

LA INTRUSION SALINA EN EL ACUÍFERO DE LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA

Rogelio Monreal¹, José Castillo², Miguel Rangel¹, Mariano Morales¹, Lucas Antonio Oroz³,
Herman Valenzuela¹

¹Departamento de Geología. ²Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora, Rosales y Luis Encinas, Hermosillo, Sonora. ³Jefatura de Proyectos de Agua Subterránea, Subgerencia Técnica Regional Noroeste, Comisión Nacional del Agua, Hermosillo, Sonora.

RESUMEN: El acuífero de la Costa de Hermosillo se ubica entre las coordenadas 28° 14' y 28° 57' de latitud Norte y 111° 15' y 111° 45' de longitud Oeste, en la Región Hidrológica # 9, Sonora Sur, Cuenca "E" Río Bacoachi, Subcuenca "b" Arroyo La Manga y comprende una superficie de 1738.76 Kms². Durante este estudio se obtuvieron los siguientes datos: a) Profundidad del nivel estático en el pozo de bombeo y en los pozos de observación y sus niveles dinámicos. b) Transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento en el acuífero, así como el radio de influencia del bombeo. c) Cortes litológicos y análisis granulométricos de los sedimentos colectados durante la perforación de los ocho pozos construidos durante los trabajos de campo. d) Columnas litológicas y secciones de correlación de interés. e) Mediciones verticales de conductividad eléctrica y su interpretación. f) Plano de topografía del basamento cristalino y secciones geológicas orientadas. g) Morfología de la cuenca y las unidades hidrogeológicas que la componen. h) geoquímica del agua subterránea incluyendo su caracterización isotópica. En los alrededores del área de estudio afloran rocas de varias edades, desde el paleozoico hasta el cuaternario, y están constituidas por rocas tanto sedimentarias como ígneas intrusivas y volcánicas. Aunque no se tiene la información suficiente como para conocer la estratigrafía del subsuelo con precisión, los datos obtenidos de los estudios realizados en los pozos perforados durante este estudio y de los pozos antiguos, permiten proponer la presencia de cuatro unidades principales. 1) Aluviones del cuaternario, 2) Sedimentos marinos de probable edad miocénica, 3) gravas y arenas continentales miocénicas, 4) basamento cristalino (granitos y rocas volcánicas). El área de estudio constituye una cuenca sedimentaria producto de la generación de bloques caídos producidos por fallas normales orientadas NW-SE y NE-SW desarrolladas probablemente durante la tectónica de "Basin and Range" y durante la apertura del Golfo de California. Por medio de mediciones directas de la resistividad del fluido, obtenidas en una serie de pozos (30) localizados a lo largo de la zona costera afectada se puede observar claramente una serie de canales preferenciales de fácil acceso del agua de mar hacia el continente. La zona más frágil se ubica entre el estero del Cardonal y Tastiota lo cual coincide perfectamente con la información arrojada por la Gravimetría y el control estructural del basamento. La morfología del basamento esta controlada por un conjunto de altos topográficos (horst) y fosas tectónicas con orientación NW-SE, NE-SW y E-W. El acuífero de la Costa de Hermosillo es de tipo libre; las pruebas de bombeo determinaron que el área suroeste es la zona de menor permeabilidad y que el radio de influencia del bombeo es de 115 metros. Al noreste se encuentra una franja de mayor permeabilidad; siendo el radio de influencia del bombeo de 435 metros. La distribución de la transmisividad es mayor en el centro del acuífero y la parte noreste, y disminuye hacia la línea de costa y al noroeste. La recarga total al acuífero es menor de los 350 Mm³/año calculada por Ariel Construcciones en 1967. Mientras que la recarga proveniente del mar se estima en 80 Mm³, equivalente a una cuarta parte de la recarga total. Se identifican tres frentes francos de intrusión salina hacia el continente con un control estructural, litológico, geoquímico e isotópico bien definido cuya migración está siendo inducida desde dichas áreas hacia el centro del acuífero, donde históricamente se ha concentrado el bombeo. Los resultados de los estudios geoquímicos del agua coinciden plenamente con las rutas de migración de la intrusión salina, y con el cono de abatimiento formado por la extracción de agua. Se encontraron seis familias de aguas, predominando los tipos bicarbonatada cálcica y clorurada sódico-cálcica. Existen al menos 60 m de espesor promedio de agua salobre y/o salina (> 2000 (S/cm), con valores que varían entre 2,900 y 40,800 (S/cm). Los valores máximos de trazas como bromuros, estroncio, litio y boro se concentran en las zonas de mayor intrusión salina. La intrusión de agua marina ha penetrado gran parte del acuífero de la Costa de Hermosillo, especialmente por dos áreas bien definidas. No existen dos diferentes acuíferos, solo semi-confinamientos dentro de un solo acuífero y por debajo de esta unidad hidrogeológica, se encuentra agua muy antigua (agua fósil?) almacenada en sedimentos detríticos marinos y rocas volcánicas.

