

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PARA EL PROYECTO HOTELERO "DESARROLLO DORADO LOMAS ROYAL", MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, ESTADO DE QUINTANA ROO

En el curso de los últimos años se ha prestado atención al diseño y aplicación de estrategias para incrementar la disponibilidad del recurso hídrico. Entre las acciones se cuentan: el reuso, la desalinización de agua salobre o salada, la recarga artificial y, recientemente, la construcción de presas subterráneas (pantallas impermeables).

Por lo anteriormente descrito y debido a la protección del manglar y problemática de intrusión salina que presenta el proyecto hotelero "Desarrollo Dorado Lomas", Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo, sus directivos solicitaron a nuestra empresa realizar un estudio geohidrológico con la finalidad de determinar las causas que generan la intrusión salina y que afectan el equilibrio natural del terreno, ocasionado cambios en el entorno de flora y fauna.

Para obtener un buen resultado la investigación geohidrológica se llevará a cabo por prospección geoelectrica, utilizando el método de Sondeos Eléctricos Verticales. Este estudio se complementará con las siguientes investigaciones de sitio: entorno geológico, estratigráfica del subsuelo (identificadas como unidades geoelectricas), muestreo de cuerpos de agua (mediciones de Sólidos Totales Disueltos, PH y Conductividad eléctrica), las condiciones hidrológicas superficiales y las unidades geohidrológicas del cuerpo acuífero en el sitio del proyecto.

El estudio se divide en cinco capítulos:

- Marco físico. Consiste en la descripción de las condiciones geográficas desde un nivel regional que posee la zona de estudio.
- Geología. Define ampliamente las unidades geológicas aflorantes del área de estudio y un bosquejo de manera regional. El resultado final tiene el objetivo de delimitar las zonas de interfase de agua dulce, salobre y salada.
- Geohidrología. En ésta parte se define la provincia geohidrológica a la que pertenece el área de estudio, tipo de acuífero, características hidrológicas y flujo subterráneo.
- Geofísica. En ésta parte se expone el fundamento teóricos y el método de trabajo utilizados para determinar las características geohidrológicas del subsuelo, así como los resultados obtenidos, los cuales se muestran en las secciones geoelectricas, donde se observan espesores, resistividades y litología de las diferentes capas del subsuelo.

- Conclusiones y recomendaciones. En ésta parte se abordan los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las recomendaciones a seguir para cumplir con los objetivos del proyecto.

El estudio incluye los resultados de los trabajos de campo y gabinete referentes a la geología, geohidrología y geofísica, obteniendo las conclusiones y recomendaciones que se describen en el presente estudio.

Los mapas de isolíneas de los sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica son:

