

Estudios geofísicos e hidrogeológicos para la caracterización del acuífero León-Chinandega.

Marvin Corriols M.

Centro de Investigaciones Geocientíficas CIGEO, UNAN-Managua.

Resumen Se realizaron Investigaciones geofísicas e hidrogeológicas en el área del acuífero León-Chinandega con el fin de caracterizar la estructura interna del mismo, así como los orígenes y procedencias del agua subterránea en la zona. Los resultados geológicos y geofísicos mostraron un ambiente típico de regiones costeras. El basamento se caracteriza por su topografía irregular y profundidades variables. Los métodos geofísicos delimitaron la presencia de dos unidades geo-eléctricas, las que de acuerdo a la información geológica pueden ser asociadas como los acuíferos principales en el área. Los resultados obtenidos a partir de los estudios realizados con isotopos estables y datación a partir de Clorofluorocarbonos (CFC), muestran que las aguas subterráneas son relativamente jóvenes (menores a los 50 años) y que las aguas que se encuentran en el acuífero somero provienen en mayor proporción de aguas infiltradas en las partes bajas. Los pozos someros son los que presentan mayores niveles de contaminación, así como mayor variedad de pesticidas.

1. Introducción

A partir de 1999, la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua a través de su Programa Multidisciplinario de Investigación Ambiental (PMIA), ha venido desarrollando diversos estudios ambientales en el área de la planicie de León-Chinandega, con el fin de obtener parámetros que permitan definir el comportamiento de las aguas subterráneas.

El área de estudio presenta una topografía suave desde el nivel del mar en las áreas costeras, aumentando suavemente hasta alcanzar los cientos de metros altura en las faldas de la cadena volcánica (figura 1.a).

El acuífero de León-Chinandega se encuentra localizado en la planicie del mismo nombre y está situado paralelo a la línea costera en la región noroeste de

Nicaragua (figura 1.b). La planicie está delimitada al noreste por la cadena volcánica nicaragüense y al sur-este por el Océano Pacífico.

La geología del área está constituida principalmente por tres unidades geológicas principales (figura 2):

La Formación Tamarindo es la unidad geológica más antigua (Mioceno) y es considerada como el basamento de la planicie, está compuesta de una secuencia de lavas e ignimbritas volcánicas (Naciones Unidas, 1974) y se ha estimado un espesor aproximado de 600 metros. Sobreyaciendo esta Formación se expone una capa de suelo arcilloso que se cree es producto de los procesos de meteorización de la misma (Naciones Unidas, 1974, Ryom, 2004, Corriols, 2003).

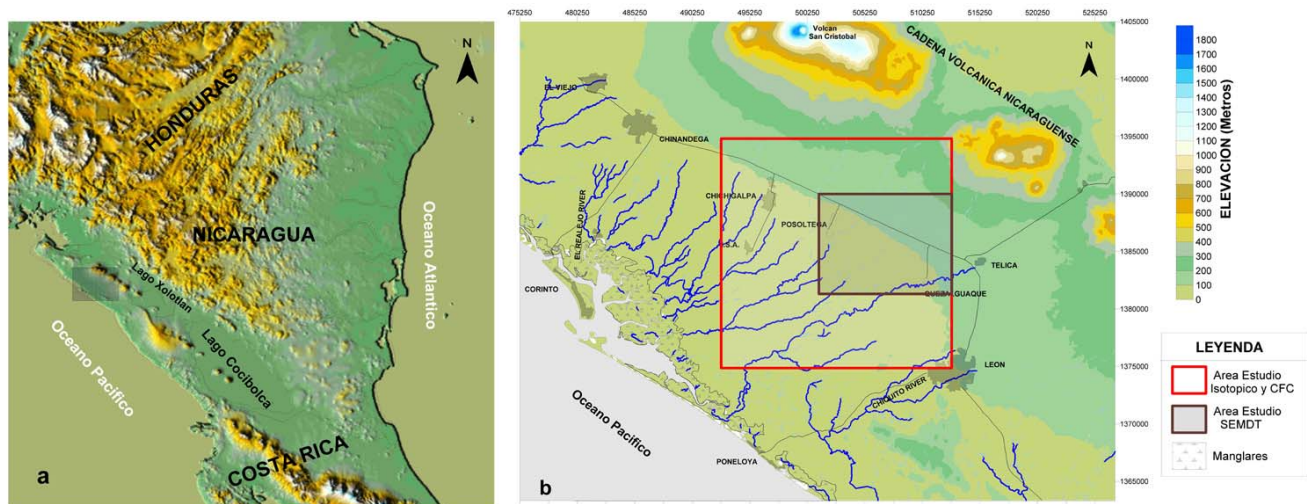


Figura 1.a. Mapa de ubicación geográfica de la planicie León-Chinandega. 1b. localización de las áreas para los estudios isotópicos y de la malla de sondeos electromagnéticos.

