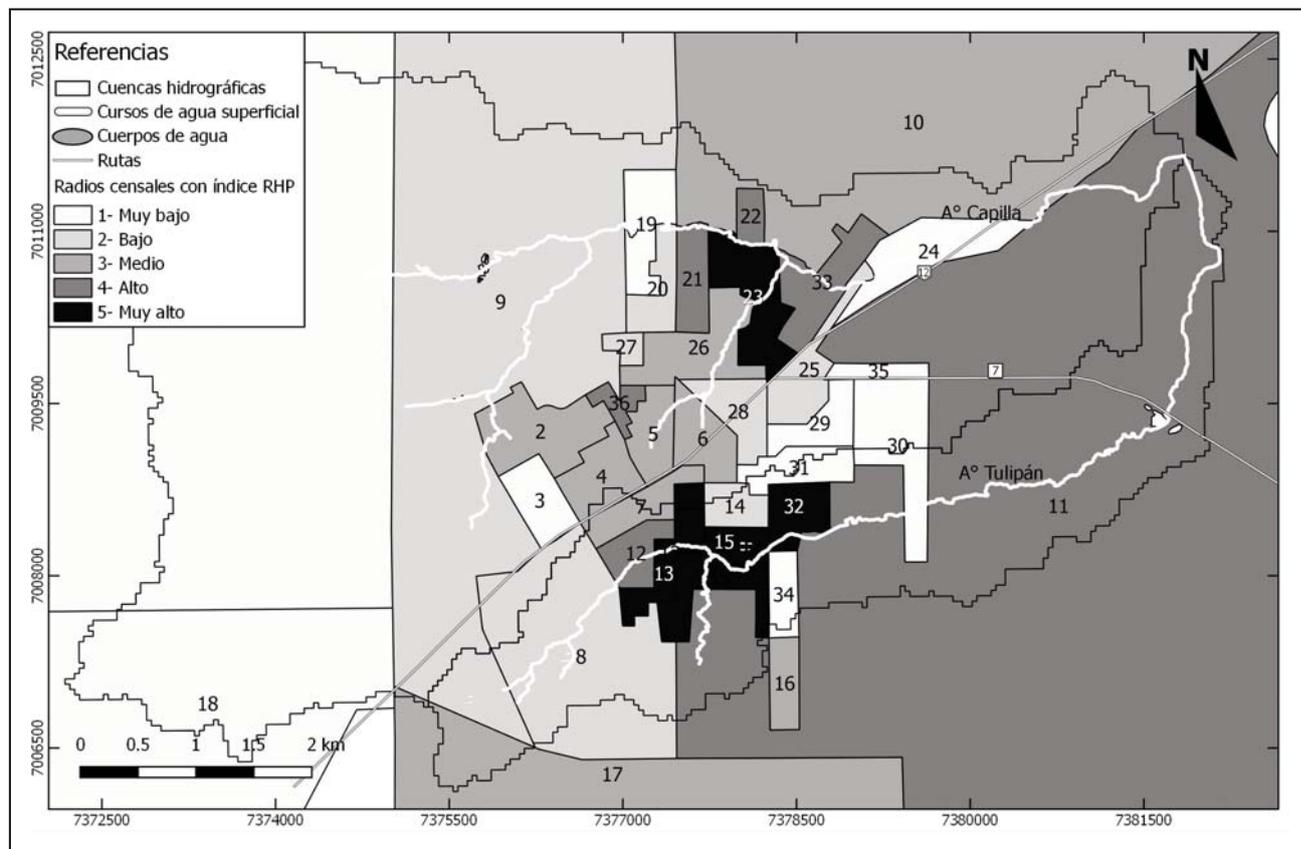


Figura 3. Mapa de Riesgo Hídrico Poblacional (RHP) por radio censal. Jardín América, Misiones. Se enumeran los radios censales.