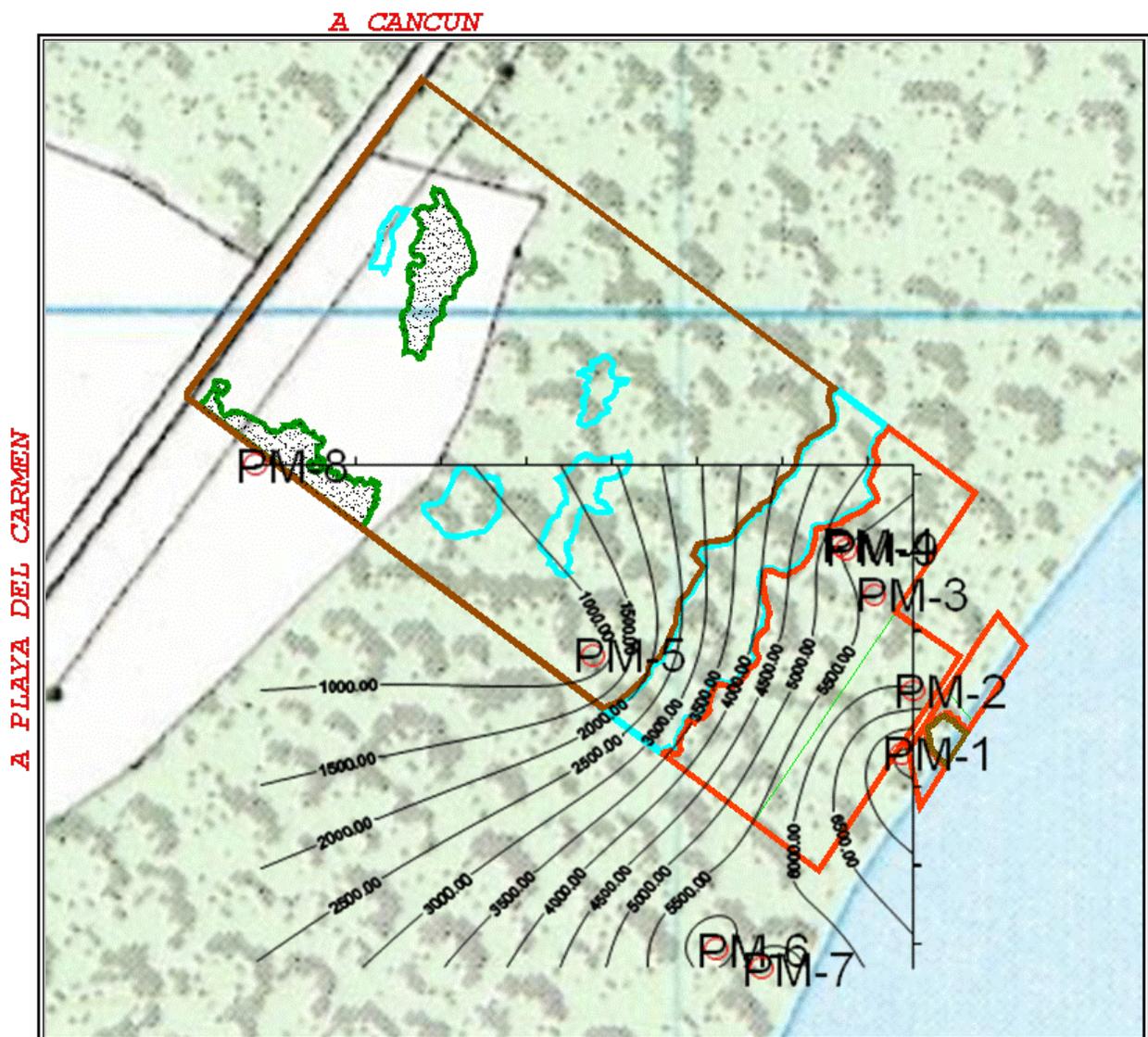


Figura No. 3.2

Mapa de isolíneas de sólidos totales disueltos

En la figura No. 3.2 se observa que en el manglar los valores de salinidad son mayores a 4,000 ppm, llegando a los 7,000 ppm pegado a la costa, estos valores son extremadamente altos y pueden provocar la muerte del manglar por la cantidad de sodio, la cual es muy alta.

En la selva mediana los valores de STD van de 2,000 ppm en la parte Oriente, hasta 4,000 en la zona pegada al manglar.

Por último, en la selva baja caducifolia, prácticamente el agua es dulce y los problemas se reducen en cuanto a la afectación por salinidad.

En la siguiente figura, se muestran las conductividades eléctricas registradas en campo con el conductímetro.

