

# APLICACIÓN DE TÉCNICAS MULTICRITERIO EN ESTUDIOS DE SISTEMAS HÍDRICOS EN EL PARTIDO DE GENERAL PUYPREDÓN. PROVINCIA BUENOS AIRES, ARGENTINA

Lima, M. Lourdes<sup>1,2,3</sup>; Barilari, Agustina<sup>1,2,3</sup>; Corleto, Bárbara<sup>1</sup>; Albornoz, Daniel<sup>1</sup>; Massone, Héctor<sup>1,2</sup>; Fresta, Paula<sup>1</sup>; Veras, Natalia<sup>1</sup>; Pertini, Ignacio<sup>1</sup>; Asili, Victoria<sup>1</sup>; Damiano, M. Fernanda<sup>1</sup>;

<sup>1</sup> Universidad FASTA- Facultad de Ingeniería. Gascón 3145, Mar del Plata,

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Mar del Plata-FCEyN, IGCyC-CIC. Funes 3350, Mar del Plata,

<sup>3</sup> CONICET, Av. Rivadavia 1917, C.A.B.A.

Email: [lourlimas@gmail.com](mailto:lourlimas@gmail.com)

## RESUMEN

El agua subterránea es la única fuente de abastecimiento para la población y soporte esencial de las diversas actividades que se desarrollan en el sudeste de la provincia de Buenos Aires; constituye, además, un insumo esencial en los servicios ecológicos de los ecosistemas.

El objetivo del trabajo fue generar una priorización de subcuencas hidrológicas para la gestión de los recursos hídricos subterráneos a través de un modelo multicriterio que pueda ser utilizado como herramienta de prevención y planificación del mismo.

A partir del análisis de la red de drenajes en la zona mediante el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) se delimitaron siete subcuencas de interés. Dichas subcuencas se tomaron como alternativas del modelo de decisión Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART) utilizando el software Criterium Decision Plus (CDP). Se definieron tres criterios de decisión: ubicación de las potenciales fuentes puntuales de contaminación; ubicación de los pozos públicos de extracción de agua para consumo humano y; profundidad del agua subterránea.

Los resultados obtenidos destacan dos de las subcuencas estudiadas como las de mayor prioridad, las cuales presentan numerosas fuentes puntuales de potencial contaminación y pozos de extracción de agua para consumo humano.

**Palabras clave:** agua subterránea, subcuencas hidrológicas, contaminación puntual, manejo de recursos hídricos.

## ABSTRACT

Groundwater is the only source of supply for the population and the essential support for the various activities that are developed in the southeast of Buenos Aires province. It also constitutes an essential input in the ecological services of ecosystems.

The aim of this paper is to generate a prioritization of hydrological sub-basins for the management of groundwater resources through a multi-criteria model that could be used as a tool for prevention and planning.

By using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT), seven sub-basins of interest were delimited based on the analysis of the drainage systems in the area. These sub-basins were taken as alternatives to the Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART) decision model using the Criterium Decision Plus (CDP) software. Three decision criteria were defined: the location of the potential point sources of pollution, the location of water extraction wells for human consumption and the depth of groundwater.

The results of this study highlight two of the studied sub-basins as the ones of highest priority. They present a great number of potential point sources of pollution and water extraction wells for human consumption.

**Keywords:** Groundwater, hydrological sub-basins, point sources of pollution, water resources management.

## INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico subterráneo es la única fuente de abastecimiento de agua potable para la población del Partido de General Pueyrredon, en el cual se realiza una explotación intensiva del recurso a través de unos 250 pozos de extracción de la empresa pública Obras Sanitarias Mar del Plata SE, ubicados principalmente en los alrededores de Mar del Plata, ciudad cabecera del Partido. Constituye el soporte esencial de las diversas actividades que se desarrollan en la zona, una de las más importantes corresponde a la actividad agrícola, la cual depende en gran medida de la disponibilidad y calidad del agua subterránea (Kruse et al. 1993, Campo de Ferreras y Piccolo 2002, Lima et al. 2013). Además, constituye un insumo esencial en los servicios ecológicos de los ecosistemas.

