



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE**



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA  
CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL  
CARIBE**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS  
DE ARCAL**

**INFORME ANUAL  
COORDINADORES DE PROYECTO**

**Panamá, enero 2016**



## INTRODUCCIÓN

El informe anual de los coordinadores de proyecto muestra el trabajo realizado durante la gestión mostrando de manera cualitativa el desarrollo del proyecto.

Para contar con la información necesaria y útil, para el seguimiento y desarrollo del proyecto se hace necesario contar con una estructura de informe, la cual se presenta a continuación.

El Coordinador de Proyecto es el responsable de hacer llegar, hasta el 1 de febrero de cada año, el informe anual de su proyecto al Coordinador Nacional de su país.

## ÍNDICE

### ESTRUCTURA DEL INFORME ANUAL

- 1.- Resumen Ejecutivo
- 2.- Impacto de las actividades del proyecto en el país
- 3.- Resultados, dificultades y problemas presentados durante la marcha del proyecto.

### 1. Resumen Ejecutivo

#### **XVI Reunión del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA) Reporte de Participación – Rolando Gittens**

El Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en América Latina y el Caribe (ARCAL) tiene como misión contribuir al desarrollo sostenible de la región de América Latina y el Caribe mediante la cooperación entre los países, para la promoción y uso pacífico y seguro de la ciencia y la tecnología nucleares en la solución de problemas prioritarios de la región. Los objetivos estratégicos de ARCAL se detallan a continuación:

1. Fortalecer la cooperación entre los países de la región para resolver los problemas prioritarios, en sectores identificados, mediante el uso óptimo, la actualización, modernización y transferencia de tecnología nuclear.
2. Dar respuesta oportuna a las necesidades prioritarias de la región en general y de los estados miembros en particular, a través de un mecanismo dinámico y efectivo, que permita el uso óptimo y seguro de las capacidades y recursos en ciencia y tecnología nucleares disponibles.
3. Alcanzar y mantener un nivel de ciencia y tecnología nucleares adecuado, para la atención de los problemas y las necesidades insatisfechas de la región.

Del 18 al 21 de Mayo de 2015 se realizó en Río de Janeiro, Brasil, la XVI Reunión Anual del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA), el cual está conformado por



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Coordinadores Nacionales designados por cada país participante de ARCAL además de representantes del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y de otros países aliados. Entre las funciones del OCTA se encuentra ejecutar las decisiones aprobadas por el Órgano de Representantes de ARCAL (ORA), asesorar al ORA en los asuntos técnicos de ARCAL, elaborar y presentar a la consideración del ORA los programas y proyectos de ARCAL incluyendo las respectivas asignaciones de recursos, entre otras.

Participaron los Coordinadores Nacionales de ARCAL y/o representantes de 18 países miembros de ARCAL: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay. Asimismo se contó con la participación de los Puntos Focales de Alianzas, Comunicación y Tecnología de Información. Mi participación en la XVI Reunión del OCTA se dio a título de Coordinador Nacional Suplente de ARCAL para Panamá, ya que mi nombramiento como Coordinador Nacional oficial debía esperar la culminación del ciclo 2014-2015 que se dio al finalizar esta reunión del OCTA.

La Secretaría estuvo representada por el Director de la División para América Latina, Sr. Luis Longoria, y por el Sr. Raúl Ramírez, Jefe de Sección de América Latina. Asimismo, se contó con la participación de la Sra. Eva Ciurana, Oficial de Administración de Programas del OIEA. La Sra. Pilar García, Jefe de la Unidad de Relaciones Internacionales del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), participó en representación de España, como país asociado a ARCAL.

Los objetivos principales de la reunión fueron, por un lado, la presentación y aprobación del Manual de Procedimientos de ARCAL, y por otro la elaboración de la convocatoria para el ciclo 2018-2019. Al mismo tiempo se trataron otros temas como las iniciativas en el marco de las estrategias de comunicación, la presentación de la plataforma de comunicación, los avances de los diseños de los proyectos regionales del ciclo 2016-2017, los centros designados, el plan de actividades y el monitoreo de proyectos.

Se confirmó Austria como sede de la XVII Reunión Ordinaria de OCTA, la semana del 25 al 29 de Abril o del 9 al 13 de Mayo. Esta iniciativa responde a la solicitud de la Secretaría, aprobada en Paraguay, de que cada primer año de ciclo la reunión de Coordinadores Nacionales de ARCAL se lleve a cabo en Viena con el fin de mejorar el proceso de revisión y selección de los conceptos de proyecto a ser propuestos por ARCAL, así como para optimizar la interacción entre el OCTA y el ORA. Se confirmó el ofrecimiento de México como sede para la XVIII Reunión Ordinaria del OCTA (2017).

Los puntos a destacar de la XVI Reunión del OCTA son los siguientes:

- El Programa ARCAL vence este año y está pendiente a renovación. La Cancillería de Panamá debe notificar al OIEA su interés de participar en la renovación del ARCAL antes de Septiembre de 2015.
- Panamá se encuentra en una situación de alerta “roja” con el Organismo en cuanto a temas regulatorios y de protección radiológica, por tener un sistema relativamente frágil. Además de representar un potencial peligro para la población panameña, también tiene un impacto negativo en el avance de proyectos de cooperación técnica liderados por Panamá, ya que se nos prohíbe el acceso a cualquier tipo de



## ARCAL

### ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

fuentes de emisión de electrones y de radiación (e.g., microscopios, fuentes de irradiación).

- Panamá no figura como líder en ninguno de los proyectos de ARCAL. Sí se registran alrededor de 8 adhesiones a proyectos ARCAL liderados por otros países de la región, pero la falta de liderazgo en la propuesta de proyectos es evidencia de una falta de coordinación a nivel nacional y resulta en la pérdida de oportunidades para atender las necesidades del país que se pudieran beneficiar de la tecnología nuclear.
- Se necesita oficializar mi nombramiento como Coordinador Nacional oficial para poder tener acceso a las plataformas del Organismo y poder cumplir con el rol de Coordinador a cabalidad.
- Todos los Coordinadores Nacionales de otros países en la región pertenecen a Institutos o Ministerios de sus respectivos países encargados de los aspectos regulatorios de temas nucleares. Mi recomendación es que la inexistencia de tal instancia en Panamá exige al MEF, a través de la Dirección de Cooperación Técnica Internacional, a designar un presupuesto para facilitar las funciones de coordinación de estos temas.
- Se debe transmitir al Representante de ARCAL por Panamá en el ORA, la preocupación del OCTA sobre la posible aplicación de la nueva modalidad del procedimiento de Due Account y sus repercusiones sobre la participación en los proyectos regionales en el marco del Acuerdo. El mecanismo de penalidad afectaría los desembolsos de proyectos nacionales y regionales (ARCAL incluido). Este tema se debe manejar con cautela, ya que atenta contra los intereses del ARCAL.
- El nuevo Plan Estratégico Regional (PER) 2015-2019 entró a regir este año y servirá como plan a seguir para los próximos ciclos de convocatoria de proyectos. Será de importancia hacerle llegar esta información a las instituciones panameñas que pudieran beneficiarse de proyectos auspiciados por el OIEA.
- Bahamas y Guyana son los miembros más recientes del OIEA en la región.
- Los representantes del OIEA ofrecieron una breve presentación para aclarar las definiciones de las cuotas a pagar: cifra prometida y cifra objetivo. En resumen, la cifra objetivo es la cantidad “voluntaria” que cada Estado Miembro tiene la responsabilidad de pagar al Organismo, calculado a través de los indicadores económicos de la ONU y el desarrollo nuclear del país. La cifra prometida es un mecanismo que permite al OIEA hacer sus cálculos financieros.
- Se solicitó a los Coordinadores Nacionales de los países que tienen Centros Designados, informar sobre la decisión del OCTA de modificar la definición de esta figura para sincronizarla con la figura de Centro Colaborador del OIEA, para que dichos centros procedan a gestionar su nombramiento con el Organismo.
- Se solicitó a los Coordinadores Nacionales proceder a la designación de los Representantes Nacionales de Comunicación (RNC) y que se envíe la comunicación al Grupo Directivo del OCTA hasta el 30 de junio de 2015. Una vez consolidada la lista de RNCs, el Grupo Directivo informará al Punto Focal de Comunicación con copia a la Secretaría. El rol del RNC es crear, mantener y fortalecer la Red Local, capacitar a comunicadores y técnicos en comunicación de ARCAL, promover el uso de la Plataforma ARCAL, proponer información para la WEB de ARCAL.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

- Se solicita a los Coordinadores Nacionales facilitar la participación del RNC a la primera reunión de coordinación con el fin de apoyar a los DTMs en la inclusión de actividades de divulgación en los planes de trabajo de los proyectos.

### 2. Participación del Coordinador Nacional en las Actividades de ARCAL

- XVI Reunión Anual del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA), Río de Janeiro, Brasil.