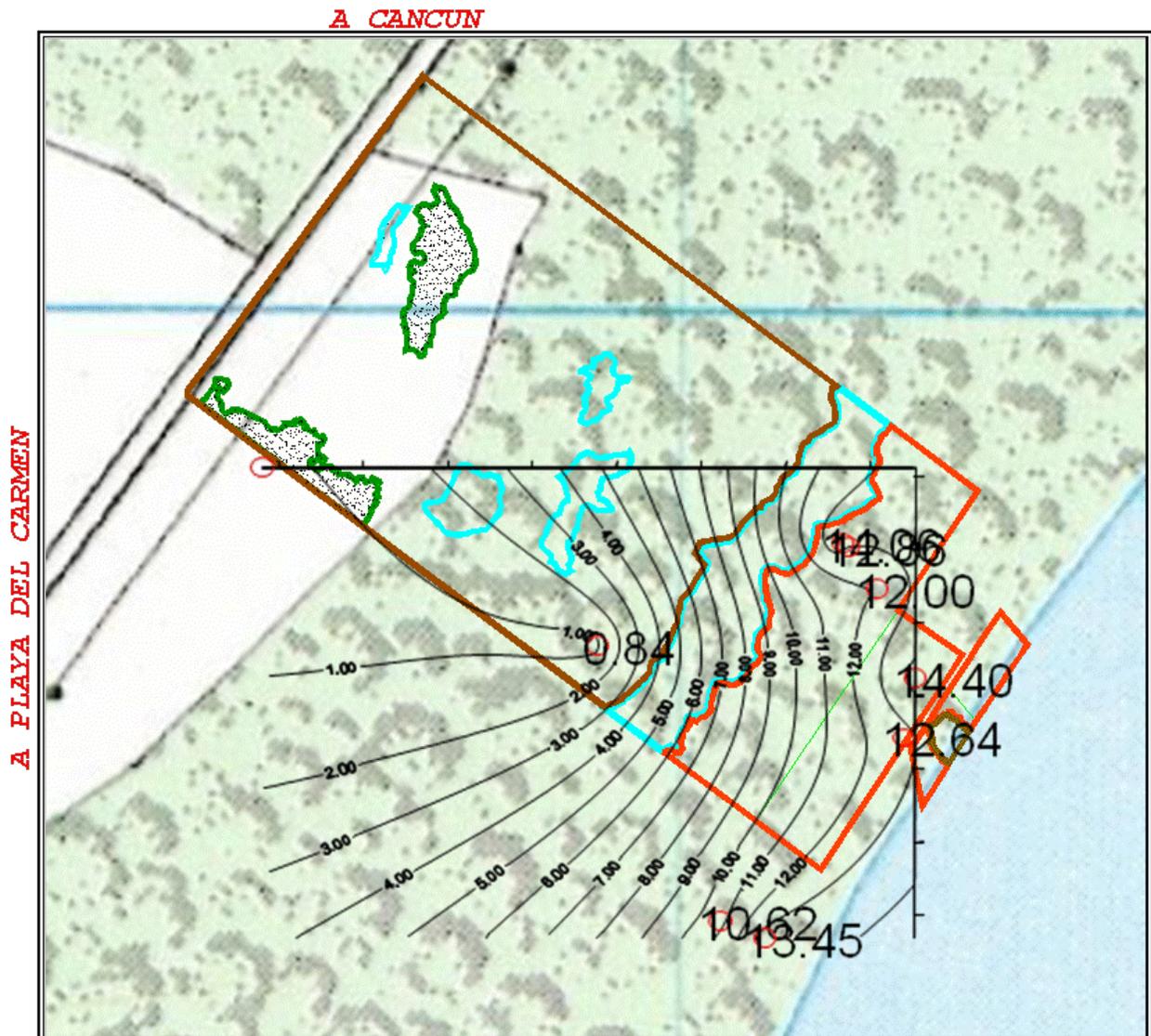


Figura No. 3.3 *Mapa de isóneas de conductividad eléctrica*

En la figura No 3.3 se muestra la distribución de la conductividad eléctrica en ms/cm. Sobre el manglar el agua es muy salobre, con valores superiores a los 8,000 ms/cm, hasta los 1,300 ms/cm en la parte más cercana a la costa.

En la parte de la selva mediana, las conductividades oscilan entre los 4,000 y 7,000 ms/cm y en la selva caducifolia los valores pertenecen a agua dulce con valores menores a los 2000 ms/cm.

En la figura No. 3.6 muestra a continuación que existe un gran depósito de agua salobre en el SEV-1 y SEV-3. Este puede ser producto del Huracán Wilma, el cual realizó un depósito mecánico de agua de mar-sedimentos a esta zona, area donde precisamente se encuentra el manglar afectado (muerto).