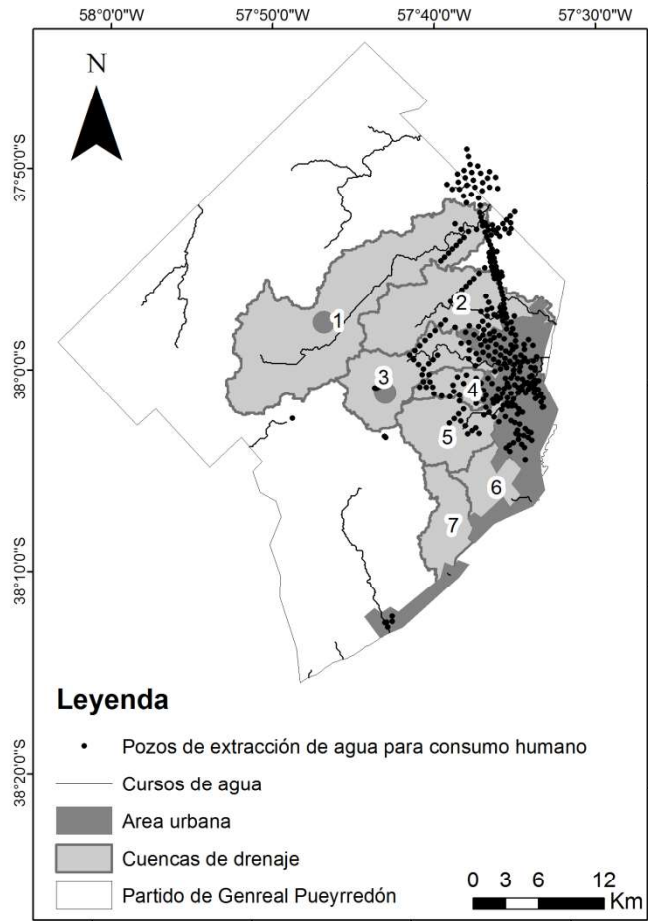
Actualmente, la planificación y gestión del recurso hídrico subterráneo sobre bases científicas, se ha convertido en un requisito indispensable para lograr la sostenibilidad biogeofísica y socioeconómica en regiones que, como la que se propone estudiar, verifican fuerte expansión urbana y agrícola. En este sentido, las técnicas multicriterio resultan una herramienta útil para evaluar prioridades respecto a las subcuencas hidrológicas de la zona, orientadas a lograr un manejo sustentable del recurso hídrico del Partido.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Partido de General Pueyrredon se encuentra ubicado al sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, entre los 37° 70' y los 38° 02' de latitud Sur y los 57° 52' y los 58° de longitud Oeste. Tiene una superficie de 1.460 km<sup>2</sup> (Figura 1). El clima de la región es de tipo “templado-húmedo”, según el esquema de Köppen o del tipo “subhúmedo-húmedo, mesotermal, sin deficiencia de agua”, de acuerdo con el método de Thornthwaite (Burgos y Vidal, 1951). Los cursos de agua son de escasa significación, en cambio las fuentes de agua subterránea son de muy buena calidad, fácilmente accesibles y se las puede obtener a muy bajo costo.

La región del sudeste de la Provincia de Buenos Aires se caracteriza por un relieve relativamente monótono, en el que sobresale un conjunto de sierras, cerros, cerrilladas y lomas de baja altura (en general menos de 250 metros por encima de la llanura circundante), que se dispone en una franja de ancho variable y que a semejanza de columna vertebral atraviesa el Partido de General Pueyrredón con rumbo noroeste-sudeste, constituyendo la divisoria regional de aguas, a partir de la cual se desarrollan dos vertientes a las que se las ha denominado: norte y sur respectivamente (Cionchi y Redín, 2004). Dentro del Partido de General Pueyrredón mismo se seleccionaron 7 subcuencas, las cuales fueron elegidas por la ubicación de las potenciales fuentes puntuales de contaminación y la localización de los pozos de explotación de agua subterránea. Las subcuencas 1, 2, 3, 4 y 5 pertenecen a la vertiente norte y las subcuencas 6 y 7 a la vertiente sur. Las profundidades del agua subterránea en la zona de estudio se clasificaron en tres clases: menor a 5 metros, entre 5 y 30 metros y mayor a 30 metros, como se muestra en la Figura 2.

El área urbana de la ciudad de Mar del Plata fue considerada como máscara, porque se necesita una evaluación a mayor detalle utilizando otro tipo de criterios ya que presenta características diferentes al área rural.



