

# Caracterización Hidrogeológica de la Localidad de Sayá

Fernando H. Álvarez R., Paola L. Romero C.  
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra,  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador  
fhalvarez@hotmail.com, plromero@espol.edu.ec

## Resumen

*La localidad de Sayá se encuentra en el sector este de la Península de Santa Elena (Ecuador). El clima semi árido propiciado por la situación geográfica junto con el incremento de la demanda de agua, han hecho preciso un conocimiento de los recursos hídricos subterráneos. Así pues, el objetivo principal de esta tesina es caracterizar el sistema acuífero local considerando el funcionamiento hidrogeológico.*

*Ha sido recopilada la información de varios trabajos previos y además sean desarrollados tareas de campo y de gabinete en el periodo 2008-2009. Los resultados ponen de manifiesto que el sistema local está compuesto por dos unidades hidrogeológicas. Las arenas de la Formación Tablazo y la arenisca posiblemente del Grupo Azúcar con una media 134.4 m<sup>2</sup>/día. El flujo hidráulico de la región circula básicamente de noroeste a sureste y localmente sufre un cambio de dirección hacia las captaciones que se encuentran expuestas a un régimen de explotación mayor.*

*Las conductividades eléctricas oscilan entre 500 – 4000  $\mu$ S/cm, se puede inferir que el agua es de tipo salobre. La utilización de las reservas estimadas está en el orden de 32500 m<sup>3</sup>/año.*

**Palabras Claves:** Unidad Hidrogeológica, Nivel Piezométrico, Conductividad Eléctrica

## Abstract

*The town of Saya is in the eastern sector of the Santa Elena Peninsula (Ecuador). Semi arid climate fostered by the geographical location along with the increased demand for water must have knowledge of groundwater resources. Thus the main objective of this thesis is to characterize the local aquifer system considering the hydrogeological performance.*

*Information has been gathered from several previous works are well developed and field tasks and office in 2008-2009. The results show that the local system is composed of two hydrogeological units. Formation sands and sandstone Tablazo possibly Sugar Group with an average 134.4 m<sup>2</sup>/day. The hydraulic flow in the region basically runs from northwest to southeast and locally undergoes a change of address to the deposits, which are exposed to a higher operating system.*

*The electrical conductivities ranging from 500 - 4000  $\mu$ S / cm, we can infer that the water is brackish type. The use of estimated reserves is in the order of 32500 m<sup>3</sup> / year.*

**Keywords:** Hydrogeologic Unit, Groundwater Level, Electrical Conductivity

# 1. Introducción.

La localidad de Sayá se encuentra ubicada al Este de la Península de Santa Elena, con una precipitación media anual de 300 mm.

El abastecimiento de agua para el consumo humano, y agrícola en la zona rural de la provincia de Santa Elena es mayoritariamente por pozos los cuales captan el agua subterránea, y por albarradas que almacenan la escorrentía producto de las pequeñas precipitaciones en la época lluviosa.

En la zona de estudio se explotan trece pozos ubicados alrededor de una albarrada con profundidades entre (7 - 12 m) de los cuales el agua del pozo Sayá 1 es para uso domestico y el resto para actividades agrícolas. Figura 3.

De acuerdo con la problemática del sector expuesta anteriormente, la escasa disponibilidad de recursos hídricos y el desconocimiento del medio, el objetivo fundamental de la tesina es determinar las características hidrogeológicas del sector de Sayá y como específicos los siguientes:

- Definir unidades hidrogeológicas.
- Analizar la evolución temporal de los niveles piezométricos.
- Analizar la evolución temporal y espacial de conductividad eléctrica y temperatura.
- Definir el comportamiento hidrogeológico en el sector de Sayá.



Figura 1. Ubicación Geográfica de localidad de Sayá.