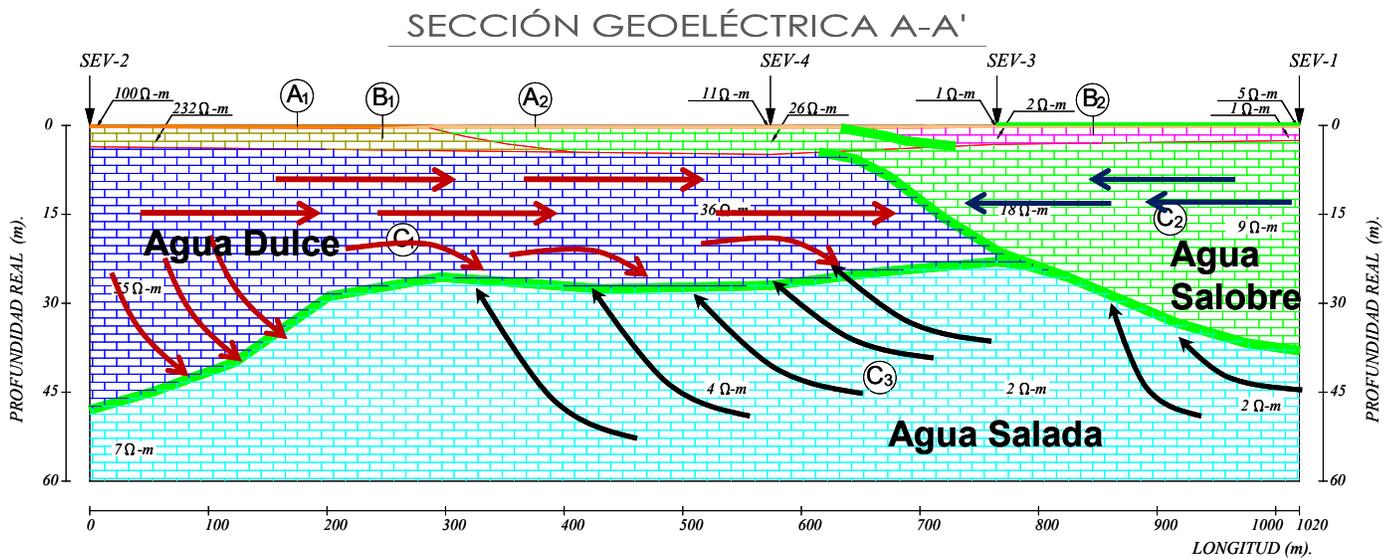


Figura No. 3.5 *Modelo geohidrológico conceptual*

4 EXPLORACIÓN GEOFÍSICA DEL SUBSUELO POR EL MÉTODO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

4.1 Prospección de agua subterránea

La prospección del agua requiere un conocimiento básico de los diferentes tipos de formaciones que contienen agua subterránea y que pueden encontrarse en el subsuelo. En éste marco debe desarrollarse el enfoque de su exploración para el abastecimiento de agua.

El agua subterránea es captada en poros, vacíos o fisuras en formaciones geológicas. Los poros son los espacios entre los granos minerales en estratos sedimentarios, de rocas sedimentarias y en rocas intemperizadas. La cantidad de espacios entre los poros en una formación rocosa depende de factores tales como tamaño y forma de los granos, texturas, compactación y presencia de material de cementación. La porosidad es la relación entre el espacio de poros y el volumen total de la roca (figura No. 4.1). Una porosidad elevada no siempre indica una buena permeabilidad (potencial de contención de agua).

