

AGUAS SUBTERRANEAS EN FAJAS COSTERAS DE CANARIAS

Resumen

Introducción

Los subsuelos

La barrea de nivel del mar

Incorporación de sales a las aguas subterráneas

Los medios de investigación

Algunos resultados obtenidos

Fases e interfases

La explotación del acuífero

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros
Almuñécar (Granada, España). 1988

AGUAS SUBTERRANEAS EN FAJAS COSTERAS DE CANARIAS.

BRAVO, Telesforo y BRAVO BETHENCOURT, Jesús.

Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna.

RESUMEN: La investigación de las aguas subterráneas costeras en Canarias se comienza en la década de los años 20. Dada la imposibilidad de aplicar la fórmula de Ghyben Herzberg a las aguas sometidas a cambios periódicos de nivel y con turbulencias de mareas, se perforan galerías de hasta 2.000 mts. de longitud perpendicular a la costa y con piso a pocos cms. sobre el nivel de las pleamareas con pozuelos cada 100 mts. para determinar todos los datos necesarios: oscilación de marea, tiempo, salinidad, etc.. Se perforan pozos de hasta 5.5 kms. de distancia de la costa con galerías a partir del fondo con aguas alumbradas al nivel del mar. Se establecieron una serie de pautas para aplicar a otras instalaciones. Se realizaron nivelaciones de gran precisión para relacionar el nivel medio del mar con el de las aguas subterráneas sometidas a oscilación mareal y también a las que no poseen movimientos. Se relacionó el contenido salino de las aguas de las fases con el lavado de las rocas por aguas infiltradas en su recorrido hacia el mar.

INTRODUCCION: A lo largo de los últimos sesenta años -la investigación se inició en Canarias en la década de los años 20- se ha tratado de aprovechar las aguas que nacen en las playas con numerosos pozos abiertos a poca distancia de la costa. Todas estas instalaciones fueron abandonadas antes del año. Las aguas tenían grandes variaciones de salinidad. Las oscilaciones de nivel a causa de las mareas alcanzaba hasta 1.5 mts. y en ocasiones mucho más cuando en la proximidad de la costa se presentaban temporales marinos de gran intensidad y persistencia.

Algunos de estos pozos fueron modificados aplicando conceptos racionales para un subsuelo de gran porosidad, con una gran velocidad de desplazamiento del agua subterránea y una transmisión de la ola de marea tierra adentro a distancias variables que en ocasiones ha llegado a ser desde 5.5 kms.. Las mareas en Canarias tienen una amplitud media de unos 2.60 mts., aunque hay algunas anomalías locales. Este juego hacía imposible aplicar las fórmulas de Ghyben Herzberg que sólo pueden aplicarse en condiciones ideales, es decir, nivel del mar estático, estructura homogénea del subsuelo, flujo laminar de las aguas subterráneas y una diferencia de salinidad acusada entre las dos fases. Ninguno de estos parámetros se encuentra en Canarias por lo que fueron desechadas todas las explotaciones en las fajas costeras. Ahora bien, hasta que distancia de la costa podía llegar la influencia de las perturbaciones, había que investigarlo.

LOS SUBSUELOS: Las Islas Occidentales del Archipiélago, La Palma, El Hierro y Tenerife tienen largas líneas de costa constituidas por materiales volcánicos recientes y subrecientes. La porosidad y capacidad de almacenamiento de estos materiales es extraordinaria así como el volumen de agua infiltrada en superficie y con frecuencia, las capas de escoria intercaladas entre coladas llega a más del 15% de porosidad. De estas áreas decimos que tienen "roca almacén". En formaciones semejantes, pero de edad muy vieja, de más de un millón de años, las escorias se han obstruido con depósitos arcillosos en las áreas próximas al nivel del mar lo que las hace materialmente impermeables. En la Isla de La Gomera hay pozos abiertos a 20 mts. de la costa y con varios metros debajo del nivel del mar y se comportan casi como estancos.

En terrenos y subsuelo más jóvenes, el espesor de estos materiales en la línea costera puede tener muchos centenares de metros por debajo del nivel del mar.