Foto Oficial de la XVI Reunión del OCTA



Plenaria durante la Reunión.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



Conversación con el Dr. Iván Salati, Director de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear del Centro Nacional de Energía Nuclear de Brasil.

### **3. Resultados, Dificultades y Problemas Presentados Durante la Marcha del Proyecto y del Acuerdo.**

Durante mi participación en la reunión del OCTA 2015 pude darme cuenta rápidamente de algunos de los problemas que estaba presentando el modelo utilizado por Panamá para cubrir la posición de Coordinador de ARCAL. En mi reporte de la reunión expreso claramente que es necesario que el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) asigne un presupuesto para poder ejercer las funciones de coordinación o que contraten a un personal técnico directamente asociado a la Oficina de Cooperación Técnica que tenga acceso a las herramientas necesarias para poder hacer el trabajo.

Como no recibí una respuesta satisfactoria por parte del MEF en su momento, y para no hacer un mal trabajo por la falta de recursos y apoyo logístico, decidí renunciar a la posición. La carta fue enviada en septiembre de 2015 a través de la SENACYT para que llegara a los canales correspondientes, y considerando el tema de que tuvieran suficiente tiempo para buscar un reemplazo que pudiera cumplir con el requerimiento del reporte anual de ARCAL.

Sin embargo, entendiendo la importancia de la posición y porque ya había comenzado a coordinarlo yo, seguí apoyando al MEF con una reunión en INDICASAT para las distintas instituciones interesadas en aplicar a la convocatoria de proyectos ARCAL. En esta reunión las instituciones que participaron (e.g., MINSA, MIDA, Gorgas, etc) volvieron a confirmar la observación que hice en mi reporte de la reunión del OCTA 2015 de que es imperativo que Panamá, que no cuenta con una institución designada para manejar temas de tecnología nuclear como en otros países, asigne un presupuesto para garantizar la continuidad de la coordinación técnica de temas del OIEA (proyectos ARCAL, regionales y nacionales) para sacarle el máximo provecho a estos temas. Si no me equivoco en los últimos 3 años han habido 3 o más Coordinadores de ARCAL y ninguno ha terminado su periodo oficialmente.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Cualquier gasto en que incurra la Institución que designe el presupuesto de esta posición de Coordinador Técnico se verá retornado con creces en término de los Proyectos de Cooperación Técnica que se puedan asegurar con estos programas para las distintas Instituciones Gubernamentales.

Actualmente estamos en conversaciones con SENACYT para atender una solicitud de apoyar nuevamente con la coordinación de ARCAL. Considerando que INDICASAT tiene el conocimiento técnico para ejercer la función tenemos toda la intención de poder aportar y apoyar a SENACYT y la Cancillería con estos temas con tal de que se ofrezcan las condiciones adecuadas para poder hacer un buen trabajo. Esperamos poder hacerles llegar nuestras observaciones pronto.

INFORME CONFECCIONADO POR EL DR. ROLANDO A. GITTENS,  
INVESTIGADOR DE INDICASAT AIP Y COORDINADOR DE ARCAL (HASTA EL  
2015) PARA PANAMÁ.



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE**



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA  
CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS  
DE ARCAL**

**INFORME ANUAL  
COORDINADORES DE PROYECTO**

**Viena, octubre 2014**



## INTRODUCCIÓN

El informe anual de los coordinadores de proyecto muestra el trabajo realizado durante la gestión mostrando de manera cualitativa el desarrollo del proyecto.

Para contar con la información necesaria y útil, para el seguimiento y desarrollo del proyecto se hace necesario contar con una estructura de informe, la cual se presenta a continuación.

El Coordinador de Proyecto es el responsable de hacer llegar, hasta el 1 de febrero de cada año, el informe anual de su proyecto al Coordinador Nacional de su país.

## ÍNDICE

### ESTRUCTURA DEL INFORME ANUAL

- 1.- Resumen Ejecutivo
- 2.- Impacto de las actividades del Proyecto en el país
- 3.- Resultados, dificultades y problemas presentados durante la marcha del Proyecto

#### 1.- RESUMEN EJECUTIVO

Presentar un resumen de la participación en el proyecto:

- a) Participación del coordinador de proyecto (Reuniones de coordinación, talleres, y grupos de trabajo).

-Reunión Regional de Coordinadores Sobre Interpretación de Datos de Proyectos  
Arcal 7016 (USING ISOTOPES FOR HIDROGEOLOGICAL ASSESTMENT  
OF INTENSIVELY EXPLOITED AQUIFERS IN LATIN AMERICA),  
Diciembre 9-13 2013.

#### OBSERVACIONES:

- El coordinador del proyecto ARCAL 7016 hasta finales del año 2014 fue el Prof. Pedro Salinas. Sin embargo debido a que ya no labora en



## ARCAL

### ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

la Universidad de Panamá, se nombró al Prof. Orlando Leone como coordinador del proyecto en Panamá. Esto ha traído como consecuencia un atraso en los informes finales debido principalmente a que el Mgtr Salinas es el especialista en hidrogeoquímica isotópica y la especialidad de Prof. Leone es Química Analítica. Ambos son necesarios para completar tanto los análisis con alto grado de confianza como la interpretación de los mismos.

- Las giras de campo para adquirir las muestras en la región de Azuero, Antón y los análisis químicos, físicos e isotópicos ya han sido finalizados, lo mismo que la validación de las pruebas, quedando por realizar la interpretación de los datos y confeccionar el informe técnico final, cuyo aporte primordial es el del experto hidrogeoquímico isotópico del equipo de trabajo.
- En el proyecto participan un hidrogeoquímico isotópico (retirado), tres profesores de Química de la Universidad de Panamá, cinco estudiantes graduandos de la Licenciatura en Química y uno de Maestría en Química.
- Los espacios físicos de trabajo han sido ofrecidos por la Universidad de Panamá. Los trabajos de laboratorio se realizan en el Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares (CITEN) y el Laboratorio de Absorción Atómica 216 (VIP) de la Universidad de Panamá.

b) recursos aportados por el país al proyecto (incluye la estimación detallada según tabla de indicadores financieros en especie).



**VALORACIÓN DEL APORTE DEL PROYECTO RLA/ 7016 AL PROGRAMA  
 ARCAL**

ITEM	VALOR DE REFERENCIA	CANTIDAD en Euros
1. Expertos/Conferencistas enviados al exterior por el Organismo (OIEA)	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	
2. Gastos locales por sede de evento regional en el país (Grupo de Trabajo/Cursos de Capacitación/Talleres/Seminarios)	EUR 5.000 por semana <b><u>Regional (2013)</u></b>	\$ 5,000.00
3. Gastos locales en eventos nacionales, que se encuentren en el Plan de Actividades	EUR 3.000 por semana	
4. Becario cuyos gastos locales son asumidos por el país	EUR 3.500 por mes por becario	
5. Publicaciones	Hasta EUR 3.000	
6. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	
7. Envío de reactivos, fuentes radioactivas, radioisótopos, otros materiales	Hasta EUR 5.000	
8. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR 5.000 <b><u>(Análisis, 42 muestras)</u></b>	\$ 5,000
9. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	
Tiempo trabajado como Coordinador de Proyecto	Máximo EUR 500 por mes <b><u>2 Años Tiempo Parcial</u></b>	\$12,000
Tiempo trabajado como Especialistas locales que colaboran con el proyecto (máximo 3 especialistas por proyecto)	Máximo EUR 300 por mes por especialista <b><u>2 Especialistas T.P., 1 año.</u></b>	\$ 7,200
Aportes en la ejecución de cada Proyecto comprendiendo los siguientes puntos: a. Viáticos interno/externo b. Transporte interno/externo	Máximo EUR 7.500/proyecto 2 Giras	\$ 1,000
Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000 (3 años)  - <b><u>Centro de Investigación (CITEN)</u></b>	\$10,000



	- <u>Laboratorio de Absorción Atómica</u>	
	TOTAL	\$ 40,200

## 2.- IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DE PROYECTO EN EL PAÍS

Destacar los aportes reales de las actividades del Proyecto, en la medida que sea posible de manera cuantitativa.

- 1- Los resultados analíticos y los informes finales obtenidos son informados a Autoridades Estatales como el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (IDAAN) el cual es un acuerdo formal para poder acceder a los pozos de aguas subterráneas que son responsabilidad de esa Institución.
- 2- Los resultados son informados también a través de Proyectos Registrados en la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado (VIP) de la Universidad de Panamá en donde pueden ser revisados por personas interesadas relacionadas principalmente a investigaciones hidrológicas.
- 3- Se presentarán los resultados obtenidos a Autoridades de la AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE (ANAM), IDAAN, MINISTERIO DE SALUD (MINSA) a través de una charla técnica que se realizará específicamente con ese propósito en este año 2015.

## 3.- RESULTADOS, DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DEL PROYECTO

Se mencionarán los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo del proyecto, haciéndose énfasis en las soluciones.