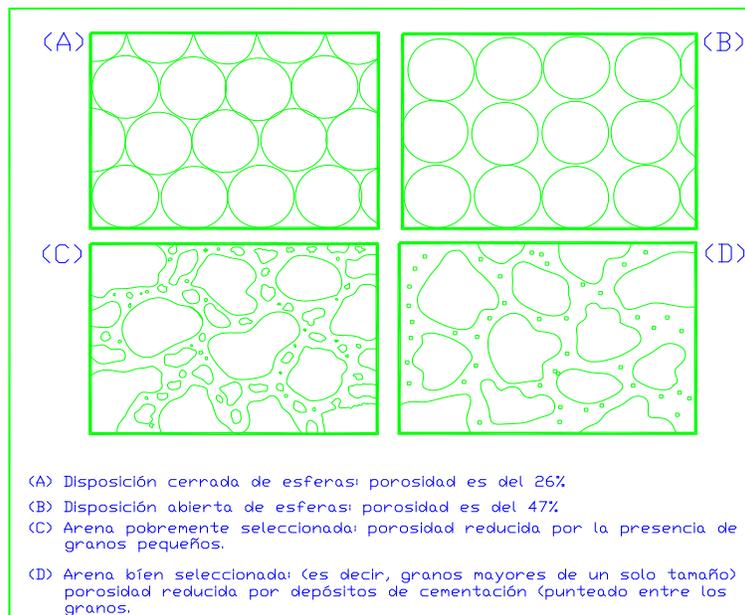


Figura No. 4.1 Porosidad y textura

Aunque las arcillas y los limos tienen una porosidad elevada, el tamaño de los poros es demasiado pequeño para permitir el agua fluir con facilidad. A todas las aberturas en las rocas tales como juntas, estratificaciones, planos de hendiduras y grietas, se les llama fisuras (en terminología hidrogeológica). Por lo general, las rocas ígneas

no son porosas, a menos que se intempericen por la acción corrosiva de elementos naturales. Las lavas que contienen cavidades formadas por burbujas de gas que escaparon de ellas durante la erupción pueden constituir una excepción. Aún cuando una formación sea altamente porosa, la permeabilidad puede ser muy baja debido a que los vacíos no siempre están interconectados. Las fisuras pueden producirse también en rocas sedimentarias.

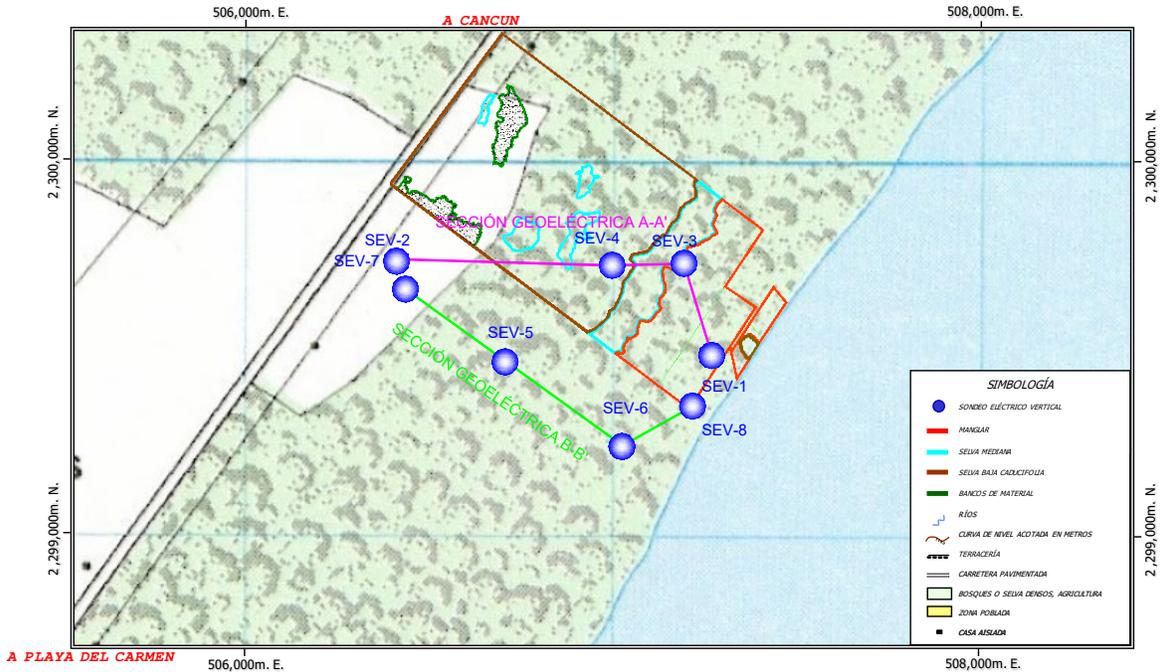
Geológicamente las fisuras jóvenes, y no intemperizadas, en todos los tipos de formaciones, tienden a cerrarse y es probable que contengan poco o nada de agua. Con la acción del intemperismo, las fisuras se abrirán cerca a la superficie del suelo pero permanecerán cerradas a profundidad.