Sobreyaciendo esta unidad se encuentra la Formación Las Sierras (Plio-Pleistoceno), la que está constituida principalmente por tobas y pómez, intercalados con cenizas, brechas y escoria volcánica. Los depósitos no son totalmente compactos y están parcialmente meteorizados. Su espesor ha sido estimado alrededor de los 220 metros (Naciones Unidas, 1974).

Hacia el techo de la secuencia se presentan depósitos piroclásticos y aluviales reciente, los que cubren la mayor parte de la superficie de la planicie y están compuestos principalmente por cenizas, pómez y flujos de lava. Los materiales más jóvenes corresponden a materiales aluviales recientes. Se componen principalmente por limos, arenas y gravas.

2. Metodología de Investigación.

Los trabajos de campo de campo fueron planificados desde un punto de vista multidisciplinario, concentrándose en cuatro áreas de investigación: geología, geofísica, hidrogeología e hidroquímica.

La primera etapa de investigación consistió en un reconocimiento geológico general del área de estudio. Durante esta etapa se identificaron diferentes afloramientos de rocas volcánicas e intrusivos. Los resultados fueron comparados y correlacionados con los mapas geológicos regionales existentes, obteniéndose un mapa geológico más detallado del área de estudio (CIGEO, 1999).

A continuación se procedió a las investigaciones geofísicas, con el fin de obtener información acerca de la geometría y distribución del acuífero, así como información concerniente a su litoestratigrafía. Se utilizaron diferentes métodos geofísicos, entre estos podemos mencionar eléctricos en corriente continua, donde se realizaron un total de 51 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), 50 Imágenes Tomográficas de Resistividad Eléctrica (ITREs) y 3 registros eléctricos de pozos.