**Figura 1.-** Ubicación del área de estudio.

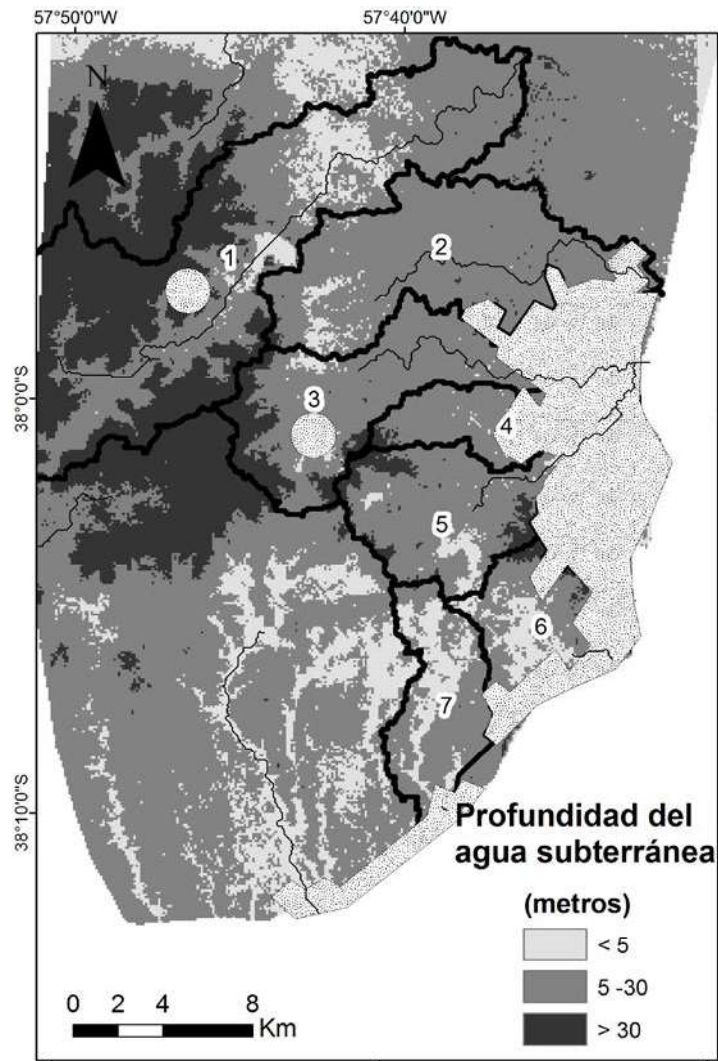


Figura 2.- Profundidad del agua subterránea.

## OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue generar una priorización de subcuencas hidrológicas para la gestión de los recursos hídricos subterráneos a través de un modelo multicriterio que pueda ser utilizado como herramienta de prevención y planificación del mismo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El primer paso fue analizar la red de drenaje en la zona para delimitar las subcuencas, utilizando el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). El segundo paso fue desarrollar el modelo de decisión utilizando el software Criterium DecisionPlus (CDP), siguiendo la técnica de evaluación multicriterio Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART) para priorizar el manejo del recurso hídrico subterráneo. EL CDP se utiliza para estimar la eficacia de cada alternativa planteada frente a un conjunto de criterios ponderados con el objetivo de tomar una decisión. Cada criterio puede desglosarse sucesivamente en subcriterios, según sea necesario, hasta que se alcanza cierto nivel, basándose en la

información disponible y conocimiento en el que los tomadores de decisión se sienten cómodos.

Utilizando este software se diseñó el modelo multicriterio, teniendo en cuenta los dos siguientes aspectos: en primer lugar, se creó la estructura de la jerarquía de decisión y luego se definieron los pesos para las ponderaciones.

La técnica SMART consiste en aplicar un procedimiento de calificación directa para evaluar las alternativas frente a un único atributo. Las prioridades resultantes se agregan utilizando sumas ponderadas para calcular la preferencia por cada alternativa. La estructura utilizada para realizar el modelo de decisión en SMART se denomina árbol de valores o jerarquía objetiva.

Para el diseño del modelo se seleccionaron 7 subcuencas como alternativas y se definieron tres criterios de decisión (Figura 3):

1. Ubicación de las potenciales fuentes puntuales de contaminación.
2. Ubicación de los pozos de extracción de agua para consumo humano de la empresa Obras Sanitarias MGP-Batán.
3. Profundidad del agua subterránea.

En un paso siguiente se definieron los subcriterios para cada criterio adoptado.

Para las fuentes puntuales los subcriterios considerados fueron la presencia y el número de industrias, tanques de hidrocarburos enterrados, predios de disposición final de residuos (basureros), cavas y establecimientos con cría intensiva de animales (criaderos).

En cuanto a la ubicación de los pozos de extracción, el subcriterio adoptado fue la existencia de pozos en cada una de las subcuencas.

Por último, los subcriterios definidos para la profundidad del agua subterránea fueron: nivel freático menor a 5 metros, entre 5 y 30 metros, y mayor a 30 metros para cada subcuenca.