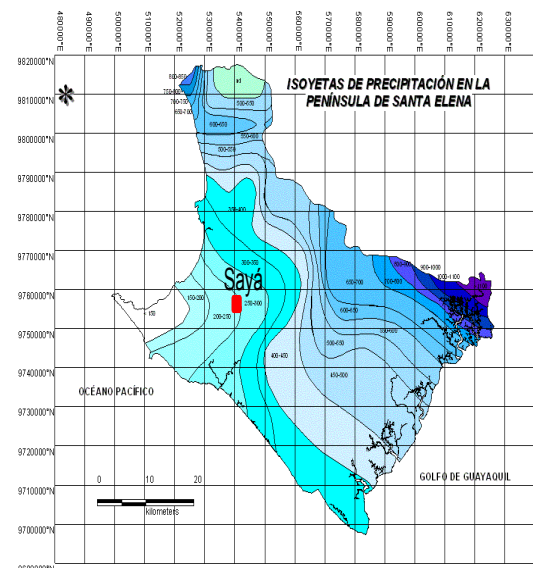


Figura 2. Mapa de ISO yetas de la Península de Santa Elena. (ESPOL-OIEA, 2006, ECU/8/026)

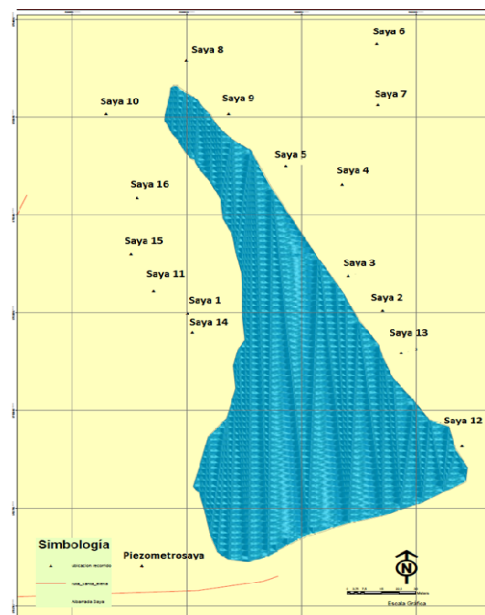


Figura 3. Mapa ubicación espacial de las captaciones. (ESPOL-OIEA, 2006, ECU/8/026)

## 2. Geología

El área de Sayá está constituida por materiales arenosos, pertenecientes a la Formación Tablazo. Estos depósitos de Edad Cuaternaria se presentan en forma de arenas poco consolidadas.

Al Norte y Este afloran areniscas, areniscas arcillosas del Grupo Azúcar. Cortando a estas en la parte norte aparecen los materiales aluviales recientes del río Asagmones, que se caracterizan por ser niveles bien clasificados de arenas y rodados de tamaño variable provenientes del Grupo Azúcar, Formación Santa Elena o Formación Tablazo.

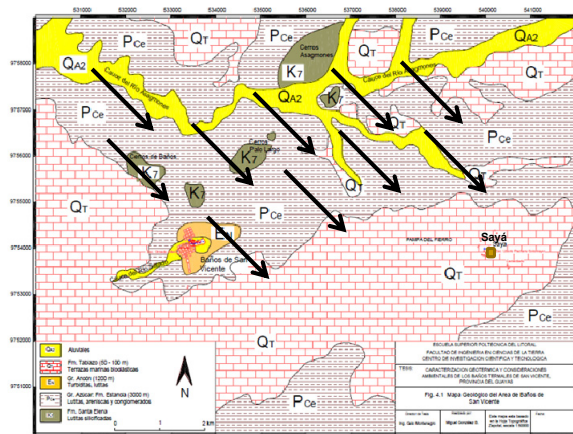


Figura 4. Mapa geológico de la comunidad de Sayá. (Gonzales M., 2003).

## 3. Hidrogeología

El funcionamiento hidrogeológico de la península, considerada como un todo, consiste esencialmente en un acuífero único con unas zonas de recarga predominantemente en el norte y con un flujo Noroeste - Sureste que descarga al mar en las zonas de costa. En el transcurso entre las primeras y las segundas, el agua encuentra materiales que favorecen su circulación o su almacenamiento y la disposición de estos materiales en profundidad, junto con sus características hidráulicas relativas diferenciadas por su propia litología y composición es lo que define a los sistemas acuíferos locales dentro del sistema peninsular.

De esta forma, la naturaleza y disposición espacial de las formaciones presentes en el subsuelo condicionan de forma fundamental el flujo de agua, así como su relación hidráulica.