LA BARRERA DEL NIVEL DEL MAR: Las aguas infiltradas en las cumbres hacen un recorrido por el subsuelo, hasta cerrar el ciclo, vertiéndose en el mar. Dado la diferente densidad y la tendencia a no mezclarse, las aguas dulces y saladas, las aguas dulces están obligadas a salir por el nivel del mar o a unos metros más bajo.

Esto determina que las aguas subterráneas profundas que rellenan las "rocas almacén" hasta centenares de metros por debajo del nivel del mar quedan "confinadas" durante periodos muy largos, por lo que a las sales incorporadas desde su infiltración en el subsuelo, se le van añadiendo otras sales al disolver los minerales de la "roca almacén" hasta tener varios gramos/litro. Esto les confiere una densidad mayor y entonces la diferencia con las aguas saladas es cada vez menos acusada.

Las aguas "confinadas" por su mayor salinidad son confundidas frecuentemente, en las Islas, con una "intrusión de agua marina". Las aguas "confinadas" pueden tener comunicación profunda con el mar con una interfase de mucha salinidad aumentada por difusión iónica que va siendo incorporada a la fase marina lentamente y sustituidas por aguas de menor salinidad. Es también frecuente que las aguas "confinadas" estén en zonas estancas alimentadas por aguas superficiales pero sin conexión alguna con el mar debido a la gran anti-güedad de los subsuelos obstruidos con arcillas sus poros y grietas.

INCORPORACION DE SALES A LAS AGUAS SUBTERRANEAS: Las aguas que se infiltran en la superficie pasan por diferentes áreas que le confieren peculiares propiedades físico-químicas. Cuando la distancia desde el origen de la infiltración y la costa es pequeña 4-5 kms., y las rocas son muy jóvenes y porosas las aguas son poco salinas. Se empiezan a salinizar cuando llegan a las fajas costeras. En el caso de que en su recorrido encuentren pumitas y rocas de composición fonolítica disuelven a los minerales sódicos y si hay emanaciones difusas de CO_2 se cargan de bicarbonato sódico y otras sales y elementos como el fluor.

En caso de aguas agresivas en basaltos se incorpora bicarbonato cálcico movilizándolo éste de los minerales. Estas aguas llegan a

- I. Agua salada
- II. Interfase: difusión iónica
- III. Interfase: disolución de minerales.
- IV. Interfase: baja salinidad.
- V. Agua joven.

Acuífero costero en litoral de rocas volcánicas recientes y subrecientes

Recorrido: ≈ 12 Km.
 Parasidad: 1 a 10%
 Temperatura: 17 a 23°C.

