

UN METODO DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS PARA SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SIG

F. Copa¹, M. Iribarnegaray², J. J. Correa¹, M. F. Arredondo¹, M. L. Gatto D'Andrea¹, J. D. Cabral³, V. Liberal⁴ y L. Seghezzo⁵

Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta (UNSa)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Avda. Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina
Tel. +54-387-4255516; E-mail: lucas.seghezzo@wur.nl

RESUMEN: En el presente trabajo se presenta un método de identificación de áreas críticas para sistemas de agua y saneamiento, aplicado a la ciudad de Salta mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El método consistió en primer lugar en la confección de tres mapas base mediante la utilización de datos de NBI, reclamos y nitratos, los cuales fueron probados como criterios de evaluación. Posteriormente, estos mapas fueron mezclados, utilizando dos combinaciones de capas, mediante software específico. Como resultado de este proceso se obtuvieron mapas de áreas críticas, considerados pasos iniciales de un análisis de sustentabilidad más profundo del sistema de agua y saneamiento local. La información necesaria para la confección de los mapas se obtuvo de datos entregados por la empresa prestataria del servicio (CoSAySA), el Ente Regulador de los Servicios Públicos (ENRESP), el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) y la Dirección de General de Estadísticas de la provincia de Salta. Los resultados obtenidos mostraron que la metodología es sensible para detectar áreas críticas y mostrar información del sistema zonificada por niveles de criticidad. Otros criterios de evaluación podrían ser probados en etapas posteriores para analizar la sensibilidad de los mismos en la identificación de áreas críticas a nivel local.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, criticidad, agua y saneamiento.

INTRODUCCIÓN

La gestión integral del agua, como un elemento esencial para la vida humana, adquiere especial relevancia para evitar inequidades en su distribución y minimizar los efectos que su potencial escasez a nivel local, regional y global puedan tener sobre su disponibilidad y acceso (Azpiazu et al., 2005). Existe una coincidencia importante entre la creciente demanda de agua para actividades humanas y la necesidad de grandes obras de infraestructura para posibilitar esta disponibilidad (Ramaswamy, 2007).

Frecuentemente se piensa que el agua es un recurso natural abundante e ilimitado, a pesar de que de toda el agua existente en el planeta, sólo una pequeña porción está disponible directamente. En la actualidad, el acceso al agua frecuentemente se ve dificultado por una demanda excesiva y falta de medios adecuados y suficientes de almacenamiento, tratamiento y distribución (Del Castillo, 2007). De todas formas, podría decirse que la crisis del agua no se debe a un problema único sino más bien a una multiplicidad de factores. Es por ello que se requiere de una regulación y gestión apropiada, con la finalidad de que el uso individual, privado o público se distribuya equitativamente (Soares, 2008).

La utilización de Sistemas de Información Geográfica (GIS) puede ser una herramienta adecuada para espacializar datos relacionados al sistema de agua y el saneamiento, posibilitando obtener una visión integral del sistema (Mc Kinney and Cai, 2002). Los SIG también son herramientas cada vez más utilizadas en los procesos de planificación económica, territorial y ambiental. Investigaciones previas relacionadas al desarrollo de indicadores de sustentabilidad para el estudio de la gestión del agua y el saneamiento en la ciudad de Salta (Iribarnegaray et al, 2009; Iribarnegaray et al, 2010; Seghezzo et al, 2010) han demostrado la importancia de zonificar en el área de estudio sitios de diferentes criticidades según criterios definidos, como paso previo al cálculo de indicadores de sustentabilidad específicos. El proceso de selección de un lugar crítico debe ser simple y claro, pudiendo ser suficiente en muchas ocasiones la opinión de expertos locales. De todas formas, a los fines de la investigación, el proceso puede complejizarse incorporando una variedad de elementos de análisis que permiten visualizar todas las variantes posibles.

¹ Tesistas de grado

² Becario Consejo de Investigación de la UNSa – Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)

³ Tesista de posgrado

⁴ Profesora Adjunta Facultad de Ingeniería de la UNSa

⁵ Investigador Adjunto CONICET

En este trabajo se presenta una metodología de selección de áreas críticas aplicado en la ciudad de Salta para la identificación de zonas con vulnerabilidades específicas en relación al sistema de gestión del agua y el saneamiento con la asistencia de un SIG.

Área de estudio. Características y problemáticas generales.

