

CONDICIONANTES DE LA MODELACIÓN DEL FLUJO DEL ACUÍFERO DE LA ALDEA (GRAN CANARIA)

Tatiana CRUZ*; María del Carmen CABRERA*; Javier HEREDIA** y Josefa MUÑOZ*

(*) Dpto. de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira.

35017 Las Palmas de Gran Canaria, ESPAÑA. tcruz@becarios.ulpgc.es; mcabrera@dfis.ulpgc.es; jmunoz@dfis.ulpgc.es

(**) Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, ESPAÑA. j.heredia@igme.es

RESUMEN

El acuífero de La Aldea, en la isla de Gran Canaria (España), es una de las fuentes principales de agua para la agricultura de la zona. La existencia de numerosos datos hidrogeológicos ha propiciado la elaboración de un modelo numérico de flujo en la misma. El sistema acuífero consta de una unidad aluvial de 6 km² de superficie y una profundidad media de 20 m que se coloca sobre unos basaltos miocenos poco permeables. La zona constituye un área de descarga hacia el mar en la que la circulación se produce de este a oeste. A efectos de la elaboración de un modelo, se considera la existencia de 3 capas: una superficial libre, constituida por los materiales aluviales y los primeros metros de los basaltos infrayacentes, otra intermedia, que llega a 90 m de profundidad e incluye basaltos alterados y otra mucho menos permeable hasta los 170 m de profundidad. Por debajo de este límite, se supone que el medio es impermeable. La elaboración del balance hídrico del sistema permite identificar la entrada de retornos de riego y de aguas superficiales como las principales entradas y las salidas al mar y las extracciones de las captaciones como las salidas más importantes, aunque estas cifras serán evaluadas mediante el modelo numérico.

Palabras clave: Modelación numérica, modelo conceptual, balance hídrico, Gran Canaria.

INTRODUCCIÓN

La isla de Gran Canaria presenta una morfología cónica con orografía irregular formada por una serie de barrancos radiales que nacen en el centro de la isla y desembocan en el mar. A escala global, se considera que funciona como un acuífero único (SPA-15, 1975; CUSTODIO y CABRERA, 2002) en el que la recarga por infiltración de agua de lluvia tiene lugar en las cumbres y medianías de la isla, circulando preferentemente en sentido vertical hasta alcanzar una cierta profundidad en la que pasa a tener una tendencia horizontal. La descarga se produce en las zonas costeras, que es donde además, tiene lugar la mayor proporción de retornos de riego.

El barranco de Tejeda-La Aldea, situado al oeste de la isla de Gran Canaria, representa la mayor cuenca de la isla (180 km²). En la cuenca alta presenta un relieve escarpado, mientras que en su cuenca baja el cauce discurre por un valle abierto de fondo plano rodeado por fuertes escarpes. En este último tramo se encuentra la zona de estudio (Figura 1). Presenta una dirección principal este-oeste y en él desembocan los barrancos tributarios del Furel por el norte y Tocodomán por el sur.

La precipitación media anual de la zona oscila entre 186 mm en la estación pluviométrica situada a mayor altura (345 m) y 134,3 mm en la zona de costa. La mayoría de las lluvias se concentran entre los meses de noviembre y marzo y la temperatura media es de 20,5 °C. La zona está sometida a sequías frecuentes con episodios de lluvias torrenciales, que alimentan las reservas de agua del suelo y producen escorrentía superficial en las zonas altas de la cuenca que van a parar a tres presas situadas en la zona de medianías. Cuando estas presas rebosan, se produce escorrentía por el cauce del barranco aguas abajo de las mismas. En estas circunstancias se puede producir infiltración en el cauce en la zona de estudio, en particular en las zonas de menor pendiente. La zona se dedica a la agricultura intensiva, sobre todo de tomate en invernadero, con una superficie de cultivo media de 470 ha y un consumo medio de 5 hm³·a⁻¹ en los 5 últimos años (Extensión Agraria en La Aldea com. per., 2004).