I.- INTRODUCCION

El acuífero de la Costa de Hermosillo, se ubica al suroeste de la ciudad de Hermosillo entre las coordenadas 28° 14' y 28° 57' de latitud Norte y 111° 15' y 111° 45' de longitud Oeste, se localiza en la Región

Hidrológica # 9, Sonora Sur, Cuenca "E" Río Bacoachi, Subcuenca "b" Arroyo La Manga y comprende una superficie aproximada de 3200 Kms².

El área del presente estudio queda comprendida dentro de la superficie

mencionada, formando una franja de aproximadamente 35km x 55Km (1925 km²) sensiblemente paralela a la línea de costa (Figura 1).

La región cuenta con un clima seco, predominando el subtipo seco semicálido, con lluvias en verano. Las temperaturas medias anuales varían de los 22 a los 24 °C. Las lluvias se presentan durante los meses de Junio a Septiembre, siendo los meses con mayor precipitación Julio y Agosto. La precipitación varía de los 75 a los 200 mm cruzando la isoyeta 200 por la zona, en un patrón paralelo a la línea de costa. La pendiente de la cuenca calculada con el Criterio de Horton resultó ser de 0.18 %.

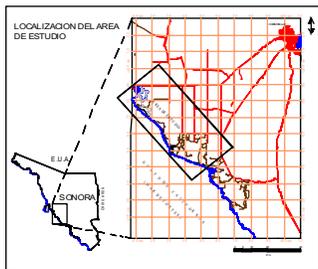


Figura 1.- Localización del área de estudio (recuadro) del acuífero de la Costa de Hermosillo, Sonora.

II.- ANTECEDENTES

La explotación del acuífero de la Costa de Hermosillo se inició en 1946 con 17 pozos, y en

el año 1965 alcanzó su máximo volumen de extracción, con alrededor de 1100 millones de metros cúbicos por año. A partir de esa fecha se ha ido reduciendo la extracción de agua subterránea, hasta descender a un valor estimado en 400 millones de metros cúbicos por año en la actualidad.

Lo anterior propició que la pérdida de carga hidráulica del acuífero, originara un cono de abatimiento, modificándose las líneas de flujo que en condiciones normales se dirigían del continente hacia el mar. Ello invirtió el flujo del litoral hacia el centro de la planicie, creando la penetración de agua de mar.

La presencia de agua de mala calidad obligó a que numerosos campos agrícolas fueran abandonados y que otros pozos se reubicaran, por el daño causado a los cultivos y suelos por la presencia de altas concentraciones de sales.

En el transcurso de estas décadas se realizaron diversos estudios aislados sobre las condiciones del acuífero, que aportaron evidencias suficientes para que se reglamentara el uso y manejo de este. Sin embargo, no se le dio la suficiente importancia al cálculo de la recarga natural al acuífero y a su relación con la descarga representada por las extracciones ya que, las acciones llevadas a cabo, no fueron suficientes reflejándose en la persistencia de la penetración del agua de mar y en el descenso de los niveles dinámicos del acuífero.

Lo anterior, motivó a la Comisión Nacional del Agua a realizar una investigación más completa que integrara los estudios anteriores, utilizara la infraestructura hidráulica de observación establecida y se aplicaran técnicas modernas para el conocimiento de los parámetros geohidrológicos y de la intrusión salina.

Como resultado, se estableció un convenio de colaboración con la Universidad de Sonora, a quien se le proporcionó apoyo e información suficiente para llevar a cabo un estudio adecuado a sus necesidades.

Los objetivos primordiales de este estudio son: 1) Determinar la litología a detalle, 2) Determinar las características hidráulicas del acuífero, 3) Determinar la distribución espacial de la salinidad del agua subterránea, 4) Evaluar hidrogeológicamente el acuífero así como conocer el avance de la intrusión salina.