## 3.1 Unidades Hidrogeológicas

La visión local del sistema revela la presencia de dos unidades hidrogeológicas: Las arenas de Formación Tablazo, y arenisca subyacente posiblemente del Grupo Azúcar. El acuífero se puede considerar como un sistema acuífero libre compuesto por estas dos unidades hidrogeológicas que están conectadas hidráulicamente mediante las superficies de contacto que hay entre ambas.

Según el estudio geoelectrico la unidad hidrogeológica formada por la Formación Tablazo se encuentra a una profundidad desde los 2 m hasta los 13 m y en otros sectores hasta los 37.9 m, espesor promedio de 23,5 m con valores de resistividad de 5.1 a 27  $\Omega$ -m debido a que el agua en esta zona es salobre.

Se estima que aproximadamente a partir de los 40 m de profundidad existe la presencia de una capa con características hidrogeológicas favorables para la ocurrencia de agua subterránea, que probablemente pertenece a las areniscas del Grupo Azúcar, espesor promedio de 14 m con valores de resistividad de 57  $\Omega$ -m. Dando una potencia media total de 37,51 m con un espesor saturado promedio de 27,5 m. Figura 5.

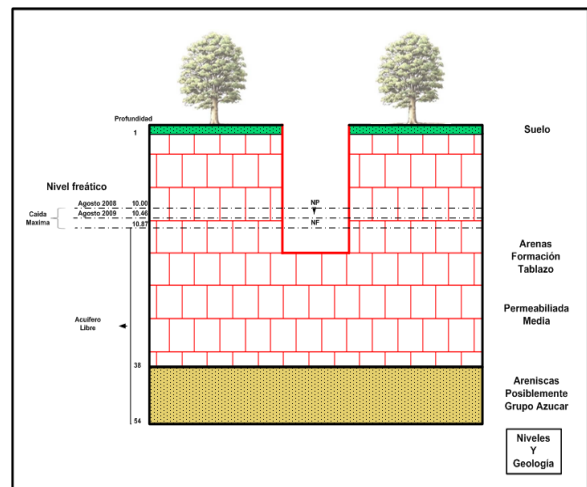


Figura 5. Esquema Acuífero de la localidad de Sayá.

La unidad que se explota en la localidad, es la formada por las arenas con una granulometría media a fina de la Formación Tablazo según levantamiento litoestratigráfico, con porosidad efectiva 15 – 22%. El nivel freático en promedio se encuentra a 10 m de profundidad según levantamiento piezométrico de las captaciones de la zona de estudio.

### 3.2. Evolución Temporal de Niveles Piezométricos

En la Península se puede hablar de un acuífero general con una superficie piezométrica que alcanza sus máximos en el sector Norte, con zonas de recarga preferente de depósitos aluviales de las cuencas hidrográficas y un flujo generalizado hacia el mar. De esta forma, la situación estructural de las formaciones geológicas hace que el flujo en la zona discorra desde las estribaciones del Norte hacia el mar con dirección Noroeste - Sureste.

Los datos para elaborar las piezometría local proceden del inventario llevado a cabo durante el 2008 y 2009 del Proyecto ECU /8/026.

Se han representado de forma gráfica los niveles piezométricos y las profundidades de cada pozo, en función del tiempo.

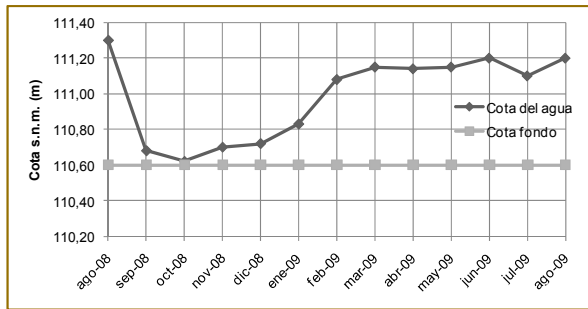


Figura 6. Evolución temporal del nivel piezométrico, profundidad, y conductividad eléctrica en el pozo Sayá 4.