- 1- El problema principal relacionado a los análisis de isótopos estables fue solucionado a través del entrenamiento en Viena de un experto en Instrumentación Analítica del equipo de trabajo y la adquisición del equipo de análisis de isótopos estables (D2 y O18) en agua líquida (donado por el OIEA), instalado y validado por el experto entrenado. Actualmente se mantiene en custodia para su uso en el Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares (CITEN) de la U de P. Los otros isótopos no estables (H<sup>3</sup> y C<sup>14</sup>) deben ser enviados todavía al exterior para su análisis.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

- 2- Los instrumentos analíticos y accesorios recibidos por el Organismo no tienen representante comercial en Panamá. Fueron instalados y validados por el experto Químico Analítico Instrumental del equipo de trabajo. Todos los instrumentos recibidos funcionan satisfactoriamente al presente. Sin embargo los estándares de los isótopos estables y de absorción atómica deben ser adquiridos en el exterior. Los demás se confeccionan en el CITEN.
- 3- El acceso a los pozos que son custodiados por el Estado es y seguirá siendo un problema logístico para las tomas de muestras. Esto ha sido resuelto por mutuo acuerdo entre la Institución del Estado correspondiente (IDAAN) y el Proyecto Arcal 7016, por el cual el IDAAN accede al uso de los pozos y el Proyecto facilita los resultados analíticos.
- 4- La validación de todas las técnicas analíticas recibidas por donación del Organismo ha sido posible en parte gracias a la facilidad de estudiantes graduandos de Química y la dirección técnica de Profesores de Química Analítica de la Universidad de Panamá. Igualmente ayudan a la toma de muestras, análisis físico-químicos de campo y laboratorio y al manejo de los datos analíticos.
- 5- La interpretación es importante que lo realice un especialista en hidrogeoquímica isotópica, el cual en la actualidad no contamos en el Proyecto. La Universidad de Panamá cuenta con un Dr. en esa especialidad y se está gestionando su incorporación al Proyecto.

INFORME CONFECCIONADO POR EL PROFESOR **ORLANDO LEONE**  
COORDINADOR DEL PROYECTO ARCAL 7016  
DIRECTOR DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES CON TÉCNICAS  
NUCLEARES



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE**



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA  
CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL  
CARIBE**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS  
DE ARCAL**

**INFORME ANUAL  
COORDINADORES DE PROYECTO**

**Panamá, enero 2016**



## INTRODUCCIÓN

El informe anual de los coordinadores de proyecto muestra el trabajo realizado durante la gestión mostrando de manera cualitativa el desarrollo del proyecto.

Para contar con la información necesaria y útil, para el seguimiento y desarrollo del proyecto se hace necesario contar con una estructura de informe, la cual se presenta a continuación.

El Coordinador de Proyecto es el responsable de hacer llegar, hasta el 1 de febrero de cada año, el informe anual de su proyecto al Coordinador Nacional de su país.

## ÍNDICE

### ESTRUCTURA DEL INFORME ANUAL

- 1.- Resumen Ejecutivo
- 2.- Impacto de las actividades del proyecto en el país
- 3.- Resultados, dificultades y problemas presentados durante la marcha del proyecto

#### 1.- RESUMEN EJECUTIVO

**El proyecto RLA 7019**, *“Desarrollo de indicadores para determinar el efecto de plaguicidas, metales pesados y contaminantes emergentes en ecosistemas acuáticos importantes para la agricultura y agroindustria”*, se desarrolla en Panamá en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, el cual está formado por un gran número de cursos de agua que nacen en las montañas del corregimiento de Cerro Punta ubicado a 1830 msnm.

Debido a su elevada producción agrícola en rubros tales como la papa, cebolla y hortalizas entre otros la convierte en una zona de alto consumo de fertilizantes y plaguicidas. Con el fin de evaluar los efectos del impacto que generan las actividades antropogénicas en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo e identificar los factores de riesgo se han establecido en el proyecto 12 sitios de monitoreo de agua y un sitio control para monitorear la calidad del agua y los agentes de presión existentes en cada zona de influencia sobre los tributarios del río Chiriquí Viejo. Como complemento a la medición de la calidad del agua de cada sitio de monitoreo se mide el caudal para calcular la masa de contaminantes transportada por unidad de tiempo.

En Panamá existe una norma legal que reglamenta las Aplicaciones Terrestres de Plaguicidas (RESUELTO N° DAL-042-ADM-2011 DE 14 SE SEPTIEMBRE DE 2011 y Promulgado en Gaceta Oficial No. 26921-A del martes 29 de noviembre de 2011) y que debe respaldar el crecimiento económico del país a través de cambios en los procesos de producción, especialmente en el campo de manipulación y aplicación de plaguicidas.

Una de las herramientas que nos apoyará en el diagnóstico es el SWAT (Por Dr, Jeff Arnold de USDA) donde podemos evaluar los recursos agua y suelo en una cuenca hidrográficas



determinando el posible impacto de las prácticas de manejo del suelo y los cultivos en la generación de agua, sedimentos y residuos de sustancias agrícolas químicas en cuencas grandes y complejas con variedad de suelo, uso de la tierra y condiciones de manejo en un tiempo prolongado.

El modelo requiere de información específica de clima y tiempo, propiedades de suelo, topografía, vegetación y prácticas de manejo de la tierra que acontecen en la cuenca para ser utilizados como datos de entrada, los cuales están siendo generados durante esta fase del proyecto.

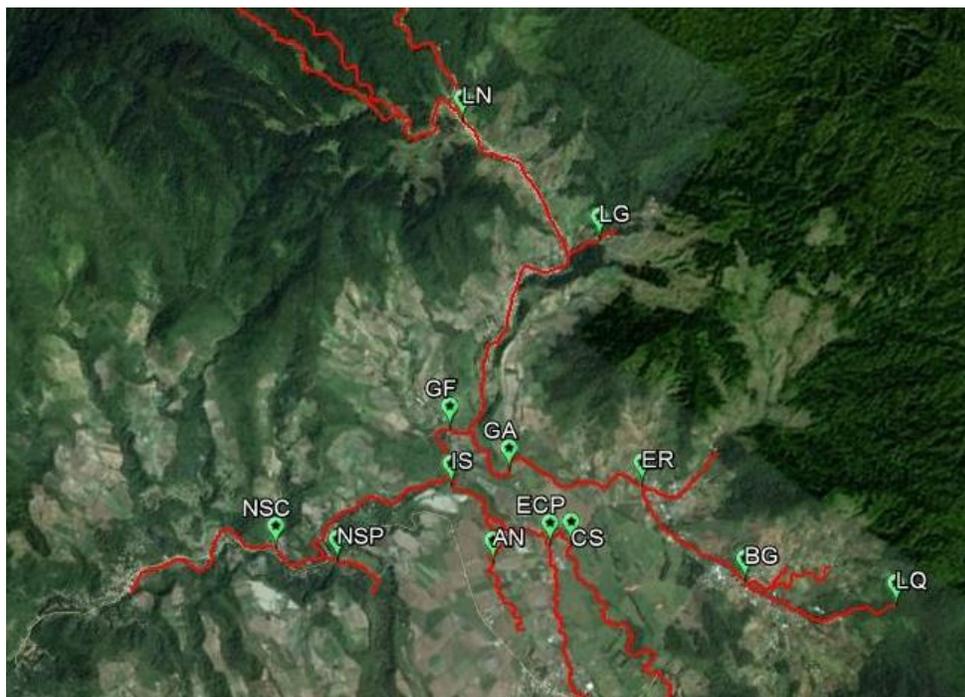
Las actividades están siendo desarrollada por las siguientes Instituciones Dirección Protección de la Calidad Ambiental (laboratorio) del Ministerio de Ambiente, Dirección de Investigación y Desarrollo (Laboratorio) de ARAP, Laboratorios de Entomologías médicas de Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud y Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas y Proyecto de Aplicaciones Terrestres de Plaguicidas. Nuestras responsabilidades y compromisos están distribuidas de la siguiente forma:

:

- Modelación: Datos preliminares para modelamiento elaboración de modelo conceptual, mapa de riesgo de contaminantes químicos en la zona (MIDA, Mi ambiente).
- Monitoreo de agua para análisis fisicoquímicos (Ministerio de Ambiente)
- Respirometría de Peces (Biomarcadores, monitoreo de sedimentos (ARAP)
- Biomonitoreo (macroinvertebrados) (ICGES)
- Monitoreo de aguas para análisis de metales pesados y plaguicidas, análisis de plaguicidas y metales en sedimentos
- Estrategias de comunicación (identificación de actores (productores, cooperativas etc.) divulgación de las actividades con los tomadores de decisiones) (MIDA).

#### **Selección de los sitios de monitoreo**

La selección de los sitios de monitoreo de los afluentes se hizo tomando en consideración los aspectos de accesibilidad al sitio de monitoreo todo el año, la distribución morfológica de la cuenca y los cursos de agua superficial importantes que atraviesan las Villas así como la zona agrícola del corregimiento de Cerro Punta (ver fig. 1.). El sitio control se estableció dentro de un área de reserva con el fin de medir los valores naturales de fondo presentes en el agua.



