

EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN LA ZONA ESTE DE GRAN CANARIA (1970-2000)

José Angel Díaz Muñoz ^(*); Emilio La Moneda González ^(*);
Elena Galindo Rodríguez ^(*); Carmen Cabrera Santana ^(**)

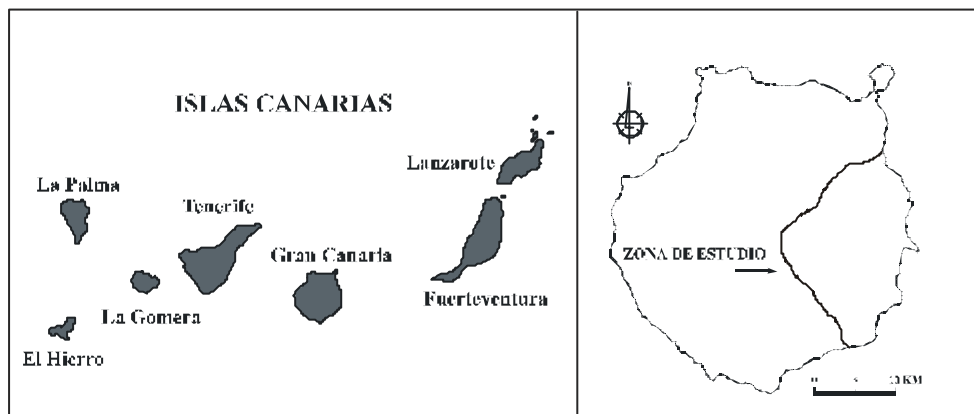
(*) *Instituto Geológico y Minero de España*
(**) *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*

Resumen.

En la isla de Gran Canaria, y en materiales volcánicos, existe un sistema acuífero insular multicapa, heterogéneo, anisótropo con un flujo hidráulico radial de cumbres hacia la costa. La zona oriental del sistema, con una explotación continua e intensiva para agricultura y abastecimiento, tiene problemas en la cantidad y calidad de sus recursos. Se analiza la evolución piezométrica de la zona para el periodo 1971-2000 recopilando y analizando los datos de 23 captaciones y nacientes, unos 4 000 registros procedentes de trabajos de los proyectos SPA-15 y MAC-21, el IGME, los sucesivos organismos de las administraciones hidráulicas y tesis doctorales.

Comentario:

Se observa que en la zona existen áreas sin variaciones piezométricas significativas. También existen otras con descensos progresivos por bombeos, que originan amplias áreas deprimidas con piezometría puntualmente bajo el nivel del mar. Existen gradientes que pueden invertir el flujo natural del agua potenciando la intrusión marina.



1. Situación y geología

La zona en estudio, con una superficie de 417 km², se sitúa en el Este de la isla de Gran Canaria. Se extiende desde Jinámar, en las inmediaciones de Las Palmas de Gran Canaria, por la costa, hasta las proximidades de Juan Grande y desde ésta hasta la cumbre de la isla, el Pico de las Nieves (1949 m). Las divisorias de aguas entre barrancos, excepto en unos pequeños sectores en el Norte y en el Sur, constituyen los límites N y S antes indicados. La zona así definida forma parte del Sistema Acuífero nº 83 del IGME (Gran Canaria).

La geología de la zona es compleja pues corresponde a un sector del gran estratovolcán que constituye la Isla. Este edificio es el resultado de varios ciclos eruptivos -ITGE (1991,1992)- inmersos en un proceso de diferenciación magmática, que alternan con otros de relativa tranquilidad en los que predominan los procesos de erosión-sedimentación, registrándose una secuencia de materiales volcánicos que intercala, en menor proporción, materiales detríticos.

Los episodios volcánicos se inician en el Mioceno Medio con el Ciclo I, que comprende las Serie Basáltica I, Serie Traquisienítica y Serie Fonolítica; le sigue un importante periodo de inactividad magmática que da paso, ya en el Plioceno, al Ciclo Roque Nublo de carácter explosivo y lávico. Tras otro periodo de reducida actividad magmática aparece otros dos nuevos ciclos eruptivos de carácter basanítico, el Ciclo Post-Roque Nublo y el Ciclo Reciente, que finalizan en el Holoceno. Intercalados con los anteriores aparecen materiales sedimentarios resultantes de los procesos de su erosión-sedimentación (coluviones, aluviales, depósitos eólicos o litorales, etc.) y los ligados a fases distales volcánicas o episodios epiclásticos (formación Detrítica de Las Palmas y Depósitos de deslizamientos gravitacionales) cuya extensión es mas reducida.