III.- METODOLOGIA

Para la realización de este estudio se llevaron a cabo las siguientes tareas:

- 1) Perforación y aforo de un pozo de 200 m de profundidad.
- 2) Perforación de 2 pozos de observación de 150 m de profundidad.
- 3) Perforación de 5 piezómetros o pozos de monitoreo de 150 m de profundidad.
- 4) Prueba de bombeo con duración de 72 horas en el pozo de bombeo.
- 5) Realización de 15 pruebas de bombeo en pozos existentes.
- 6) Realización de 8 registros geofísicos en los pozos perforados.
- 7) Realización de 7 registros geofísicos en pozos ya existentes inactivos.
- 8) Medición de conductividad eléctrica vertical en 30 pozos existentes.
- 9) Ejecución de 411 sondeos geofísicos electromagnéticos (TEM).
- 10) Levantamientos topográficos con GPS diferencial.
- 11) Colección y análisis de 107 muestras de agua subterránea.
- 12) Rehabilitación de 8 piezómetros profundos o pozos centinelas ya existentes.

Durante este estudio se obtuvieron los siguientes datos:

- a) Morfología de la cuenca y las unidades hidrogeológicas que la componen.
- b) Plano de topografía del basamento cristalino y secciones geológicas orientadas.
- c) Hidroestratigrafía del acuífero.
- d) Cortes litológicos y análisis granulométricos de los sedimentos colectados durante la perforación de los pozos construidos durante los trabajos de campo.
- e) Hidrodinámica e hidráulica del pozo de bombeo y en los pozos de observación.
- f) Transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento en el acuífero objeto de estudio, así como el radio de influencia del bombeo.
- g) Mediciones verticales de conductividad eléctrica y su interpretación consistente en la ubicación del frente salino y su espesor.
- h) Distribución de principales iones mayores y trazas.
- i) Geoquímica del agua subterránea incluyendo su caracterización isotópica y edad relativa de C-14.
- j) Cálculo de la recarga de agua de mar hacia el acuífero.

IV.- GEOLOGÍA Y GEOFISICA

El área de estudio constituye una serie de fosas sedimentarias formadas por la generación de bloques caídos producto de la tectónica (fallas) que dio origen a la apertura del Golfo de California.

IV.1.- Geología Superficial

En los alrededores del área de estudio afloran rocas de varias edades que varían desde el paleozoico hasta el cuaternario y están constituidas por rocas sedimentarias, ígneas intrusivas y volcánicas. A continuación se describen brevemente estas unidades, de la base a la cima:

Paleozoico Superior (Ps). Esta unidad está constituida por roca metamórficas indiferenciadas.

Mesozoico (Mz). Este grupo de rocas puede estar constituido por dos secuencias: andesitas y areniscas y lodolitas, basaltos y andesitas.

Cretácico-Terciario (KTI). Unidad constituida por rocas ígneas intrusivas; ya sea por rocas graníticas, granodioritas, pórfidos y dioritas.

Terciario Indiferenciado (TV). Secuencia volcánica constituida por andesitas, riolitas, basaltos, tobas ácidas y otras rocas piroclásticas.

Terciario Oligoceno (ToV). Secuencia volcánica constituida por riolitas, andesitas, basaltos, dacitas, tobas y/o ignimbritas.

Terciario Mioceno (Tm). Constituida por dos paquetes: TmZ que es una secuencia de areniscas y conglomerados volcanoclásticos con intercalaciones de tobas; y TmS, constituida por areniscas y conglomerados polimícticos.

Terciario Neogeno (TnV). Esta unidad puede estar constituida por

basaltos y brechas volcánicas básicas, tobas riolíticas, andesitas, dacitas y/o riolitas.

Terciario-Cuaternario (QT). Unidad constituida por sedimentos poco consolidados de gravas, arenas y limos.

Cuaternario (Q). Esta unidad esta compuesta por sedimentos superficiales depositados en valles, laderas y planicies; y está constituida por gravas, arenas, limos y arcillas. En el área de estudio, esta unidad se subdivide en dos tipos: Qe, que son depósitos eólicos; y Ql, que son sedimentos de playa (sabkha).

IV.2.- Geología del Subsuelo

Aunque no se tiene la información suficiente como para conocer la estratigrafía del subsuelo con precisión, los datos obtenidos de los estudios realizados en los pozos perforados durante este estudio y de los pozos antiguos, permiten proponer la presencia de tres unidades principales y un basamento (Fig. 2): 1) Unidad Superior (aluviones del cuaternario), 2) Unidad media (sedimentos marinos de edad miocénica), 3) Unidad Inferior (gravas y arenas miocénicas), Basamento cristalino (granitos y rocas volcánicas).

