

# Estudio Hidrogeológico de la Isla Puná (Ecuador)

Johny Eduardo Cabrera García<sup>1</sup>, Paola Romero Crespo<sup>2</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

<sup>1</sup>Ingeniera de Minas 2011; email: jecabrer@espol.edu.ec

<sup>2</sup>Ingeniero en Minas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, email: plromero@espol.edu.ec

## Resumen

*La Isla Puná se encuentra ubicada en la desembocadura del Golfo de Guayaquil en Ecuador, donde prevalecen las comunidades rurales, y sus principales fuentes de trabajo lo constituyen la pesca y las actividades agropecuarias. La población se encuentra gravemente afectada por la falta de servicios básicos, dado que no existen redes de alcantarillado ni un sistema de agua potable, motivo por el cual no existe un servicio que garantice el abastecimiento de la reserva y calidad de este recurso vital que es el agua.*

*Este proyecto tiene como objeto realizar un estudio hidrogeológico de la Isla Puná, Ecuador. El estudio se realizará con el propósito de dotar de agua para agricultura a los pobladores de la Isla ya que la agricultura es su principal fuente de trabajo. El estudio constará principalmente de: estudio del agua subterránea; estudio del agua superficial; topografía; planimetría y evaluación de los parámetros del suelo para la agricultura.*

**Palabras Claves:** Hidrogeología, Isla Puná, Agua subterránea.

## Abstract

*Puná Island is located at the mouth of the Gulf of Guayaquil at Ecuador, where the prevailing rural communities, and their main jobs are the fishing and agricultural activities. The population is seriously affected by the lack of basic services, since there are no sewage systems or potable water system, which is why there is a service that guarantees the supply of the reserve and quality of this vital resource is water.*

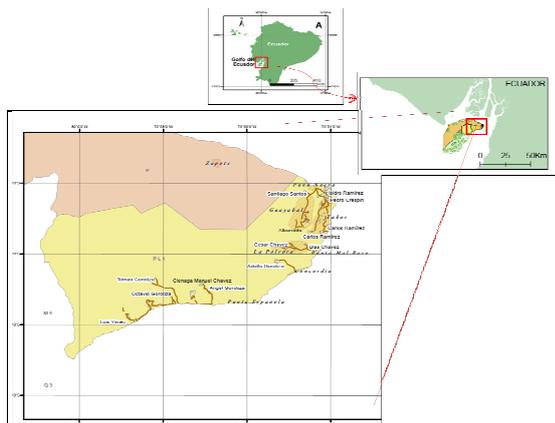
*This project aims to conduct a hydrogeological study of the Puná Island, Ecuador. The study was conducted with the purpose of providing water for agriculture to the people of the island because agriculture is their main source of work. The study consisted mainly of: the study of groundwater, surface water analysis, topography, surveying and evaluation of soil parameters for agriculture.*

**Keywords:** Hydrogeology, Puna Island, groundwater.

## 1 Introducción

La Isla Puná se encuentra ubicada en la desembocadura del Golfo de Guayaquil y tiene una extensión de 45 km en dirección NE-SO y 25 km en dirección NO-SE, se presenta en la figura 1. Está separada del levantamiento estructural de Santa Elena por el Estrecho del Morro. El área de estudio hidrogeológico en la isla es de 1400 Ha. La mayor parte de la zona de estudio en la isla está constituida por terrenos bajos, con una topografía plana de terrazas amplias. El clima es tropical,

húmedo durante el invierno y seco en el verano. Las comunicaciones hacia la isla se efectúan por vías marítimas, y en el interior se la isla se lo realizan de manera marítima y terrestres; estas últimas están constituidas únicamente por caminos de herradura.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio

Por muchas décadas los pobladores han carecido de servicios básicos en la mayoría de sus comunidades, por tanto se ven obligados a vivir limitados de este recurso tan importante. En su mayoría la población es de escasos recursos económicos y viven semanalmente transportando en botes los productos de primera necesidad, y la pesca. Además en la zona de estudio los pobladores se abastecen de agua con pozos someros, los cuales en algunos casos son salobres.

## 2 Objetivos y Alcance

El objetivo general es realizar un estudio que determine las fuentes de agua subterráneas y superficiales; para los recintos: Guayabal, La Pólvara, La Concordia, El Convento, El Tabor, Punta Mal Paso y Punta Española, pertenecientes a la parroquia Puná en la provincia del Guayas.