Para efectos de la medición de masa de la carga de contaminantes del río Chiriquí Viejo se realizó la medición del caudal en cada uno de los puntos de monitoreo establecidos. Los datos históricos del régimen hídrico recolectados durante un periodo de 1951 a 2015 indican un caudal medio anual de 6,9 m<sup>3</sup>/s aumentando en los meses de mayo a diciembre donde se establece el periodo de mayor cantidad de lluvias en el año.

Durante el año se realizaron 4 campañas de muestreos dos en época seca y dos en época de lluvia, las dos estaciones marcadas de Panamá.

### **IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO EN EL PAÍS**

Los datos que se generan en este proyecto serán utilizados durante la implementación de aplicaciones Terrestres de Plaguicidas (RESUELTO N° DAL-042-ADM-2011 DE 14 SE SEPTIEMBRE DE 2011, el cual también es apoyado por la PNUMA para medir el impacto de la aplicabilidad de la reglamentación y para potenciar su implementación y medir el grado de cumplimiento de los diversos componentes impuestos en la nueva normativa dentro de nuestro país.

Los componentes del proyecto dentro de otros componentes se encuentran fortalecer los laboratorios que de manera integrada logren la obtención de datos para el análisis de residuos de plaguicidas y metales pesados en agua, sedimentos, suelo y matrices vegetales para generar información veraz que permita la toma de decisiones oportuna.

El proyecto contribuye al objetivo general de nuestra política ambiental de alguna manera a la actual y futuras generaciones la disponibilidad necesaria del recurso hídrico en cantidad y calidad adecuados para los respectivos usos, por medio de una gestión integrada y eficaz



de los mismos, que permita la provisión de facilidades de agua potable y saneamiento a toda la población, preservación de los ecosistemas, la adopción de medidas para prevenir y enfrentar los desastres ambientales extremos y agua para actividades productivas de una manera económicamente viable, ambientalmente sostenible y socialmente equitativa.

## **RESULTADOS, DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DEL PROYECTO**

En el componente de estrategias de comunicación se realizó encuesta donde se consideraron a productores y/ o empresas que desarrollan actividad agrícola, en el área de investigación, la cuenca alta del río Chiriquí viejo, en donde se ubicaron las comunidades limítrofes a los cauces y afluentes del río que pudieran estar generando un impacto negativo sobre la calidad de las aguas. Identificando las siguientes comunidades: Las Nubes, Garita Afuera, Garita final, Cerro Punta Centro, Villa Guadalupe, Entre Ríos y Nueva Suiza donde están ubicados los puntos de monitoreo en el área de investigación. El tamaño de la población encuestada fue el 50 por ciento, del total de los productores del área de influencia de la investigación. El tamaño de la muestra fue de a encuestar fue de 150 productores, distribuidos entre empresas agrícolas y pequeños medianos y grandes productores.

La encuesta estaba compuesta por preguntas abiertas y cerradas y se aplicó a productores directamente en el campo, así como a personas involucradas y o responsable de la actividad para el caso de empresas agrícolas productoras.

Para la encuesta se plantearon los siguientes objetivos:

- Recabar información que pudiera contribuir con la elaboración de un mapa de riesgo en la cuenca Alta del río Chiriquí Viejo.
- Determinar el conocimiento de los productores en materia de plaguicidas u otros contaminantes en planta suelo y agua.
- Identificar las áreas agrícolas que consumen o bien utilizan mayor cantidad de plaguicidas en cuanto a volumen y por cultivo.
- Conocer los actores y beneficiarios de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo para los temas de estrategias de comunicación

## **RESUMEN DE LA ENCUESTA**

- Generalidades del productor y de la Comunidad.
- Generalidades de la actividad agrícola y pecuaria
- Aspectos generales sobre el uso de plaguicidas.
- Aspectos generales en cuanto el uso de agua superficiales de la cuenca.

## **PARTICIPANTES EN LA EJECUCIÓN DE LA ENCUESTA**

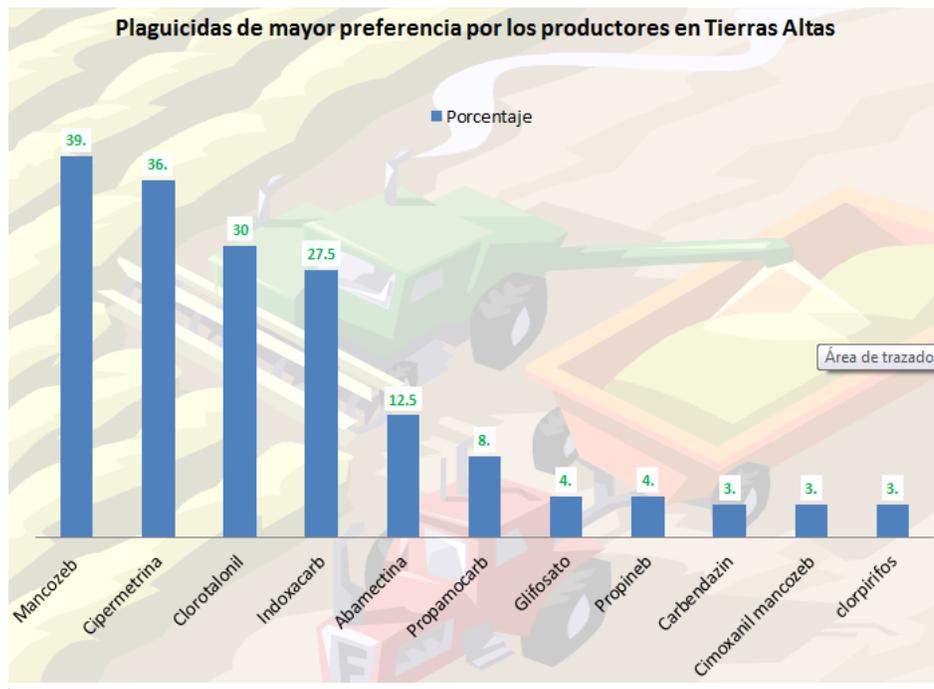
Para la aplicación de la encuesta se contó con la participación de técnicos de la agencia del MIDA, personal de MIAMBIENTE, y personal de Sanidad vegetal de la región de Chiriquí que trabajan en el proyecto de investigación.



## RESULTADOS

Se logró encuestar el 100 por ciento del tamaño de la población determinada, 150 productores, se generó información valiosa preliminarmente, que pudiera estar incidiendo sobre la calidad de las aguas y la inocuidad de las cosechas, además de identificar los plaguicidas mayormente utilizados en el área, para el control de plagas, siendo los fungicidas los de mayor consumo, seguido de los insecticidas; así como malas prácticas agrícolas que pudieran generar impactos negativos por la actividad agrícola en la zona. Dentro de las situaciones identificadas que pudieran inferir en la actividad agrícola de la zona pudiéramos mencionar preliminarmente:

- La dependencia al crédito facilita la adquisición de plaguicidas y la asistencia técnica por agentes comercializadores de las casas expendedoras de plaguicidas pudiera estar generando en un alto consumo de plaguicidas obviando el diagnóstico por medio de monitores previos a la aplicación.
- Logística apropiada para el retiro y disposición final de envases vacíos de plaguicidas en las áreas de producción.
- Por lo general el productor muestra poco interés en la actividad de capacitación relacionadas a los temas de plaguicidas, cuando la convocatoria es por el ente oficial.
- Entre los aspectos positivos es la práctica de selección de boquillas para la aplicación de plaguicidas según su clase.
- Se identifica que si bien los productores no realizan descarga directamente de contaminantes en los cauces y afluentes del río estos pudieran estar llegando a los cauces por escorrentía natural, y por condiciones fisicoquímicas de cada plaguicida, además que se realizan muy cerca a los cauces y afluentes.
- Es de preocupación la contaminación microbiológica que pudiera generarse por el tipo de riego mayormente utilizado como lo es de aspersión, ya que en algunos casos las bombas son conectadas directamente al cauce de afluentes sin previo tratamiento y pudieran estar incidiendo sobre inocuidad de las cosechas. Por otro lado el sistema de riego utilizado provoca un consumo de agua elevado, ocasionando una elevada probabilidad de erosión.
- Las frecuencias cortas de aplicación de plaguicidas pudieran aumentar la descarga al cauce de los ríos.



**Gráfica encuesta a productores de tierras altas 2015.**

### Monitoreo de Plaguicidas en agua y sedimento

Resultados de los análisis de agua del Río Chiriquí Viejo durante el año 2015 muestran que los plaguicidas detectados son: Diazinón, etoprofos, fipronil, Endosulfan sulfato DDE (metabolito del DDT) y Hexaclorobenceno.

Se realizó análisis de los residuos de plaguicidas en sedimentos en el Río Chiriquí Viejo, Cuenca Alta resultando una gama amplia de plaguicidas entre los que más se detectaron en las muestra se encuentran: Anilofos, azinfos etil, bifentrina, beta ciflutrina, lambda cihalotrina, diazinón, hexaclorobenceno, deltametrina, DDT, DDE (metabolito del DDT), fosalón, iprobenfos, iprodiona, profenofos y pirazofos.

