

## CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO DE QUEBRADA MÁNCORA EN EL NOROESTE DEL PERÚ

Wilfredo Castillo<sup>1</sup> y Juan Carlos Alcas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura. Av. Ramón Mugica 131, Urb. San Eduardo, Piura, Perú. (51-73) 284500.

<sup>2</sup> Instituto de Hidráulica, Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura. Av. Ramón Mugica 131, Urb. San Eduardo, Piura, Perú. (51-73) 284500.

### INTRODUCCIÓN

Máncora es un balneario y al mismo tiempo caleta de pescadores en el noroeste del Perú. Políticamente es capital del distrito de Máncora en la provincia de Talara, en el límite fronterizo de las regiones Piura y Tumbes (Fig. 1).

El área de estudio está comprendida entre las siguientes coordenadas (Zona 17 Sur. Datum WGS84):

Norte : 9522000 – 9548000; Este : 0496000 – 0540000.

Limitada en su parte alta por la Cordillera de Los Amotapes y al oeste por el Océano Pacífico. El área de interés del proyecto ocupa una extensión aproximada de 850 km<sup>2</sup>.

Actualmente el acuífero de Máncora está siendo explotado a través de dos pozos para abastecimiento de las poblaciones de Máncora y Órganos en el sector correspondiente a Piura; y mediante un pozo para el abastecimiento de Punta Sal en el sector correspondiente a Tumbes. Además existen una serie de pozos artesanales construidos por la población asentada a lo largo de la quebrada.

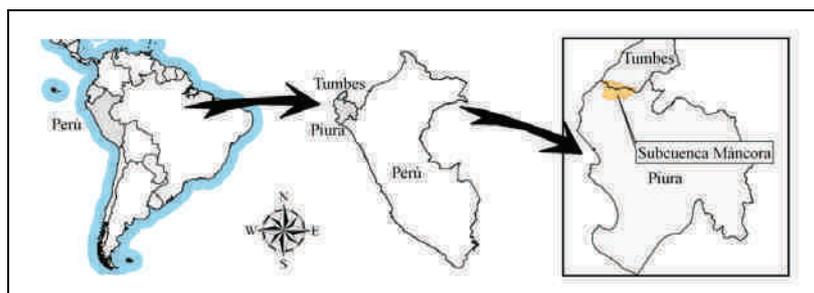


Figura 1. Localización del área de estudio.

El estudio hidrogeológico del Acuífero de Máncora, que sirve de punto de referencia para el presente artículo, surge como parte del Proyecto Regional “RLA 8/041: aplicación de las herramientas isotópicas para la gestión integrada de acuíferos costeros”, iniciado en el 2007, y como Proyecto Nacional “PER/8/015: Estudio del acuífero de Máncora para prevenir su destrucción por salinización”. En el caso del Proyecto Nacional tiene como objetivo fundamental lograr prevenir el deterioro de la calidad del agua, principal fuente de abastecimiento en la zona. Estos proyectos se han venido realizando con el apoyo del Organismo internacional de Energía Atómica (OIEA) y del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).

### OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

Este trabajo tiene por objeto contribuir al conocimiento del potencial acuífero y sus respectivas características hidrogeológicas de almacenamiento y flujo, para la explotación con fines de abastecimiento humano e industrial.

### CONTEXTO GEOLÓGICO

El acuífero de Máncora es un depósito aluvial de sedimentos finos y gruesos emplazados en la quebrada Fernández. Esta quebrada es de origen estructural, debido a fallas de tres direcciones dominantes en un esquema de tectónica de bloques, característica de la cuenca sedimentaria Talara donde se encuentra emplazada. Resultado de este fracturamiento, se puede observar aflorando en superficie y en contacto

estructural, rocas metamórficas de bajo grado, de edad Paleozoico, y rocas sedimentarias de edad Terciario, en algunos casos marinas y con abundante intercalación de evaporitas (anhidrita – yeso).

Estratigráficamente, el entorno del acuífero de Máncora, presenta una secuencia de unidades cuyas edades van desde el Paleoceno al Mioceno, las mismas que evidencian algunos cambios de facies y disminución de sus espesores hacia el este.