2. Origen de la información y datos de partida

En el Archivo y Base de datos de Aguas de Canarias del IGME (en adelante APAC y BAC) estaba recogida la mayor parte de la información piezométrica perteneciente a los puntos de agua de la zona, procedente de trabajos y recopilaciones del IGME. Además de ello, existía otra información dispersa en las fichas de los inventarios de puntos de agua correspondiente a los proyectos SPA-15 (1970-74) y MAC-21 (1979-81), en las fichas y ficheros de los inventarios del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (en adelante el CIAGC) (1993-95) y en la tesis doctoral de C. Cabrera (1988-90). Todos estos datos se informatizaron y depuraron obteniéndose un fichero final, con estructura BAC.

La información sobre piezometría se ha obtenido para el período 1970-2000 y para los puntos de agua existentes en la zona de estudio y una periferia de unos 2 km. En el área considerada existen 1 231 captaciones y nacientes (238 de la periferia), que comprenden unos 991 pozos *canarios* (con un diámetro de unos 3 m), 42 sondeos, 157 *galerías* (galerías de mina de agua) y 41 *nacientes* (manantiales). El fichero final obtenido tiene 3882 registros correspondientes a 823 captaciones y nacientes.

Uno de los problemas que presenta la información existente es el reducido número de datos que pueden considerarse como niveles estáticos en captaciones con obra vertical pues, habitualmente, cuando están accesibles para las mediciones están bombeando. Otro de los problemas que presenta la información es que no procede, en parte por la misma razón, de unas redes piezométricas con adecuada cobertura espacial y temporal. Por ello, los datos existentes aportan información espacial solo adecuada para situaciones muy concretas en el tiempo, coincidentes con las realizaciones de inventarios de puntos de agua cada decena de años o más tiempo.

3. Metodología utilizada

En la situación antes apuntada para el análisis de la evolución piezométrica, se han realizado mapas de isopiezas de niveles estáticos para los periodos con mayor información: SPA-15 (1970-74), MAC-21 (1980-81) y otro que se denomina 1990-99.

Se ha procedido a la clasificación de las medidas de piezometría en niveles estáticos, dinámicos y "no se sabe", en función de los datos existentes sobre si la captación está bombeando o no, los tiempos de parada, la duración del último bombeo y el origen de la información.

Para los pozos canarios, el criterio seguido ha sido considerar como NE al medido con un tiempo sin bombeo, o de parada, superior a los 7 días, resultando para 273 obras verticales solamente 616 medidas en todo el período. En los nacientes se ha considerado como cota del nivel estático la correspondiente a su situación, siempre que exista indicación de que tiene caudal o que se tomó muestra de agua. Un criterio similar se ha mantenido para las galerías, con datos de caudal o de muestreos de aguas, donde se han obtenido niveles indicativos por exceso, considerando a la cota de bocamina como la de nivel. La ausencia de datos sobre el emplazamiento de las surgencias dentro de la obra hace considerar a estos niveles como de menor fiabilidad.

En resumen, para el período de 1970 a 1999, se han identificado en la zona 910 medidas de niveles estáticos vinculados a 450 puntos de los cuales 448 son pozos y sondeos, y los restantes un nacimiento y una galería.

Además, se han considerado como indicativos de nivel por defecto, y con menor fiabilidad, los 320 niveles dinámicos máximos entre los existentes en otras 242 obras verticales y que no tienen datos con NE.

Para la elaboración de las isopiezas se han seleccionado como datos de partida a los clasificados como NE de cada período. Debido al gran número de datos y para facilitar su análisis, se ha recurrido a su tratamiento mediante herramientas informáticas. Se han realizado, en una primera aproximación, las isopiezas con el programa SURFER 7 que traza las curvas a partir de los datos puntuales con métodos de interpolación automática, similares a los empleados en topografía. Para la realización de las isopiezas se han incluido 47 puntos de control en la línea de costa para simular la isopieza de cota cero.