Se hace necesario revisar los plaguicidas y sus correspondientes propiedades fisicoquímicas y el impacto negativo que estos pudieran estar generando sobre la calidad de las aguas, así como las prácticas agrícolas y técnicas empleadas en la producción agrícola en los distintos cultivos en el área de influencia donde se desarrolla el proyecto.

**Biomonitoreo (macroinvertebrados) de acuerdo del índice BMWP/PAN** para cada una de las estaciones de muestreo en el año 2015.

La colección fue realizada en 4 campañas, las muestras cuantitativas de sustrato variado, realizando el método conocido como "Kicking": Este método consistió en colocar la red D contra corriente hasta una profundidad menor a los 30 cm en área de rápidos, removiendo el sustrato con los pies por dos minutos, al mismo tiempo que se arrastraba la red en un



trayecto aproximado de 2 m; los sedimentos encontrados en el fondo del río quedaron en suspensión en la columna de agua, de modo que la fauna adherida al fondo del río entró a la red ayudada por la corriente; cada arrastre representó una muestra

Este método nos permite obtener una mejor representación de toda la fauna de macroinvertebrados bénticos de la estación de muestreo, ya que incluye la mayoría de los tipos de sustrato presentes y esto es de considerable importancia al momento de aplicar el índice de calidad biológica de las aguas BMWP/PAN.

Los organismos colectados se colocaron en un tamiz de 0.5 micras de ojo de malla para realizar la primera limpieza del material grueso. Posteriormente se procedió con la colocación de los organismos en envases plásticos de 6 onzas, se fijaron en alcohol al 95% y se etiquetaron para su traslado al laboratorio.

. Categorías de calidad de agua con el significado y los colores para representaciones cartográficas.

Categoría	BMWP	Significado	Calidad
I	>120	Aguas de calidad excelente	Excelente
	101-120	Aguas de calidad buena, contaminadas o no alteradas de manera sensible	Buena
II	61-100	Aguas de calidad regular, eutróficas, contaminación moderada	Aceptable
III	36-60	Aguas de calidad mala, contaminadas	Dudosa
IV	16-35	Aguas de calidad muy mala	Crítica
V	< 15	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	Muy Crítica

**Resultados**

ID Sitio	Marzo	Mayo	Agosto
C102-Los Quetzales- E0	Buena	Dudosa	Buena
C102-Las Nubes-E1	Crítica	Crítica	Dudosa
C102-La Garita-Final-E2	Crítica	Crítica	Crítica
C102-Los Gonzalez-E3	Crítica	Crítica	Dudosa
C102-La Garita Afuera-E4	Dudosa	Crítica	Dudosa
C102-Entre Rios-E5	Crítica	Dudosa	Crítica
C102-Guadalupe-E6	Crítica	Dudosa	Dudosa
C102-Puente Dist. Solis-E7	Crítica	Dudosa	Dudosa
C102-Salida de la Cuenca-E8	Dudosa	Muy Crítica	Crítica
C102-Cultivos Selectos-E9	Dudosa	Crítica	Dudosa
C102- Escuela-E10	Crítica	Crítica	Crítica
C102-ANEF-E11	Crítica	Muy Crítica	Crítica



C102-Isopulos-E12	Dudosa	Crítica	Dudosa
-------------------	--------	---------	--------

No se registró estadísticamente diferencias significativas en la abundancia ( $p= 0.65588$ ) entre los sitios estudiados, sin embargo en la riqueza de taxa ( $p= 0.01307$ ) si hubo variación significativa. Entre el sitio C102-Los Quetzáles-E0, que fue quien presentó la mayor variedad de familias y las estaciones C102-Entre Ríos-E5 ( $p=0.009258$ ), C102-Nueva Suiza-E7 y C102-ANEF-E11 ( $p=0.003433$ ) que fueron las menos diversas.

La comunidad de macroinvertebrados estuvo claramente dominada por insectos acuáticos del orden Diptera, seguido de Ephemeroptera, Trichoptera y Basommathopora. Lo que coincide con lo reportado por otros autores para la parte alta de la cuenca Chiriquí Viejo (Santamaría & Bernal, 2014; Tapia & Bernal, 2014).

La mayoría de las estaciones de muestreo no presentaron las condiciones propicias para el establecimiento de una comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas diversa, debido a que la calidad ecológica de las aguas en la mayoría de los sitios se mostró con cierto grado de contaminación. Esto ocasionado principalmente por las actividades antropogénicas que se practican en el área como la agricultura y ganadería.

Familias como Chironomidae, Baetidae y Simuliidae fueron las más abundantes en todas las estaciones muestreadas. Estas familias sumadas a Physidae y Empididae también encontrada en la mayoría de las estaciones, son indicadores de contaminación y de perturbación en el ecosistema fluvial.

No se evidencio diferencia significativa en la abundancia ( $p= 0.27772$ ) y riqueza ( $p= 0.06486$ ) entre los meses muestreados. Sin embargo fue el mes de marzo el que mostro más individuos de macroinvertebrados dulceacuícola, principalmente por tratarse de la época seca.



**Se realizaron análisis de mercurio en agua y sedimento**

No se detectó mercurio total en las muestras de aguas, sin embargo se detectaron en todas las muestras de sedimento de los puntos de monitoreo.

Sitio	Código de muestra	Código Interno del Laboratorio	Fecha de Análisis	Mercurio ppb
ANEF	AN-01M-14	CI-18-2014	2015-12-02	12.5
	AN-001-15	CI-15-2015	2015-12-02	7.2
	AN-002-15	CI-41-2015	2015-12-03	18.1
	AN-003-15	CI-64-2015	2015-12-09	23.0
	AN-004-15	CI-89-2015	2016-01-07	0.0
Barrio Guadalupe	BG-01M-14	CI-13-2014	2015-12-02	55.5
	BG-001-15	CI-13-2015	2015-12-02	67.2
	BG-002-15	CI-35-2015	2015-12-03	115.0
	BG-002-15	CI-35-2015 V	2015-12-03	110.2
	BG-003-15	CI-56-2015	2015-12-09	91.3
	BG-004-15	CI-80-2015	2016-01-07	98.3
Cultivos Selectos	CS-002-15	CI-37-2015	2015-12-03	37.9
	CS-003-15	CI-58-2015	2015-12-09	33.5
	CS-01M-14	CI-15-2014	2015-12-02	25.2
	CS-004-15	CI-82-2015	2016-01-07	18.5
Entre Ríos	ER-01M-14	CI-14-2014	2015-12-02	63.8
	ER-001-15	CI-14-2015	2015-12-02	65.1
	ER-002-15	CI-36-2015	2015-12-03	55.3
	ER-003-15	CI-57-2015	2015-12-09	57.7
	ER-004-15	CI-81-2015	2016-01-07	83.4
Garita Afuera	GA-01M-14	CI-19-2014	2015-12-02	70.0
	GA-001-15	CI-17-2015	2015-12-03	54.9
	GA-003-15	CI-61-2015	2015-12-09	74.2
	GA-002-15	CI-38-2015	2015-12-03	58.6
	GA-004-15	CI-85-2015	2016-01-07	79.0
Garita Final	GF-01M-14	CI-17-2014	2015-12-02	8.3
	GF-001-15	CI-19-2015	2015-12-03	22.0
	GF-001-15	CI-19-2015 V	2015-12-09	23.6
	GF-002-15	CI-39-2015	2015-12-03	37.3
	GF-003-15	CI-62-2015	2015-12-09	66.5
	GF-004-15	CI-86-2015	2016-01-07	78.6
Isópulos	IS-001-15	CI-18-2015	2015-12-03	8.3



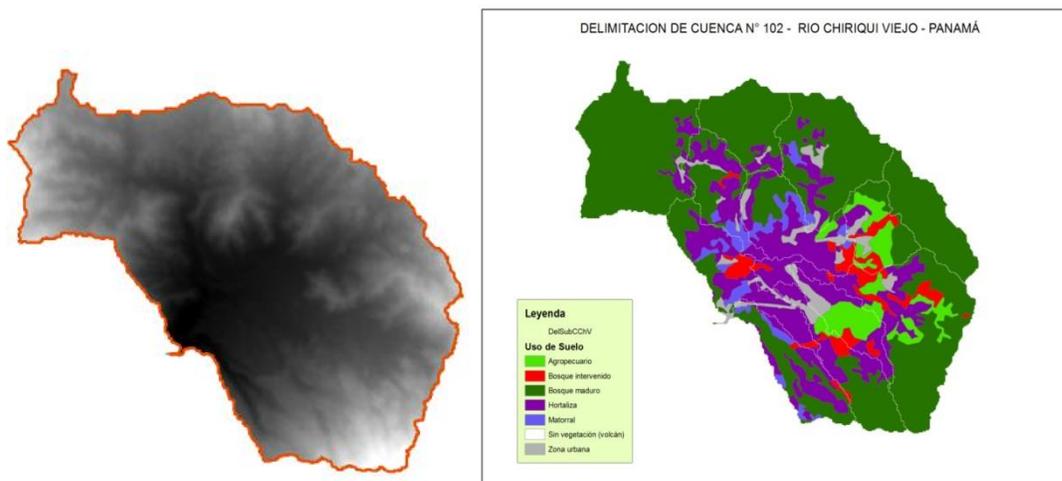
## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