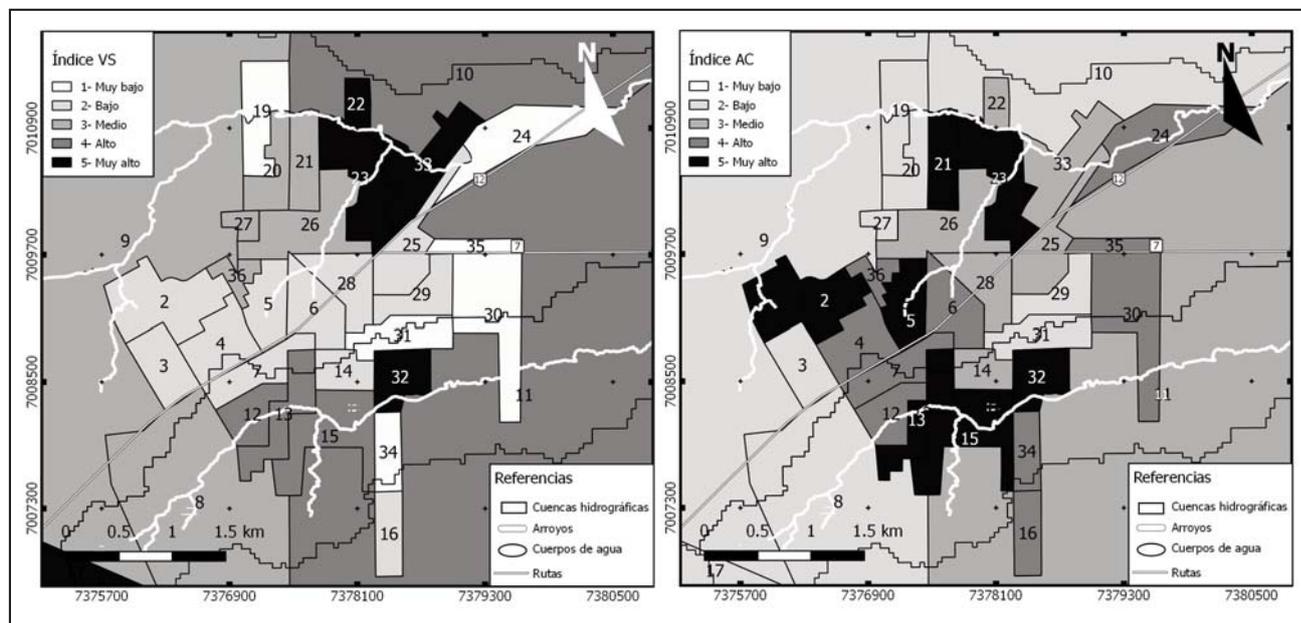


Figura 4. Mapas de Vulnerabilidad Social (VS) (a) y Amenaza de Contaminación (AC) (b).

el aprovechamiento de los recursos hídricos que se debe tener en consideración.

En cuanto a la densidad poblacional (VS_{DP}) no se observa una relación directa con otras variables. Algunos de los radios con mayores valores se encuentran en la periferia del casco

urbano, pero no resultan en altos índices de RHP, por encontrarse en sectores más elevados del terreno con bajo índice AC y/o corresponder a planes de viviendas (baja VS) debido a la existencia de red de agua potable y disposición de excretas a cámara séptica.