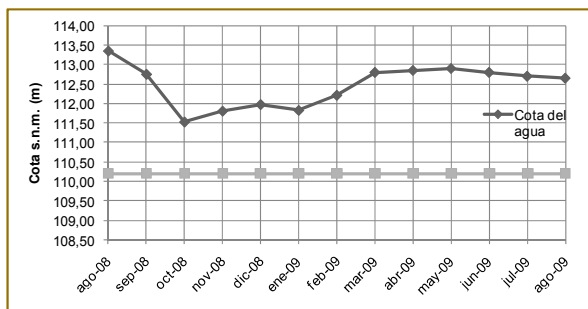


Figura 7. Evolución temporal del nivel piezométrico, profundidad, y conductividad eléctrica en el pozo Sayá 6.

Se observa un comportamiento generalizado de descensos en los últimos meses del 2008 (Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre) con una media de 0,87 m, coincidiendo con el final de la estación seca del año 2008 y una recuperación tras las lluvias del año 2009 con una media de 0,41 m pero no alcanza los niveles del 2008. Considerando que los datos de precipitación aportan información importante para la piezometría de las captaciones, en la figura 8, y figura 9 se observa que las precipitaciones del 2008 están por

encima de la media y las del 2009 por debajo de la lo que indica que fue un año seco y esto se ve reflejado en los niveles piezométricos del año 2009 que no alcanzaron los niveles del año 2008.

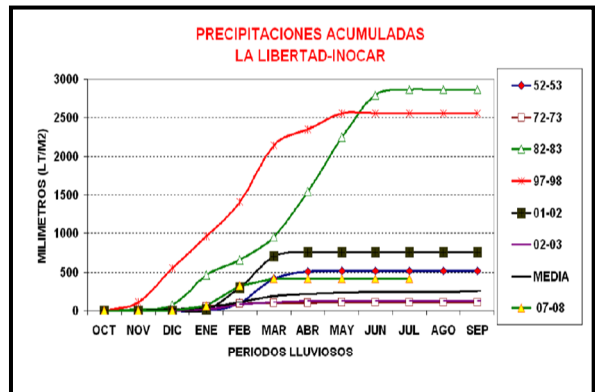


Figura 8. Precipitaciones Acumuladas La Libertad – INOCAR. (Gálvez H., Regalado J., 2010).

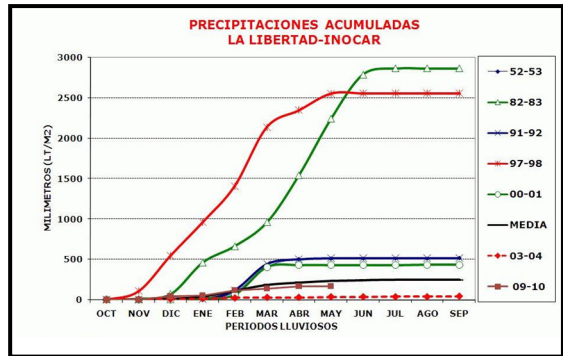


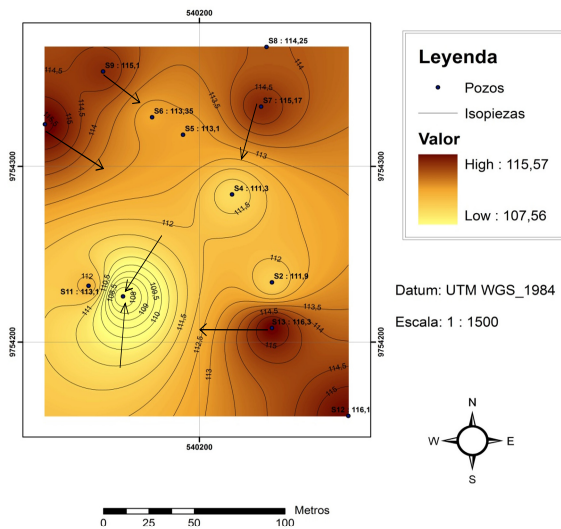
Figura 9. Precipitaciones Acumuladas La Libertad – INOCAR. (Gálvez H., Regalado J., 2010)

La representación espacial de las captaciones se representa en la figura 9.

### 3.3. Piezometría

La determinación de la piezometría en la zona de estudio se ha llevado a cabo a partir de la caracterización de un acuífero único con dos capas de diferente permeabilidad.