	IS-002-15	CI-40-2015 V	2015-12-09	24.2
	IS-002-15	CI-40-2015	2015-12-03	23.5
	IS-003-15	CI-63-2015	2015-12-09	19.2
	IS-004-15	CI-88-2015	2016-01-07	17.8
Las Nubes	LN-01M-14	CI-16-2014	2015-12-02	15.1
	LN-01M-14	CI-16-2014 V	2015-12-09	17.2
	LN-003-15	CI-59-2015	2015-12-09	42.2
	LN-004-15	CI-83-2015	2016-01-07	50.6
Los Gonzalez	LG-001-15	CI-16-2015	2015-12-03	48.2
	LG-003-15	CI-60-2015	2015-12-09	138.6
	LG-003-15	CI-60-2015 V	2015-12-09	142.3
	LG-004-15	CI-84-2015	2016-01-07	78.6
Nueva Suiza Puente	NSP-01M-14	CI-12-2014	2015-12-02	12.2
	NSP-001-15	CI-20-2015	2015-12-03	0.0
	NSP-002-15	CI-42-2015	2015-12-03	0.0
	NSP-003-15	CI-65-2015	2015-12-09	10.7
	NSP-004-15	CI-90-2015	2016-01-07	9.0
Nueva Suiza Cuenca	NSC-001-15	CI-21-2015	2015-12-03	9.7
	NSC-003-15	CI-66-2015	2015-12-09	69.5
	NSC-004-15	CI-91-2015	2016-01-07	16.3
Escuela de Cerro Punta	ECP-004-15	CI-87-2015	2016-01-07	78.6

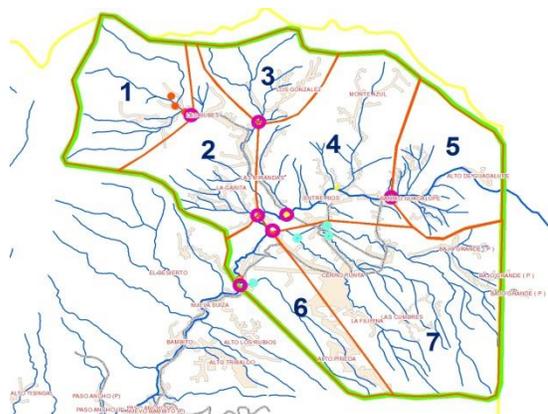
### AVANCES DE MODELACION DE TRANSPORTE DE SUSTANCIAS

Delimitación de la cuenca en estudio se utilizaron los criterios de Altitud (Alta y Baja) según cultivos del área y Drenaje Superficial –Para División de la cuenca desde el punto de vista de la red hidrológica.



**Figuras 1 y 2.** DEM: Shapefile, Raster. y Uso de Suelo

Producto obtenido - delimitación de la cuenca



**Fig. 3.** Mapa Cuenca Alta Río Chiriquí Viejo – Área y sub áreas delimitadas del Proyecto

Se constituye el grupo de trabajo integrado para recabar información de física y química de suelos en las diferentes sub-áreas.



**Fotos 1 y 2.** Equipo a utilizar toma de muestra y perfil de suelo

Producto a obtener – Variables de física y química de suelo en perfiles x sub-área

### **Estatus actual de las muestras de suelo en la cuenca**

1. Se realizaron los muestreos de suelos por cada sub-área en dos puntos representativos y por la cantidad de horizontes por perfil.

Las muestras de los 16 puntos están actualmente en el laboratorio de la Facultad de Agronomía para obtener la información de: horizontes, textura, porosidad, densidad aparente, contenido de materia orgánica o carbono orgánico, humedad de campo.



**Fotos 3 y 4.** Perfil mostrando 4 horizontes y cilindro uplah con muestras sin alterar



En los laboratorios de suelos en la facultad de Agronomía se analizan también para todas las muestras las propiedades químicas como: elementos mayores y menores, acidez, conductividad eléctrica entre otras.

Con relación al Clima se obtuvo parcialmente datos diarios, mensuales y anuales de las siguientes variables: precipitación, temperatura, radiación y viento. Las mismas se obtuvieron de dos estaciones de influencia del proyecto en Cerro Punta. Además se pidió a través de nota más información a ETESA encargada del manejo histórico de la información del clima en Panamá. Aún en espera de respuesta.

Número	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elevación m	Latitud	Longitud	Fecha Inicio	Fecha Final	Operada por
<b>Meteorología</b>									
102-001	CERRO PUNTA	CHIRIQUI	CC	1830	8° 52' 00"	82° 35' 00"	1/9/62		E.T.E.S.A.
102-003	BAMBITO	CHIRIQUI	CC	1700	8° 50' 00"	82° 37' 00"	1/1/58	1/9/71	E.T.E.S.A.
102-004	CERRO PUNTA (F.M)	CHIRIQUI	CC	1540	8° 49' 00"	82° 38' 00"	1/1/46	1/12/60	E.T.E.S.A.
102-009	BAJO GRANDE	CHIRIQUI	BC	2300	8° 51' 00"	82° 33' 00"	1/5/71		E.T.E.S.A.
<b>Hidrología (Caudal)</b>									
102-01-01	VOLCAN	CHIRIQUI		1533	8° 48' 51"	82° 37' 51"	1/2/57		E.T.E.S.A.

### Datos de Producción:

Esta información se levantó a través de encuestas a los productores de tal forma de cubrir el 50% en cada comunidad dentro de las sub-áreas delimitadas. De esta forma se obtuvo datos de variables como: Usos del suelo: mapas con áreas agrícola, urbano, industrial. Prácticas agrícolas: sistema y método de riego, lámina de riego, periodicidad, dosis, vertidos puntuales: caudales, concentraciones.

Finalmente toda la información será procesada y pasada a hojas de Excel para facilitar la información a programas estadísticos y para la base de datos que requiere el modelo SWAT para su corrida y obtención de resultados.

### PROXIMOS PASOS

1. Correr el modelo cada 3 meses y comparar resultados con los generados de los monitoreos reales realizados por MIDA, MIAMBIENTE y Salud.
2. Continuar y aumentar el monitoreo de aguas para el año 2016 con relación a las caudales a utilizar en la calibración del modelo SWAT.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

- c) Participación del coordinador de proyecto (Reuniones de coordinación, talleres, y grupos de trabajo).

**Se realizaron durante el año 4 reuniones del proyecto con las instituciones participantes, donde se definieron las tareas compromisos, responsabilidades**

- d) Recursos aportados por el país al proyecto (incluye la estimación detallada según tabla de indicadores financieros en especie).

### VALORACIÓN DEL APOORTE DEL PROYECTO RLA/ 7019 AL PROGRAMA ARCAL

ITEM	VALOR DE REFERENCIA	CANTIDAD en Euros
10. Expertos/Conferencistas enviados al exterior por el Organismo (OIEA)	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	5700.00
11. Gastos locales por sede de evento regional en el país (Grupo de Trabajo/Cursos de Capacitación/Talleres/Seminarios)	EUR 5.000 por semana	3000.00
12. Gastos locales en eventos nacionales, que se encuentren en el Plan de Actividades	EUR 3.000 por semana	2000.00
13. Becario cuyos gastos locales son asumidos por el país	EUR 3.500 por mes por becario	2500.00
14. Publicaciones	Hasta EUR 3.000	500.00
15. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	
16. Envío de reactivos, fuentes radioactivas, radioisótopos, otros materiales	Hasta EUR 5.000	
17. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR 5.000	
18. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	
19. Tiempo trabajado como Coordinador de Proyecto	Máximo EUR 500 por mes	6000
20. Tiempo trabajado como Especialistas locales que colaboran con el proyecto (máximo 3 especialistas por proyecto)	Máximo EUR 300 por mes por especialista	



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

21. Aportes en la ejecución de cada Proyecto comprendiendo los siguientes puntos: a. Viáticos interno/externo b. Transporte interno/externo	Máximo EUR 7.500/proyecto	15,000.00
22. Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000	25,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>59,700.00</b>