Las isopiezas así generadas se exportan al programa MicroStation para su corrección manual. En este proceso, se hacen modificaciones para evitar los cortes de la superficie piezométrica con la superficie topográfica en zonas que no tienen manantiales o nacientes en los grandes barrancos de la zona (barrancos de Tirajana, Guayadeque, Telde...). También se corrigen las isopiezas con la información de apoyo que dan los niveles indicativos por defecto (pozos) o exceso (galerías). De esta forma, se procedió a la generación de tres nuevos mapas de isopiezas.

Debido a la densidad de puntos, al tamaño de la zona y a la escala de trabajo, la equidistancia considerada entre isolíneas es de 100 m; excepto en las zonas donde los valores son negativos para las que se ha considerado más interesante realizarlas cada 20 m.

3.1. Limitaciones

La realización de las isopiezas en un acuífero, con el modelo conceptual antes expuesto, conlleva la mención de las limitaciones asumidas para su elaboración. Así:

Se asume el desconocimiento sobre la mayor o menor penetración de cada una de las captaciones en el acuífero y de las condiciones locales de éste, lo que es todavía más extensivo para sus obras secundarias dentro de la zona saturada (drenes o *catas*, galerías, sondeos...). En algunos casos, se miden mezclas de potenciales diferentes por la existencia de varios tramos acuíferos.

Se han diferenciado, y no representado, los datos correspondientes a pequeños acuíferos colgados, en función de la piezometría del entorno y del conocimiento hidrogeológico e hidrogeoquímico de la zona.

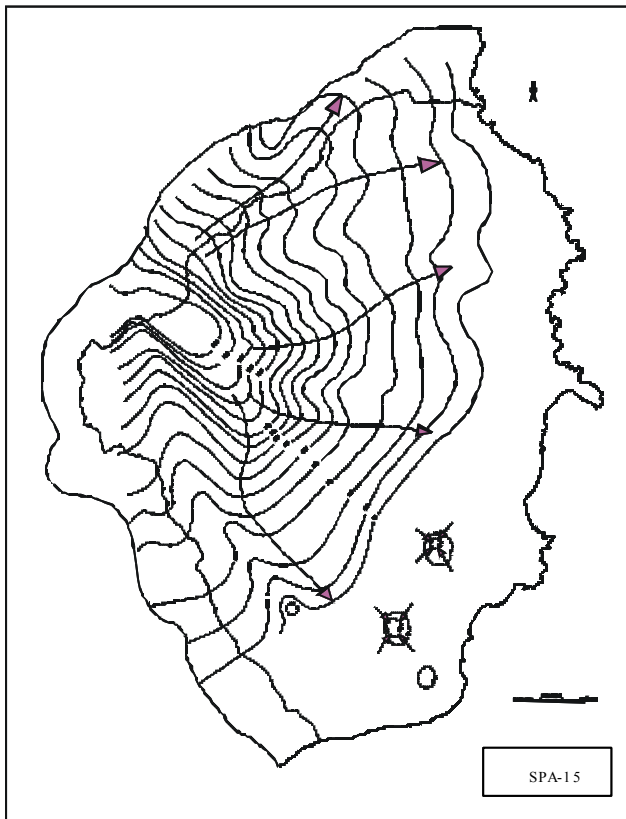
Existe una rica casuística de características constructivas de los pozos canarios por sus obras secundarias; las existentes en la zona saturada con gran diámetro (el pozo y las galerías o covachas) tienen una cierta capacidad de almacenamiento, por lo que añaden incertidumbre en cuál es el tiempo de parada suficiente para que un nivel medido sea estático. No obstante, se ha considerado como suficiente un tiempo sin bombeo de 7 días.

Se admite que existen errores resultantes de las distintas consideraciones de los puntos de referencia en la medición de nivel (brocal, terreno, suelo de la casa de máquinas...). Estos errores carecen de entidad frente a la imprecisión generada al definir la cota correspondiente a la situación de la captación en la cartografía (para mapas 1:25 000 y altímetro es de +/- 5m).