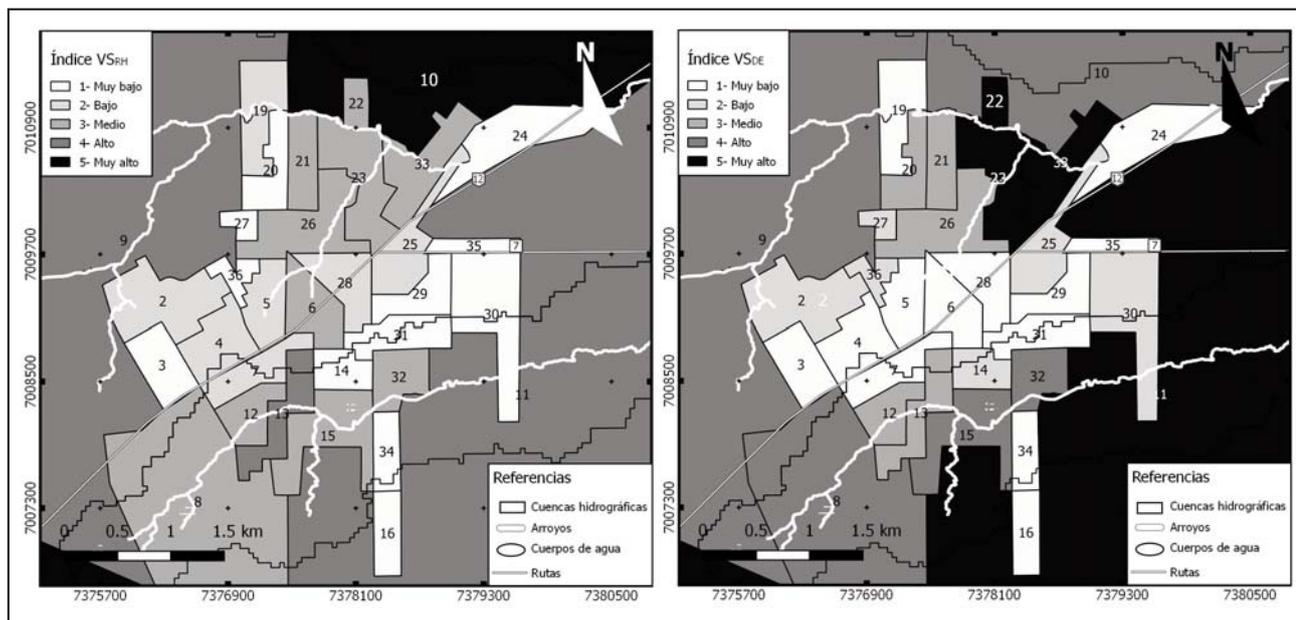


Figura 5. Mapas de Vulnerabilidad social por acceso al recurso hídrico (VS_{RH})(a) y Vulnerabilidad Social por disposición de excretas (VS_{DE})(b).

CONCLUSIONES

Se presenta un análisis del riesgo hídrico poblacional de la ciudad de Jardín América, Misiones. La ciudad con una población de 25.726 habitantes, sin unared de evacuación de excretas y ubicada sobre dos cuencas drenadas por los arroyos Capilla y Tulipán, se encuentra en una situación de riesgo hídrico a la contaminación por efluentes urbanos.

El índice de RHP constituido por la amenaza de contaminación y la vulnerabilidad social ante la misma, mostró mayores valores en radios urbanos periféricos y cercanos a los cursos superficiales sobre las cuencas medias de los arroyos.

Los mayores valores del índice AC se registraron en sectores donde existe una confluencia de flujos subterráneos y superficiales. En dichos sectores es donde se verificó las mayores concentraciones del ion NO_3^- . Aunque los valores de los indicadores de contaminación orgánica y bacteriológica no excedan notablemente los límites estandarizados, se evidencia un fenómeno de contaminación en proceso, mitigado por las condiciones naturales que le imprimen al sistema una alta tasa de renovación del agua.

El índice de VS fue mayor en aquellos sectores con una precaria disposición de excretas sin cámaras sépticas y por el uso de pozos y perforaciones para consumo de agua, a pesar de la existencia de red de agua potable. La densidad poblacional tuvo un efecto disímil debido a que barrios más densos, en general suelen estar acompañados de red de agua potable y uso de cámara séptica.

Lo anteriormente descrito pone en evidencia la tendencia hacia una situación de posibles efectos sanitarios.

La ubicación de sectores de la población de bajos recursos y por tanto más vulnerables a la degradación ambiental en sectores de mayor amenaza, conlleva a una degradación progresiva de esos sectores de la sociedad, que contribuye a su exclusión social (Sudrez et al., 2004). Por otro lado, el factor cultural asociado al uso de los recursos hídricos tradicionales es transversal a las distintas clases sociales, lo que amerita acciones de concientización generalizadas a toda la población.

De esta manera, este trabajo sienta las bases para la evaluación del riesgo y el establecimiento de un sistema de monitoreo. Además, constituye una herramienta de gestión para lapriorización espacial y temporal de políticas hídricas, habitacionales y sanitarias.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

AUGE, M. P., 2003.

Vulnerabilidad de acuíferos. Conceptos y métodos. Hidrored. Rediris.

Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebvulnerabilidad.html>, último acceso 10 de Octubre de 2015

AVIGLIANO, E., SCHENONE, N., 2016.

Water quality in Atlantic rainforest mountain rivers (South America): quality indices assessment, nutrients distribution, and consumption effect. Environmental Science and Pollution Research. Environmental Science and Pollution Research.

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/299610709_Water_quality_in_the_Atlantic_Rainforest_Mountain_Rivers_South_America_quality_indices_assessment_nutrients_distribution_and_consumption_effect, último acceso 10 de Mayo de 2016

