

Implementación del Sistema de Información Geográfico para estudios hidrogeológicos en la cuenca del Salar de Pipanaco, Provincia de Catamarca

María Luna¹, Gimena Ríos¹, Ornella Floriani¹ y Soledad Brusa¹

¹Dirección Provincial de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos – Secretaría de Recursos Hídricos, Av. Belgrano N° 1494 (Ex-Regimiento - Pabellón N°8) C.A.P.E. Catamarca, Argentina.

Mail de contacto: salarpipanaco@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo muestra los primeros avances de la implementación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) utilizando ArcGis 9.0 dentro del marco de las actividades del "Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Salar de Pipanaco", para la confección de un modelo hidrogeológico conceptual y numérico de dicha cuenca, a los fines de generar un sistema de gestión de los recursos hídricos de sus acuíferos.

Palabras Claves: SIG. Hidrogeología. Cuenca. Pipanaco. Catamarca.

ABSTRAC

This paper shows the first progress in the implementation of a Geographic Information System (GIS) ArcGIS 9.0 within the framework of the activities of "Basin hydrogeological study of the Salar de Pipanaco" for the making of a conceptual hydrogeological and numerical model of the basin, for the purpose of generating a system of water resources management of the aquifers.

Key Word: GIS. Hydrogeology. Basin. Pipanaco. Catamarca.

Introducción

Siendo prioridad para el gobierno de Catamarca realizar un manejo sustentable del recurso hídrico uno de los más escasos del país y con el objeto de planificar su uso se hace necesario determinar el verdadero potencial hidrogeológico existente en la Depresión de Pipanaco.

Teniendo en cuenta el incremento de las hectáreas regadas por agua subterránea en la última década en la Provincia, por la políticas de diferimientos fiscales se consideró importante establecer, en primera instancia, un balance hídrico de aguas que permita cuantificar la disponibilidad del recurso hídrico para soportar la actividad actual y/o determinar la posibilidad de incluir otros proyectos productivos en la zona. Por ello, la Dirección Provincial de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos (DPHyERH) se encuentra trabajando con el sector privado, para realizar el *"Modelo hidrogeológico conceptual y numérico de la depresión de Pipanaco – Sistema de gestión de acuífero departamentos Belén, Andalgalá y Pomán, Provincia de Catamarca"*.

Dentro de este marco las actividades de la DPHyERH consistieron en recopilar, sistematizar y analizar la información

disponible, efectuar campañas para recopilar y validar datos, los cuales han sido el insumo para la elaboración del SIG, y posteriormente incorporarlos al SIG para la elaboración del Modelo Conceptual de la Cuenca.

El área de estudio involucrada en la presente investigación corresponde a la cuenca del Salar de Pipanaco, emplazada en la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas Occidentales (Caminos, 1979); tiene una extensión de unos 19000 km² dentro de la Provincia de Catamarca (Bucich, N. 2011), involucrando a los departamentos de Andalgalá, Pomán y Belén.

Esta depresión es de carácter intermontano, y de origen tectónico. La rellenan rocas sedimentarias terciarias, y posiblemente pre-terciarias, cubiertas por sedimentos fluviales y eólicos cuaternarios, constituyendo estos últimos el acuífero actualmente explotado (Sosic, M. 1973). Limita al norte con las sierras de Belén y Capillitas, al este con la sierra de Ambato y al oeste con las sierras de Vinquis y Zapata. Su límite sur corresponde al río Salado o Colorado, dentro de la provincia de Catamarca.