La disposición del acuífero de Máncora se enmarca dentro del cuadro tectónico típico del noroeste peruano, al estar emplazado en contornos estructurales del tipo horst y grabens. La conformación del curso de este acuífero sigue alineamientos del fallamiento distensivo hacia el noroeste, responsable igualmente de la disposición estratigráfica tipo (dip-slope) que influye en la escorrentía.

Las aguas corren por el sistema de fracturas que determinó la posición del valle fluvial y ha generado un proceso erosivo de incisión, tal como lo muestra la existencia de terrazas fluviales. Esta incisión ha encajado estos depósitos en las formaciones sedimentarias terciarias, a las cuales el aluvión sobreyace en discordancia erosiva y con el cual tiene contactos laterales.

El área de estudio se encuentra emplazada en una topografía y geomorfología que se extiende desde la línea de costa hasta el nivel de los 1600 m.s.n.m. Las geoformas así observadas en superficie son el reflejo del modelo tectónico típico de esta cuenca sedimentaria, al haber generado taludes inclinados (dip-slope) con dirección noroeste. Esta característica geomorfológica se encuentra directamente relacionada con la infiltración, facilitando la escorrentía de los afluentes de la quebrada Fernández. Además; esta sedimentación marina incluye facies evaporíticas que influyen, en menor grado, en la calidad del agua del acuífero; siendo la mineralogía de estas formaciones, portadoras de yeso, las cuales darían a las aguas que transmite una marca hidroquímica distintiva.

Las unidades litoestratigráficas del entorno de la quebrada Fernández donde se emplaza el depósito aluvional, presentan una sedimentación cada vez más gruesa en dirección hacia el noreste; por lo que no se descarta un aporte que contribuya a una recarga secundaria mínima respecto a la recarga principal proveniente del Macizo Metamórfico o Cordillera de los Amotapes conjuntamente con los cuerpos graníticos Cretáceo – Terciarios que cortan a este macizo (Fig. 2). Es justamente por sus características hidrogeológicas, que sustenta la biodiversidad de la zona, basadas en las precipitaciones periódicas provenientes de la zona ecuatorial y del Océano Pacífico producidas en dicha área y el alto grado de fracturamiento, es que origina una porosidad de fractura que favorece la recarga.

## **CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS**

Los depósitos aluvionales que constituyen el acuífero, están conformados por clastos provenientes de rocas metamórficas, graníticas; así como rocas sedimentarias del Terciario; conformando una sedimentación del tipo gruesa, planar y subangular. Esta sedimentación es el reflejo principalmente de los efectos de los eventos climáticos estacionales como el Fenómeno El Niño y sequías.

De acuerdo a los resultados obtenidos hasta el momento y por su naturaleza estratigráfica, se puede catalogar al acuífero de Máncora, como un acuífero del tipo semiconfinado. Esto puede evidenciarse en los registros de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) realizados, los cuales muestran sectorialmente interdigitaciones, así como el escalonamiento estructural desde la zona de recarga hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Además; el emplazamiento y distribución litológica del acuífero aluvional refleja el comportamiento hidrológico donde se producen; basados en datos obtenidos de los entes encargados de la gestión operacional del acuífero.

Debido a la disposición de sus características litológicas, la forma y tamaño de sus clastos, permiten que este acuífero tenga buena porosidad. El tipo de aluvión es heterogéneo, esto pudo ser corroborado en base a las interpretaciones de seis sondajes eléctricos verticales (SEV) realizados y la perforación de un piezómetro con una profundidad de 90 metros. La facie porosa mejora hacia las zonas altas del acuífero, donde el tamaño de los materiales es mayor. Por tanto se asume una porosidad del 25% para el acuífero; teniendo como base la información de cinco pozos exploratorios de petróleo perforados y completados y que desde hace varios años fluyen libremente al acuífero.

El acuífero presenta un coeficiente de permeabilidad del orden de 260 m/día (valor obtenido del historial de producción diaria de tres pozos, los cuales trabajan 22 horas/día durante 20 años), transmisividad de 1000 m<sup>2</sup>/día y coeficiente de almacenamiento de 10<sup>-3</sup>.