## PROJECT PROGRESS ASSESSMENT REPORT (PPAR)

SECTION-1: BASIC INFORMATION		Explanations
<b>Country</b>	Panamá	This information will come from the system when filled in the PCMF. Please complete manually when filling in this template
<b>Counterpart Name &amp; Institution :</b>	Universidad de Panamá	
<b>Project Number and Title:</b>	<b>PAN7016,</b> USING ISOTOPES FOR HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF INTENSIVELY EXPLOITED AQUIFERS IN LATIN AMERICA (ARCAL CXXVII) “CARACTERIZACIÓN Y SOBREEXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO URBANO DE ANTÓN, PANAMÁ”	
<b>Year of Approval:</b>	2012-01-01	
<b>Effective Starting Date:</b>	July 2013	<i>i.e. first approval year</i>
<b>Expected End Date:</b>	March 2015	<i>Month and year</i>
<b>Total Project Budget:</b>	IAEA TCF: 17, 600 Euros Other fundings :	<i>Month and year</i>
<b>Reporting Period</b>	July 2013 to March 2015	<i>Please specify the currency</i>
<b>Report Contributors</b>	Orlando Leone, Pedro Salinas, Moisés Ortega	<i>Specify: from month/year to month/year</i>
<b>Has there been any change that negatively affected the project implementation? If yes, please explain.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Change of project team member: <input type="checkbox"/> CP, <input type="checkbox"/> NLO <input type="checkbox"/> PMO <input type="checkbox"/> TO); Explanation ..... <input type="checkbox"/> Change in budget/funding; Explanation ..... <input type="checkbox"/> Other change; Explanation The Departure of Prof Salinas from the University. He went to work in the private company that offered him better labor supply. The Prof Salidas was the expert in isotopic hydrology.	<i>Other contributors to the report besides counterpart</i>

### SECTION-2: OUTPUTS ACHIEVEMENT (mandatory for PPAR and project closure report)

Please refer to the project LFM and provide the following information

Outputs achieved as the results of activities implemented	<p><u>Fully achieved</u></p> <p>1. ✓</p> <p><b>2. REUNIÓN DE EVALUACIÓN DE PROGRESOS DEL USO DE ISÓTOPOS PARA LA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE ACUÍFEROS INTENSAMENTE EXPLOTADOS EN AMERICA LATINA. ARCAL/RLA/7/016.</b> OIEA, CITEN, FACINET,. Ciudad de Panamá, Hotel Torres de Alba, Ciudad de Panamá, del 9 al 13 de Diciembre de 2013, con una duración de 40 horas. Coordinado por Panamá</p>	<p><i>Present what has been achieved against planned target for each output and its indicator of the LFM. Attach relevant documentation as needed.</i></p>
---	--	--



	<b>3. . CURSO REGIONAL DE CAPACITACION SOBRE LA UTILIZACION DE TECNICAS ISOTOPICAS EN LA EVALUACION DE LA DINAMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. Módulo 1 y 2.</b> del 8 al 19 de Abril de 2013, OIEA y Centro De Capacitacion, Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua (IMTA), Jiutepec, Morelos, Mexico	
Outputs partially achieved or in progress and status	<u>Partially achieved or in progress:</u> 1. 2. 3.	<i>For each partially achieved output, explain status of progress made and related implementation issues (if any)</i>
Outputs non achieved and reasons	<u>Non achieved:</u> 1. Water collectors for isotopic samples not received. No rainwater is collected 2. 3.	<i>For each non achieved output, explain why.</i>

**SECTION-3: EQUIPMENT & HUMAN RESOURCES (mandatory for PPAR and project closure report)**

Please explain issues related to the equipment component.	Not apply	<i>This can be related to request, reception, commissioning, installation, testing or functioning.</i>
Please explain issues related to the human resource (HR) component	Not apply	<i>In relation with fellowship, training, experts, and scientific visits.</i>

**SECTION-4: COMMENT AND RECOMMENDATIONS BY CP (mandatory for PPAR and project closure report)**

<b>Rating by CP:</b> So far, how would you rate on a scale of 1 (very poor) to 5 (very good)	1) Your project performance: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 2) The support received from the Agency: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>	1= very poor 2= poor 3= fair 4= good 5= very good
<b>Comment(s) by CP</b>	The project can be developed more efficiently if could have the permits for well water samples, but as the population depend on them for water supply have to wait. The lack of rainwater collection affected the meteoric local line analysis	<i>Comment(s) supporting the previous ratings</i>
<b>Lessons learned</b>	Learned <ul style="list-style-type: none"> <li>The use of technical reports.</li> <li>Training courses.</li> <li>Working together as a project team.</li> <li>The IAEA expert guidance</li> </ul> Failures. <ul style="list-style-type: none"> <li>Delivery times for report.</li> <li>Efficiency</li> </ul>	<i>Highlight factors of successes and failures</i>
<b>Recommendation(s) by CP</b>	Exchange of experience between researchers in the country, for the preparation of reports. The University must ensure the permanence of its staff to maintain the team knowledge .	<i>Indicate to whom the recommendation is addressed e.g. IAEA (TO, PMO or other), the NLO, the Government...</i>

**SECTION-5: OUTCOME PROGRESS: (mandatory for PROJECT CLOSURE REPORT (PCR), Optional for PPAR)**



ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Outcome statement	We were able to make the chemical and isotopic analysis.	To be selected from the project LFM
Indicator(s)	Chemical and isotopic analysis	
1) Please state to what extent the expected outcome is being achieved.	The drafting of the final report	Progress in relation to the likelihood that the expected outcome will be achieved or not
2) Please provide details/ explanations supporting the statement	See results in appendices.	Provide examples, (field) observations, or signs. Attach any document supporting your statement
3) Please state any other achievements.	The direct use of hypochlorite sodium inside the wells caused imbalance in the cationic ionic charge in addition to causing health damage for excess.	Spin-offs, unexpected/unplanned benefits or negative effect(s)
4) Please explain issues encountered (if any) that affected the achievement of the outcome	Permits and coordination in time to sample wells. The route for sampling cross several private and government areas affecting the sampling process.	Issues can be related to the overall project context

**SECTION-6: CLEARANCE BY NLO (mandatory for PCR and PPAR)**

Clearance by NLO	Date:	
	Remarks:	Kindly provide remarks or comments, if any

**SECTION-7: FEEDBACK BY IAEA ON THE REPORT**

Comments by TO(s)		Feedback from the TO(s) on the report
Comments by PMO		Feedback from the PMO on the report



**DOCUMENTO TÉCNICO  
REPORTE DE ESTUDIO DE CASO  
PROYECTO ARCAL 7016**

**“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACUÍFERO  
DE ANTÓN, PARTE B, 2013-2014”**

VIP 01-04-00-06-2014-25

**INDICE TEMÁTICO**

**Capítulo 1**

- **Introducción**
- **Uso y manejo del agua subterránea en la república de panamá**
- **Principales problemas de manejo del agua subterránea en panamá**
- **Uso de agua y del agua subterránea en Antón**
- **Área de estudio**
- **Metodología aplicada**

**Capítulo 2**

- **Climatología**
- **Tipo de clima**
- **Datos de pluviometría**

**Capítulo 3**

- **Geología, geomorfología y suelos**
- **Fallas, intrusiones**
- **Formaciones geológicas de cerros y de ríos**
- **Georecursos**
- **Tipo de suelos,**
- **Geología regional**

**Capítulo 4**

- **Marco hidrogeológico**
- **Introducción.**
- **Características hidrogeológicas de las formaciones volcánicas**
- **Inventario de puntos de agua**
- **Datos recopilados**
- **Datos inventariados**
- **Características generales de los diferentes puntos de agua**
- **Características del acuífero**



- **Sector de la parte alta de la cuenca**
- **Sector de la parte baja de la cuenca**
- **Relieve**
- **Parámetros hidrodinámicos**

#### **Capítulo 5**

- **Metología analítica (hidroquímica e isotópica)**
- **Sistema de muestreo del agua subterránea y superficial**
- **Determinaciones físico - química de campo**
- **Determinación química de laboratorio**
- **Validaciones**
- **Hidroquímica**
- **Isotopía**
- **Cumplimiento con normas nacionales**

#### **Capítulo 6**

- **Resultados**
- **Hidroquímica**
- **Isotopía**

#### **Capítulo 7**

- **Discusión y conclusiones**

#### **Capítulo 8**

- **Trabajo a continuar**

#### **Capítulo 9**

- **Principales inconvenientes enfrentados durante el desarrollo del proyecto y recomendaciones para evitar problemas similares en futuros proyectos.**
- **REFERENCIAS**
- **TABLA Resultados Analíticos**



## CAPÍTULO 1

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación es el resultado del convenio de la Agencia Internacional de Energía Atómica y la Universidad de Panamá, bajo el programa “Usando isótopos para la evaluación hidrogeológica de acuíferos intensamente explotados en América Latina”, que tiene por objetivo mejorar el conocimiento de la dinámica de la cuenca mediante las herramientas isotópicas y determinar posibles cambios de la línea base del Acuífero de Antón debido a la sobre explotación de las aguas subterráneas.