Con los datos piezométricos disponibles se han elaborado los mapas piezométricos referidos a 2008 y 2009. En estos años 2008 y 2009 se reflejan los datos de niveles del inventario del Proyecto ECU 8/026.



**Figura 10.** Mapa Piezométrico de la zona de estudio – Marzo 2009

En la localidad de Sayá las isopiezas debería conforme al esquema piezométrico general de la península, ser paralelas a la dirección noreste-suroeste indicando un flujo de las aguas subterráneas noroeste-sureste, pero sufren un cambio importante y el flujo de agua subterránea es hacia el pozo Sayá 1, el cual está sometido a un régimen de captación mayor a las otras captaciones.

Existe una variedad de gradientes hidráulicos que van desde (5 – 10%). Estos valores de gradiente son debidos al régimen de explotación que está sometido las captaciones y la disposición espacial de estos que es menor al radio de influencia e indica una transmisividad media relativa del acuífero.

### 3.4. Variación del Almacenamiento

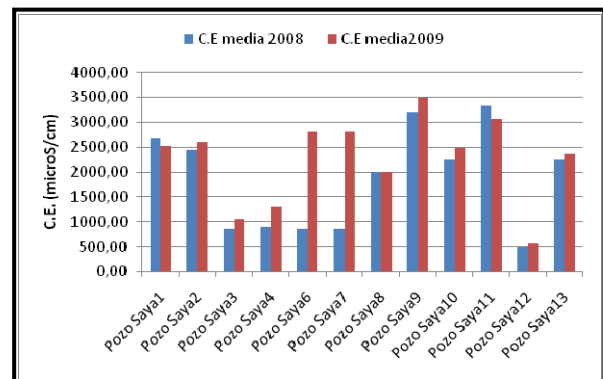
La existencia de un descenso generalizado en los niveles piezométrico indica que en el periodo de estudio existe una disminución del almacenamiento de agua subterránea entre los años en que se realiza el balance. Este descenso del nivel piezométrico podría fijarse en una media de 0,87 m y el área en donde tiene lugar es la localidad de Sayá con 250000 m<sup>2</sup>. Se estima una porosidad eficaz de 0,15 del acuífero formado por las arenas de la Formación Tablazo. La disminución de las reservas, producido por el consumo para actividades agrícolas y doméstico, se ha estimado en 32500 m<sup>3</sup>/año.

## 4. Hidroquímica

### 4.1 Conductividad Eléctrica

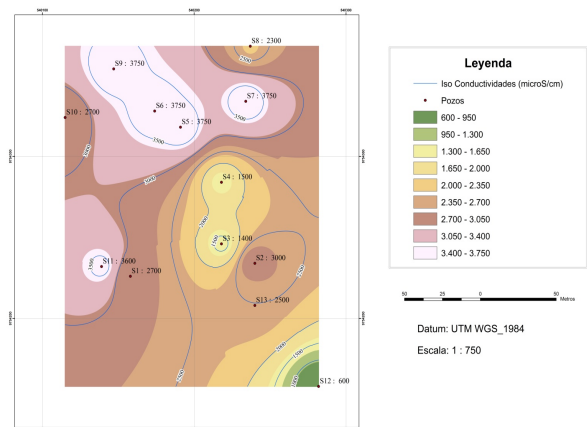
Las distribuciones de conductividad eléctrica del periodo de estudio 2008 al 2009 se recogen en la

Figura 11. En 2008 la conductividad eléctrica media es de 1842  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que en 2009 es de 2257  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Lo cual muestra un aumento medio de 415  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aproximadamente.