Localización de Sondeos Eléctricos Verticales

Para el área de estudio se realizaron ocho Sondeos Eléctricos Verticales (1 al 8), con los cuales se conformaron dos perfiles de isorresistividad aparente con su respectiva sección geoelectrica, cuya distribución se muestra la figura No. 4.9.

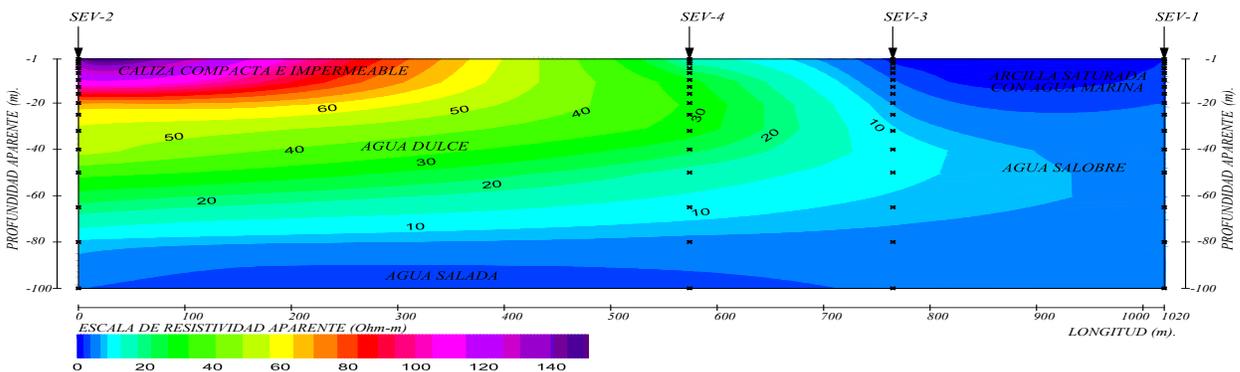
A continuación se presenta una tabla con las coordenadas UTM con el DATUM WGS84* y elevación de los SEV´s realizados (Tabla No. 4.3).

SEV	ESTE	NORTE	ELEV (m)
01	507,149	2'299,441	7
02	506,310	2'299,691	17
03	507,075	2'299,685	15
04	506,884	2'299,680	9
05	506,599	2'299,424	5
06	506,909	2'299,200	15
07	506,334	2'299,617	19