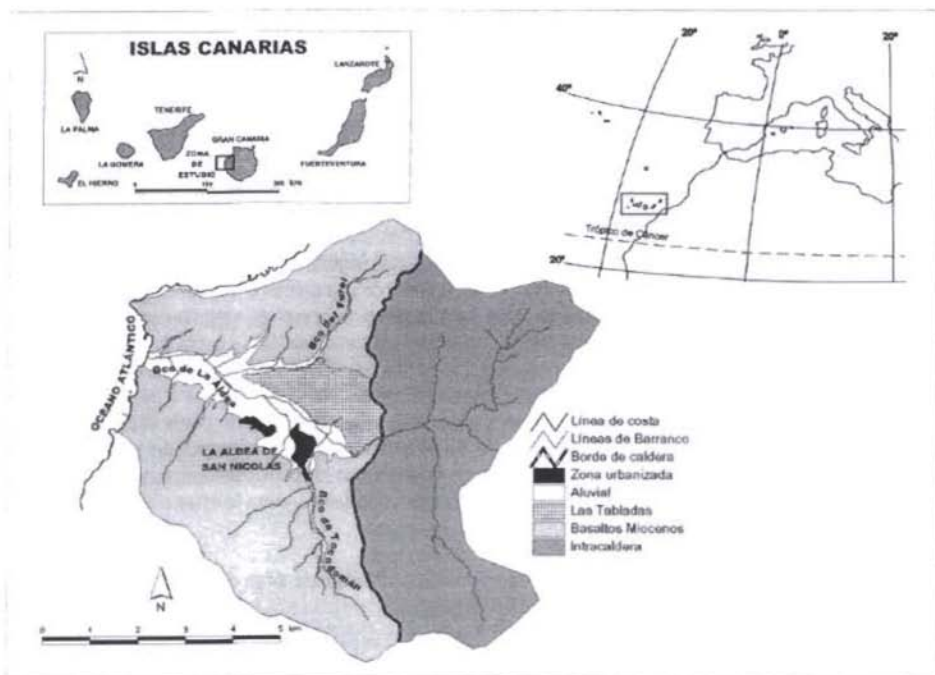


Figura 1. Situación geográfica y distribución de los dominios hidrogeológicos de la zona de estudio.

GEOLOGÍA Y GEOMETRÍA

La zona de estudio tiene una superficie de 44 km² y afloran fundamentalmente materiales pertenecientes a la fase de construcción en escudo de la isla, pertenecientes a la Formación Basáltica de edad Miocena, pertenecientes a la fase de crecimiento en escudo de la isla y con edades comprendidas entre 14,5 y 14 Ma (BALCELLS et al, 1992) recubiertos parcialmente por materiales sedimentarios de diversas edades. Los sedimentos aluviales localizados en el fondo del barranco tienen un contorno claro y fácilmente delimitable, con una superficie de 6 km² aproximadamente. Su profundidad media es de 20 m. Los basaltos que ocupan mayor superficie

en la zona de estudio pertenecen al tramo inferior de la Fm. Basaltos Miocenos (BALCELLS et al, 1992), conformando la base del acuífero. También se encuentran coladas del tramo superior de dicha formación que se van superponiendo a las del tramo inferior y distribuidas por las laderas norte y sur del barranco principal, así como hacia la cabecera, en la zona este. En la zona noreste del valle de La Aldea se encuentra un relieve residual que alcanza los 200 m de altitud, separando el valle de La Aldea del barranco secundario del Furel, conocido como Las Tabladas (Figura 1). Este relieve tiene como base los Basaltos Miocenos y en él afloran distintos materiales volcánicos y sedimentarios. Al este de la zona de estudio y fuera de ésta, se localiza la formación intra-caldera (Figura 1). En la zona existen un gran número de diques de dirección preferente este-oeste y naturaleza basáltica (MUÑOZ, 2005).

Los límites de la zona de estudio están definidos por las cadenas montañosas que son límites de divisoria de aguas y fijan los límites norte y sur; la línea de costa al oeste y el borde de la Caldera de Tejada (formación intra-caldera) al este, cuya consideración hidrogeológica ha de ser valorada.