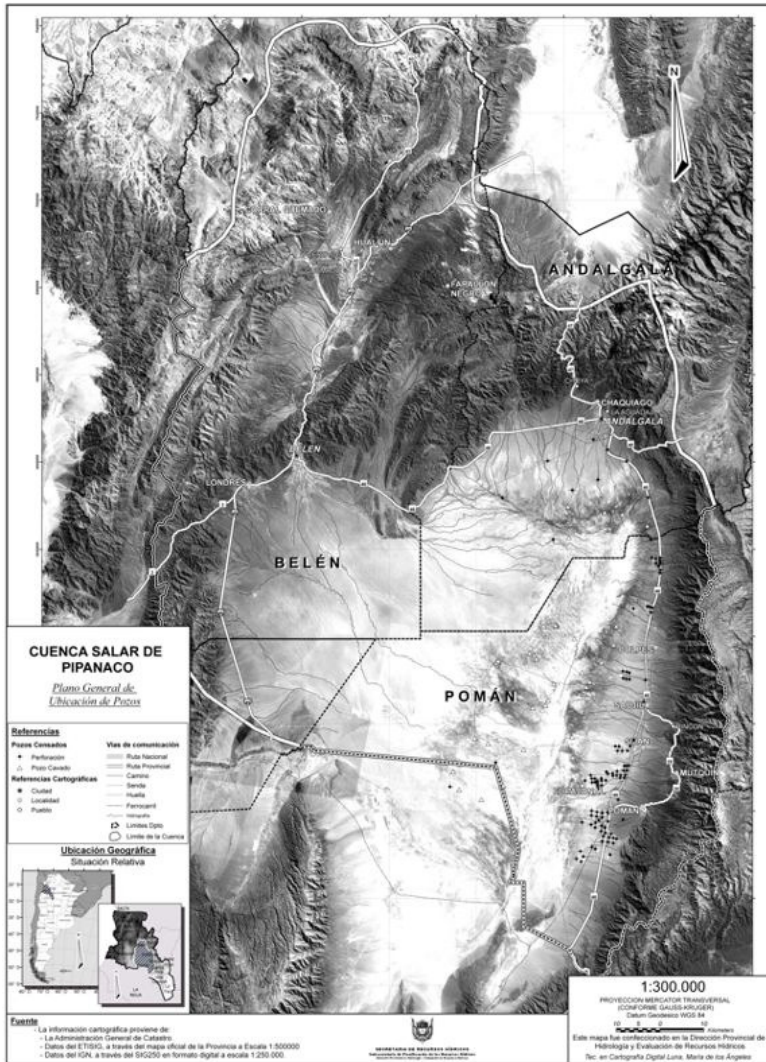


Figura 1. Plano General de Ubicación de la Cuenca del Salar de Pipanaco

Objetivos

Diseñar y actualizar el SIG existente de la Cuenca de Pipanaco para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización, presentación y actualización de datos georreferenciados.

Diagnosticar aquellos problemas complejos de planificación y gestión de la Cuenca Salar de Pipanaco, mediante la confección de cartas temáticas utilizando ArcGis 9.0 para

representar los distintos componentes del medio físico y elementos de ubicación, a través de las distintas capas que componen el SIG.

Incorporar la información generada para ser utilizada en la elaboración del posterior "Modelo hidrogeológico conceptual y numérico de la depresión de Pipanaco – Sistema de gestión de acuífero departamentos Belén, Andalgala y Pomán, Provincia de Catamarca"

Metodología del SIG

Base Topográfica y Cartográfica

Se trabajó para la base de datos con el software ArcGis 9.0 que permitió elaborar 2 modelos:

1) De datos RASTER, el cual involucra el procesamiento digital de la imagen LANDSAT 5-TM5 la cual data de septiembre de 2007.

Se determinaron las áreas regadas mediante técnicas de la teledetección a través de la combinación de las bandas 5-4-3, que permitió identificar en color rojo las zonas húmedas; posteriormente se realizó el mosaico con las imágenes 232-079, 231-079, 231-080, que comprende el área de estudio. El resultado de este procesamiento es la base para la elaboración de las distintas cartas temáticas.

2) Un modelo VECTORIAL representado por una sucesión de líneas, puntos y polígonos que determinan las distintas capas temáticas.

El sistema de referencia es el utilizado por el Instituto Geográfico Nacional: Datum WGS 84 materializado por el marco de referencia POSGAR 94, el sistema de proyección adoptado son Coordenadas Planas (N, E), en la proyección conforme Gauss Krüger.

Sobre la base del mapa topográfico antecedente del área de estudio, se desarrolló una campaña de acotamiento (Carrizo, D. et.al. 2008; Solohaga, C. 2009 y 2010) de las manifestaciones de agua subterránea relevadas mediante el sistema de posicionamiento global con receptores GPS geodésicos de simple frecuencia. Como resultado se obtuvo una precisión de:

- +- 0.50 m en la determinaciones planimétricas.
- +- 0.05 m en la determinaciones altimétricas.