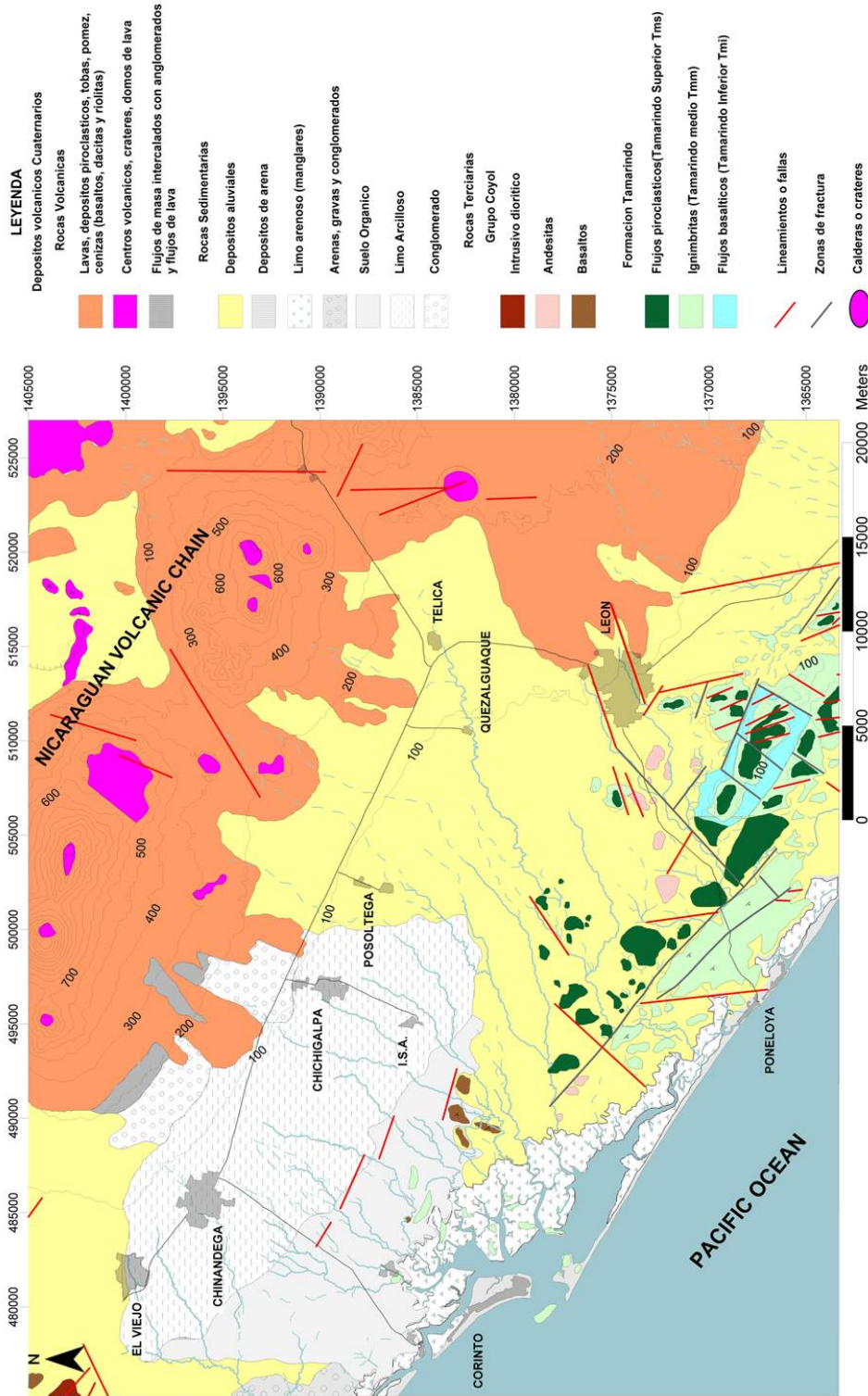


Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio (Modificado de CIGEO, 1999; Corriols y Dahlin, 2008).

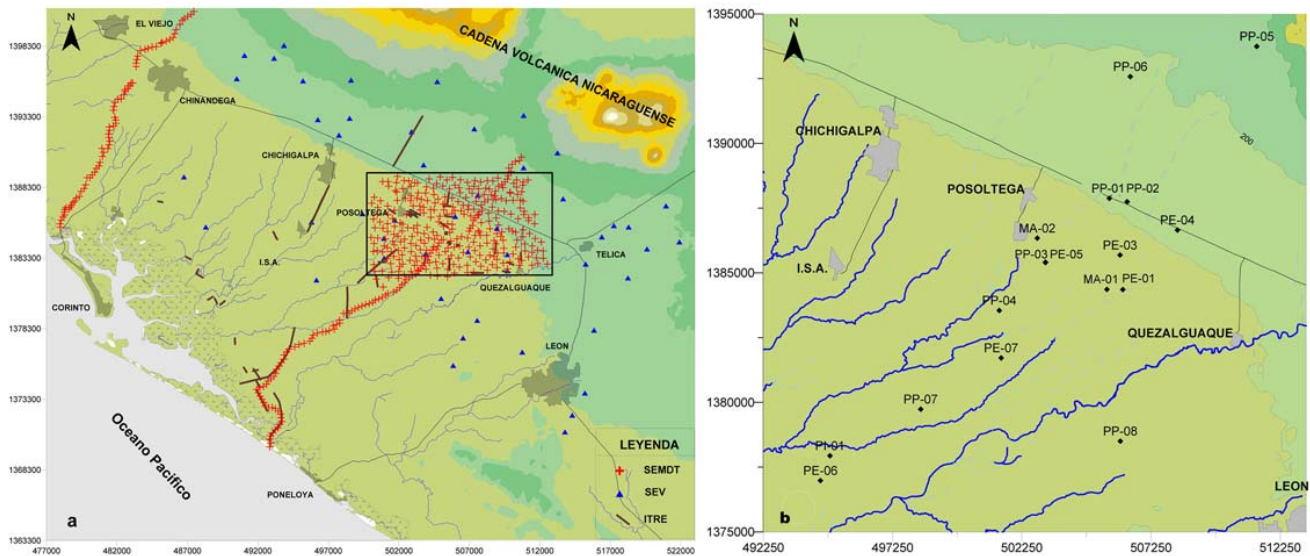


Figura 3.a. Mapa de localización de los trabajos geofísicos realizados en el área de estudio. 3.b. Mapa de localización de los sitios muestreados para la realización de análisis isotópicos y de datación de aguas subterráneas.