Para alcanzar este objetivo general, se han determinado dos objetivos específicos, con sus respectivas actividades las cuales se indican a continuación:

1. Identificar las fuentes de agua subterráneas en los recintos: Guayabal, La Pólvara, La Concordia, El Convento, El Tabor, Punta Mal Paso y Punta Española

1.1. Inventario de acuíferos subterráneos y análisis de muestras de agua.

1.2 Análisis de aguas de acuíferos.

1.3. Análisis de información geofísica de estudios realizado por PDVSA.

2 Identificar sitios a lo largo de las vertientes de los recintos: Guayabal, La Pólvara, La Concordia, El Convento, El Tabor, Punta Mal Paso y Punta Española donde sea factible la construcción de albarradas.

2.1 Inventario de vertientes superficiales en la geografía de la Isla Puná.

2.2 Nivel de agua que históricamente cae en Puná.

2.4 Establecer el sitio adecuado de represamientos de agua.

2.5 Estudio topográfico y diseño de albarradas.

2.6 Determinación de parámetros hídricos para un sistema de riego.

## 3 Antecedentes

### 3.1 Climatología

Con el fin de ampliar el conocimiento de las características de la climatología de la costa ecuatoriana, se utilizaron los parámetros: precipitación, temperatura superficial del aire G y vientos pertenecientes a la serie de datos desde 1 948 al 2 006. El INOCAR en el año 2 007 analizó estadísticamente la información correspondiente a siete estaciones que posee esta institución a lo largo de la costa y particularmente de la estación de hidrometeorología en la Isla Puná.

También es importante tomar en cuenta que en los últimos años las precipitaciones han disminuido, en las zonas áridas de las costas del Ecuador, incluyendo la Isla Puná.

### 3.2 Precipitaciones

El clima es tropical Seco y abarca gran parte la isla (Porrut, 1 995) registrando la

precipitación promedio mensual y anual en la Isla Puná, de conformidad a los registros del INOCAR en el período 1 948 al 2 006, se presenta en la figura. 2.

El mes que registra mayor precipitación media es el de febrero con 210 mm para un total anual de 680 mm/año. En cuanto a las precipitaciones máximas registradas se observa que los meses de febrero, marzo y abril son los más lluviosos con valores de 780, 600 y 700 mm/mes, y los meses menos lluviosos son desde agosto a septiembre con valores iguales a cero, con carencia total de

precipitaciones, disminución por debajo del promedio dando precipitaciones acumuladas entre 250 y 500 mm/a, según estudios realizados por el INOCAR. En la figura 2.4 precipitaciones acumuladas históricamente en Puná.



Figura 2. Precipitaciones mensuales de la Isla Puná.

### 3.3 Geología

La mayor parte de la Isla está constituida por terrenos bajos, con una topografía plana de terrazas amplias que varían en cotas desde 0 metros hasta los 80 metros sobre el nivel del mar. A partir de la cota 80 el terreno se vuelve abrupto y forma la Cordillera de Zambapala al sur de la Isla, la cual alcanza una cota máxima de 300 metros sobre el nivel del mar. Esta cordillera es una elevación abruptamente delimitada por fallas. De acuerdo a la terminología de Harding (1985) la Cordillera Zambapala puede ser interpretada como una “Estructura en Flor Positiva” formada por tectonismo dextral transpresional.

LA continuación se describen las formaciones geológicas en la Isla Puná:

**Formación Cayo (Cretácico superior):** La base de la formación está compuesta por brecha volcánica de composición intermedia a básica y toda la parte inferior está dominada por arenisca verde tobácea y wacke. Más arriba en la sección se presenta menos volcánica y en el tope de la formación las rocas dominantes son argilitas y pedernal (Feininger, 1980).

**Formación Tosagua (Oligoceno superior – Mioceno Inferior):** Abarca un ciclo de sedimentación que comprende tres miembros, de abajo hacia arriba: Zapotal (solamente en la Cuenca de Progreso), Dos Bocas y Villingota.

**Miembro Zapotal (Oligoceno superior):** El miembro presenta bancos de conglomerados y estrados decimétricos a métricos de areniscas

endurecidas. Los conglomerados están cubiertos por areniscas que afloran en la zona de Data Posorja (IGM).