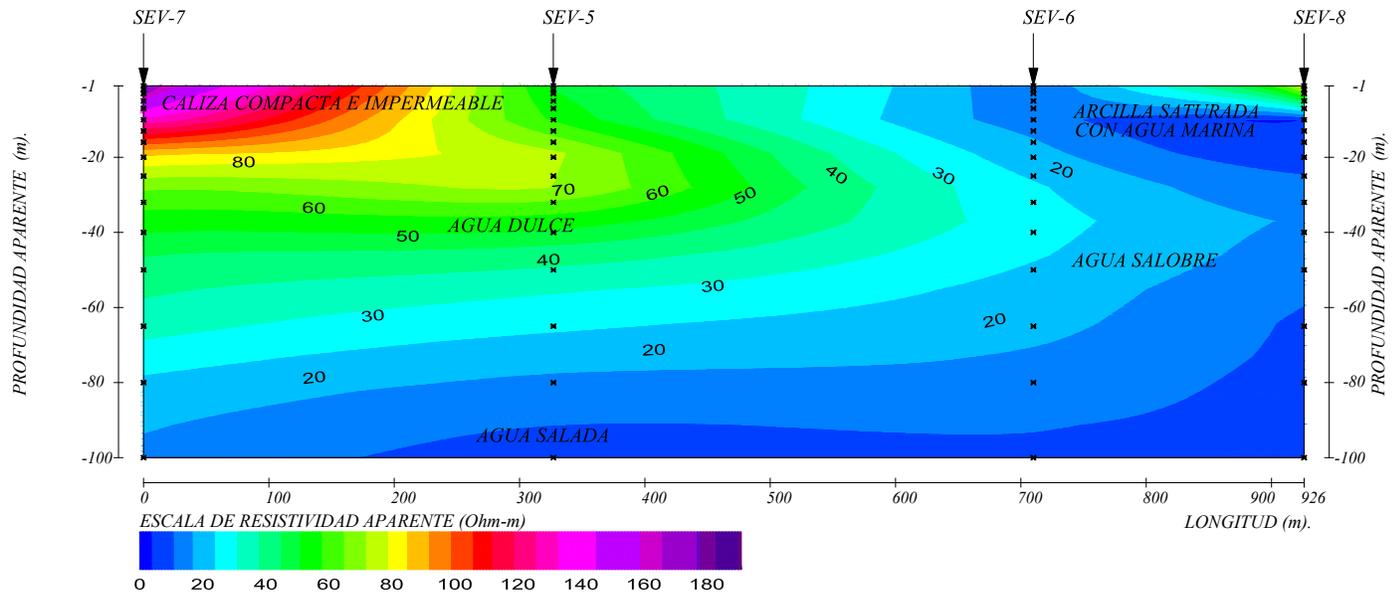
Sección de isorresistividad aparente A-A'

Esta sección está integrada por los SEV's 1, 2, 3 y 4, tiene una longitud de 1020 m y muestra cuatro anomalías geofísicas, asociadas principalmente con los cambios litológicos y de saturación; los tonos azules representan resistividades bajas y predominan en la sección, se asocian con una caliza saturada con agua salada; los tonos cian representan la interfase de agua dulce y salada, es decir agua salobre; las tonalidades verdes constituyen resistividades medias, se localizan principalmente en la parte izquierda y media del perfil y se asocian a una caliza saturada con agua dulce. Finalmente los tonos rojos y morados observados en la parte superior izquierda corresponden a una caliza compacta e impermeable, como lo muestra la figura No. 4.9 y plano No. 4.1.



Sección de isorresistividad aparente B-B'

Esta sección está integrada por los SEV's 5, 6, 7 y 8, tiene una longitud de 926 m y muestra nuevamente cuatro anomalías geofísicas, asociadas principalmente con los cambios litológicos y de saturación; los tonos azules representan resistividades bajas relacionadas con una caliza saturada con agua salada, esta se localiza desde la parte superior derecha hasta la base de la sección; los tonos verdes muestran resistividades medias y conciernen a una caliza saturada con agua dulce; los tonos naranja, rojo y violeta se coligan con resistividades altas y se relacionan con una caliza compacta e impermeable, como lo muestra la figura No. 4.10 y el plano No. 4.2.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área de estudio se localiza en el Km 313+500 de la carretera Chetumal Puerto Juárez, Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo, en la zona norte del corredor turístico Maya, para ser más precisos aproximadamente a 40 Km al sur del aeropuerto de Cancún. Geográficamente se limita por las coordenadas UTM con el DATUM WGS84: 2'299,150 a 2'300,100 Norte y 506,200 a 507,210 Este; Zona 16.

El objetivo principal del estudio es determinar las unidades geohidrológicas del subsuelo y determinar a través de la exploración geofísica la zona de intrusión salina con el agua dulce, profundidad de los estratos saturados con agua dulce y salobre, dirección de la intrusión, cuerpos de agua que generan la intrusión y de manera

particular las causas que están ocasionando que el manglar existente en el área presente alteraciones.

Geológicamente el área de estudio se caracteriza por presentar rocas de tipo sedimentario (carbonatos de calcio y calizas con diferente grado de alteración, intemperización y fracturamiento) y suelos de caliche, saskab y arenas finas con intercalaciones de limos y arcillas.