Se realizaron un total de 472 Sondeos Electro-Magnéticos en Dominio del Tiempo (SEMDT). Los que fueron divididos en dos perfiles transversales a la costa y en una zona en la parte central de la planicie entre los poblados de Posoltega y Quezalguaque (Figura 3.a)

Desde el punto de vista hidrogeológico era necesario conocer las alturas a las que se infiltra el agua meteórica en el sub-suelo, con el propósito de obtener un estimado de las distancias recorridas en el acuífero hasta su extracción en el punto de muestreo, así como el porcentaje de agua proveniente de las cotas mayores a los 280 m.s.n.m., se realizaron análisis de isotopos estables (Oxígeno 18 y Deuterio).

Otro dato de intereses es el de las edades aparentes de las aguas subterráneas, por lo que se realizaron análisis de Clorofluorocarbonos (CFC-11, CFC-12, CFC-113). Un total de 17 puntos fueron muestreados y analizados (Figura 3.b.), los que se distribuyeron en las partes altas, medias y bajas de la planicie.

Análisis hidroquímicos, también fueron realizados en diferentes puntos de la planicie para obtener información relacionada con las características físico-químicas, tipos de aguas y niveles actuales de contaminación de las aguas subterráneas en diferentes periodos de tiempo. Dos campañas de de muestreo de aguas subterráneas fueron llevadas a cabo, en las que se analizaron parámetros como pH, STD, EC, temperatura, aniones y cationes principales, así como pesticidas organoclorados y organofosforados.

