

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a datos hidrogeológicos del acuífero de La Aldea (Gran Canaria)

A. Benavides, J. Muñoz y M.C. Cabrera

Dpto. de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. abenavides@becarios.ulpgc.es, jmuñoz@becarios.ulpgc.es, mcabrera@dfis.ulpgc.es

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) have been used to organize and represent hydrogeological information of La Aldea aquifer, West of Gran Canaria island. Data comes from previous works carried out in the area by the Hydrogeological Group of Las Palmas University. Different kind of information (administrative, constructive, chemical, etc.) coming from 382 wells of the area has been represented by means of relating cartographic maps with the hydrological information stored in a Microsoft Access database. Furthermore, some hydrochemical parameters have been analyzed in order to determine the influence of lithologies in the chemical composition and the productivity of the waters, as well as the spatial distribution of these values for a better understanding of the general dynamics of the aquifer. The GIS project "Aldea" intends to improve the accessibility to scientific information and the possibilities of its management and monitoring by the Water authorities of the island.

Key words: *Geographic Information Systems, Hydrogeological data, Chemical relations, Gran Canaria.*

INTRODUCCIÓN

El Valle de La Aldea se localiza al Oeste de la isla de Gran Canaria (Fig. 1) y se caracteriza por estar dedicado a la agricultura intensiva de tomate en invernadero para la exportación. Se trata de un Valle abierto rodeado por altas montañas. La zona tiene una precipitación media anual de 257 mm, con un clima semiárido. El agua para riego y abastecimiento de la población procede de tres presas existentes aguas arriba, pero en épocas de sequía las aguas subterráneas juegan un importante papel para cubrir las demandas.

Debido a los mencionados problemas de escasez de agua, durante los últimos años se han realizado varios estudios enfocados a la evaluación de los recursos subterráneos existentes en el acuífero del Valle. El primer inventario de

puntos de agua fue realizado en 1992 por la oficina del Plan Hidrológico de Gran Canaria (PHGC) y generó una base de datos con información hidrogeológica que permanece inédita. Posteriormente, entre los años 1999 y 2003, el equipo de hidrogeología de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria ha desarrollado el proyecto CICYT 1FD97-0525, que incluyó la actualización y ampliación del anterior inventario durante el verano de 1999 y el establecimiento de redes de control hasta Septiembre de 2003. Como resultado de ambos trabajos se ha generado una amplia base de datos con información relativa al acuífero de La Aldea cuya organización y representación geográfica en un SIG es el principal objetivo de este trabajo.

Los SIG constituyen una herramienta cuyo uso se está extendiendo en trabajos que tienen que ver con el territorio y cuya aplicación en trabajos hidrogeológicos es indudable. Sus ventajas radican en la rápida y directa accesibilidad a información de objetos geográficamente distribuidos y la capacidad de análisis y modelización de estos datos espaciales. El presente trabajo recoge la experiencia de representación de los datos hidrogeológicos del Acuífero de La Aldea mediante varios programas de SIG, así como la utilización de este recurso para obtener información cualitativa respecto a la formación geológica de que procede el agua subterránea.

CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

El valle de La Aldea se encuentra encajado en materiales pertenecientes a la etapa juvenil de formación de la isla. Se trata de materiales pertenecientes a la Formación Basál-

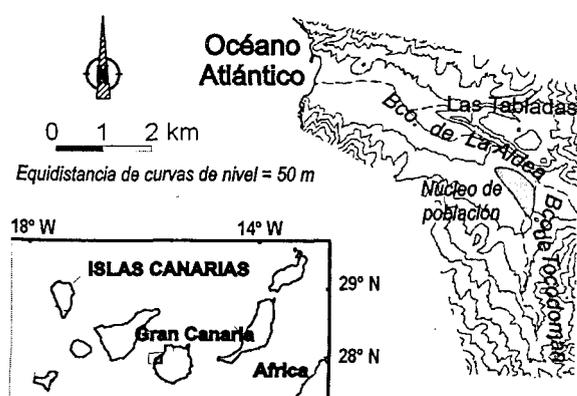


FIGURA 1. Localización de la zona de estudio.

tica, de edad Miocena (14,5-14,1 Ma), constituidos por coladas de basanitas y basaltos, con escasas intercalaciones piroclásticas y conos enterrados. Desde el punto de vista hidrogeológico, se pueden caracterizar como un medio poco transmisor. Sobre los basaltos miocenos, se encuentran materiales detríticos gruesos que constituyen un aluvial que tiene un espesor medio de 20 m.