En los puntos monitoreados se determinó la cantidad de sólidos totales disueltos (STD) con un medidor portátil, en la zona del manglar los STD aumentan conforme se acerca a la costa. Las mediciones de STD varían de 7000 ppm hasta los 4000 ppm, tratándose de un agua salobre con alto contenido de sodio que probablemente supere al ion calcio y magnesio y su relación de adsorción de sodio ser muy altos de manera que ni el mismo manglar podría tolerar valores tan altos.

Los valores de conductividad eléctrica se comportan muy parecidos a los de los STD presentando el mismo patrón en el plano de isolineas.

El acuífero de agua dulce, es un cuerpo de agua muy vulnerable a contaminarse debido a que se localiza a escasos metros de la superficie además de tener valores de permeabilidad y transmisividad altos. También es fácil romper el equilibrio entre la zona salada y la zona dulce, este rompimiento puede ocasionar una intrusión marina irreversible que puede inutilizar el acuífero.

Para el área de estudio se realizó un estudio geofísico de tipo geoelectrico, integrado por ocho Sondeos Eléctricos Verticales obteniendo como resultado ocho unidades geoelectricas, las cuales se describen en el párrafo siguiente.

El estudio de prospección geofísica arroja las siguientes unidades geoelectricas: UNIDADES A1, A2 y A3; se correlacionan con las cubiertas superficiales de caliche,

depósitos de arenas y fragmentos de caliche y arenas de playa respectivamente, de baja permeabilidad; subyaciendo a estas encontramos las UNIDADES B1 y B2, la primera asociada a saskab consolidado e impermeable y la segunda a depósitos conformados por arcillas, arenas y saskab con saturados con agua marina, de baja permeabilidad. Finalmente se presentan las UNIDADES C1, C2 y C3, correspondientes a una caliza y/o carbonatos de calcio saturados con agua dulce, salobre y salada respectivamente.

De acuerdo a los resultados geofísicos y el análisis geohidrológico realizado para el área de estudio se concluye que existe un desequilibrio en el acuífero del área, debido a que existen zonas en las que encontramos la presencia de agua salada y/o sales por encima del agua dulce; provocando en este caso afectaciones a la flora y fauna (la biota), para ser mas precisos al manglar rojo.

BIBLIOGRAFÍA

Astier Jean Louis., 1984., Geofísica Aplicada a la Hidrogeología. Paraninfo; Madrid, España.

Custodio, E.R., Llamas, 1971., Hidrología Subterránea. Ed. Omega, Tomos I y II., España.

Chow, Ven Te. Maidement David, R. Mays Larry, 1994., "Hidrología Aplicada" Edit. Mac Graw Hill. Santa Fé de Bogotá, Colombia.

Instituto Nacional de Geografía e Informática, S. P. P., Carta Topográfica, Escala: 1:50,000., Hoja: Puerto Morelos, Quintana Roo, Clave: F16-D51.

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, S. P. P., Descripción de las Provincias Fisiográficas de México. Información de Internet en la página: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/definiciones/provincia.cfm?c=444&e=02>

Llamas José., 1989., Hidrología General, Principios y Aplicaciones., Edit. Universidad Autónoma del Estado de México., Toluca, Estado de México.

Lugo, H. J., 1990., El Relieve de la República Mexicana., UNAM., Instituto de Geología., Revista. vol. 9., No. 1. Mijailov L. 1989., "Hidrogeología". Edit. Mir. Moscú.

Mijares F., 1989., Fundamentos de Hidrología de Superficie., Edit. Limusa., México., D. F.

Monsalve, S.G., 1999., "Hidrología en la Ingeniería" Edit. Alfaomega. Colombia.
Morán, D. 1984., Geología de la República Mexicana, INEGI-Facultad de Ingeniería UNAM.

Niedzielki, P., Henryk M., 1985., "Geohidrología I"., Edit. Universidad Autónoma Metropolitana., México., D. F.

Orellana E., y Mooney H. 1982., Tablas y Curvas Patrón para Sondeos Eléctricos Verticales sobre Terrenos Estratificados., Interciencia., Madrid., España.

Orellana E., 1982., Prospección Geoeléctrica por Corriente Continua., Paraninfo. Madrid., España.