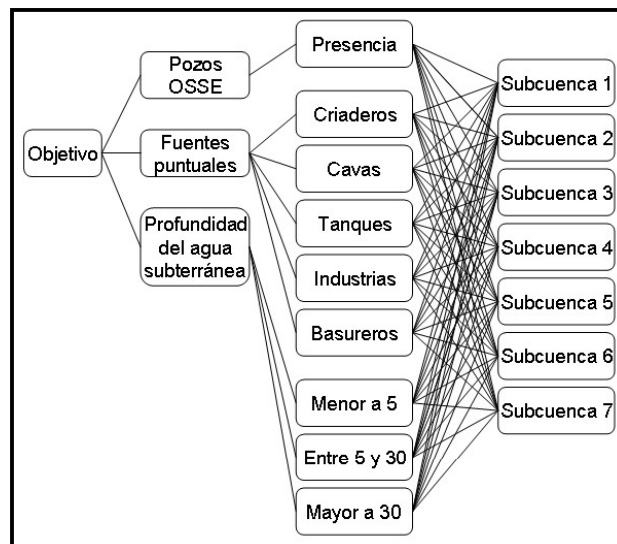


Figura 3.-Árbol de valores.

A continuación puede observarse la distribución y cantidad de fuentes puntuales en las subcuencas seleccionadas (Figura 4) (Tabla 1).

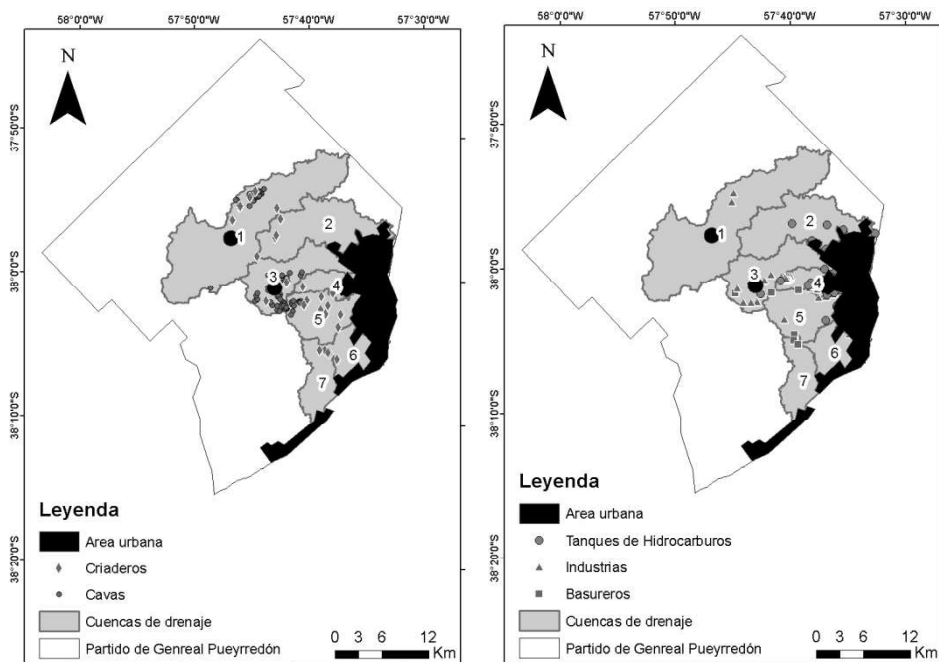


Figura 4. - Fuentes Puntuales

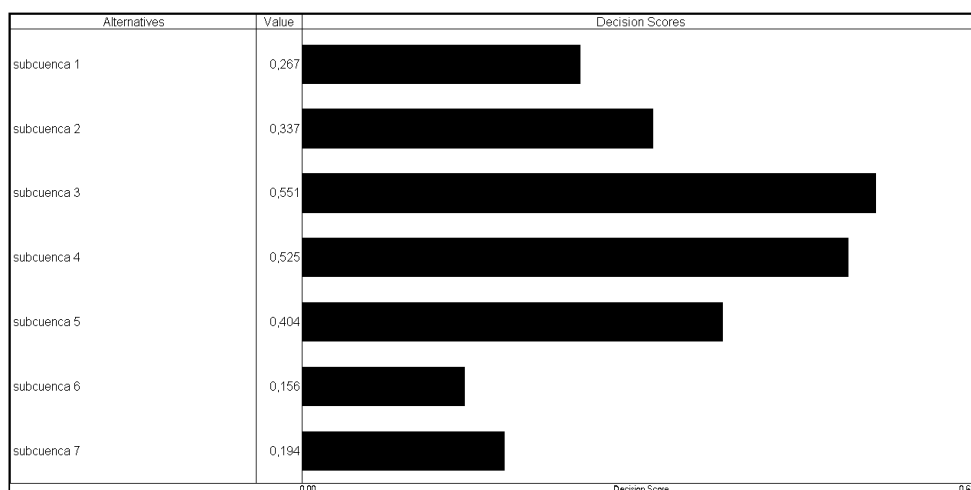
Tabla 1.- Fuentes puntuales por subcuenca