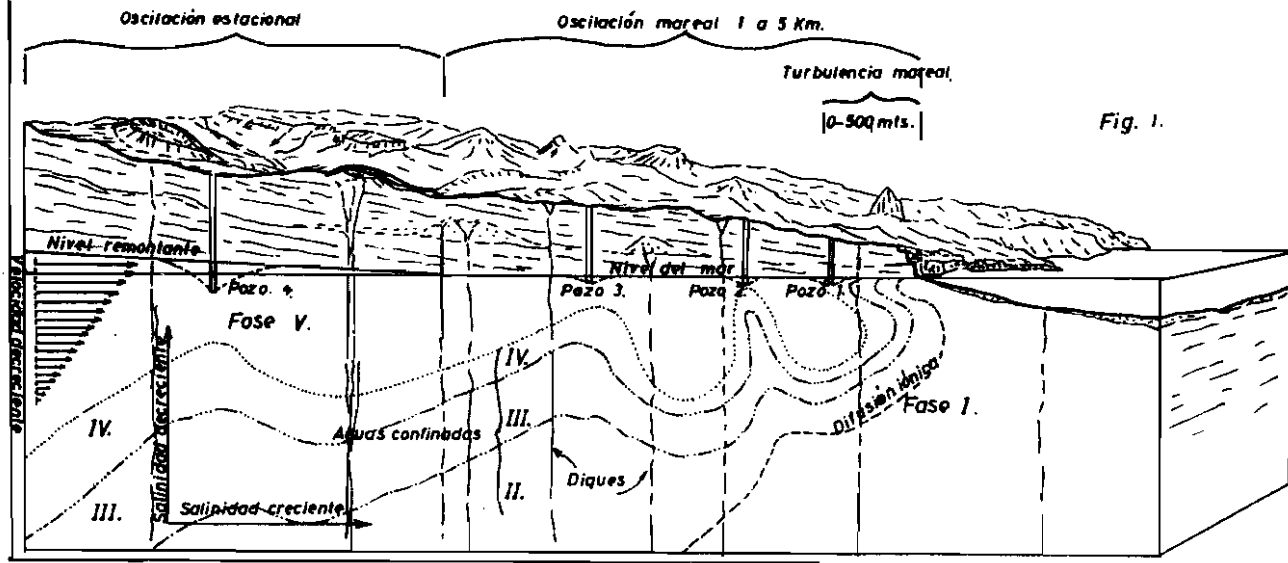


Fig. 1.

la costa con gran salinidad pero en estos casos no se debe a intrusión de agua del mar. Lo normal es que la intrusión marina no llegue a mas de 500 a 600 mts. tierra adentro en zonas con recarga normal y descarga rápida. Algunas zonas donde la descarga natural es escasa, la intrusión marina penetra bastante.

LOS MEDIOS DE INVESTIGACION: El volumen de las aguas costeras en Canarias, especialmente en las zonas litorales con roca "almacen", es enorme, por este motivo, su pérdida constante en el mar como está sucediendo ahora requiere un proceso serio de recuperación.

La perforación de galerías en "trancada", es decir, abiertas en el acantilado costero con rampas de 100 a 200 mts. con una inclinación del 30% y galerías de 1000 a 1500 mts. de longitud con un piso a pocos cms. encima de las pleamares, o bien pozos de cuyo fondo parten largos túneles en iguales condiciones, sentará las bases para un conocimiento del comportamiento de las aguas costeras.

Cada 100 mts. se abrieron pozuelos donde se registra la amplitud de oscilación de las mareas, tiempos de diferencia con la marea astronómica, análisis químicos de las aguas y en ocasiones, bombes para determinar la evolución de la salinidad del agua en tiempos establecidos.

ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS: Se ha trazado en la Fig. 1, un esquema de conjunto. Un área de turbulencia mareal de unos 500 mts. de longitud donde las mareas de unos 2.60 mts. de amplitud arrastran hacia el mar en la Bajamar, las aguas próximas a la orilla o bien empujan tierra adentro durante el flujo que culmina en la pleamar. Esta faja puede ser muy extensa si no hay descarga de aguas dulces en suficiente cantidad por lo que la salinidad de las aguas de esa faja puede ser muy grande. Un cono volcánico de lapilli, a 2 o 3 kms. de la costa, puede ser un obstáculo para el paso de las aguas subterráneas hacia la costa. También anchas fajas en forma de cabo están desprovistas de agua subterránea.

A continuación viene una faja donde las aguas subterráneas están sometidas a oscilación periódica con el mismo ritmo que las mareas. La longitud de la influencia puede llegar hasta mas de 5 kms. A estas distancias, la oscilación puede alcanzar a 4-5 cms. partiendo de una oscilación de marea de 2.60 mts. en las cicligias mareas vivas.