Las alturas se modelaron mediante ajuste al modelo geopotencial EGM96.

En virtud que los puntos acotados son representativos, es decir abarcan el área de estudio y cuentan con una distribución suficiente, se procesó un total de 136 puntos, permitiendo generar un mapa base para la elaboración de la cartografía del modelo matemático.

Se empleo un Modelo Digital de Elevación (MDE) elaborado por la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) en el marco del proyecto internacional entre la National Imagery and Mapping Agency (NIMA), la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y las Agencias Espaciales de Alemania (DLR) e Italia (ASI), lanzado en Febrero del 2000.

Este modelo se puso a disposición del público a partir de 2003 con una resolución de 3 segundos de arco (aprox. 90 metros) de tamaño de grilla, con datum WGS84.

Los datos generados por la misión SRTM, constituyen hoy día el modelo de elevación más preciso a escala regional y sub-regional en todo el mundo de forma gratuita.

A partir del modelo digital de elevación se generaron curvas de nivel con equidistancia de 100 m, obtenidas.

Además se agregaron las capas de catastro, geología, hidrología (drenaje) y economía. Estas conforman, junto a la topografía, la carta base completa.

La geofísica del área de estudio será interpretada en una etapa más avanzada del trabajo. En el presente solo se incluyen las ubicaciones de los Sondeos Eléctricos Verticales, recopilados de antecedentes del área de estudio.

Tabla 1. Capas de información incorporada al SIG de la Cuenca del Salar de Pipanaco

Capa	Datos
Teledetección	-Imagen LANDSAT 5-TM5
Catastro	-Límites provinciales, políticos, carreteras, ciudades/pueblos, vías de ferrocarril y gasoducto.
Topografía	-Dato primario: cota ortométrica. -Datos secundarios: curvas topográficas y modelos de elevación digitales.
Geología	-Geología, estructura y geomorfología del sector centro-sur de la cuenca (Hoja 14e). -Litología de horizontes, características y elementos constructivos de las perforaciones
Hidrología	-Drenaje, lagos y embalses, salinas, y cuencas de drenaje superficiales, puntos de afloramiento con datos de caudales.
Hidrogeología	-Ubicaciones de pozos, tipo de pozo, profundidad nivel estático.
Hidroquímica	-Datos de campo, datos de laboratorio y gráficos Piper y Stiff.

Economía	-Ubicación de Empresas Olivícolas y área bajo riego
Geofísica	-Ubicación de sondeos eléctricos verticales

A continuación se describen las capas que fueron elaboradas para la primera etapa del presente proyecto.

Hidroquímica

Para la caracterización química de las aguas subterráneas del área de estudio se utilizaron los antecedentes de diversos trabajos y estudios hidrogeológicos (Plan de Evaluación de Aguas Subterráneas, período 1941- 1979; Asociación Argentina Amigos de la Universidad de Ben Gurión, 2006; Vilches, F. et, al. 2008; Bucich, N. et, al. 2011) y los generados dentro del proyecto actual por la empresa contratada para realizar el modelo hidrogeológico conceptual y numérico en el período 2012 - 2013.

Para sistematizar, administrar y evaluar los datos, en una primera etapa, se ordenó y proceso la información en planillas de cálculo.

Se continuo con la validación de los resultados analíticos aplicando relaciones interparamétricas tales como a) Balance iónico (Custodio, E. et,al. 1983), como la más importante, b) suma de iones y conductividad, c) relaciones sodio/cloruro, calcio/magnesio, potasio/sodio, calcio/sulfatos; d) total de sólidos disueltos y conductividad; y e) conductividad y suma de cationes. Se definieron como aceptables, en esta etapa del proyecto, todos los análisis químicos con valor de Error Analítico menor o igual al 15%.