DATOS DE PARTIDA Y BALANCE HÍDRICO

Los parámetros hidráulicos se han obtenido mediante ensayos de bombeo realizados en la zona (MUÑOZ, 2005), confrontados con los valores tradicionalmente usados en la isla para estos materiales (SPA-15, 1975) (Tabla 1). Hay que tener en cuenta que la heterogeneidad del terreno volcánico, condicionada por la existencia de diques y por su propia naturaleza puede provocar zonas de baja permeabilidad o zonas de circulación preferente. Esto genera problemas a la hora de la caracterización hidrogeológica y la determinación de los parámetros hidráulicos (CUSTODIO, 1978).

	TRANSMISIVIDAD ($m^2 \cdot d^{-1}$)	PERMEABILIDAD ($m \cdot d^{-1}$)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO
SEDIMENTOS ALUVIALES	1102 (512-1695)	55 (26-85)	0.065 (0,03-0,1)
BASALTOS MIOCENOS	5	0,03	0.0075 (0,005-0,01)

Tabla 1. Parámetros hidráulicos de los materiales que conforman el acuífero de La Aldea (MUÑOZ, 2005).

Se ha llevado a cabo una aproximación a la evaluación del balance hídrico según se recoge en la Figura 2. La estimación del balance hídrico permite deducir que la recarga se produce por infiltración directa de agua de lluvia o mediante entradas laterales de agua al acuífero de La Aldea desde los Basaltos Miocenos y barrancos secundarios al aluvial y por el aluvial desde la cabecera del barranco. También, en las zonas costeras, donde se desarrolla la agricultura, se produce la mayor parte de la infiltración por retornos de riego y en las zonas pobladas hay una recarga de agua al acuífero por pérdidas en la red de abastecimiento. Las salidas de agua del acuífero se producen de tres formas principalmente: por extracciones de pozos, por evapotranspiración y por salidas directas al mar.

La recarga por lluvia y la evapotranspiración real han sido evaluadas mediante el EASY_BAL v.2 (Universidad Politécnica de Cataluña) con un valor de laminación calculado a partir del número de curva obtenido en el SPA-15 (1975) por el Método del Número de Curva del U.S Soil Conservation Service para una escorrentía producida igual a 0.

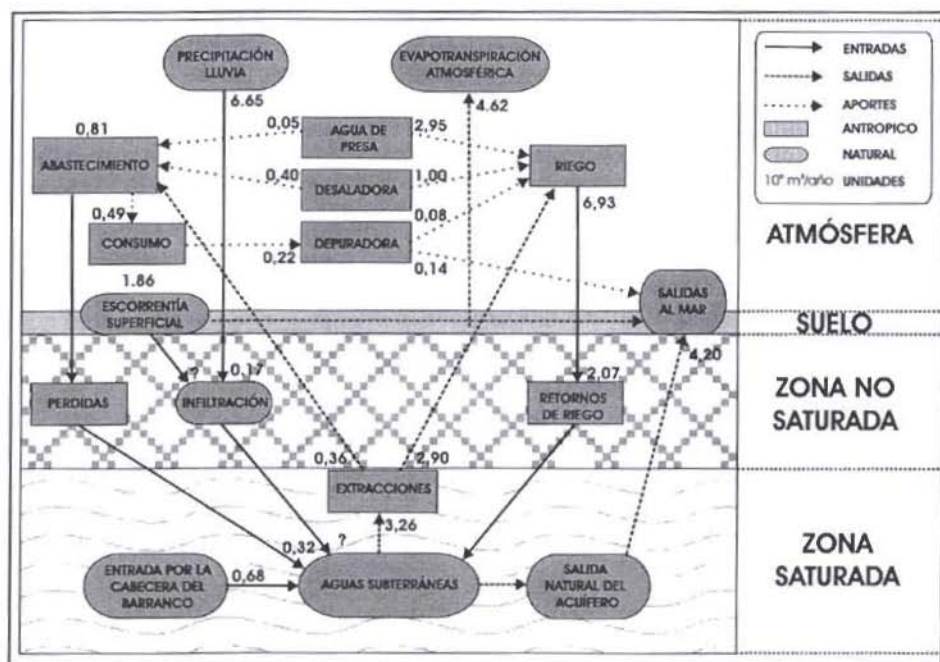


Figura 2. Representación esquemática del Balance Hidrico del Acuífero de La Aldea.