4. Piezometría

4.1. Período 1970-1974 (SPA-15)

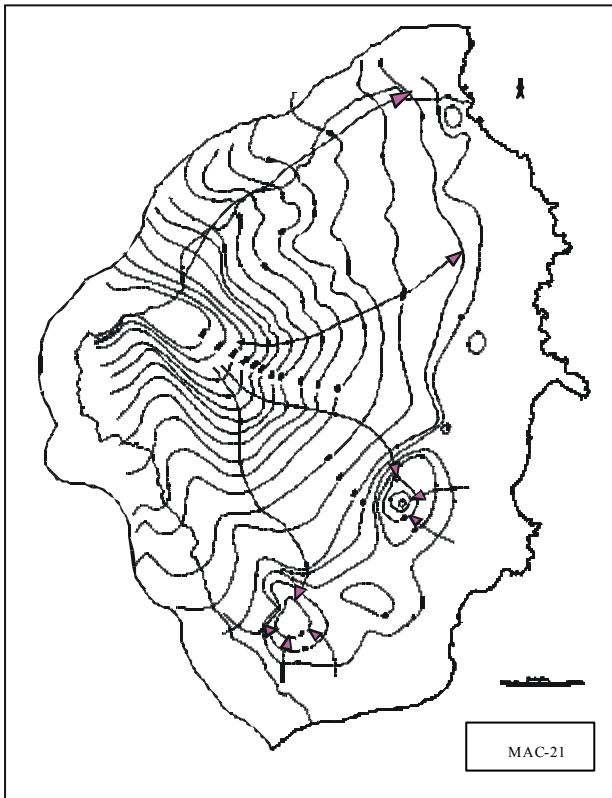
Para su realización se han considerado un total de 36 puntos con valor de NE y 198 puntos con valor de ND indicativo.



Se observan unas isopiezías que varían entre la cota -20 m, en la costa, y la $+1400$ m, en la cumbre. En general adoptan una morfología que se asemeja a la de la superficie del terreno, aunque considerablemente suavizada, excepto en la zona costera donde aparecen distorsiones por bombeos.

La forma general de la superficie piezométrica es indicativa de la existencia de un flujo radial, centrífugo, de la zona de recarga, la cumbre con mayor precipitación, a la costa.

El espaciamiento de las isopiezías no es homogéneo, existe una franja de mayor gradiente que se extiende desde inmediatamente aguas a bajo de la cumbre, hasta las isopiezías de los 300 m, en el Sur, o los 500 m, en el Norte; a partir de éstas, hacia la costa los gradientes son mucho más suaves.



Esta anisotropía parece depender de las características estructurales de los materiales y formaciones, a macro y meso escala, y de su variación espacial.

Cabe mencionar que en el área Sureste se empieza a intuir la existencia de tres depresiones piezométricas, con cota bajo el nivel del mar, como consecuencia de los intensos bombeos ya existentes.

4.2. Período 1980-1981 (MAC- 21)

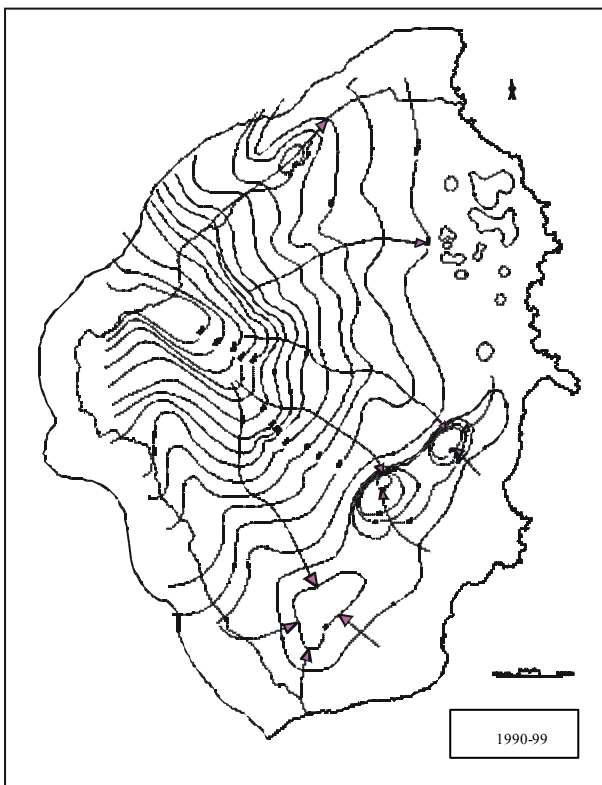
Para su elaboración se han utilizado los datos correspondientes a 98 puntos de agua que disponían de NE, complementándose con 315 datos de otras tantas captaciones con ND indicativos.

Tras su análisis, y comparación con la situación del SPA-15, se observa que, en rasgos generales, las isopiezas por encima de los 100 m mantienen la misma disposición.