Tabla 2. Validación de datos químicos incorporados al SIG

Origen de la muestra	Nº Análisis
Pozos Cavados	27
Pozos Perforados	157
Cursos Superficiales	70
Total de muestras	254

Posteriormente se realizó la distribución de los datos químicos en 10 sectores, agrupados estos según el origen de la muestra de agua: Pozos Cavados, Pozos Perforados y Cursos Superficiales. Finalmente se representaron en el SIG a través de gráficos de Stiff y de Piper, elaborados con el programa Diagrammes, software de uso libre creado por la Universidad de Avignon. La representación gráfica permitió

visualizar la química que caracteriza a las diferentes áreas dentro de la geografía de la Cuenca del Salar de Pipanaco.

Tabla 3. Validación de datos químicos incorporados al SIG

Sectores	Caracterización hidroquímica
1-Noreste y Noroeste	-Sulfatadas y/o cloruradas sódicas
2-Este	-Bicarbonatadas sódicas y Sulfatadas y/o cloruradas sódicas.
Pozos Perforados	3-Sureste
	-Bicarbonatadas sódicas y Sulfatadas y/o cloruradas sódicas.
	4-Sur
	-Sulfatadas y/o cloruradas sódicas.
	5-Norte
	-Sulfatadas y/o cloruradas sódicas
	6-Centro
Pozos Cavados	-Bicarbonatadas sódicas y Sulfatadas y/o cloruradas sódicas.
	7- Sur
	-Bicarbonatadas sódicas y Sulfatadas y/o cloruradas sódicas.
	8-Norte
	-Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas. Bicarbonatadas cálcicas
Cursos Superficiales	9-Este - Centro
	-Bicarbonatadas cálcicas
	10-Sur
	-Sulfatadas y/o cloruradas sódicas

Hidrogeología

Para la elaboración de esta capa, se utilizaron datos antecedentes de niveles de agua (Plan de Evaluación de Aguas Subterráneas, período 1941- 1979; Vilches, F. et, al. 2008; Bucich, N. et, al. 2011.) y los generados dentro del proyecto actual por la DPHyERH en conjunto con la empresa contratada para realizar el modelo

hidrogeológico conceptual y numérico, con el objetivo de determinar su evolución.

En total se compilaron datos de niveles de 53 pozos cavados y 199 de pozos perforados contabilizando un total de 252 pozos censados en la cuenca.

Como resultado se trazaron las curvas piezométricas, las cuales representan el estado inicial (periodo 1972-1980) previo al inicio del asentamiento de diferimientos olivícolas en el sector este de la cuenca. La piezometría actual, realizada por DPHyERH—Empresa privada, correspondiente al periodo 2012 – 2013 se encuentra en elaboración.

La comparación entre ambos estados permitirá visualizar las variaciones de niveles y sus posibles causas.

Los datos preliminares del censo de 2012-2013, en comparación con los datos del periodo 1972-1980, permitieron observar un fuerte descenso en los niveles de aguas en el sector este y sur de la cuenca, visualizando depresiones del orden de 1.5 y 3 m, llegando a máximos de 12 m. Se estima que los descensos mencionados son el resultado del bombeo intensivo, para riego, realizado en los dichos sectores.

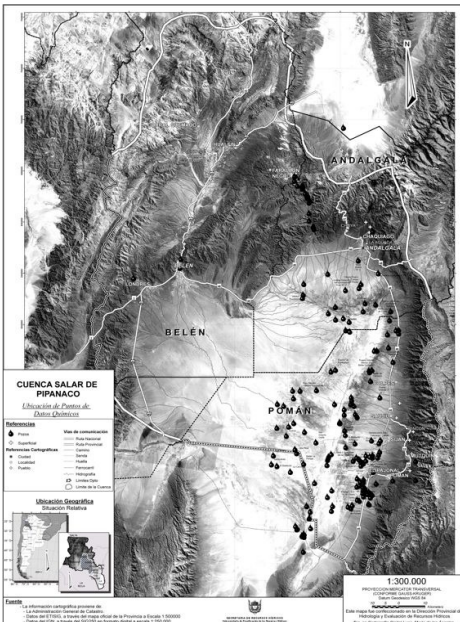


Figura2. Carta temática de Hidroquímica: Ubicación de puntos de muestro químico de la Cuenca del Salar de Pipanaco

Hidrología (Aforos)

Los datos de aforos (m^3/s) incorporados al SIG corresponden a los realizados por DPHyERH en los departamentos de Andalgalá, Belén y Pomán, entre los años 2001 a 2013. Con estos datos, y los que actualmente se están recopilando, se determinará la recarga de la cuenca, la cual será utilizada para el desarrollo del modelo matemático, en la siguiente etapa del proyecto.