**Figura 11.** Conductividad eléctrica media de las captaciones.

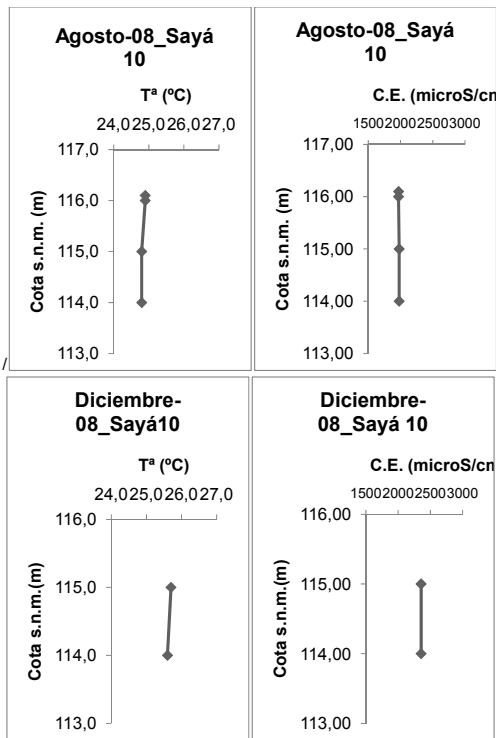
El mapa de Iso conductividades (Figura 12) se ha llevado a cabo con los niveles máximos que alcanzaron las captaciones en el periodo de estudio.



**Figura 12.** Mapa de ISO-conductividades.

Los valores de conductividad eléctrica descenden en el mismo sentido del flujo del agua subterránea desde la zona central donde está ubicada en superficie la albardada lo que indica que está aportando agua al acuífero

Las profundidades de los pozos no permiten registrar variaciones significativas en la conductividad eléctrica y temperatura que indique un flujo vertical como se observa en la figura 13.



**Figura 13.** Perfiles de temperatura y conductividad eléctrica en el Sayá10.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones.

El acuífero de Sayá está constituido por dos unidades hidrogeológicas: el cuerpo de arenas de la Formación Tablazo que ocupa la parte superior y las areniscas infra yacentes posiblemente del Grupo Azúcar.

La caracterización de la unidad de las arenas de la Formación Tablazo tiene interés puesto que conforma la parte del acuífero de donde se extrae el agua. Es un medio considerado salobre de arenas medias a finas con una permeabilidad media. El cuerpo sedimentario tiene una potencia media de 23,5 m.

Por su parte, los materiales areniscos posiblemente del Grupo Azúcar son más antiguos, con una potencia media de 14 m.

Unidad Hidrogeológica	Potencia Media (m)
Arenas Formación. Tablazo	23.5
Areniscas Grupo Azúcar	14
Total	37.5

**Tabla 1.** Unidades Hidrogeológicas.

La piezometría local no está acorde con el modelo de flujo regional Noroeste-Sureste, está sufre un quiebre importante, debido a la explotación y las cercanías de las captaciones. Se observa que el flujo de aguas

subterráneas se dirige hacia los pozos ubicados en el área más interna de la zona de estudio, especialmente hacia el pozo Sayá 1, el cual se explota para el abastecimiento de agua para uso doméstico. Por lo cual está expuesto a un régimen de explotación más intensivo, es por eso que su cono de abatimiento esta en el nivel más bajo de la localidad, (107 msnm), mientras el nivel piezométrico del pozo 10 es de 116 msnm. El gradiente medio en la localidad de Sayá es de 7,5% lo que confirma la transmisividad media del acuífero.

Se aprecia un descenso de los niveles piezométricos con una media de 0.87 m en los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre, y Diciembre coincidiendo con los últimos meses de la estación seca. Luego se recuperan con una media de 0.41 m tras la época lluviosa del 2009, con una precipitación de 200 mm.

Las precipitación del 2008 es de 400 mm, la del 2009 de 200mm esto se refleja en los niveles piezométricos del 2009 no alcanzaron los niveles del 2008.

La recarga proviene de los depósitos aluviales de los ríos Asagmones que se encuentran al Norte, con porosidad efectiva de 40% y permeabilidad alta los cuales favorecen la infiltración de la escorrentía.

El espejo de agua de la albarrada está por encima del nivel freático del acuífero local lo que la convierte en un elemento más de recarga.