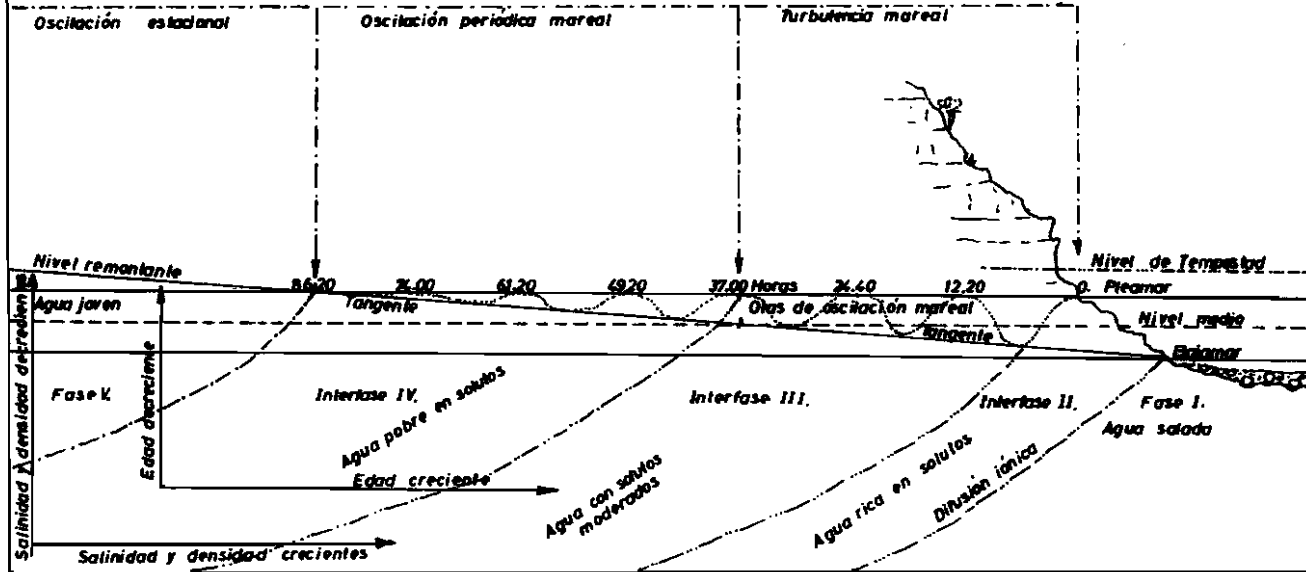
En algunos pozos muy alejados de la costa, 4-5 kms., con oscilación de marea, el agua alumbrada puede tener de 1-3 grmos/litro. Estas aguas halladas originalmente en estas condiciones no han sido salinizadas por intrusión marina; son aguas que han incorporado sus sales de las rocas por donde han fluido. Periodos de bombeo muy largos las van mejorando imperceptiblemente.

El volumen de agua almacenado entre estos pozos y la costa puede ser muy elevado ya que en periodos muy largos de bombeo, el nivel medio del acuífero permanece constante sin que se haya notado ningún descenso.

Cuando varios pozos bombean simultáneamente aguas en la zona de oscilación de mareas, con control del nivel de bombeo para evitar la succión de aguas de las interfases y cuando una elevación brusca de presión barométrica ha coincidido con una bajamar de marea viva, algunos pozos han quedado secos durante 6 horas. Esto indica

Detalles del acuífero en zonas litorales de rocas volcánicas recientes y subrecientes

Fig. 2.



la complejidad de los fenómenos que influyen en las aguas. Los fondos de estos pozos no sobrepasan el nivel medio del mar y el agua es controlada frecuentemente con análisis químicos. Los caudales de bombeo han sido también limitados.

En la figura 1 se han incorporado las direcciones de salinidad creciente y decreciente así como la velocidad del flujo del agua que, a cierta profundidad de las fases, puede ser cero.

La faja que continúa tierra adentro ya no presenta oscilación de marea y comienza a subir lentamente el nivel del acuífero sobre el nivel de la pleamar pero de forma muy irregular. A veces se encuentran secos al nivel medio del mar. El agua puede fluir por "vaquadas" dejando los "lomos" secos. La solución para alumbrar en estos pozos es variada y depende de la investigación de los subsuelos donde este el fondo. Con frecuencia hay aguas "confinadas" a mayor profundidad.

Cuando existen acuíferos con nivel remontante, las oscilaciones pueden ser estacionales cuando las aguas infiltradas, en el período de lluvias alcanzan los acuíferos. Esta variación suele ser muy pequeña.