Unidad Superior. Unidad no consolidada y constituida principalmente por arenas, gravas, boleos y pocas arcillas de color café. Las arenas varían desde arenas de grano fino a arenas de grano grueso y están constituidas por granos de cuarzo, fragmentos de roca, muscovita y biotita. Esta unidad inicia prácticamente desde la superficie y varia en espesor hasta una profundidad mínima de 200 m (pozo PHO-1) y hasta 340 m (pozo PHB-17). La unidad Superior corresponde posiblemente a sedimentos característicos de ambientes fluviales; desde sedimentos aluviales, depositados en las laderas de antiguos cerros, sedimentos fluviales depositados por paleocanales, y ocasionales depósitos de origen lacustre evidenciados por paquetes de espesor considerables (50-100 m) de arcillas (por ejemplo en los pozos PHO-12 y PCH-4) (Figs. 2 y 3).

Unidad Media. Paquete de sedimentos no consolidados constituido por limos y arcillas grises y azules y arenas con algunos horizontes arcillo-arenosos con fósiles marinos. A esta unidad se le ha referido como la "arcilla azul" de edad del Mioceno (Gómez, 1971). El espesor de esta unidad varía de 200 m (pozo PHO-13) hasta 560 m (pozo PHB-17) y su parte mas superior se encuentra a una profundidad que varía de 180 a los 340 metros. Esta unidad posiblemente corresponde a una secuencia progradacional de depósitos deltáicos.

Unidad Inferior. Compuesta por arenas gravas y arcillas semi-consolidadas con algunas intercalaciones de rocas volcánicas (basalto y riolita). Esta unidad, con un espesor de 624 metros, solamente se perforó en el pozo PHB-13 a los 462 metros de profundidad. Probablemente esta secuencia corresponda a la Unidad Tm que aflora al norte de Bahía de Kino y en la Sierra Libre, localizada al Este de Tastiota (Fig. 1).

En el subsuelo esta secuencia se encuentra sobre el basamento granítico.

Basamento. El basamento en esta cuenca corresponde a rocas

graníticas y volcánicas (andesita y riolita) y se encuentra a diferentes profundidades: a 182 m (PHO-4), 554 m (PHB-15), 840 m (PHB-14), 878 m (PHB-17) y 1086 m (PHB-13). Este basamento posiblemente corresponda a las unidades KTI, TV, y ToV descritas en la geología super-

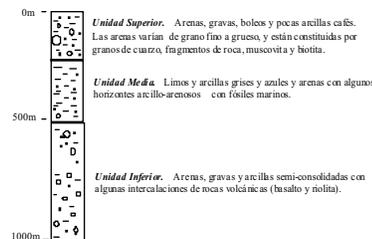


Figura 2.- Columna estratigráfica general del subsuelo en el área de estudio.