El estudio se realizó en la ciudad de Salta, capital de la provincia de Salta, en el Noroeste argentino. Según estimaciones recientes, la población en la ciudad es superior a los 500.000 habitantes (INDEC, 2010). El agua utilizada, tanto para la industria como para consumo humano, se extrae aproximadamente en un 65% de casi 150 pozos distribuidos a lo largo y ancho de la ciudad mientras que el 35% restante se extrae de aguas superficiales y sub superficiales provenientes de tres sistemas de captación principales denominados *Sistema Las Costas*, *Sistema Norte* y *Sistema Sur*⁶. Las aguas residuales domésticas (ARD) o líquidos cloacales se colectan mediante una red de alcantarillado y son tratadas en dos plantas de tratamientos principales: un sistema compuesto por sedimentadores y lechos percoladores en la zona sur y un sistema de lagunas de estabilización en la zona norte. Los efluentes tratados se vuelcan finalmente en los ríos Arenales y Mojotoro respectivamente.

A los fines del trabajo, la gestión del agua y el saneamiento fue definida como todas aquellas actividades necesarias para ejecutar los procesos vinculados a la provisión de servicios de abastecimiento de agua potable (captación, potabilización y distribución) y al manejo de los líquidos cloacales (recolección, tratamiento y disposición final) (Iribarnegaray et al., 2009).

Algunos de los problemas más importantes existentes actualmente en la ciudad de Salta son las pérdidas en los sistemas de recolección y distribución de agua, superiores al 30%⁷, valor que puede variar dependiendo de las fuentes consultadas, contaminación con nitratos y coliformes fecales en capas superiores de los acuíferos en distintos puntos de la ciudad (Rocha, 2002; Baudino, 2005), descenso en los niveles piezométricos dinámicos como consecuencia de la extracción para consumo, crecimiento no planificado de la ciudad, con una población en continuo aumento que ha generado una presión extra a la capacidad del sistema de provisión de agua, y déficit en la capacidad de la infraestructura disponible para el tratamiento de los líquidos cloacales producidos en la ciudad. Los aspectos socio-económicos de la población también deben considerarse como aspectos importantes del análisis, ya que pueden afectar entre otras cosas la capacidad de las personas de acceder tanto física como económicamente a los servicios de agua y saneamiento haciéndolos más vulnerables a enfermedades y problemas relacionados.

METODOLOGÍA

La zonificación de áreas críticas constituye uno de los primeros pasos de la evaluación de sustentabilidad del agua y el saneamiento mediante indicadores, siguiendo la metodología propuesta por Seghezzi (2010). Esta zonificación permite conocer cuáles son las áreas de la ciudad con mayores vulnerabilidades potenciales mediante la utilización de unos pocos criterios de selección, los cuales pueden variar según la información disponible y condiciones locales. La característica fundamental de un criterio de selección de áreas críticas es que deben mostrar una relación directa con las condiciones del sistema. Un esquema general del proceso de evaluación mediante indicadores de sustentabilidad se presenta en la Figura 1.

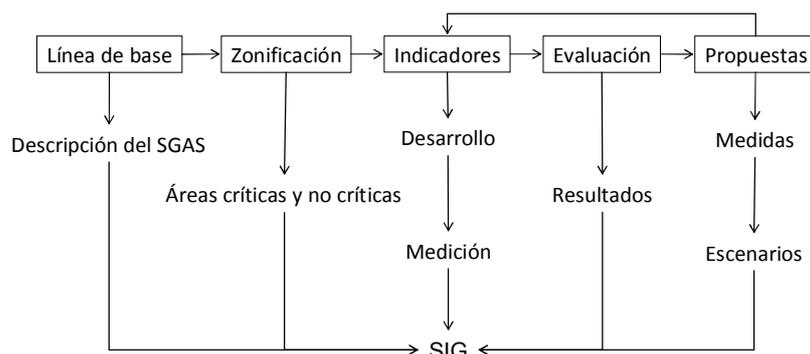


Figura 1: Proceso de evaluación mediante indicadores de sustentabilidad

Criterios de criticidad

En este trabajo se definieron tres criterios de criticidad del sistema de agua y saneamiento en la ciudad de Salta. En la selección de los criterios influyó fundamentalmente la información disponible y la relación de los mismos con el estado del sistema de agua y saneamiento. Los criterios utilizados fueron:

⁶ Información suministrada por Aguas del Norte SA

⁷ Sitio oficial de Latinaguas, www.latinaguas.org (Visitado el 25 de agosto de 2010).