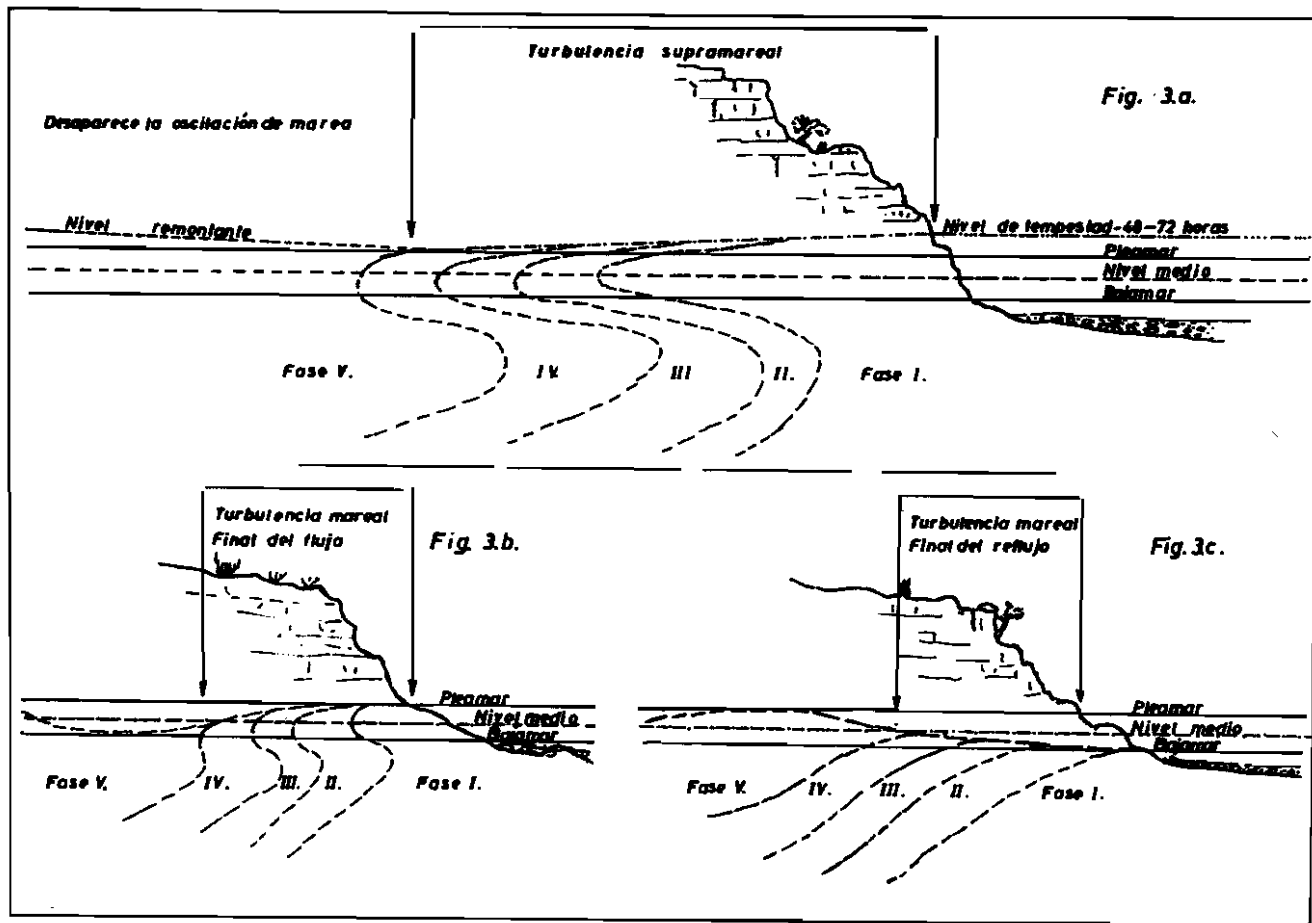
FASES E INTERFASES: En la fase I se considera el agua salada oceánica y la fase V la constituye el "agua joven" que se incorpora a las fajas costeras procedentes de la recarga. Entre ambas señalamos las interfases II - III y IV que por la gran dificultad que tienen de fluir libremente hacia el mar llegan a quedar confinadas durante mucho tiempo.