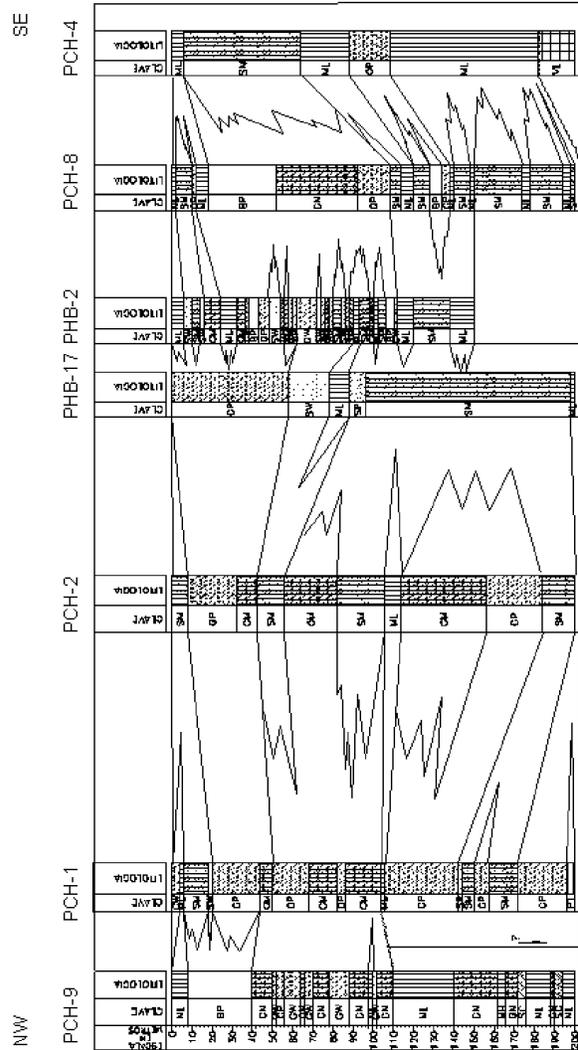


Figura 3.- Correlación estratigráfica NW-SE de la Unidad Superior, entre pozos PCH-9, PCH-1, PCH-2, PHB-17, PCH-6 y PCH-4. BP= grava con bole; BR= bole; GM= gravas arcillosas; GP= gravas mal clasificadas; GW= ; MH= arcillas; ML= arcilla; PT= suelo orgánico; SC= arenas limosas; SM= arenas arcillosas ; SP= arenas mal clasificadas; SW= arenas bien clasificadas; VL= rocas volcánicas.

IV.3.- Geología Estructural

El área de estudio constituye una cuenca sedimentaria producto de la generación de bloques caídos producidos por fallas normales orientadas NW-SE y NE-SW (Figs. 4 y 5) desarrolladas probablemente durante la tectónica de "Basin and Range" y durante la apertura del Golfo de California. Algunas de estas fallas han sido posiblemente reactivadas

mas recientemente al final del Terciario e inicios del Cuaternario. Esta generación de fallas ha dado como resultado la creación de una cuenca con un basamento que es irregular, lo que trae como consecuencia que el relleno de dicha cuenca sea también muy irregular, ya que existen áreas donde el basamento se encuentra a una profundidad muy somera, de 150 y en otros casos a profundidades de 500 y hasta de 800 metros bajo la superficie (Figs. 4 y 5). El acuífero de la Costa de Hermosillo tiene un espesor promedio de 200 m, está constituido por sedimentos aluviales del Cuaternario, y se encuentra sobre sedimentos que posiblemente corresponden a una secuencia progradacional de depósitos deltáicos y marinos fosilíferos del Mioceno. Todos ellos descansan sobre un basamento ígneo. Por medio de mediciones directas e indirectas de la resistividad del medio y del fluido, obtenidas en una serie de pozos de monitoreo y otros abandonados (30), localizados a lo largo de la zona costera afectada se puede observar claramente una serie de cañones (fosas) preferenciales de fácil acceso del agua de mar hacia el continente (Fig. 6). La zona más frágil se ubica entre el estero del Cardonal y Tastiota al sur y frente al estero de Bahía Kino al norte. Esto coincide perfectamente con la información arrojada por la Gravimetría, el control estructural del basamento y la Geoquímica del agua.

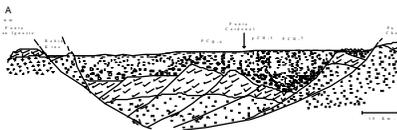
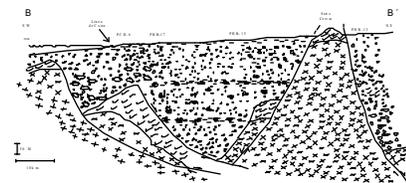


Figura 4.- Sección geológica esquemática A-A' orientada NW-SE del área de estudio, y que muestra la localización aproximada de algunos de los pozos cuya información se incluyó en este estudio.



muestra la localización aproximada de algunos de los pozos cuya información se incluyó en este estudio.

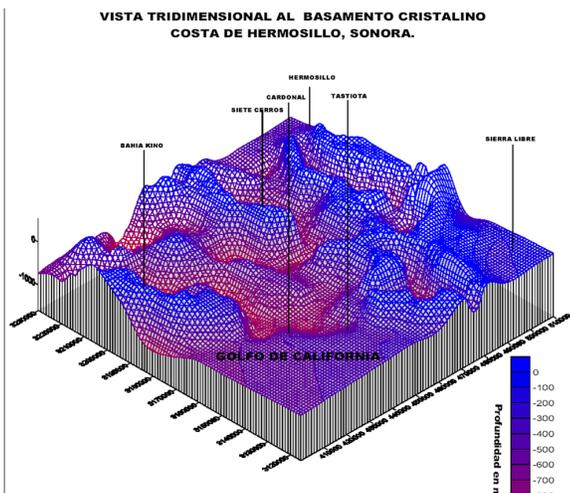


Figura 6.- Vista tridimensional del basamento cristalino de la Costa de Hermosillo.