Hidrogeológicamente, la zona se define como un aluvial que funciona como acuífero principal situado sobre los basaltos miocenos que funcionan como acuitardo y alimentan al aluvial cuando éste sufre un agotamiento (Cabrera *et al.*, 2000).

Existen en la zona más de 370 pozos de gran diámetro (3-4 m), excavados a mano, con profundidades que oscilan entre los 10 y los 47 m, y una media de 22,5 m. Todos los pozos situados en la parte central del acuífero explotan agua de los conglomerados aluviales, aunque algunos atraviesan también los basaltos situados debajo, sacando agua conjuntamente de ambos materiales. El flujo se produce desde el Este al Oeste siguiendo el barranco principal, de manera que en los bordes del acuífero los materiales basálticos ceden agua a los conglomerados.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS EN EL SIG

La base de datos creada en Microsoft Access, se estructura en 10 tablas fundamentales y almacena información hidrogeológica de los puntos de agua, identificados con un código único. Incluye datos piezométricos y de explotación, parámetros físico-químicos procedentes tanto de ensayos realizados *in situ* como en laboratorios especializados, datos constructivos e información administrativa de los pozos.

El vínculo principal entre el banco de datos hidrogeológicos y la representación geográfica de los puntos de agua

se ha realizado con el SIG "Arcview 3.2", sobre la base cartográfica en escala 1:5000 con coordenadas UTM respecto al elipsoide Hayford (GRAFCAN). Dado que la Base de Datos es actualizada periódicamente, se ha optado por realizar un vínculo directo entre el SIG y dicha base, para que exista una actualización automática de las representaciones espaciales en cada momento.

El SIG como instrumento en la organización y visualización de información geográfica

En primer lugar se ha realizado el vínculo principal de los datos hidrogeológicos mediante la localización de los puntos de agua a través de sus respectivas coordenadas. La base cartográfica representada corresponde a la totalidad del municipio de San Nicolás de Tolentino y parte del de Mogán. Los diferentes elementos geográficos se representan en temas o capas, que pueden ser visualizadas o no dependiendo de la necesidad del usuario, mediante su activación. Algunos de los temas creados son los siguientes:

El tema *AVConstrucciónXY*, que recoge las características constructivas de los pozos: su diámetro, revestimiento, profundidad, electrificación, presencia de bombas, además de datos sobre la existencia de otras obras como son los catas o galerías (Fig. 2).

En el tema *AVPiezometríaXY* se representan los principales datos piezométricos seleccionados en la consulta del mismo nombre, ligados a fechas concretas. Se representa el valor en metros del nivel piezométrico del pozo y su estado, el estado de bombeo del pozo en el momento de la medición. En este tema se han recogido todos los datos piezométricos almacenados desde 1971 a la actualidad con vistas