La fase II recibe por difusión iónica sales marinas en un tramo frontal en el subsuelo de la costa pero más adentro disuelve iones de los minerales de las rocas. La difusión iónica es ascendente pero es un proceso lento puesto que no hay movilidad o es muy poca. Las aguas de recarga se mueven en las capas muy superficiales pero a cierta profundidad, la velocidad es muy pequeña. La interfase IV puede incorporar iones si las aguas "jóvenes" tienen en solución otras sales diferentes. En estas aguas "jóvenes" se van precipitando carbonatos en una estrecha faja donde las aguas suben por capilaridad. Si las aguas son calientes, la precipitación es en forma de aragonito. Más profundamente en las fases confinadas se forman minerales arcillosos en los alveolos de las rocas.

En la figura 2 se detalla el resultado de las observaciones de numerosos pozos y galerías. Como ya hemos indicado las aguas que están sometidas a oscilación de marea no remontan el nivel de la pleamar. Desde que el fenómeno cesa, ya el nivel se remonta con una pendiente que es tangente a las ondulaciones de las mareas. La transmisibilidad de la "ola" de marea es pequeña. Entre dos crestas puede haber distancias de 200 a 400 mts. dependiendo del grado de porosidad.

En las figuras 3b y 3c se exponen los movimientos que sufren las aguas en el área de turbulencia mareal. El proceso es algo más complejo ya que la amplitud del movimiento no es siempre la misma porque en las mareas cortas la oscilación es pequeña.

En la figura 3a se indica la perturbación que sufre el acuífero costero durante grandes temporales de 48 a 72 horas de duración. La presión del oleaje en la costa hace subir el agua por encima del



nivel de la pleamar. Así mismo, desaparece la transmisión de la ola de marea porque el oleaje impide el reflujó.

LA EXPLOTACION DEL ACUIFERO: Cuando la obra de investigación es una galería con piso sobre el nivel de la pleamar, con pocillos de reconocimiento, no existe ningún problema ya que vamos analizando todos los datos y sabemos cuando llegamos al área de seguridad. Las pruebas de bombeo de larga duración certifican el final de la investigación entrando en período de explotación regular.

Cuando se trata de pozos, se aconseja siempre retirarse de la costa lo suficiente para evitar no solamente la turbulencia de marea sino también la zona de oscilación de la misma, o al menos en aquellos puntos donde se estima que la oscilación es mínima. Aunque parezca paradójico, la investigación en la zona donde hay nivel remontante, el problema puede ser mucho más complejo.

Hay que tener en cuenta que la masa de agua en zonas próximas al litoral es un depósito común de todas las que descienden de las cumbres por diferentes vías, venas, "vaguadas subterráneas", etc., disponiéndose de un caudal regulado de gran volumen. A una distancia de varios kilómetros del mar y teniendo unas interfases profundas de salinidad y densidad crecientes en dirección a la costa se hace cada vez más difícil la penetración de intrusión marina. En terrenos de gran antigüedad geológica la intrusión marina hacia el subsuelo, lejos de la costa, es imposible.

El problema de la sobre explotación de un acuífero costero por varios pozos es una investigación que tiene que basarse en la recarga total del acuífero, y a partir, no de estimaciones de la infiltración, sino de la historia de la explotación directa cuando se dispone de muchos años de bombeo y de la evolución química del agua.

La explotación del acuífero costero con pozos de pequeño diámetro no ofrece muchas dificultades. En cambio cuando están en la zona de nivel remontante pueden ser estériles. En Canarias, contra lo que se ha indicado, no existe ningún nivel freático unificado. Hay aguas colgadas, vías de desagüe, fisuras, permaneciendo el 80% del volumen total insular empapado con agua capilar. El 20% restante contiene agua explotable pero en continuo movimiento desde las cumbres hacia los acuíferos costeros donde los subsuelos están saturados.