V.- HIDROGEOLOGIA

V1.- Hidráulica de Pozos y dinámica del acuífero El acuífero de la Costa de Hermosillo es de tipo libre, y con la ayuda de las pruebas de bombeo se determinó que el área suroeste es la zona de menor permeabilidad y que el radio de influencia del bombeo es de 115 metros. Al noreste se encuentra una franja de mayor permeabilidad siendo el radio de influencia del bombeo es de 435 metros. La distribución de la transmisividad es mayor en el centro del acuífero y la parte noreste, y disminuye hacia la línea de costa y al noroeste. Existen semi-confinamientos dentro del acuífero libre granular, lo que hizo pensar a otros autores, sobre la existencia de dos diferentes acuíferos, sin embargo, las evidencias actuales demuestran que existe un acuífero y debajo de esta unidad hidrogeológica, se encuentra agua muy antigua (agua fósil ?) almacenada en sedimentos detríticos marinos miocénicos y rocas volcánicas terciarias.

Recarga de agua de mar hacia la Costa de Hermosillo. La piezometría del acuífero se ha distorsionado de tal forma que en las condiciones iniciales del acuífero, las isolíneas corrían de Hermosillo hacia la costa como líneas paralelas a la misma, semejando a las curvas topográficas. Al propiciarse la explotación del agua subterránea y principalmente a partir de 1959 cuando los volúmenes de extracción eran cercanos a los 1000 millones de m³ por año, que significaba cerca de tres veces el volumen de recarga natural originó que se empezaran a formar algunos conos de abatimiento, siendo los mas notable los que se localizan en la confluencia de las calle 12 Sur con la 13 y en la 36 Norte.

La recarga total al acuífero es menor de los 350 Mm³/ año calculada por Ariel Construcciones en 1967. Mientras que la recarga proveniente del mar se estima en 80 Mm³, equivalente a una cuarta parte de la recarga total.

V2.- Hidrogeoquímica.

Los resultados de los estudios geoquímicos del agua coinciden plenamente con las rutas de migración de la intrusión marina, y con el cono de abatimiento formado por la fuerte extracción de agua, es decir ambas son el reflejo de la dinámica del acuífero. Los valores máximos de trazas como bromuros, estroncio, litio y boro, elementos conservativos presentes en el agua de mar, permiten definir su penetración, cuando se observa la distribución espacial de estos elementos. Esto ha creado una zona de invasión de agua marina, cuyo espesor promedio es de al menos 60 m, con valores de conductividad eléctrica que varían entre 2,900 y 40,800 (S/cm (Fig. 8).

Se reconocieron seis familias de agua, predominando los tipos bicarbonatada cálcica, representativa del agua dulce del acuífero, y clorurada sódico-cálcica, reflejo de la zona de mezcla de aguas salina y dulce en la zona de interfase. La distribución de sólidos disueltos, muestra las líneas limítrofes de la invasión, la zona de interfase y la zona de agua dulce (menor a 1000 ppm).

La determinación de edades por el método del Carbono-14, definen una edad relativa para el agua del acuífero libre aluvial, en un rango de edades que varían entre 2,751 a 4,630 (30 a 50 años. La localización de la edad más antigua se encuentra entre la calle 20 y 28, ubicación que coincide con la fosa más profunda que conforma la topografía del basamento. En cambio el agua de la unidad hidrogeológica profunda tiene una edad que varía entre 25,820 y 30,000 (190 años. Lo que sugiere la posibilidad de que esta agua sea fósil y se encuentre entrapada.