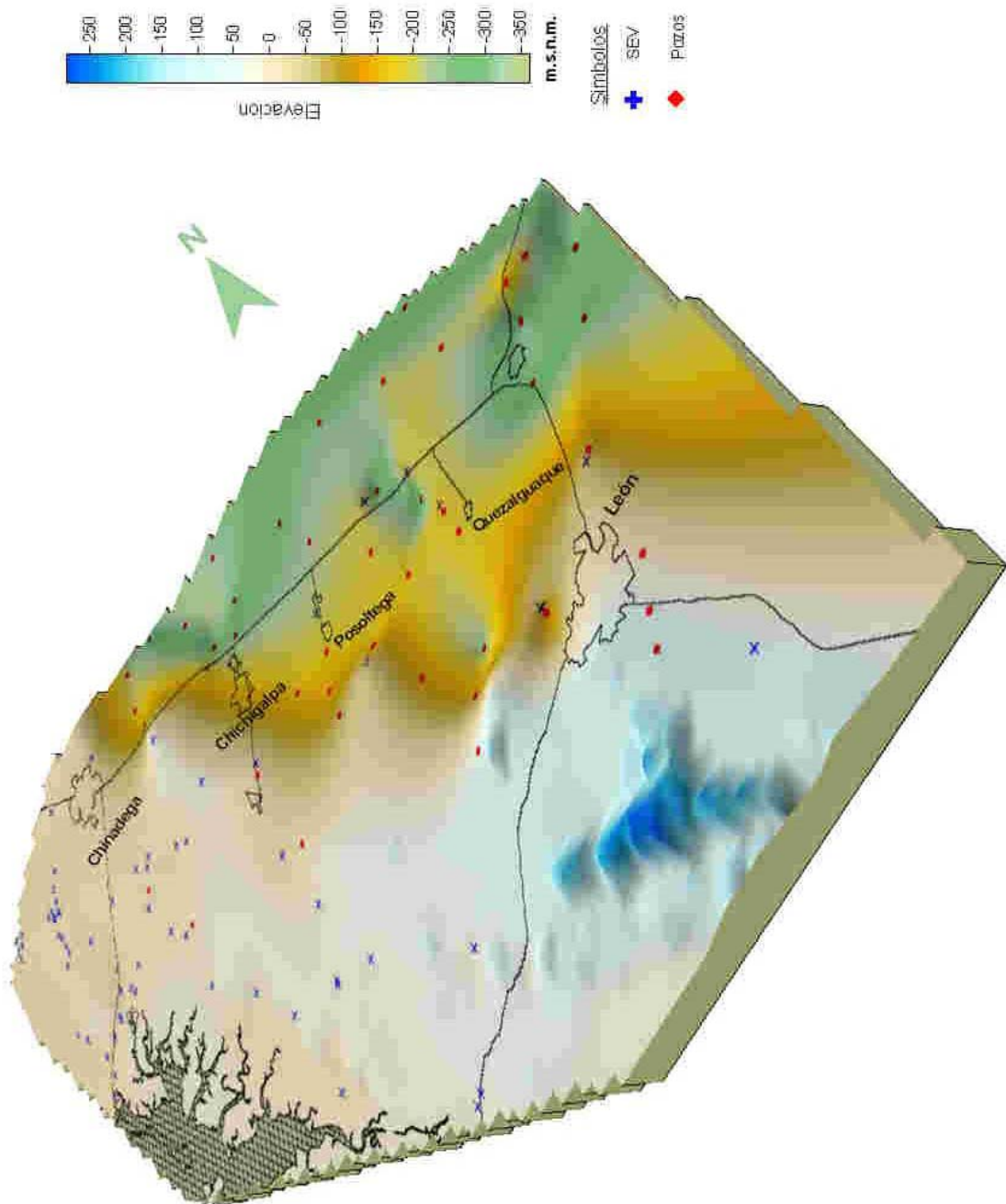


Figura 4. Modelo tri-dimensional del comportamiento del basamento en la planicie de León – Chinandega.

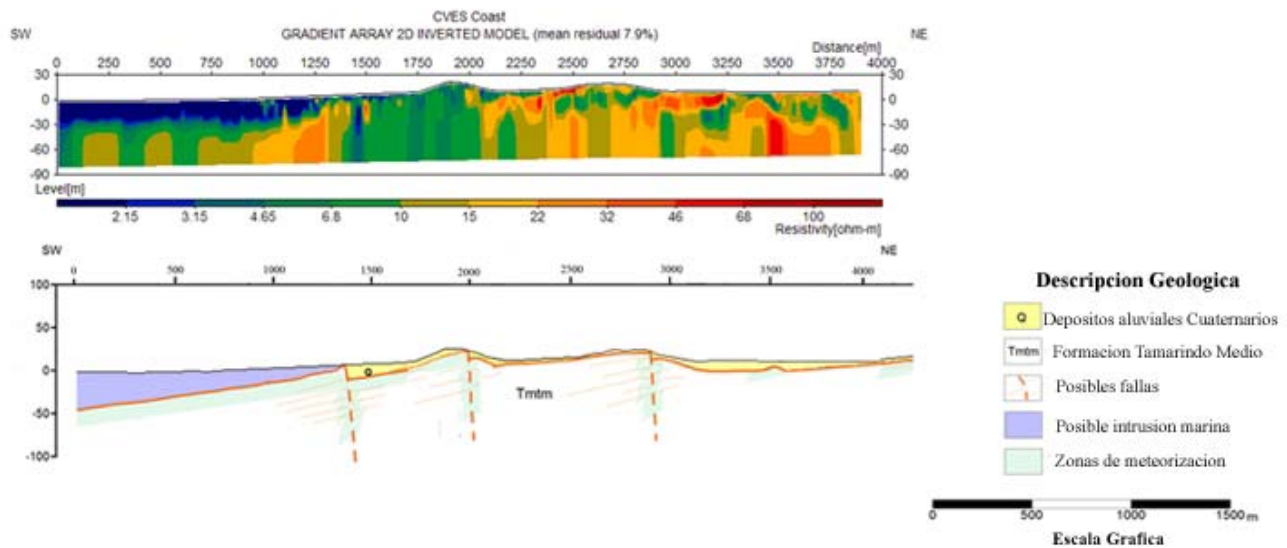


Figura 5. Cortes geo-eléctricos en profundidad obtenidos a partir de la malla de sondeos electro-magnéticos entre los poblados de Posoltega y Quezalaguaque.

La primera campaña de muestreo se llevo a cabo en el año 2002 donde se analizaron 28 puntos de los cuales a 15 se analizaron para pesticidas organoclorados y 13 para organofosforados. En el año 2005 se llevo a cabo la segunda campaña de muestreo de aguas subterráneas donde se investigaron 17 sitios.

Todos los puntos muestreados fueron georeferenciados con sistemas de posicionamiento global diferencial (D-GPS).

3. Resultados.

Con la información de los SEV se ha determinado el comportamiento geoeléctrico de los diferentes estratos en la planicie, así como las profundidades al basamento impermeable del acuífero. Un mapa de basamento fue elaborado a partir de los SEV, ITREs y datos de pozos existentes que alcanzaron el basamento.

Del análisis del mapa es posible decir que la profundidad aumenta a medida que nos acercamos a la Cadena Volcánica Nicaragüense. Así mismo, se identificó la existencia de una zona de mayor profundidad, localizada entre las ciudades de Quezalaguaque y Posoltega (ver figura 4).

Los resultados obtenidos a través los métodos geofísicos han permitido obtener una imagen clara de la estructura interna del acuífero.