Nitratos: los nitratos son una importante fuente de contaminación de aguas subterráneas (Leanza et al., 2005). Las áreas afectadas con concentraciones altas de nitrato pueden ser consecuencia de deficiencias en la gestión del saneamiento en el pasado, especialmente en zonas urbanas alejadas de cualquier emprendimiento agrícola. Concentraciones de nitrato superiores a los 45 mg/L pueden provocar una importante afectación a la disponibilidad de agua para consumo a nivel local. Las fuentes de contaminación con nitratos pueden ser puntuales, asociadas a actividades industriales y urbanas (lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos, vertidos de aguas residuales urbanas entre otras) y difusas asociadas a las actividades de origen agrario (Ruiz, 2007). En la ciudad de Salta, según investigaciones realizadas, a partir de 1993 se observó un incremento relativo de las concentraciones de cloruros y nitratos en los acuíferos del norte de la ciudad asociando dichas concentraciones anómalas a una contaminación de origen urbano por incorporación de filtrados de líquidos del sistema de evacuación de aguas residuales domésticas (Rocha y Baudino, 2002). La importancia en el estudio de los nitratos en el agua potable radica en que los mismos pueden causar serios problemas a la salud de las personas, especialmente a niños. Una de las enfermedades causadas por el consumo de aguas contaminadas con nitratos es el de la metahemoglobinemia también llamada síndrome del niño azul. Esta enfermedad ataca fundamentalmente a los niños menores de 3 meses pudiendo causarles la muerte. La presencia de nitrato en altas concentraciones evidencia la historia de un sitio en cuanto al manejo del saneamiento en el pasado, siendo este problema de difícil solución debido a la contaminación presente en el suelo. Los datos utilizados en el trabajo corresponden a análisis físico – químicos realizados por la empresa del servicio durante el año 2010 en las fuentes de agua (pozos y acueductos). Se utilizaron valores promedio de la mitad más seca del año (de abril a diciembre), donde las concentraciones de nitrato son más importantes.

Reclamos: los reclamos son una de las varias formas de interacción entre el prestador y los usuarios (EBC, 2010), y suelen utilizarse para medir la calidad del servicio por parte de la empresa prestadora. Los reclamos constituyen una expresión de insatisfacción que puede dar indicios de problemas existentes en el sistema. Los reclamos pueden variar debido a diferencias en los hábitos de las personas de cada lugar en cuanto a reclamar y la voluntad de interaccionar con la empresa prestadora. Los datos de reclamos informados por la empresa prestataria y utilizados en este trabajo corresponden al año 2010 y se refieren solo a reclamos de tipo técnico, por lo que no fueron considerados aquellos referidos a, por ejemplo, errores en la facturación. Para que los datos de cada barrio sean comparables, se trabajó con la cantidad de reclamos existentes por año cada 1000 personas.

NBI: es un método directo que relaciona el bienestar con el consumo efectivamente realizado (Feres y Mancado, 2001). Este consumo se evalúa en cuatro aspectos: acceso a agua y saneamiento, hacinamiento, nivel educativo y bienestar económico. El NBI puede ser utilizado como indicador directo de las condiciones sanitarias de un lugar determinado y puede considerarse un buen indicador de carencias críticas en la población. En este trabajo, se utilizó al NBI para la identificación de áreas con probables deficiencias en sus sistemas de acceso a agua y saneamiento básicos. Los valores utilizados corresponden al año 2001, último año en que están disponibles los datos del indicador por barrio de la ciudad de Salta.

Elaboración de mapas base para cada criterio

Se construyeron mapas base para cada uno de los criterios. Se utilizó información brindada por la compañía prestataria del servicio (CoSAySa) en el caso de los mapas de nitratos y reclamos, mientras que los datos de NBI fueron obtenidos de la Dirección de Estadísticas de la provincia de Salta (DES, 2009). Cada uno de los mapas está compuesto por un conjunto de unidades de área elementales (polígonos). En el caso de los mapas base de reclamos y NBI estos polígonos estuvieron constituidos por los mismos barrios, mientras que en el caso de los nitratos, las unidades elementales fueron las áreas de la ciudad que están abastecidas por las diferentes fuentes de agua, ya sean pozos o acueductos. Se trabajó con el área de la ciudad existente en el año 2001, debido a que no se dispone de información confiable de los criterios para los nuevos barrios.