El modelo hidrogeológico supone entonces la existencia de un área amplia de recarga en el área metamórfica que daría lugar a una descarga en las nacientes de la quebrada Fernández, originando un sistema de flujo superficial y subterráneo con gradiente hacia el mar.

El acuífero presenta lecturas de resistividad que refuerzan el comportamiento físico de este tipo de acuífero. Mantiene su régimen estable durante todo el año; así como los volúmenes de agua extraída y una producción sostenida.

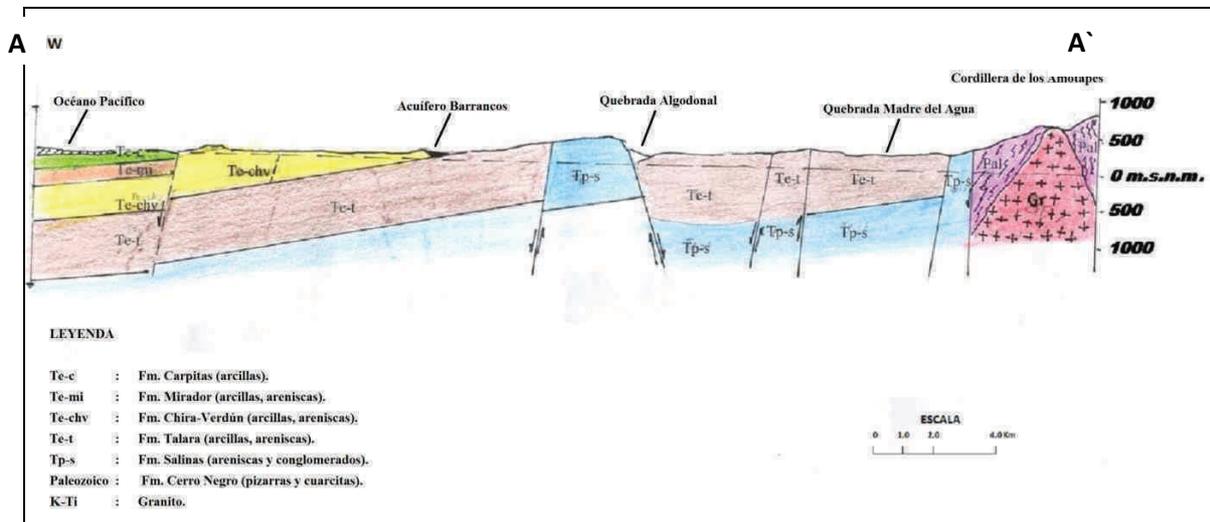


Figura 2. Perfil Longitudinal A-A'.

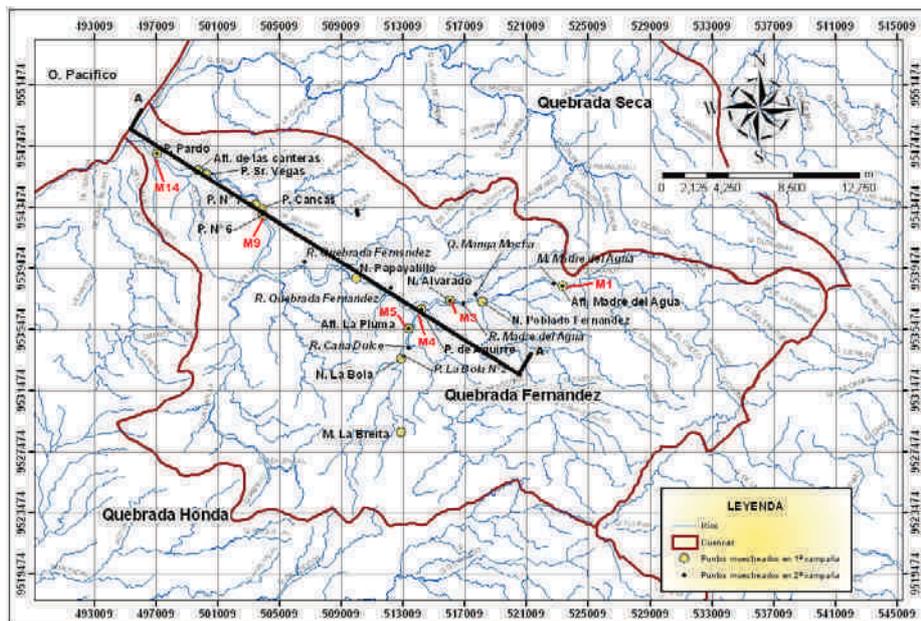


Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo.