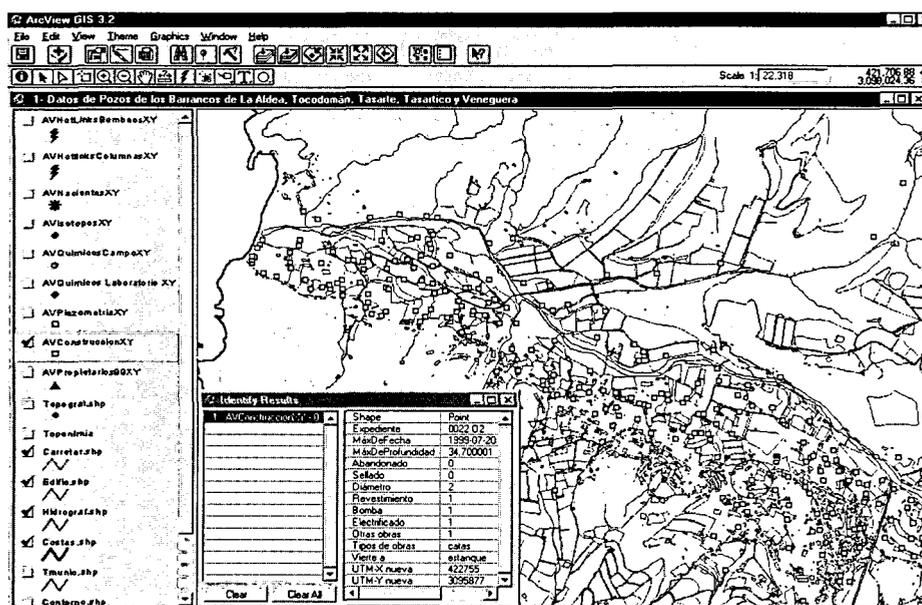


FIGURA 2. Tema *AVConstrucciónXY*. Los datos representados en el recuadro corresponden al pozo señalado dentro de un círculo. Algunos campos son de carácter "booleano" donde el valor 1 hace referencia al "Verdadero" y el 0 al "Falso" (La escala que se indica ha sido modificada al reducirse el tamaño de la imagen para publicar).

a posibles análisis derivados de la fluctuación del nivel piezométrico a lo largo del tiempo.

El tema *AVQuímicosLaboratorioXY* contiene el enlace con los datos de los análisis químicos realizados en diversas fechas sobre las muestras de agua. Son en total 1448 registros o muestras, cada uno con una media de 12 análisis. Muchos de los análisis corresponden a pozos incluidos en las redes de control, existiendo un registro temporal a lo largo de varios años.

El SIG como instrumento de análisis de información

Haciendo uso de algunas de las múltiples aplicaciones de los SIG, se ha intentado delimitar cualitativamente aquellas zonas del acuífero de La Aldea en las que las aguas proceden mayoritariamente de los basaltos miocenos y las que se alimentan de los materiales aluviales, con vistas a determinar su posible relación con la productividad. Dicho análisis se ha llevado a cabo exclusivamente con los datos del verano de 1999 para evitar mezclas entre situaciones hidrogeológicas diversas. Se utilizó como índice el catión Mg, ya que es una de las sustancias disueltas en las aguas subterráneas que procede, entre otros, del ataque a silicatos magnésicos y ferromagnésicos que componen las rocas basálticas (Custodio y Llamas, 1976). Además, en estudios previos se ha sugerido una relación directa entre el contenido de Mg en las aguas y los basaltos miocenos que subyacen al aluvial (Muñoz *et al.*, 2002), por lo que podría inferirse el tipo de rocas que mayoritariamente alimenta a cada pozo de acuerdo con los contenidos del catión Mg en las aguas subterráneas.

Una primera representación espacial de los contenidos del catión Mg, permitió observar que la tendencia de su distribución debía estar influenciada por el aporte de iones desde zonas con alta salinidad en el macizo Las Tabladas, al norte del barranco, formado un conjunto de litologías de composición diversa entre los cuales se encuentra un nivel de tobas (“azulejos”) donde han sido descritos depósitos de halita (Cabrera *et al.*, 2002). Así, un aumento general de la salinidad produciría

un aumento paralelo de los contenidos en Mg, enmascarando al Mg como indicador de los materiales basálticos.

Por este motivo se optó por representar relaciones químicas indicadoras de la existencia de silicatos ferromagnesianos en función de valores indicadores directos o indirectos (Custodio y Llamas, 1976; Custodio, 1978): la relación rMg/rCa muestra efectos litológicos ya que los valores mayores se encuentran en los Basaltos Miocenos, la relación rMg/rCl se utilizó para corroborar la distribución del Mg relativo eliminando la influencia de la salinidad general y la relación rCl/rCO_2H para la determinación de una posible “contaminación” salina y la discriminación del área afectada por la misma.