- CAPELLO, M., GALASSI, G., VERA, L.M., 2011.
La situación de la vivienda y los servicios sociales básicos: horizontes de largo plazo.
IERAL Documento de Investigación (55). Disponible en: <http://www.ieral.org>, último acceso 08 de Julio de 2015
- CARBALLO, C.T., 2001.
Inundación, degradación urbana y construcción social del riesgo.
Revista Geográfica N°129 enero/junio. Buenos Aires
- COMPAÑÍA ARGENTINA DDE RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAMÉTRICOS (C.A.R.T.A.), 1962-1963.
Mapa Edafológico de la Pcia. Misiones, Hoja 2754-19-1 y Hoja 2754-19-2, Escala 1:50.000
- HERBST, R., 1971.
Esquema estratigráfico de la Pcia. Corrientes, Arg.
Revista Asociación Geológica Argentina. 24 (2): 221-243
- HERRERO, A. C., 2006.
Tierra: Red temática de ciencias de la tierra.
Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Tcarolina.html>, último acceso 02 de Abril de 2016
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN), 2014.
Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina.
Consultado: 01/07/2015. Disponible en: www.ign.gov.ar
- INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (IPEC), 2012.
Gran Atlas de Misiones (Versión electrónica).
Disponible en: <http://www.ipecmisiones.com/w1/>, último acceso 08 de Julio de 2015
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC), 2014.
Censo Nac. de Población, Hogares y Viviendas 2010.
Disponible en: <http://www.censo2010.indec.gov.ar>, último acceso 08 de Julio de 2015
- JENKS, G. F., 1977.
Optimal Data Classification for Choropleth maps. Artículo N° 2,
Departamento de Geografía, Universidad de Kansas
- LEY N° 18284, 1969.
Código Alimentario Argentino,
Capítulo XII: Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.
Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoal/Ley_18284.pdf, último acceso 29 de noviembre de 2016.
- MASKERY, A., 1989.
El manejo popular de los desastres naturales.
IT. Lima
- MENDIONDO, E. M., TUCCI, C. E., 1997.
Escalas Hidrológicas. II: Diversidade de processos na bacia vertente.
RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 81 - 100.
- PANIGATTI, J.L., 2010.
Argentina 200 años, 200 suelos.
Ed. INTA Buenos Aires. 345 pp. Ilustraciones y cuadros.
- SUÁREZ, F., CALELLO, T., & LOMBARDO, R., 2004.
La dimensión sociocultural de los problemas ambientales urbanos.
En: M. Di Pace (Ed), Ecología de la ciudad (págs. 231 - 246). Bs. As. Prometeo libros.
- TCHILINGUIRIAN, P., CAVALLARO, S., FRATALOCCHI, C., MARENGO, H., PALMA, Y.I., TEJEDO, A., TOBIO M.I., TOLOCZYKI, M., 2005.
Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial: San Ignacio.
Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) y Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), Alemania. Buenos Aires: Rastelli, Daniel C.
- WILCHES-CHAUX G., 1998.
Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y soldador o Yo voy a correr el riesgo.
La Red. Lima
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011.
Guidelines for drinking-water quality 4th edition.
WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Versión electrónica. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf, último acceso 29 de noviembre 2016.



ASAGAI

ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE GEOLOGÍA APLICADA
A LA INGENIERÍA

Relleno de playa en Honu Beach (Mar del Plata, Argentina)

Bértola, Germán R. - del Río, J. Luis - Farenga, Marcelo

Ensayo de un sistema de indicadores sincrónico y diacrónico para la determinación de calidad ambiental en playas turísticas de la costa atlántica bonaerense

del Río, J. L. - Patat, L. - Lucero, M. - Zamora, A. - Moschione, E. - Bó, M.J. - Camino, M. - López de Armentia, A. - Farenga, M.

Características morfométricas y morfodinámicas de una cuenca hidrográfica de llanura

Calvi, Carolina - Dapeña, Cristina - Massone, Héctor - Martínez, Daniel

Identificación y cuantificación de la carga contaminante al acuífero freático en la localidad de Monte Hermoso

Lexow, Claudio - Di Martino, Claudina - Lafont, Daniela - Albouy, René - Marcos, Angel

Propuesta para el estudio comparativo del recurso hídrico subterráneo. Ejemplo de caso: cuencas de los arroyos Langueyú y Del Azul

*Barranquero, Rosario Soledad - Varni, Marcelo Raúl - Pardo, Rafael - Vega, Marisol - Zabala, María Emilia
Ruiz de Galarreta, Víctor Alejandro*

Riesgo hídrico poblacional a la contaminación por efluentes urbanos en Misiones

Páez Campos, Hugo Ramiro - Dornes, Pablo Fernando

Dispersión de hidrocarburos disueltos en el acuífero freático a partir de la fase libre no acuosa

Lexow, Claudio - Pera Vallejos, Guillermo - Tonelli, Stella - Carrica, Jorge

Caracterización geoelectrónica, hidrodinámica e hidroquímica del acuífero pampeano y su relación con el arroyo Pergamino, provincia de Buenos Aires

Ruiz, María Soledad - Perdomo, Santiago - Patricia Calahorra, Fuertes - Jerónimo Ainchil - Villarreal, Julio

Portada: Desarrollo de playas en la Reserva Ecológica Costanera Sur. Fotografía Rubén A. López y Silvia C. Marcomini.

**Revista de Geología
Aplicada a la Ingeniería
y al Ambiente**