Transformación de los criterios a valores de criticidad

La idea de criticidad adoptada en este trabajo implica una situación en la cual un área del sistema se encuentra con valores superiores a los considerados críticos para los criterios utilizados. A los fines de que los mapas base puedan ser comparables, previo a la confección de los mapas de cada criterio, se transformaron los valores de cada uno a valores de criticidad. Para esto, se definieron umbrales críticos (límite aceptable para cada criterio) y posteriormente se utilizaron ecuaciones lineales de conversión, quedando todos los criterios con valores entre 0 y 100. La escala final de cada uno de los mapas fue similar, expresada en los siguientes valores de criticidad: 0–25 = Crítico, 25–50 = Alto, 50–75 = Moderado, 75–100 = No Crítico. Los umbrales y ecuaciones de conversión utilizados se detallan en la Tabla 1. Para la construcción de los mapas se utilizó el software gvSIG 1.11.

Mapa base	Nitratos (N)	NBI	Reclamos (R)
Umbral crítico	50 mg/L	50 %	100 reclamos/1000 hab.
Fórmula	$C = N * (- 2) + 100$	$C = NBI * (- 2) + 100$	$C = R * (- 1) + 100$

Tabla 1: Valores umbrales y fórmula de transformación a valores de criticidad para cada criterio.

Finalmente, el mapa de áreas críticas se obtuvo promediando los valores de las tres capas constituidas por cada uno de los mapas base, siendo la escala de valoración de criticidad del mapa final similar al de los mapas base, siendo calculado un promedio de los valores de los mismos. El proceso global de construcción del mapa de áreas críticas se resume en la Figura 2.

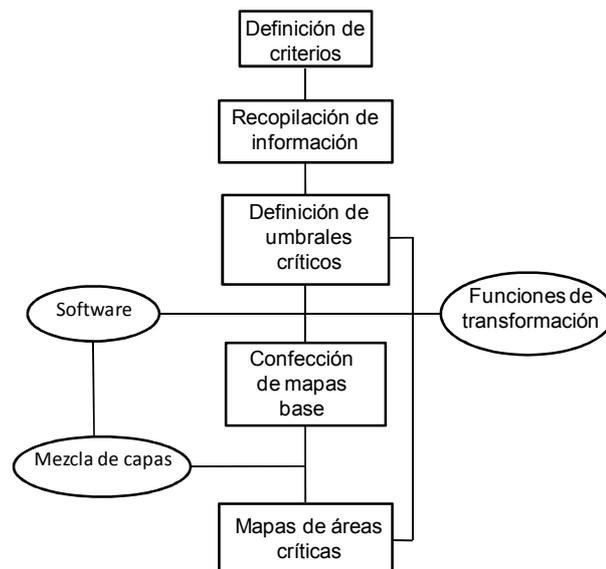


Figura 2: Esquema del proceso global de construcción de mapa de áreas críticas para la ciudad de Salta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mapas base de cada criterio

Luego de la aplicación de la metodología se obtuvieron los mapas base para cada criterio utilizado (Figuras 3).

Cada uno de los mapas base muestra la distribución de la criticidad de cada criterio. En el caso del mapa de NBI, los valores críticos se ubican en la periferia de la ciudad siguiendo la expansión de la misma. El retraso en la expansión de los servicios básicos en los sectores más nuevos explica en parte esta disposición.

En el mapa de nitrato, se han detectado importantes sectores con concentraciones elevadas, en algunos casos cercanas a los límites permitidos por la legislación local (45 mg/L). El valor promedio general fue de 10,9 mg/L. La distribución de las áreas críticas responde en general a aquellas zonas de la ciudad que en algún momento han tenido deficiencias en el tratamiento de los efluentes cloacales, llegando a afectar las capas de acuífero relacionadas. La contaminación con nitrato presente en el subsuelo puede permanecer durante muchos años, más allá que estas zonas dispongan en la actualidad de redes de cloaca.