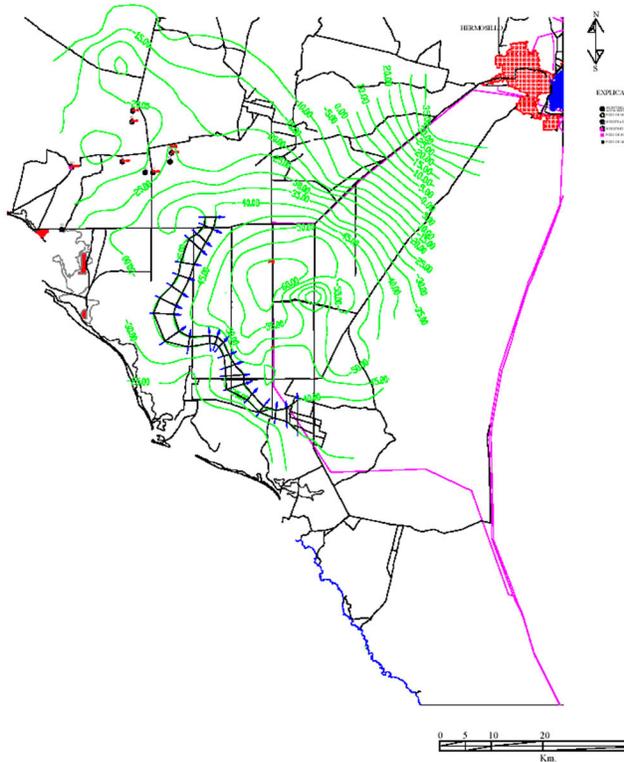


Figura 7.- Piezometría del Acuífero de la Costa de Hermosillo del año 1999 y redes de flujo de agua de mar.

VI.- CONCLUSIONES

El acuífero de la Costa de Hermosillo es de tipo libre. El área suroeste es la zona de menor permeabilidad y el radio de influencia del bombeo es de 115 metros. Al noreste se encuentra una franja de mayor permeabilidad y el radio de influencia del bombeo es de 435 metros. La distribución de la transmisividad es mayor en el centro y la parte noreste del acuífero, y disminuye hacia la línea de costa y al noroeste.

Se identifican tres frentes francos de intrusión salina hacia el continente con un control estructural, litológico, geoquímico e isotópico bien definido cuya migración está siendo inducida desde dichas áreas hacia el centro del acuífero, donde históricamente se ha concentrado el bombeo. La recarga proveniente del mar se estima en 80 Mm³, equivalente a una cuarta parte de la recarga total.

Calculando el área intrusionada por el agua de mar con un promedio de 17 km de ancho y una longitud de 65 km, resulta una franja de 1,113 Kms², desde Bahía de Kino a Tastiota. Además tomando en cuenta los resultados de los registros de conductividad eléctrica realizados en los pozos, se consideró un espesor de 29 metros, lo que resulta en 3,227 millones de metros cúbicos. Este volumen dividido entre los 88.5 millones que entran cada año como recarga del mar, resultan casi 37 años de intrusión.

Se reconocieron seis familias de aguas, predominando los tipos bicarbonatada cálcica clorurada sódico-cálcica.

Los resultados de los estudios geoquímicos del agua coinciden con las rutas de migración de la intrusión salina, y con el cono de abatimiento formado por la extracción de agua. Existen al menos 60 m de espesor promedio de agua salobre y/o salina (>2000 S/cm), con valores que varían entre 2,900 y 40,800 (S/cm).

Los valores máximos de trazas como bromuros, estroncio, litio y boro,

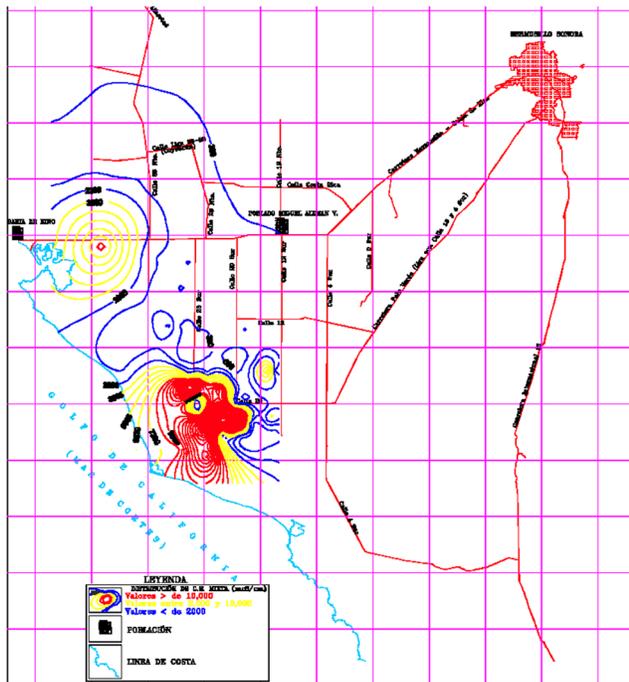


Figura 8.- Conductividad eléctrica mixta en el acuífero de la Costa de Hermosillo.