La representación espacial de las relaciones y su posterior análisis se realiza en el software *IIWIS 3.11* utilizando el formato *raster*. Se han empleado métodos de interpolación, reclasificación y superposición de mapas (Van Westen, 1997) para clasificar las aguas en varias categorías y obtener un mapa final de influencia basáltica (Fig. 3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe un primer resultado que se refiere a la consulta de los datos hidrogeológicos contenidos en la base de datos representados espacialmente, ya expuesto, cuya utilidad es indudable.

Por otro lado, el análisis llevado a cabo a partir de las relaciones químicas que incluyen el Mg permite delimitar diferentes áreas en el acuífero. La figura 3 permite observar una notable asimetría en la distribución de los valores a lo largo del valle de La Aldea, de manera que existe un eje que discurre claramente a lo largo del cauce del barranco. Hacia el sur de este eje se observa que los valores de las relaciones rMg/rCa y rMg/rCl son mayores, mientras que disminuyen en la vertiente norte.

Para la relación rCl/rCO_2H los valores son marcadamente mas altos hacia la vertiente norte del barranco en las proximidades de Las Tabladas, lo que confirma la existencia de su influencia salina de los materiales hidrotermales (“azulejos”) en las aguas subterráneas de ese entorno.

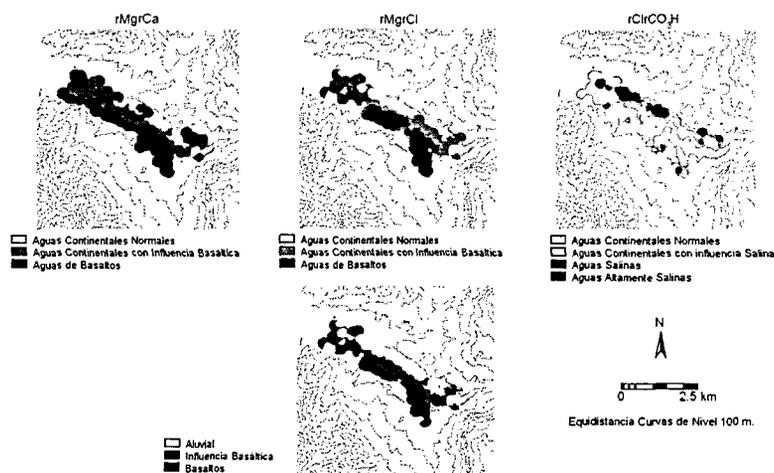


FIGURA 3. Superposición de los mapas de varias relaciones químicas para obtener mapa final de la zona con influencia basáltica para el Barranco de la Aldea.

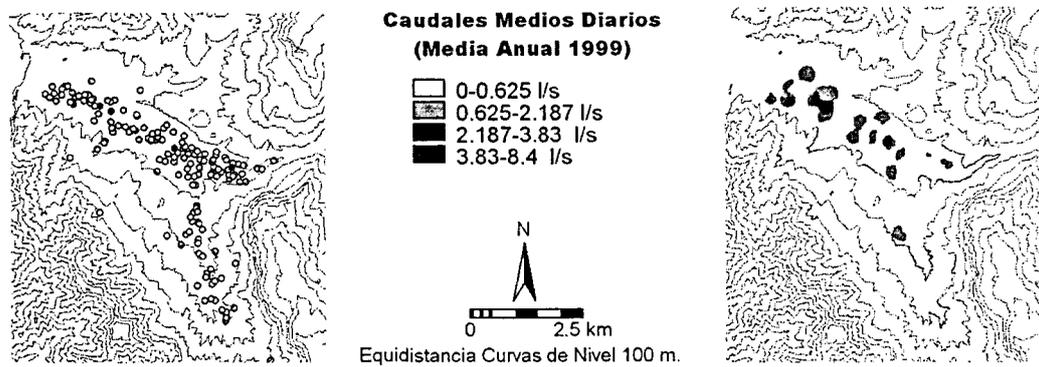


FIGURA 4. Representación de la media anual de los caudales diarios de los Barrancos de La Aldea y Tocomán. Se ha usado una graduación de colores para rangos de valores elegidos estadísticamente (natural breaks) en Arcview (a) y se ha interpolado los valores de estos puntos con un radio de 200 metros en ILWIS (b).