El valor promedio de reclamos anuales cada 1000 habitantes fue de 87,5. La distribución de las áreas críticas de Reclamos mostró importantes diferencias en relación a los otros criterios, encontrándose las mismas en general en zonas de importante desarrollo urbanístico, sin carencia de servicios y valores de NBI bajos, mostrando medianos a altos ingresos y acceso a educación. En cambio, las zonas con valores de NBI más bajos y mayores inconvenientes aparentes de calidad del servicio, debido fundamentalmente a encontrarse en zonas periféricas de la ciudad, mostraron cantidades de reclamos bajas. Este comportamiento de la distribución puede obedecer a diferencias en cuanto a los hábitos y disponibilidad de medios de la población de cada sector para efectivizar el reclamo, siendo el acceso a línea telefónica, disponibilidad de tiempo y acceso a información factores que pueden incidir en los valores, independientemente de la calidad del servicio en cada lugar. Incluso los factores culturales pueden tener una influencia sustancial, por lo que en determinados sectores los usuarios del servicio simplemente pueden tener mayor inclinación a reclamar ante deficiencias (EBC, 2010).

Mapas de áreas críticas

Como resultado de la interpolación de los tres mapas base se obtuvo el mapa final de áreas críticas, de interpolación de los tres criterios (Figura 4)

La distribución de áreas críticas mostrada en el mapa mostró en general valores de criticidad importantes, aunque no extremos, debido fundamentalmente a la influencia de los valores de reclamos, los cuales en general fueron altos en zonas en que los valores de criticidad de nitrato y NBI tendían a ser más bajos. Como resultado de esto, en este mapa no son tan evidentes en forma visual áreas críticas de importancia. La zona noreste de la ciudad mostró valores altos de criticidad influenciada fundamentalmente por los valores altos de reclamos y nitratos, a pesar de mostrar bajos valores de NBI. Valores en general moderados y altos también se registraron en la zona centro y este, donde los valores de NBI son los más altos. Los bajos valores de reclamos tuvieron una importante influencia en este sector, bajando la criticidad final de toda la zona.

Es reconocido que los valores de reclamos están muy influenciados por aspectos culturales y hábitos de los usuarios según zonas de una ciudad (EBC, 2010). En estas zonas, en general con buen acceso a educación, los usuarios reaccionan de una manera más masiva ante deficiencias del servicio, provocando que los valores del criterio sobreestimen estas deficiencias del servicio.



Figura 3: Distribución de la criticidad para cada uno de los mapas base utilizados.