## ANÁLISIS DE INFORMACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DISPONIBLE

Hasta el momento se cuenta con información hidroquímica e isotópica correspondiente a tres campañas de muestreo, llevadas a cabo durante épocas secas y húmedas en un periodo comprendido entre los meses de enero de 2008 y setiembre de 2009. Han sido incluidos datos hidroquímicos, isótopos estables y determinaciones de Tritio y CFCs en algunas muestras de agua. El muestreo comprende a diversos tipos de fuentes de agua: manantiales, escorrentía superficial, pozos artesanales y pozos tubulares.

El análisis hidroquímico permite reconocer para las aguas superficiales una evolución de aguas Na-Ca-HCO<sub>3</sub> a aguas Ca- Na-SO<sub>4</sub>. Las únicas muestras que se diferencian en este caso son la de los manantiales que descargan agua desde formaciones más antiguas. Estas formaciones contienen según las descripciones

geológicas, minerales evaporíticos, especialmente yeso y probablemente elevados tiempos de residencia, como consecuencia de lo cual se habría alcanzado condiciones de equilibrio con el yeso o con NaCl en el caso del manantial M5. Las muestras del acuífero aluvial evolucionan del tipo bicarbonatado sin catión dominante a agua sulfatada sin catión dominante; sin embargo las muestras de las partes altas son del tipo clorurado sódicas.

Existe una disminución general de la salinidad durante el periodo húmedo (el valor de dilución varía entre 0.4 y 0.8), manteniendo aproximadamente el mismo patrón geoquímico. Esto indica la dilución con aguas superficiales durante el periodo húmedo; es decir, una conexión hidráulica entre la quebrada y el acuífero no consolidado, y una rápida recarga.

Muestra	Cl <sup>-</sup> (mg/l) enero 08	Cl <sup>-</sup> (mg/l) junio 08	Factor de dilución
M1	108.5	42.4	0.39
M3	73.7	42.5	0.58
M4	72.7	58.1	0.80
M5	2750.9	2762	1.00
M9	179.4	83.7	0.47
M14	1149	528.2	0.46

Tabla 1. Datos de salinidad durante el periodo húmedo.

## CONCLUSIONES

Por su naturaleza estratigráfica y en base a los resultados obtenidos hasta el momento, se puede catalogar al acuífero de Máncora, como un acuífero del tipo semiconfinado.

El modelo hidrogeológico interpreta entonces la existencia de un área amplia de recarga en el área metamórfica correspondiente a la Cordillera de los Amotapes, constituyendo un sistema de flujo superficial y subterráneo con gradiente hacia el mar.

La geoquímica no indica intrusión salina; sin embargo, es ampliamente conocida la ocurrencia de evaporitas como sulfato de calcio, anhidrita, cloruro de sodio, especialmente en las unidades geológicas eólicas superior (Fm. Chira-Verdún) y miocénicas, depositadas en aguas marinas someras con aporte continental, subyaciendo al lecho del acuífero aluvial y representando una fuente potencial de salinización.

La sobreexplotación puede causar que esta alta salinidad del agua emigre dentro del acuífero a las capas superiores del acuífero aluvial impactando en la calidad del agua del sistema municipal de agua potable.

## REFERENCIAS

- Chalco, O. y Zevallos, O., 1954, "Boletín E.P.F", Lima, Perú.
- Clark, I. y Fritz, P., 1997. "Environmental Isotopes in Hydrogeology", Lewis Publisher, Boca Raton, New York.
- Martínez, D., 2009. "Informe de Avance: Evaluation of the hydrochemical and isotopical conceptual model of the Máncora Aquifer, northern Perú", International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria.
- Palacios, O. y De La Cruz, J., 1999. "Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana y otros". – Boletín N° 54, Serie A, INGEMMET, Lima, Perú.