**Miembro Dos Bocas (Oligoceno superior – Mioceno Inferior):** El contacto con el Miembro Zapotal es transicional, litológicamente constan de arcillas cafés en bancos centimétricos. La litología también incluye concreciones calcáreas y en la base limolitas (IGM).

**Formación Progreso (mioceno Superior):** Yace discordante sobre la formación Tosagua. Litológicamente se presenta con areniscas calcáreas, arcillas y lutitas que contienen una gran cantidad de moluscos. (Bristow y Hoffstetter, 1977).

**Formación Tablazo (Pleistoceno):** litológicamente se compone de areniscas calcáreas y conglomerados con megafósiles marinos comunes y abundantes (Bristow y Hoffstetter, 1977).

**Depósitos Aluviales (cuaternario):** Existen dos tipos de aluviones, de río y de estero. Al primero corresponden los depósitos que se encuentran relleno de las cuencas de los ríos y está formado por arenas y gravas no consolidadas. Al segundo corresponden los salitrales, compuestos predominantemente de lodo (fango) y trechos de arena fina y limos que forman terrazas un poco más elevadas y secas (IGM).

## 4 Equipos, Materiales y Métodos

Los equipos utilizados para realizar los estudios hidrológicos, topográficos, agrícolas y de riego son los siguientes:

### 4.1 Resistivímetro terrameter ABEM SAS 1 El Terrameter SAS 1000.

Para determinar los diferentes niveles subterráneos con potencial acuífero se utilizó el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), el cual es un método indirecto de investigación geofísica del terreno en el que se inyecta un flujo de corriente al suelo y se miden las diferencias de potencial (voltaje) que se generan.

Para las mediciones en campo se utilizó el dispositivo Schlumberger, el cual es una de las variantes del SEV. Los puntos A, B, M y N

corresponden a los Las puntas A y B están hechas de acero inoxidable, mientras que M y N son de material de cobre. Los electrodos exteriores o de corriente se expanden en distancias simétricas con respecto al origen, hasta una abertura máxima (AB) de 500 m, determinándose la resistividad aparente en el centro de cada estación.

#### **4.2 Sonda multiparámetro 350i WTW**

La sonda multiparámetro es un sensor adecuado para la medición de pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura. Se compone de las siguientes partes: módulo con célula conductímetro instalada fija, sonda de medición de pH desmontable, protegida y reforzada. Campos de aplicación: medición en ríos, lagos, aguas servidas, salinas, aguas subterráneas, etc. Aplicación en laboratorios de investigación de aguas.

#### **4.3 Sonda de contacto eléctrico tipo KLL Marca SEBA.**

La sonda de contacto eléctrico de SEBA es un instrumento portátil para la medida del nivel del agua y de la profundidad total en pozos. Para medidas del nivel se hace descender la sonda hasta el nivel del agua; cuando la sonda toca el agua, se genera una corriente eléctrica entre el extremo y el cuerpo de la sonda y se enciende la lámpara señalizadora. La profundidad puede entonces ser leída en el cable graduado en metros y en centí- metros. Adaptando un sensor de fondo se mide, además del nivel del agua, la profundidad total.

#### **4.4 GPS-Diferencial**

El equipo que se utilizó para la georreferenciación de los puntos de las estaciones fue un GPS diferencial. Es utilizado para hacer levantamientos topográficos que no

Requieren de mucha precisión, se lo utilizo en este proyecto para realizar la planimetría y la topografía.

Es un sistema GPS completo que permite la navegación y la medición de precisión. Incluye 3 receptores y antenas GPS.

## **4 Hidrogeología Subterránea**

El agua subterránea en zonas áridas como la Isla Puná, constituye una importante alternativa de abastecimiento de agua, debido a la escases de fuentes de agua superficial que existe en esta zona, sin embargo su posibilidad de abastecimiento está limitado a las reservas y calidad fisico-química de este recurso, motivo por el cual ha sido fundamental realizar un estudio hidrogeológico localizado en los recintos: Cabecera Parroquial, Tabor, Guayabal, La Pólvora, La Concordia y Punta Española de la Isla Puná Uno de los principales problemas que presentan los acuíferos en este sector es el proceso natural de intrusión marina, lo cual incrementa la salinidad en el agua subterránea.

El principal objetivo de este apartado es ubicar y caracterizar zonas potenciales para la explotación de agua subterránea (acuíferos), para posteriormente analizar la viabilidad de su utilización para el abastecimiento para riego.