Los resultados geofísicos muestran que la existencia de tres capas, la primera capa posee valores resistivos entre los por un modelo de tres capas (Corriols et al, 2009), donde la primera capa geo-eléctrica presenta altos valores resistivos asociados a arenas, limos y algunos materiales arcillosos, esta capa se puede asociar a un

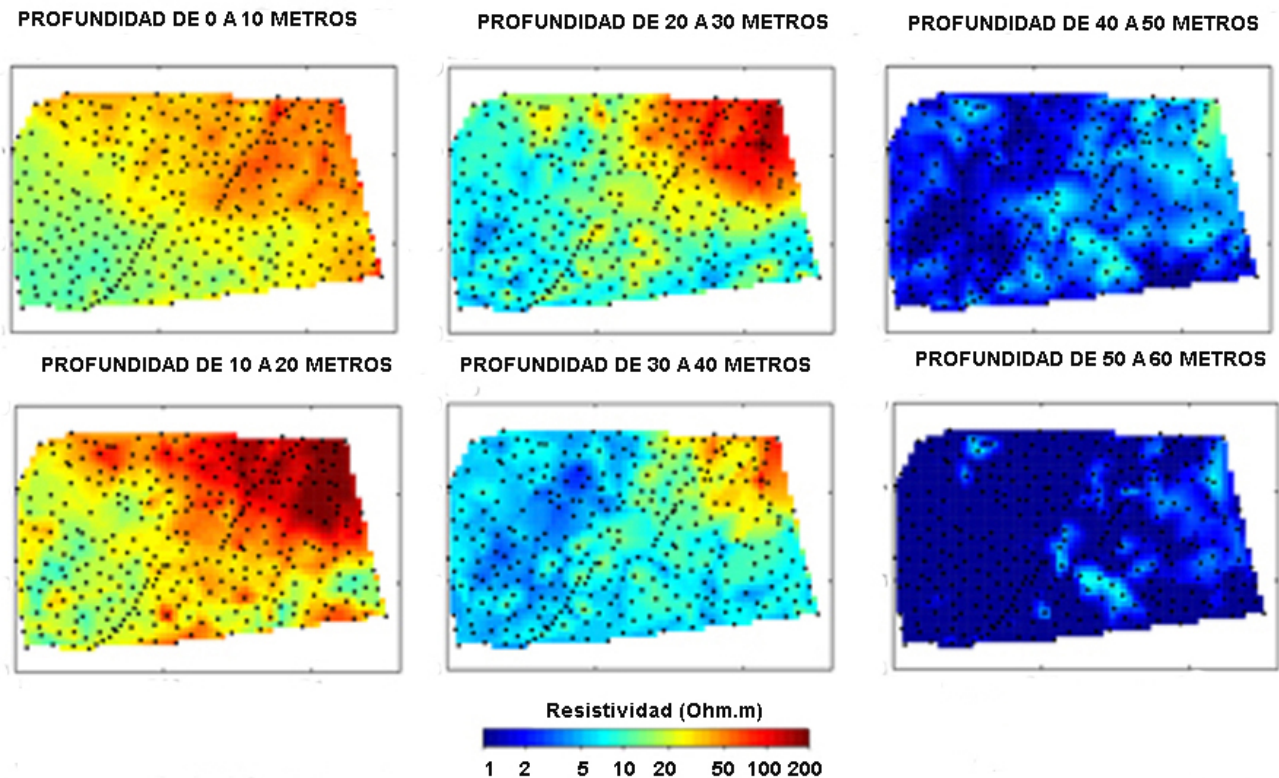


Figura 6. En la parte superior se muestra una tomografía eléctrica en un área costera y en la parte inferior su posible interpretación geológica.

acuífero somero de muy alta transmisividad. Subyaciendo esta capa se localiza una gruesa capa con bajos valores resistivos (figura 5), estos valores pueden ser asociados a tobas, depósitos volcánicos y con mayor presencia de materiales arcillosos, esta segunda capa se puede asociar desde un punto hidrogeológico con la existencia de un acuífero más profundo y de una menor transmisividad hidráulica. Una tercera capa de alta resistividad se puede encontrar en profundidades entre los 40 hasta los -250 m.s.n.m., profundizándose en dirección a

la cadena volcánica y es asociada con la presencia de las rocas que conforman el basamento impermeable del área.