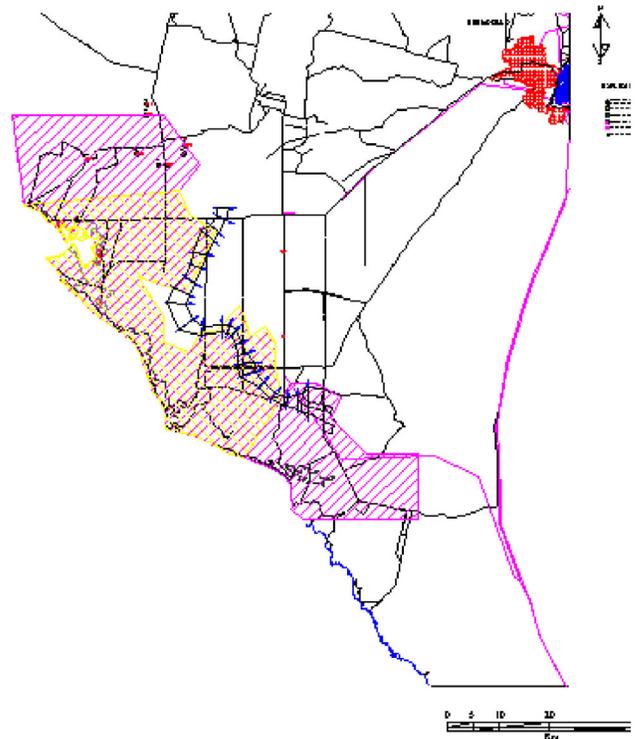


Figura 9.- Área del acuífero de la Costa de Hermosillo intrusionada por agua de mar.

elementos conservativos presentes en el agua de mar, permiten definir la penetración de agua marina, cuando se observa su distribución espacial, la cual se concentra en las zonas de mayor intrusión salina. La intrusión de agua marina ha penetrado gran parte del acuífero de la Costa de Hermosillo, por el noroeste (Estero de Kino) y sur del área de estudio (El Sahuaral).

Lo anterior, permite afirmar que la migración de la intrusión salina, lejos de haber sido controlada, avanzó por las rutas mencionadas y continúa siendo atraída por la inducción que el bombeo actual tiene sobre ella. Ello sugiere que de continuar con las condiciones actuales, la intrusión marina continuará hasta mezclarse completamente con el agua de buena calidad del acuífero.

Las evidencias actuales demuestran que solo existe un acuífero (cuya edad del agua varía 2,751 a 4,630 (30 a 50 años) y debajo de éste, se encuentra agua muy antigua (con una edad que varía entre 25,820 y 30,000 (190 años) y almacenada en sedimentos detríticos marinos muy antiguos (de 5 a 20 millones de años).

VII.- RECOMENDACIONES

Calcular la recarga total y la de agua salada. Así como la extracción real del acuífero.

Sin importar el uso que se le dé al acuífero de la Costa de Hermosillo URGE dar continuidad a los estudios iniciados hasta realizar un modelo matemático hidrodinámico e hidrodispersivo para asegurar el futuro de esta región.

Es recomendable realizar un estudio de la porción de acuífero entre Hermosillo y Siete Cerros, ya que del modelo hidrogeológico conceptual obtenido actualmente, se infiere un comportamiento hidrodinámico e hidrogeoquímico distinto al de la porción estudiada. Se considera que esta área es muy reducida como para incrementar la explotación de agua subterránea en esta zona.

Es recomendable mantener un monitoreo continuo del acuífero tanto hidrodinámico como hidroquímico. Para ello es necesario habilitar la red de pozos abandonados como red de monitoreo, antes que se pierdan por deterioro o vandalismo. Igualmente es recomendable rehabilitar la infraestructura de observación existente.

Dado que existe solamente un pozo (PHB-15), que efectivamente se encuentra en un medio acuífero distinto al aluvial, con agua muy antigua, es necesario conocer mas sobre el medio en el que se encuentra. Existen varios elementos de duda sobre el agua de este pozo, tales como la temperatura de 50°C registrada en 1978, contra 32°C registrados a 300 m de profundidad durante este proyecto. De igual forma se requiere realizar ensayos de bombeo de larga duración y obtener parámetros hidráulicos y geoquímicos que confirmen o descarten la posible existencia de un acuífero profundo o agua fósil.