Estos estudios hidrogeológicos incorporaron el análisis y contraste de los siguientes trabajos:

- Reconocimiento geológico de campo.
- Inventario de pozos (nivel de agua subterránea, profundidad de pozo, caudal, etc).
- Análisis fisico-químicos in-situ y en laboratorio de muestras de agua.
- Mediciones geoelectricas mediante sondeos eléctricos verticales SEV.

Esto con la finalidad de identificar acuíferos para el abastecimiento de agua para riego, que presenten buenas características para el almacenamiento (porosidad) y transmisibilidad del agua (transmisividad), además de identificar la ubicación, geometría y el espesor del acuífero.

Una herramienta fundamental en el estudio ha sido la geoelectrica, mediante el empleo de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), los cuales se realizaron con una abertura AB/2 entre 68 y 150 m, dicha abertura de los sondeos fue limitado por las características topográficas del sector de estudio, esto también dificulto la

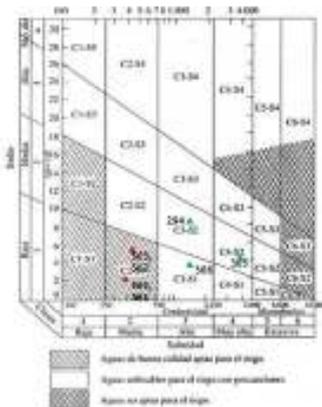
interpretación de algunos de los sondeos eléctricos realizados.

La información hidrogeológica levantada del estudio se organizó en 4 sectores,



## 6 Geoquímica

En la zona de estudio se recogieron muestras de agua a las cuales se realizaron análisis físico químicos. En la figura 7 se muestra un diagrama de clasificación de aguas para riego, algunas de las muestras que se tomaron presentaban problemas de salinidad y podían ser usadas para riego con ciertas precauciones para evitar que el suelo se salinice.



**Figura 7:** Diagrama de clasificación de agua de riego.

Adicionalmente a esto se analizaron los límites permisibles de las especies químicas con respecto a los estándares.

## 7 Conclusiones y recomendaciones

Los acuíferos determinados en este sector son someros y se encuentran en estado libre, donde el nivel de agua subterránea (nivel freático), está entre 4 a 20 m de profundidad, formado principalmente por arenas no consolidadas y areniscas. Se ha determinado un caudal de explotación de 5 l/s en el sector de Tabor, adecuado para el abastecimiento actual del sector. La zona norte desde la cabecera hasta parte de Punta Española está formado por arenas y areniscas lo que permite la formación de acuíferos de interés, mientras a partir de la finca del Sr. Ángel Gorotiza en Punta Española el terreno es más arcilloso lo que no permite la formación de acuíferos de interés

El mayor problema de salinidad se encuentra en la zona de Punta Española principalmente cerca de la

finca del Sr. Luis Yáñez, y en la Cabecera Parroquial (Pozo de la Virgen) y Tabor (Sr. Reinaldo Méndez). Mediante este estudio hidrogeológico se definió en los cuatro sectores: 1) Cabecera parroquial, 2) Tabor - Guayabal, 3) La Pólvora-La Concordia y 4) Punta Española, las zonas con mayor probabilidad para la perforación de pozos

exploratorios para evaluar la posibilidad de captación. Se recomienda la perforación exploratoria prioritaria en los siguientes puntos, por orden de prioridad:

SEV 601 (La Pólvora-La Concordia), SEV 326 (Tabor - Guayabal), SEV 248 (Punta Española) y SEV 301 (Cabecera Parroquial).

La construcción de los pozos puede realizarse de forma manual en caso de no tener las condiciones económicas para realizarlo por perforación, sin embargo este método es el más recomendable, dado que alcance en profundidad de exploración es mayor y debido a que este tipo de pozos permite una mayor eficiencia y mayor tiempo de duración.

Es importante recalcar que la prospección geoelectrica de aguas subterráneas son mediciones indirectas las cuales deben ser corroboradas por pozos exploratorios, ubicados en los sitios recomendados por la interpretación de los SEV, además la determinación de las profundidades de las capas geoelectricas no es exacta, debido a la complejidad y heterogeneidad de la geología.