En las áreas costeras, el basamento se encuentra a profundidades someras y en algunos sitios aflorando. Lo que puede servir como una barrera natural al proceso de intrusión marina es estos sitios, los resultados obtenidos a través de los ITREs han brindado excelentes resultados para mapear estos procesos de intrusión salina a como se puede observar en la figura 6 (Corriols y Dahlin, 2008).

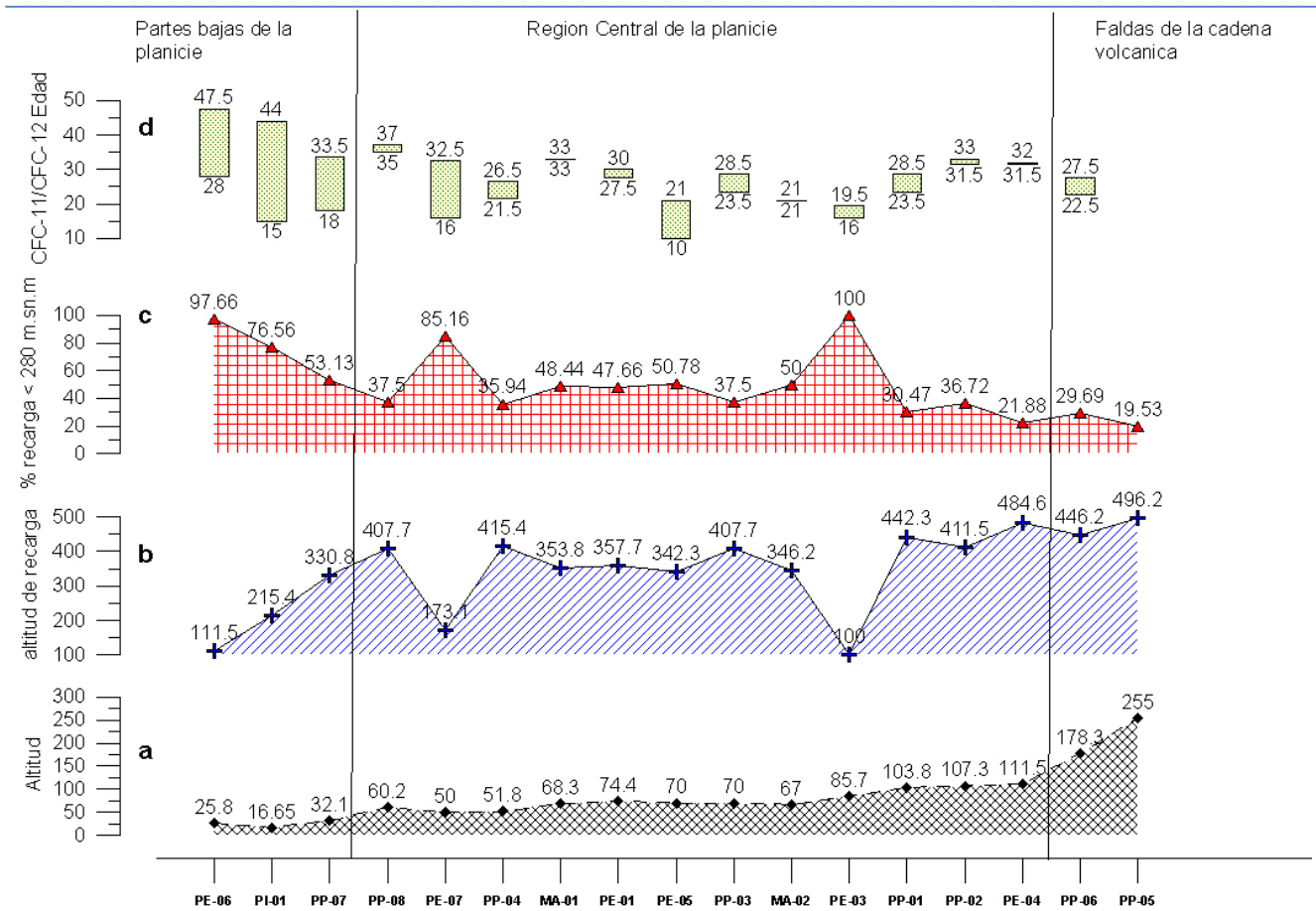


Figura 7.a. Datos de altura en los sitios muestreados, 7.b. Altitud de recarga estimada para las muestras tomadas, 7.c. Porcentaje de agua infiltrada a alturas menores de 280 metros, 7.d. Edad aproximada para las muestras analizadas a partir de los datos de CFC11 y CFC 12.