La entrada de agua por el borde de la caldera se produce por las dos unidades que componen el sistema, por la cabecera del barranco hacia el aluvial y a través de los Basaltos Miocenos. Un testimonio de la recarga desde la cumbre a través del borde de la Caldera pueden ser los manantiales que existen en este borde, aunque este extremo está por demostrar.

Para el cálculo del valor de los retornos de riego se ha estimado un 30% de los volúmenes de agua utilizados en la zona (F. Suárez com. per., 2004). La pérdida en la red de abastecimiento y saneamiento asciende a un 40% de la dotación, según datos del ayuntamiento.

La caracterización y determinación de las extracciones en los pozos existentes en la zona se ha llevado a cabo mediante los datos de los inventarios de puntos de agua realizados en 1992, 1997 y 1999, completados con los datos de las redes de control mantenidas desde 1995 a la actualidad.

Las salidas al mar han sido evaluadas por la ecuación de Darcy. Se ha trabajado con la hipótesis de que la mayoría de la salida se produce por el aluvial, donde se ha estimado una descarga anual media de $4,2 \text{ hm}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ frente a un $0,02 \text{ hm}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ (MUÑOZ, 2005) por los Basaltos Miocenos que lo hacen despreciable frente a las pérdidas por el aluvial.

DESARROLLO DEL MODELO NUMÉRICO

Se contempla desarrollar el modelo numérico aplicando el difundido código en diferencias finitas MODFLOW, en la versión integrada en el paquete informático Visual MODFLOW (WATERLOO HYDROGEOLOGIC, 2003).

En el modelo hidrogeológico conceptual se considera que el acuífero está formado por un sustrato (Basalto Miocenos) con una permeabilidad baja sobre el que se apoya una capa de sedimentos de mayor permeabilidad. Procurando una adecuada representación del sistema y teniendo en cuenta el contenido de información de los datos disponibles, se desarrollará un modelo 3D compuesto por 3 capas. Para ello ha sido necesario identificar los techos y los muros de cada capa. El techo de la capa 1 se ha definido a partir de la cartografía de GRAFCAN (GRAFCAN, 1996) restituyendo el Modelo Digital del Terreno. La definición del muro de dicha capa ha presentado una cierta dificultad debido a la gran heterogeneidad en la tipología de la información (perfiles geológicos de algunos pozos, testigos de sondeos y sísmica de refracción, entre otros) y se sitúa en el límite inferior de la parte superior de los basaltos, que presentan un alto grado de alteración. El muro de la capa 2 (basaltos con cierto grado de alteración) se ha situado a 90 m de la superficie, basándose en un almagra localizado en un sondeo a esta profundidad. No obstante, debe observarse que no existen otros datos al respecto. Según datos de este mismo sondeo, el muro de la capa 3 (basalto sin alterar) se localiza a 170 m de la superficie. Por debajo de esta profundidad se considera el medio como impermeable.

En la definición de la estructura del modelo numérico ha habido una serie de dificultades, entre las que destacan:

- La zona a modelar es pequeña (algo más de 44 km²), aunque las diferencias de cotas existentes (entre 0 y más de 1.400 m de altura) obligan a una discretización espacial lo suficientemente fina para evitar problemas de inestabilidad numérica en el modelo.
- La interpretación de los ensayos de bombeo ha sido compleja, presentando sus resultados una incertidumbre importante. Ello es debido a haberse realizado los ensayos en pozos de gran diámetro, la mayoría de ellos parcialmente penetrantes y con revestimiento de la zona aluvial con algunas catas para entrada de agua. Esta incertidumbre, correspondiente a la información previa de los parámetros hidrogeológicos, incidirá particularmente en la calibración del modelo.
- La caracterización de los distintos ambientes hidrogeológicos de la zona de estudio se ha realizado mediante columnas geológicas de los pozos y sondeos de la zona. Sin embargo, dada la gran heterogeneidad de este medio volcánico la información resulta insuficiente, con el consiguiente incremento de la incertidumbre del modelo.
- No hay estudio de la anisotropía del sistema.
- Aun no se han podido evaluar los aportes por la zona del límite de caldera.
- Respecto a la recarga del sistema, debe considerarse que los valores del número de curva y, por lo tanto, el de valor de laminación, se deben actualizar aprovechando los nuevos datos existentes y el soporte que brindan los Sistemas de Información Geográficos (SIG). Para ello se considera aplicar el método de Generación Automática del Número de Curvas con SIG (FERRER et al, 1995). Se obtendrán así valores más precisos de ETR, infiltración y escorrentía superficial.

CONCLUSIONES

La zona constituye un área de descarga hacia el mar en la cual la circulación se produce de este a oeste. El modelo conceptual de este sistema considera dos unidades hidrogeológicas muy claras: un aluvial de 6 km² de superficie y una profundidad media de 20 m situado en fondo del Valle y su basamento conformado por Basaltos Miocenos.

Los datos existentes permiten desarrollar un Modelo 3D, en el que sus capas se definen a partir de las diferentes permeabilidades de los materiales. El agua se extrae fundamentalmente del aluvial y los basaltos alterados situados inmediatamente debajo, que constituyen la capa superior del modelo (capa 1). La permeabilidad decrece en profundidad, de forma que la capa 2, constituida por basaltos con cierto grado de alteración presenta una permeabilidad intermedia y la capa 3 tiene una permeabilidad mucho más reducida.

La cuantificación del balance hídrico presenta varias incertidumbres de peso diferente, que deben ser estudiadas. En una primera aproximación destacan: una evaluación de las extracciones de las captaciones; la posible existencia de una recarga de borde agua en el límite este del sistema; la caracterización de la vinculación con la Caldera de Tejedá; el desconocimiento de valores directos de escorrentía superficial por falta de estaciones de aforo y la necesidad de actualizar su estimación.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado con un proyecto CICYT con fondos FEDER 1FD97-0525. Dentro de este proyecto, ha recibido financiación de la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias, el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, el Excmo. Ayuntamiento de San Nicolás de Tolentino, las cooperativas de COPAISAN, COAGRISAN y ROMERTOR. Así mismo Tatiana Cruz Fuentes disfruta de una beca de investigación del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria para la realización de su tesis doctoral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALCELLS, R.; BARRERA, J.L.; GÓMEZ, J.A. y CUETO, L.A. (1992): Plan MAGNA. *Memorias y mapas geológicos a E: 1:100.000 de la Isla de Gran Canaria (21-21/21-22)*.
- CUSTODIO, E. y CABRERA, M.C. (2002). *¿Cómo convivir con la escasez de agua? El caso de las Islas Canarias*. Bol. Geol. Min., 113 (3). pp. 243-258
- FERRER, M.; RODRÍGUEZ, J. y ESTRELA, T. (1995). *Generación Automática del Número de Curva con Sistemas de Información Geográfica*. Ing. Del Agua. Vol 2. Num 4. pp. 43-58
- GRAFCAN (1996). *Cartografía digital oficial de Gran Canaria*. Escala 1:5000. Empresa Cartográfica de Gran Canaria, S.A., Gobierno de Canarias Las Palmas de Gran Canaria, España.
- MUÑOZ, J. (2005). *Funcionamiento hidrogeológico del acuífero de La Aldea (Gran Canaria)*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 310pp. + anejos.
- SPA-15 (1975). *Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)*. Minist. Obras Públ, Dir. Gral. Obr. Hidr. UNESCO. Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. 3 vol.+ mapas.
- WATERLOO HYDROGEOLOGIC (2003). *Visual MODFLOW User's Manual*. Waterloo Hydrogeologic, Inc., Canada. pp 434