En cuanto a la topografía y planimetría:

- Las parcelas se encuentran muy esparcidas o distribuidas en una superficie muy extensa lo que dificulta establecer medidas de solución globales, como es el caso de los sistemas de riego.
- Las extensiones que se tienen corresponden únicamente a la parte cultivada con sembríos de chirimoya, lo que no representa la extensión completa de cada finca y que no ha sido cultivada o posee otro tipo de cultivo.
- El levantamiento planimétrico refleja la extensión y dimensiones de los terrenos cultivados dentro de la precisión que se requiere para el proyecto y no debe ser tomado como plano definitivo para propósito de legalizaciones de tierras.
- El levantamiento topográfico representa el modelo del terreno con una

precisión decimétrica, la cual es suficiente para determinar la tendencia de las pendientes, por lo que los datos de ésta deben ser usados solamente para propósitos de diferencias de alturas o desniveles generales en las fincas.

- Se recomienda realizar un levantamiento catastral de todas las fincas con sus respectivos propietarios y, de esta manera tener un conocimiento completo de la cantidad de tierras no cultivadas y, susceptibles de usarlas para otro tipo de cultivos. Dada la extensión, se recomienda trabajar con imágenes satelitales de alta resolución con sus respectivos controles de campo.
- Es recomendable así mismo, realizar un levantamiento topográfico de toda la zona, incluyendo las zonas que no pertenecen a los miembros de la asociación, ya que es posible que en estas se identifiquen zonas que beneficien a todo un conjunto de parcelas aledañas.

Existen zonas bajas en las que se puede almacenar agua en las épocas secas.

- En cuanto a la calidad del agua se puede observar que existe agua de calidad suficiente para ser usada para la agricultura, pero se debe realizar un control de la misma para que no se salinice por efecto de la intrusión marina. Estas aguas son utilizables para la agricultura, pero con precauciones.
- Es importante realizar un análisis físico químico de las aguas completas para conocer si hay presencia de contaminantes, en la zona de la cabecera parroquial alrededor del pozo principal existen pozos sépticos e incluso un botadero de basura.

## 8 Referencias

Appelo, C. y D. Postma (2 005).- *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Balkema, 649 pp.

Bristow C., Hoffstetter R.; 1 977; *Lexique Stratigraphique International*. Ecuador

Consortio Perfored - Higgeco. Cantarida PDVSA (2 009). Informe técnico: investigaciones de resistividad eléctrica para la exploración de aguas subterráneas en la Isla Puná. Quito..

Consortio Perfored - Higgeco. Cantarida PDVSA (2 009). Informe técnico: Perforación de pozo de agua subterránea en la comunidad Río Hondo. (Isla Puná– Prov. del Guayas).

Consortio Perfored - Higgeco. Cantarida PDVSA (2 009). Informe técnico: Perforación de pozo de agua subterránea en el sector del pozo de PDVSA (Isla Puná – Prov. del Guayas).

Custodio, E. y M. R. Llamas (Eds.) (1 983).- *Hidrología Subterránea*. (2 tomos). Omega, 2 350 pp. Feininger, T.; 1 980; *La geología histórica del Cretácico y el Paleógeno de la Costa Ecuatoriana*, Politécnica, Monograf. Geología IGM. Instituto Geográfico Militar del Ecuador. 1 975. Hoja Geológica de la Isla Puná, hoja 18. Inamhi, Inocar, Anuarios meteorológicos, Estaciones UTN.

Instituto de la potasa y el fósforo, 2003; José Espinoza, Bogotá-Colombia.

Libro azul, 2 002 Samuel Román c; Ing. Agr.m.sc, Chile.

Mashav, 1996; Daniel Savaldi; ing. Hidráulico, Cinadco-Israel.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. Libro VI de la Calidad Ambiental. Ecuador. 1

de marzo 2 010 [http://www.ambiente.gov.ec/contenido.php?cd=86]

Ministerio del Ambiente de Ecuador. Libro VI de la Calidad Ambiental. Ecuador. 1 de marzo 2010 Murray, S.; Conlon, D.; Siriong, A.; and Santoro, J., 1 973; *Circulation and salinity distribution in the Río Guayas Estuary*, Ecuador; Coastal Studies institute, Louisiana State University. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del Agua Potable Tercera

Edición, Capítulo 12. Ecuador. 1 de marzo 2 010. Padula L.; 1 977; *Geología General del Litoral Pacífico Ecuatoriano*; Universidad de Guayaquil.

Universidad de Chile; 2 008, departamento Ing. Civil; *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*