La variación del almacenamiento indica que se están produciendo pérdidas de las reservas del sistema de alrededor de 32500 m<sup>3</sup>/ año

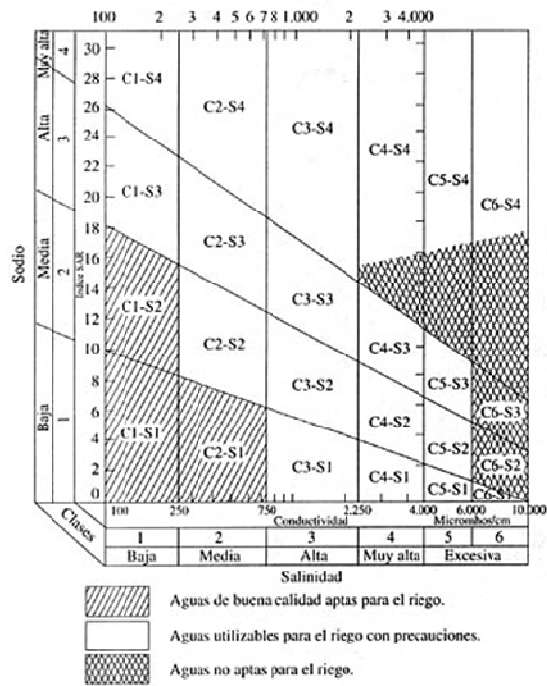
No se registran cambios significativos en profundidad, de temperatura y conductividad que indique un flujo vertical. La temperatura del agua está por encima de la media del aire, en 1.5°C.

La conductividad eléctrica es afectada por la disminución de la precipitación en el año 2009 y por la explotación. El rango de conductividad es de 500 a 4000 μS/cm. La conductividad eléctrica media subió 415 μS/cm aproximadamente.

Rango (μS/cm)	C.E media 2008 (μS/cm)	C.E media 2009 (μS/cm)	Incremento (μS/c m)
500-4000	1842	2257	415

**Tabla 2.** Resultados de Conductividad Eléctrica.

Con los valores determinados de conductividad eléctrica en pozos, concluimos según la clasificación de aguas de Riverside que es apta para riego con precauciones, para evitar la salinización del suelo y del acuífero.



**Figura 14.** Clasificación de Aguas de Riverside. (US Salinity Laboratory, 1951)

Se recomienda utilizar para abastecimiento de consumo humano los pozos que tienen rango de conductividad eléctrica 500 a 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que son los pozos Sayá 12, 3 y 4. El pozo 1 el cual actualmente se emplea para consumo humano tiene una elevada salinidad, por lo cual no se recomienda seguir con su utilización.

Dar mantenimiento a la albarrada para preservar la capacidad de almacenamiento de agua y así la población podrá disponer mayor tiempo de este recurso.

Profundizar las captaciones hasta los 50 m para acceder a mayor volumen de agua; provocar una mezcla con el agua de la unidad hidrogeológica inferior y probablemente mejorar la calidad; reconocimiento de los materiales.

## 7. Referencias.

- [1] Ecuador, Teodoro Wolf, "GEOGRAFÍA Y GEOLOGÍA DEL ECUADOR", 1892.
- [2] Ecuador, Walter Sauer, "Geología del Ecuador", 1964.
- [3] Guayaquil, ESPOL-OIEA, "Caracterización de Acuíferos Costeros de la Península de Santa Elena" ECU/8/026, 2006.
- [4] Guayaquil, Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, "Comportamiento de las Precipitaciones en la Costa Ecuatoriana", 2008.
- [5] Guayaquil, Miguel González, "Caracterización geotérmica y consideraciones ambientales de los baños termales de San Vicente, provincia del Guayas", 2003.
- [6] Guayaquil, Paola Leonor Romero, "Estudio Geológico y Planeamiento de Explotación de Aguas Subterráneas en el Sector de Santa Elena, Atahualpa, Ancón y Pechiche", 2002.
- [7] Jaillard, E.; Ordóñez, M.; Benítez, S.; Berrones, G.; Jimenez, N.; Montenegro, G. & Zambrano, I., "Basin development in an accretionary, oceanic floored forearc setting: Southern Ecuador during Late Cretaceous to Late Eocene Times. In Petroleum Basins of South America. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem", 1993.
- [8] Las Palmas de Gran Canaria, Josefa Muñoz, "Caracterización Hidrogeológica del Acuífero de la Aldea (Gran Canaria)", 2005.
- [9] Malone, P.; Fantin, F.; Tuero F., "Informe de Geología y Reservorios de los Campos

Petroleros de la Península de Santa Elena.

C.G.C., Informe Interno no publicado” ,1999.

[10]US, Salinity Laboratory, “Normas de Riverside” , 1951.