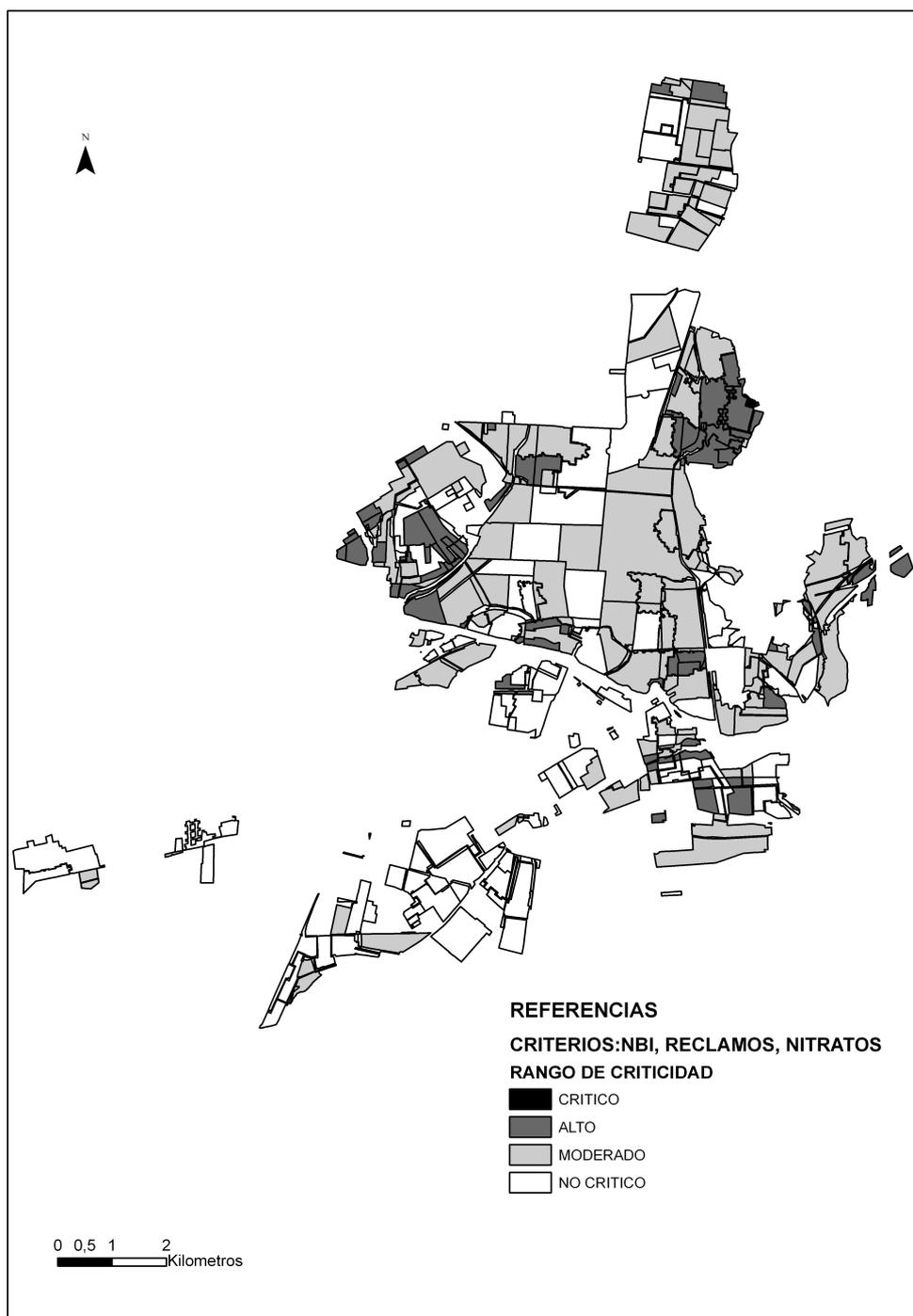


Figura 4: Mapa de áreas críticas luego de la interpolación de los tres criterios de criticidad.

Mapa de áreas críticas sin capa de reclamos

Con el objetivo de mitigar el aparente efecto distorsivo que los valores de reclamos tuvieron en el mapa final, causando dificultades en la identificación visual de áreas críticas, se probó la interpolación de únicamente los mapas base de nitratos y NBI (Figura 5).

El mapa de áreas críticas sin la utilización del criterio reclamos mostró áreas de criticidad más definidas e importantes. La zona noreste, este y sureste de la ciudad mostraron áreas con valores altos y críticos importantes. Otras zonas con valores altos se ubicaron en el sector oeste y norte. Todos estos sectores muestran a campo un incipiente desarrollo, aunque aún persisten los inconvenientes por deficiencias en el tratamiento de los efluentes, que han afectado las fuentes de agua subterráneas, y problemas de acceso a agua y saneamiento que pueden influir negativamente en sectores vulnerables de la población.