En las zonas con piezometría inferior aparecen diferencias notables, pues se consolidan y extienden las depresiones. La más importante por su extensión y profundidad se sitúa en el Sureste y adopta una morfología lobulada que se extiende desde El Cruce de Arinaga a Aldea Blanca, acomodándose al Barranco de Tirajana.

Dentro de esta depresión existen dos conos principales donde la profundidad de la depresión es mayor.

En el cono del Norte, en El Cruce de Arinaga, se alcanza una depresión máxima de -90 m. En el núcleo del Suroeste, próximo al Barranco de Tirajana, se llega a un valor máximo de -51 m.



4.3. Período 1990-1999

Se han dibujado las isopiezas de este período utilizando los datos de 268 puntos de agua con datos de NE y 393 datos de ND indicativos.

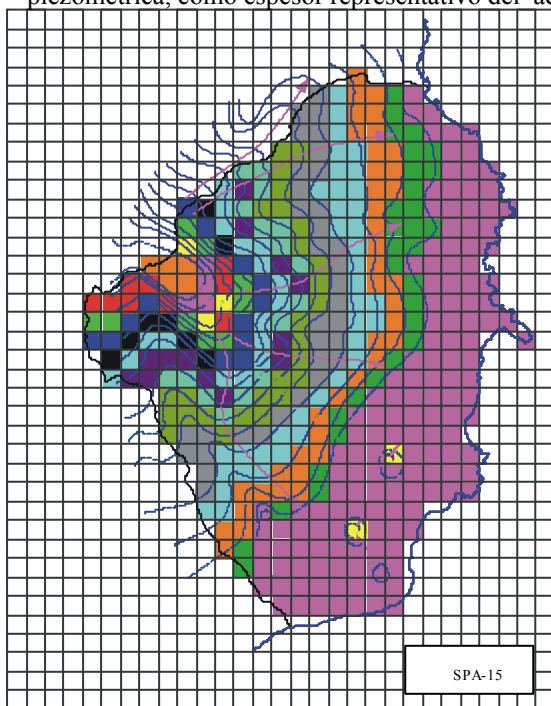
Comparándolas con las de los anteriores períodos se aprecia como el área deprimida bajo el nivel del mar, fruto de los continuos bombeos, ha aumentado considerablemente, extendiéndose ya hasta las proximidades de El Carrizal, alcanzándose en esta zona una depresión máxima de -110 m.s.n.m. También aparece, en las proximidades del Telde, una nueva y amplia zona fuertemente perturbada, donde empiezan a intuirse áreas deprimidas con límites de difícil determinación pues los niveles –teóricamente estáticos- de los pozos pueden estar condicionados por los bombeos de otros próximos. Se opta por indicar posibles agrupaciones de núcleos bajo el mar.

5. Variación del volumen saturado

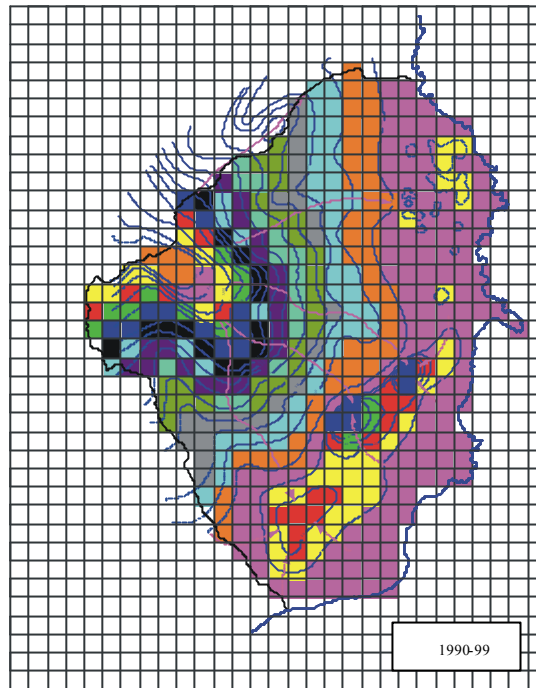
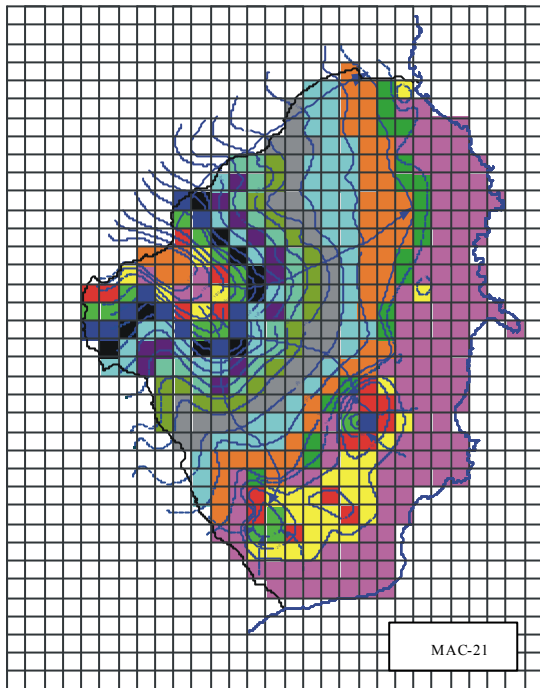
Se pretende conocer el volumen existente de material saturado a efecto de poder estimar, aunque sea de forma cualitativa, la variación de las reservas para las tres situaciones consideradas.