	Subc. 1	Subc. 2	Subc. 3	Subc. 4	Subc. 5	Subc. 6	Subc. 7
<b>Industrias</b>	2	1	12	52	4	0	0
<b>Tanques de Hidrocarburos</b>	0	5	3	5	2	0	0
<b>Basureros</b>	0	0	1	1	2	0	2
<b>Cavas</b>	23	0	39	0	19	0	0
<b>Criaderos</b>	6	3	3	2	9	2	3

## EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5. Las subcuencas 3 y 4 resultaron ser las de mayor prioridad (subcuenca 3: 0,551; subcuenca 4: 0,525), debido a que presentan gran concentración de potenciales fuentes puntuales y pozos de extracción de agua para consumo humano. Luego le siguen las subcuencas 2 y 5. Las subcuencas 1, 6 y 7 resultan ser las más alejadas del núcleo urbano, y son además las que poseen menor concentración de fuentes puntuales.

Con respecto a la profundidad del agua subterránea, las subcuencas 2, 6 y 7 tienen mayor porcentaje del área con profundidad menor a 5 metros, mientras que las subcuencas 1, 3 y 5 tienen mayor porcentaje del área con profundidad mayor a 30 metros.



**Figura 5.-** Puntajes de decisión.

## APLICACIONES

Las técnicas de análisis multicriterios permiten integrar la información de una forma sencilla y directa. Con el fin de obtener un resultado fehaciente, se consideran y se ponderan todos los puntos de vista de los analistas involucrados.

Los resultados alcanzados brindan la posibilidad de realizar una gestión sustentable del recurso hídrico subterráneo; y se presentan como una herramienta fundamental en el proceso de la toma de decisión, como por ejemplo densidad y frecuencia de monitoreos, implementación de perímetros de protección de pozos, etc.. La priorización de aquellas subcuencas con mayor necesidad de ser protegidas, en cuanto al recurso hídrico subterráneo, es de vital importancia en una zona donde la única fuente de abastecimiento es el agua subterránea.

## CONCLUSIONES O RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, se observa que dentro de los tres criterios considerados en la metodología, el criterio de profundidad del agua subterránea resultó ser el de menor influencia en el puntaje de decisión. Esto se debe a que las subcuencas estudiadas presentan una alta homogeneidad en esta variable.

La metodología del presente trabajo puede ser de utilidad y replicarse para otras regiones que deseen obtener una priorización del manejo de subcuencas, en el marco de una gestión ambiental del territorio.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se recomienda a los tomadores de decisiones:

- Ejercer mayor control sobre las fuentes puntuales ubicadas en las subcuencas determinadas como prioritarias.
- Regular la extracción de los pozos de abastecimiento de agua subterránea en dichas subcuencas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Burgos JJ, Vidal A** (1951) *Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite*. Revista Meteoros ,1(1): 3-32. Buenos Aires.

**Campo de Ferreras AM, Piccolo MC** (2002) *Hidroquímica del arroyo Pescado Castigado*. En: Actas III Jornadas Nacionales de Geografía Física. Santa Fe, 97-103.

**Cionchi J, Redin I** (2004) *La contaminación del agua subterránea producida por las deficiencias constructivas en las perforaciones*. Municipalidad de Gral. Pueyrredón. Obras Sanitarias.

**Kruse E, Rojo A, Laurencena P.** (1993) *Aspectos geohidrológicos de la zona sur de Mar del Plata (Buenos Aires)*. En: Actas XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración Hidrocarburos, Mendoza. VI, 216-221.

**Lima ML, Romanelli A, Massone H.** (2013). *Decision support model for assessing aquifer pollution hazard and prioritizing groundwater resources management in the wet Pampa plain, Argentina*. ENVIRONMENTAL MONITORING ASSESSMENT. 185(6): 5125-5139. DOI 10.1007/s10661-012-2930-4.

**Reynolds, K. M., Hessburg, P. F., Bourgeron, P.** (2014). *“Making Transparent Environmental Management Decisions. Applications of the Ecosystem Management Decision Support System”*. Springer. Nueva York. USA.