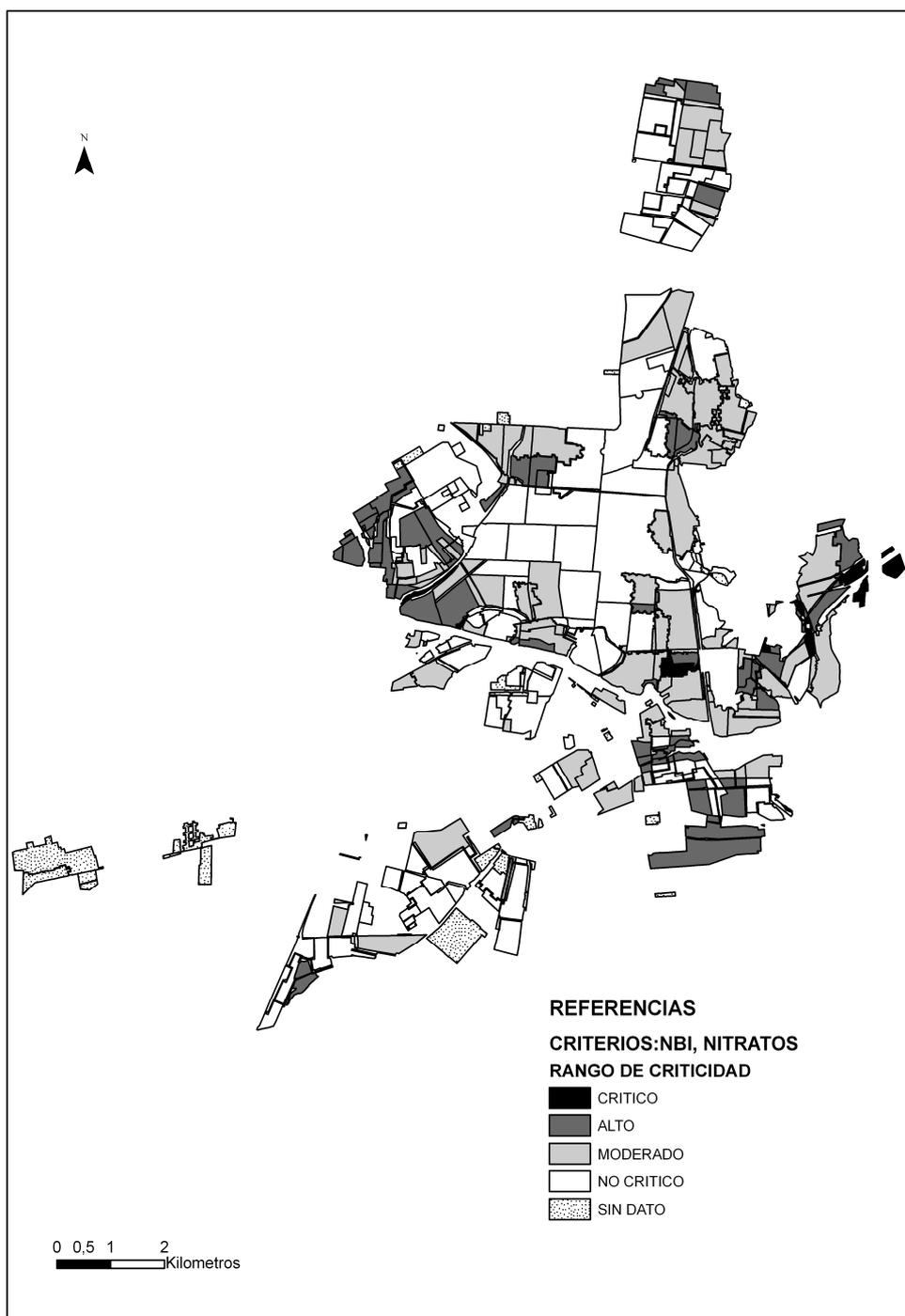


Figura5: Mapa de áreas críticas luego de la interpolación de únicamente los criterios Nitrato y NBI.

CONCLUSIONES

La metodología mostró simplicidad para identificar áreas críticas mediante el uso de unos pocos criterios de criticidad, siendo el software utilizado una herramienta sumamente potente para mezclar capas en forma rápida y precisa. Los mapas base de nitratos y NBI entregaron zonificaciones de criticidad correlacionadas, dando un mapa de áreas críticas final con resultados más confiables. La utilización de reclamos como criterio de identificación de áreas críticas de servicio puede no brindar datos directamente relacionados al mismo, existiendo factores culturales y locales que inciden en los resultados, siendo más dificultoso relacionarlos directamente a la calidad del servicio.

Las áreas críticas obtenidas mediante esta metodología deben ser evaluadas minuciosamente a los efectos de analizar el grado de precisión del método y la pertinencia de los criterios seleccionados. En siguientes etapas de la investigación se deberá probar la metodología con la utilización de otros criterios, a fin de evaluar cuales muestran distribuciones más relacionadas a la realidad del servicio. El chequeo a campo es esencial para evaluar la precisión de los mapas. Una posible utilidad de los mapas de áreas críticas es asistir en la correlación entre áreas críticas y la proliferación de enfermedades relacionadas a déficit

en la gestión del agua y el saneamiento, tales como las diarreas en menores de cinco años, aspecto de será evaluado en siguientes etapas de la investigación. Debido a la dinámica y velocidad de expansión de las ciudades, las áreas críticas pueden variar, por lo que este tipo de mapas deben ser actualizados periódicamente. Para esto, adquiere importancia la disponibilidad de información y la actualización de la misma por parte de las instituciones pertinentes.

AGRADECIMIENTOS

La información para la construcción de los indicadores utilizados fue suministrada, entre otros, por la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Salta, el Ente Regulador de los Servicios Públicos (ENRESP), la Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. (CoSAySa), y el Instituto de Aguas Subterráneas para Latinoamérica (INASLA) de la Universidad Nacional de Salta (UNSa). Queremos agradecer también a todos los expertos, docentes y estudiantes que respondieron los cuestionarios y contribuyeron con tiempo e ideas durante los talleres.