Para calcular el volumen de espesor saturado correspondiente se ha discretizado el acuífero mediante un mallado de celdas cuyas dimensiones son 1000×1000 m.

En cada celda, y asociado a su nodo, se ha considerado la cota media de la superficie piezométrica, como espesor representativo del acuífero insular para la misma. Esta cota, se ha obtenido de la información que figura en los mapas de isopiezas correspondientes a cada período. Para su representación se han agrupado por intervalos con diferentes colores.



En las figuras adjuntas se pueden observar los resultados obtenidos.



En la tabla siguiente se indica la superficie correspondiente a cada intervalo piezométrico así como el volumen correspondiente de espesor saturado para cada periodo.

INTERVALO D E SOPIEZAS	Período					
	SPA (1970-1974)		MAC (1980-1981)		(1990-1999)	
	(km2)	vol m3	(km2)	vol m3	(km2)	vol m3
-80-60			1	-80000000	5	-400000000
-60-40			4	-240000000	3	-180000000
-40-20			11	-440000000	14	-560000000
-20-0	2	-40000000	26	-520000000	34	-680000000
0-100	179	17900000000	137	13700000000	131	13100000000
100-200	40	8000000000	46	9200000000	44	8800000000
200-300	38	11400000000	41	12300000000	40	12000000000
300-400	34	13600000000	33	13200000000	23	9200000000
400-500	27	13500000000	20	10000000000	24	12000000000
500-600	16	9600000000	17	10200000000	15	9000000000
600-700	13	9100000000	12	8400000000	19	13300000000
700-800	17	13600000000	16	12800000000	8	6400000000
800-900	8	7200000000	10	9000000000	14	12600000000
900-1000	13	13000000000	11	11000000000	11	11000000000
1000-1100	9	9900000000	10	11000000000	9	9900000000
1100-1200	9	10800000000	6	7200000000	6	7200000000
1200-1300	3	3900000000	5	6500000000	9	11700000000
1300-1400	4	5600000000	4	5600000000	3	4200000000
1400-1500	5	7500000000	5	7500000000	5	7500000000
		154,56 km³		146,32 km3		146,08 km3

Según el cálculo realizado, para el período SPA-15 a MAC 21 (unos 8 años) resulta una pérdida de 8,24 km³ de zona saturada y de 0,24 km³, solamente, para el período del MAC 21 a

1990-97 (15 años). Se observa que para el primer intervalo la pérdida de zona saturada corresponde en su mayoría a volúmenes por encima de la cota cero ($7,00 \text{ km}^3$) mientras que en el segundo intervalo toda la pérdida de volumen ($0,54 \text{ km}^3$) corresponde al incremento de las depresiones ya que incluso se da un pequeño aumento del volumen de la zona saturada por encima de la cota cero ($0,30 \text{ km}^3$). Se ha de indicar que estas variaciones de volúmenes corresponden, exclusivamente, a zona saturada y no a variaciones del volumen del agua existente en el acuífero para lo que habría que conocer el coeficiente de almacenamiento de las formaciones saturadas y proceder a su cálculo en el que deben incluirse las eventuales entradas por intrusión marina.