Resultados

Se actualizó el SIG disponible incorporándose las siguientes capas de información:

- cartografía base: referencias cartográficas, vías de comunicación, hidrografía, curvas de nivel;
- cartografía específica: ubicación de pozos con topografía de precisión, ubicación de sondeos eléctricos verticales de recopilación de antecedentes, ubicación de estaciones meteorológicas, química de aguas superficiales y subterráneas, puntos y datos de aforo;
- vinculación del SIG con Base de Datos de pozo en los siguientes puntos: a) litología de horizontes y b) características y elementos constructivos de las perforaciones, actualizada a 2013.
- Además, mediante el tratamiento de imagen satelital se logró delimitar zonas húmedas y de riego.
- Se llegó a la caracterización hidroquímica general de la Cuenca mostrando esta la heterogeneidad de la misma en los distintos sectores que la conforman.
- Dadas las observaciones realizadas en la evolución de los niveles del agua, se detectó un descenso de los mismos en el sector este y sur de la cuenca, existiendo la posibilidad que sea el producto del bombeo intensivo para riego realizado en esos sectores.

Conclusiones

En el caso de los estudios de cuencas, ha quedado demostrado que el SIG es una herramienta fundamental en la sistematización de información y salidas visuales de la misma, para su posterior uso en modelación matemática de cuencas.

El uso de esta herramienta exige una sistematización adecuada de la información a los efectos facilitar el proceso de vinculación DATO-SIG y servir de soportes para la modelación de cuencas.

La utilización del SIG para este tipo de tareas permite consolidar equipos multidisciplinarios, los cuales son necesarios para el desarrollo de modelos sustentables en el manejo de la cuenca.

La aplicación del SIG permitió obtener las distintas cartas temáticas necesarias para la etapa inicial del estudio “Modelo hidrogeológico conceptual y numérico de la depresión de Pipanaco – Sistema de gestión de acuífero departamentos Belén, Andalgalá y Pomán, Provincia de Catamarca”.

Referencias

- Asociación Argentina de Amigos de la Universidad de Ben Gurión. 2006. Estudio de Relevamiento y Evaluación de los Recursos Hídricos en Zonas Áridas de la Provincia de Catamarca.
- Bucich, N., Gianni, R., García Perón, E. 2011. Estudio Hidrogeológico en la Cuenca del Salar de Pipanaco. Departamentos Belén-Andalgalá- Tinogasta- Pomán. INA-CRAS. DHyERH Catamarca.
- Caminos, R. 1979. Sierras Pampeanas de Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. En: Turner, J.C.M. (Ed.): Segundo Simposio Geología Regional Argentina, pp. 41-80. Academia Nacional de Ciencias Córdoba.
- Carrizo, D., Valverde, M., Toledo, J. 2008. Relevamiento y Acotación de Perforaciones de Agua Subterránea en Campo Pipanaco. Departamentos Pomán y Andalgalá. DHyERH Catamarca.
- Custodio, E. y Llamas M. R. 1983. Hidrología subterránea. Ed. Omega. Barcelona.
- Plan de Evaluación del Agua Subterránea (PEAS) – Convenio Dirección Nacional Geología y Minería (D.N.G.M.) y Gobierno de la Provincia de Catamarca. Antecedentes de mediciones hidrogeológicas entre los años 1941 y 1979.
- Sosic, M. 1973. Descripción Geológica de la Hoja 14e, Salar de Pipanaco.
- Solohaga, C. 2009. Relevamiento Planialtimétrico de Pozos Domésticos y de Bombeo. Cuenca de Pipanaco. DHyERH Catamarca.
- Solohaga, C. 2010. Georeferenciación de Perforaciones y Determinación de sus Cotas mediante Posicionamiento Satelital de Precisión. Cuenca Pipanaco. DHyERH Catamarca.
- Vilches, F., Fuentes, S. 2008. Relevamiento de Información e Implementación de un S.I.G. para la Optimización del Aprovechamiento del Agua Subterránea de la Cuenca de Pipanaco, provincia de Catamarca.