REFERENCIAS

- Azpiazu, D., Schorr, M., Crenzel, E., Forte, G. y Marín, J.C. (2005). Agua potable y saneamiento en Argentina. Privatizaciones, crisis, inequidades e incertidumbre futura. *Cuadernos del CENDES* **22(59)**, 45-67.
- Baudino, G; Fuertes, A; Donaire, A, Pizzú, G. (2005). Exploración hidrogeológica para el uso racional del agua subterránea en el paleocauce del río La Caldera, Salta, Argentina. *Actas IV Congreso Argentino de Hidrogeología. II Seminario Hispano – Latinoamericano sobre temas actuales de hidrogeología*, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Del Castillo, L. (2007) *La gestión del agua en Argentina*. Ciudad Argentina, editorial de Ciencia y Cultura. Primera edición, Buenos Aires. Madrid.
- DES (Dirección de Estadística de la provincia de Salta). Anuario 2008 – 2009.
- EBC (European Benchmarking Co-operation) (2010). *Learning from International Best Practices*.
- Feres, J y Mancero, X. (2001). *El método de las Necesidades Básicas Insatisfechas y sus aplicaciones en América latina*. Serie estudios estadísticos y prospectivos. CEPAL.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2010). Datos estadísticos disponibles en: <http://www.indec.com.ar> (Accedido el 20 de Julio de 2011).
- Iribarnegaray, M; Copa, F; Dominguez, R; Guerra Munizaga, M; Leon, H; Moreno Solá, A; Ruiz, C; Liberal, V; Seghezzo, L. (2009). “Desarrollo de una metodología integral para la evaluación de la sustentabilidad del sistema de gestión del agua y el saneamiento en Salta, Argentina”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13, 2009
- Iribarnegaray, M., Copa, F., Ruiz, C., Sauad, J., Liberal, V., Seghezzo, L. (2010). Aspectos institucionales para la evaluación de la sustentabilidad de la gestión del agua y el saneamiento en la provincia de Salta, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 14, 2010.
- Leanza, L., Parente, J. R., Varanese, C. T., Echeverría, P. L.(2005) *Presencia de nitratos en el agua subterránea del norte bonaerense*. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 9. ISSN 0329-5184.
- Mc Kinney, D. and Cai, X. (2002). Linking GIS and water resources management models: an object-oriented method. *Environmental modeling and software* 17 (413 – 425).
- Ramaswamy Iyer. 2007. *Towards Water Wisdom. Limits, Justice, Harmony*. SAGE Publications.
- Rocha, V; Baudino, G. (2002). Contaminación con nitratos en el noroeste de la ciudad de Salta, noroeste Argentino. *Grownwater and human development*. Bocanegra, D y Massone, H 480 – 485
- Ruiz, L. (2007). *Los nitratos y las aguas subterráneas en España*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (15.3) 257-265.
- Seghezzo, L., Iribarnegaray, M., Liberal, V., Copa, F., Guerra Munizaga, M., León, H., Ruiz, C. (2010). Un índice de sustentabilidad para la evaluación integral de los sistemas de gestión del agua y el saneamiento. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 14, 2010.
- Soares, D., Vargas, S., y Nuño, M. (2008) Tomo 1. *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Universidad de Guadalajara, Mexico

ABSTRACT: ABSTRACT: In this article we categorize the water and sanitation management system of the city of Salta (Argentina) in homogeneous areas by using Geographic Information Systems (GIS). Three criteria were used to distinguish between different areas: (1) the index of Unsatisfied Basic Needs (NBI); (2) the number of complaints received by the water company in different neighborhoods; and (3) the level of nitrates in water samples obtained in all active groundwater wells. These criteria were mapped and the resulting maps were combined using two different arrangements of layers with specific GIS software. The combined maps can be used to spot areas where there are actual or potential problems in the water and sanitation management system (critical areas). The identification of critical areas is important to assess the overall sustainability of this system and to devise more efficient action plans. Information used to build the maps was obtained from the local water company, the government’s regulatory body, and national or provincial statistics offices. The methodology used was appropriate to classify the city in different areas according to the indicators studied, and to spot areas that could be critical in terms of water and sanitation services. Future research will include maps obtained with other criteria (such as service coverage and water quality) and complementary field research to confirm or refute the findings obtained with GIS techniques.

Keywords: Geographic Information System, criticality, water and sanitation