Aunque sea de forma orientativa, se puede indicar que el periodo existente entre los proyectos SPA15 (1970-1974) y del MAC (1980-1981) corresponde a la época de mayores bombeos y descensos del período total observado 1970-2000. Para el período MAC 21 a 1990-1999 hay una disminución de los bombeos que es atribuible a múltiples causas como son la disminución de las superficies en cultivo, el cambio de cultivos y la mayor eficiencia del regadío.

6. Conclusiones

El sistema acuífero de la zona observada, heterogéneo, anisótropo y multicapa, tiene un flujo subterráneo centrifugo radial de la zona de cumbres, y recarga, hacia la costa.

Su superficie piezométrica, establecida para tres períodos de toma de datos singulares (SPA 15, MAC 21 y 1990-99), tiene forma de un sector de cono que se corresponde, a grandes rasgos y amortiguadamente, con la topográfica, excepto en las áreas próximas a la costa donde aparecen distorsiones – conos y depresiones – por bombeos.

La disposición de detalle de las isopiezas evidencia la existencia de diferentes gradientes hidráulicos en la zona central y la costera.

Con el transcurrir del tiempo la superficie piezométrica en la zona central mantiene su morfología mientras que en la zona costera las perturbaciones por bombeos – los conos y depresiones – aumentan en extensión y profundidad; es decir, existen áreas con continuo descenso de los niveles piezométricos, otras sin descensos significativos y otras con piezometría, casi permanentemente, por debajo del nivel del mar. Estas últimas tienen gradientes negativos que conllevan inversiones del flujo natural del agua, potenciadores de la intrusión marina.

Se ha hecho una estimación de la pérdida de volúmenes saturados de agua, que no de la variación del agua del acuífero, con unos resultados que indican importantes pérdidas de volumen saturado para cada intervalo de tiempo (de SPA15 a MAC 21 y de MAC 21 a 1990-99), sin embargo la pérdida de volúmenes es mucho menor en el segundo intervalo lo que podría ser indicativo de que se están modificando las pautas de explotación del acuífero.

Finalmente, tras lo expuesto, es obvio que para la utilización de la piezometría como una eficaz fuente de información sobre la evolución de este acuífero será necesario que se instale una red de observación de la misma.

BIBLIOGRAFÍA.

Cabrera, M.C. (1995): “*Caracterización y funcionamiento hidrogeológico del acuífero costero de Telde (Gran Canaria)*”. Tesis doctoral.

Custodio, E. y Llamas, M.R.(1983): “*Hidrología subterránea.*” Ed. Omega, Barcelona.

Fernandopullé, D. (1974): “*Clasificación química del agua subterránea y factores que influyen hidroquímicamente en las Islas Canarias*”. Simposio Internacional sobre hidrología en terrenos volcánicos. Arrecife de Lanzarote.

Gasparini, A. (1989): “*Hidrochimie et géochimie isotopique de circulations souterraines en milieu volcanique sous climate sémi-aride (Grande Canarie, Îles Canaries)*”. Université de Paris-Sud. Centre d'Orsay. Paris.

ITGE (1992): MAGNA. E. :100.000. Isla de Gran Canaria. Madrid,

ITGE. (1993): “*Estudio hidrogeológico de la zona de Arinaga - Tirajana. Sistema 83*”. Gran Canaria. 2 volúmenes (Inédito)

ITGE. (1995): “*Estudio hidrogeológico de la zona Sur 1 Alta y Media. Sistema Acuífero 83, Subsistemas SIA y SIM*”. Gran Canaria. 4 volúmenes (Inédito)

Comisión Interministerial de las actuaciones del Estado en materia de aguas de las Islas Canarias. (1976): “*Proyecto de planificación de la explotación y uso racional de los recursos de agua en las islas Canarias*”. Proyecto MAC-21.

M.O.P.U. (1985): “*El agua en Canarias*”. S.G.O.P. Boletín de informaciones y estudios nº 44.

OFICINA DEL PLAN HIDROLÓGICO DE GRAN CANARIA (1991): “*Actualización del conocimiento hidrogeológico de la isla de Gran Canaria*”. Tomo I, memoria. Cabildo Insular de Gran Canaria. (Inédito)

UNESCO-MOP (1975) “*Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias*”. Proyecto Canarias SPA/69/515 Ed. CEDEX. Madrid 3 volúmenes.