Los resultados obtenidos a través de los análisis químicos en las aguas subterráneas de la región muestran que las aguas son del tipo carbonatadas (CaHCO₃). Así mismo los análisis de pesticidas no encontraron residuos de pesticidas organofosforados en los pozos analizados, pero si se encontraron en algunos pozos la presencia de pesticidas organoclorados tales como Dieldrin, DDD, DDE y DDT entre otros (Dahlberg y Obedjer, 2002).

Los pozos someros fueron los que presentaron más variedad de pesticidas, así como las mayores concentraciones. Los pozos profundos muestran niveles menores de contaminación, lo cual podría indicar una comunicación vertical entre las diferentes unidades hidrogeológicas.

Los resultados isotópicos muestran que los pozos con mayores profundidad presentan un mayor porcentaje de aguas que provienen de las laderas de la cadena volcánica (325 – 475 metros de altura).

Los pozos poco profundos presentaron un mayor porcentaje de agua proveniente de la planicie (75 – 325 metros de altura (figura 7.a, b y c).

La datación obtenida a partir de los CFC, muestran que la edad relativa de las aguas subterráneas para la planicie de León-Chinandega son menores a los 50 años, en donde los pozos profundos presentan las mayores edades (Figura 7d).

4. Conclusiones.

En la planicie de León-Chinandega se ha podido determinar la existencia de dos acuíferos, el primero está constituido por materiales permeables y de muy alta transmisividad con un espesor no mayor de los 40 metros. El segundo acuífero posee un mayor espesor (en algunos lugares sobrepasa los 150 metros) y posee menor transmisividad. El basamento del acuífero está constituido por rocas volcánicas del Terciario y presenta una topografía irregular.

Las aguas subterráneas son relativamente jóvenes (no mayores de los 50 años), los pozos profundos presentan un mayor porcentaje de aguas recargadas a mayores alturas y por ende de mayor edad. La presencia de aguas recargadas en altas elevaciones en los pozos someros indica que existe comunicación entre el acuífero somero y el profundo lo que puede facilitar el proceso de contaminación de las aguas profundas.

5. Bibliografía.

CIGEO. (1999), Estudio geofísico de resistividad eléctrica entre las subcuencas de los ríos Chiquito y El Realejo, NW de Nicaragua. Volumen I. Centro de Investigaciones Geocientíficas, CIGEO, UNAN-Managua. Managua, Nicaragua, 91 pp.

Corriols, M. (2003). Hydrogeological, Geophysical and Hydrochemical Investigations in the León-Chinandega Plains. Licentiate Thesis. Lund University, Lund, Sweden, 156 pp.

Corriols, M. and Dahlin, T. (2008). Geophysical characterization of the León-Chinandega aquifer. Hydrogeology Journal. Vol. 16. No. 2. Pp 349-362.

Corriols, M. et al. (2009), Aquifer investigations in the León-Chinandega plains, Nicaragua, using electromagnetic and electrical methods. Near Surface Geophysics. Vol 7, No 5, pp 413-425.

Dahlberg, C, and Obedjer, W. (2002). Investigation of Hydrochemical Characteristics and Pesticide Concentrations in Groundwater at Posoltega, León-Chinandega Plains, Nicaragua. M.Sc. Thesis. Lund University, Lund, Sweden, 157 pp.

Naciones Unidas. (1974). Investigaciones de Aguas Subterráneas en la región del Pacífico de Nicaragua. Volumen I. Zona de Chinandega. Nueva Cork, U.S.A., 120 pp.

Ryom, M. (2003). Hydrogeophysical Investigations in Different Geological Environments in Tropical Climates. Universidad de Aarhus, Dinamarca. M.Sc. Thesis. Aarhus University, Denmark, 143 pp.

6. Agradecimientos.

Este trabajo forma parte del Programa Multidisciplinario de Investigación Ambiental (PMIA), auspiciado por el Gobierno de Suecia a través de SIDA-Sarec y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua, y llevado a cabo por el Centro de Investigaciones Geocientíficas CIGEO, UNAN-Managua. Se agradece de manera especial a los

profesores Torleif Dahlin y Gerhard Barmen del Departamento de Ingeniería Geológica de La Universidad de Lund, Suecia, así como al profesor Niels B Christensen del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de

Aarhus en Dinamarca y a los estudiantes de grado y post grado Victoria Cáceres de la UNAN-Managua, Wiveka Obedjer, Carl Dahlberg de la Universidad de Lund y Mette Ryom de la Universidad de Aarhus.