El alto contenido de Mg relativo en la zona sur del barranco de La Aldea parece responder a la existencia de un nivel de aluvial más delgado, por lo cual los pozos atraviesan más espesor de basaltos. Además, en esta zona se concentran algunos abanicos coluviales, cuya influencia en estos valores está aún por determinar.

Otro análisis realizado, se refiere a la comparación entre la distribución de los caudales medios equivalentes ($l.s^{-1}$) del año 1999 (Fig. 4) con el mapa final de influencia basáltica (Fig. 3). De él se desprende que existe una ligera tendencia a un incremento del caudal a lo largo de una línea central del barranco, donde predomina el aluvial. No obstante, no puede decirse que exista una relación evidente entre la magnitud del caudal y la procedencia de aguas desde un material geológico u otro. En casi todos los pozos el caudal es muy bajo, observándose algunas excepciones que pudieran estar relacionadas a factores que difícilmente pueden ser controlados como son las necesidades de abasto del propietario u otros de carácter técnico como la capacidad de extracción de la bomba.

CONCLUSIONES

Mediante los Sistemas de Información Geográfica se ha georreferenciado sobre la base cartográfica (escala 1:5000) la localización de los más de 370 pozos del área y la correspondiente información contenida en la base de datos hidrogeológicos de La Aldea. Se han creado varios temas o documentos para datos de piezometría, constructivos, de químicos de laboratorio, etc. La organización y representación geográfica de los datos hidrogeológicos de este proyecto SIG permitirá un rápido acceso a información específica por parte de científicos y entidades interesadas, así como una mejor manipulación y análisis de la misma para analizar de forma cualitativa diversas características del acuífero.

El análisis de los datos químicos ha permitido diferenciar dos zonas en el acuífero: una zona al norte del eje del Barranco de La Aldea en la que el agua procede fundamentalmente de los materiales aluviales y otra zona situada al sur de dicho eje y en el Barranco de Tocomán en la que una proporción mayor de agua procede de materiales basálticos.

Sin embargo, una tentativa de comparación con los caudales medios diarios equivalentes no permite deducir cuál de las dos formaciones es más productiva en términos absolutos, ya que existen otros condicionantes circunstanciales que influyen en los caudales extraídos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha llevado a cabo mediante una Beca de investigación del Programa INNOVA de la Fundación Universitaria de Las Palmas en su convocatoria del año 2002 y ha estado cofinanciado por el Proyecto CICYT con fondos FEDER 1FD97-0525. Agradecemos la colaboración del *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC)* de Enschede (Holanda) por facilitar el SIG ILWIS.

REFERENCIAS

- Cabrera, M.C., Antón, A. y Muñoz, J. (2002): Influencia de la instalación de desaladoras de agua de pozo en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria). En: *Acuíferos costeros y desaladoras* (A. Pulido, A. Vallejo y P. Pulido, Eds.): 195-202.
- Cabrera, M.C., Delgado Mangas, F., Muñoz Sanz, J., Pérez Torrado, F.J. y La Moneda, E. (2000): Caracterización de las familias hidrogeoquímicas en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria). *Geotemas*, 1(2): 47-50.
- Custodio, E. (1978): *Geohidrología de terrenos e islas volcánicas*. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, 303 p.
- Custodio, E. y Llamas, M. R. (1983): *Hidrología Subterránea*. Ediciones Omega, Barcelona, 2350 p.
- Muñoz, J., Cabrera, M.C. y Antón, A. (2002): Efectos del uso de aguas subterráneas para riego en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria). En: *XXXII IAH y VI ALHSUD Congress. Mar del Plata, Argentina*: 462-471.
- Van Westen, C.J. (1997): *ILWIS Application Guide*. ILWIS Department, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, 511 p.