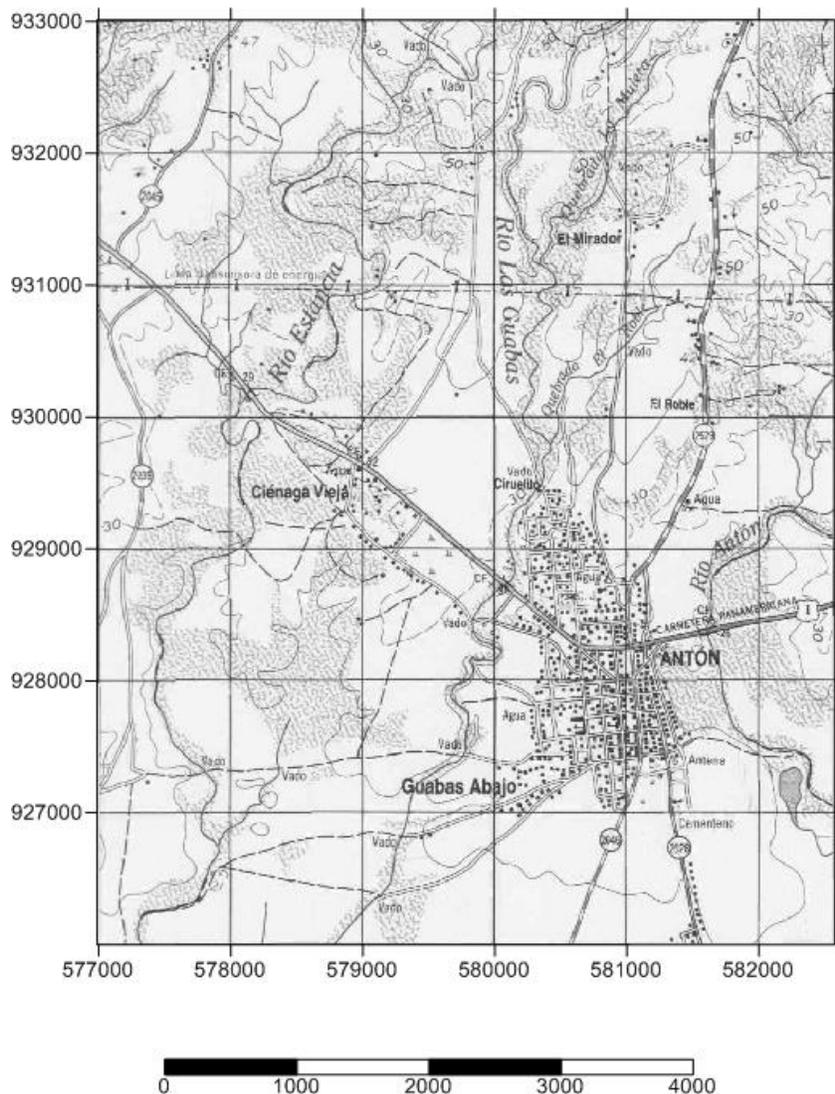
Esta investigación surge a partir de las necesidades apremiantes de agua en el Distrito de Antón, provincia de Coclé (ver Figura 1.1). Actualmente tiene una población de más de 10 000 habitantes y se proyecta una demanda de 76 l/s de agua subterránea para una proyección de una población proyectada al 2040 de 17 000 habitantes. En la actualidad la Ciudad se abastece de 14 pozos de agua subterráneas y se planifica la perforación de pozos profundos con un caudal de 7.6 L/s (120.5 gal/min) por pozo, para un régimen de bombeo de 24 horas.

El Distrito de Antón es agrícola y ganadero en donde el factor agua es de suma importancia, por lo que se requiere de un mejor manejo del recurso hídrico, en donde se presente un estudio de las posibilidades de explotación y sustentabilidad del recurso hídrico.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE



**Figura 1.1** Mapa físico de la Ciudad de Antón

La investigación se centra en la Cuenca 136, llamada cuenca de Antón, la misma que abastece de agua al distrito de Antón y sus alrededores. Como un camino para conocer dinámica de la cuenca mediante las herramientas isotópicas y determinar posibles cambios de la línea base del Acuífero de Antón debido a la sobre explotación de las aguas subterráneas, para ello se realizó con la ayuda de los administradores de los pozos en este caso con el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), las muestras de



agua superficiales se tomó en lugares estratégico de los ríos: Las Guabas, La Estancia y Antón. En este estudio hidroquímico e isotópico se contemplaron las medidas de los parámetros físicos y químicos de ambas aguas.

Se determinaron las cota de cada pozo, para la elaboración del mapa de piesometría, para esto se realizó una campaña topográfica, en esta gira se midió las cotas de cada pozo, el nivel estático de los mismos y su posición con un GPS (Global Positioning System) o equipo de medida del Sistema de Posicionamiento Global.

## **1.2. USO Y MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ**

La utilización de las aguas subterráneas en la República de Panamá es una actividad importante en el ámbito de la salud pública y del desarrollo integral del país. Aunque las características hidrogeológicas de las formaciones geológicas de Panamá son poco conocidas por falta de estudios sistemáticos, se conoce que las producciones por pozos son aceptables en muchas de ellas, principalmente en formaciones sedimentarias terciarias, volcánicas cuaternarias y rellenos coluvio- aluviales recientes (Salinas, 2009)

La mayor parte de los acuíferos que se explotan son del tipo de flujo fisural en rocas volcánicas y sedimentarias consolidadas. La profundidad de la mayoría de los pozos oscila entre 20 y 75 m, y sus producciones oscilan entre 2 y 15 l/s. Es común encontrar pozos entubados solo los primeros metros y el resto sin revestimiento debido a la estabilidad de las rocas consolidadas perforadas.



La calidad físicoquímica de las aguas es muy variable y depende de las características litológicas del acuífero, y a veces se encuentran aguas blandas y con baja conductividad eléctrica.

El uso principal del agua subterránea en Panamá es para abastecimiento público. En menor proporción el agua subterránea también es utilizada para fines agropecuarios e industriales.

De aproximadamente 130 sistemas de acueductos urbanos y rurales (mayores de 1 500 habitantes) que administra el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), el 70 por ciento son captaciones de aguas subterráneas por pozos. El Ministerio de Salud (MINSAL), por su parte, atiende los acueductos de más de 9 000 comunidades rurales y dispersas (menores de 1 500 habitantes) mediante la explotación de pozos.

Tanto el IDAAN como el Ministerio de Salud perforan los pozos de los acueductos que les corresponden, efectúan pruebas de bombeo, generan información técnica para archivos de pozos, inclusive análisis físico-químicos y bacteriológicos de las aguas de los pozos que perforan, pero a la hora de suministrar los datos no los tienen ordenados, y en ocasiones, no saben a qué pozo corresponde la información que tienen ya que no existe personal idóneo que pueda llevar estos archivos de una manera ordenada. Sin embargo, no se cuenta con un archivo de pozos compatible entre ambas instituciones ni un inventario nacional de pozos y extracciones de aguas subterráneas que Incluyan las explotaciones privadas.



Aunque no se cuenta con estadísticas completas, se estima que más del 40 por ciento de la población panameña es abastecida por aguas subterráneas, que implicaría una explotación de más 100 millones de metros cúbicos de agua potable al año (Panamá en Cifras 2006).

### **1.3. PRINCIPALES PROBLEMAS DE MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN PANAMÁ**

La información técnica que se recoge en las instituciones que utilizan las aguas subterráneas no se evalúa ni utiliza para estudios sistemáticos de los acuíferos, ni para controlar su evolución cuantitativa ni cualitativa conforme avanza su explotación y otras actividades humanas que los afectan.

Los acuíferos no están identificados en su geometría ni características hidráulicas, zonificación de zonas de recarga y calidades del agua. No se cuenta con un sistema de monitoreo de fluctuaciones de nivel de aguas subterráneas y su calidad, que permita conocer la evolución de las aguas subterráneas conforme avanza el desarrollo del país.

No se cuenta con políticas definidas, para el manejo y protección del recurso hídrico subterráneo. Hace falta personal científico-técnico capacitado en hidrogeología para llevar a cabo estudios de los acuíferos del país y que proponga políticas de control y protección de las aguas subterráneas. Es evidente la falta de estudios comprensivos e integrales de los principales acuíferos del país.



De los datos que se cuentan de las cuencas en el país, solo son confiables aquellas cuencas que son de gran interés para la explotación de hidroeléctricas, siendo estas las cuencas que se encuentran en las provincias de Chiriquí, Veraguas y parte de la región de Panamá este, donde se encuentran las mayores hidroeléctricas del país. Estas cuencas sí se encuentran instrumentalizadas y con registros continuos. Otra cuenca bien instrumentalizada es la Cuenca del Canal de Panamá, ya que el agua es vital para su funcionamiento.

#### **1.4. USO DE AGUA Y DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ANTÓN**

El agua en Antón la utilizan tres grupos de consumo principales:

- Abastecimiento de la población (Incluye la actividad turística)
- Uso agrícola y ganadero
- Industria

La actividad industrial tiene muy poco desarrollo en Antón, destacándose la fabricación de materiales de construcción, la industria alimenticia y la de exportación de frutas tropicales. El abastecimiento principal de agua de estas empresas se hace a través de la red de distribución urbana y en algunas ocasiones de fuente subterránea como lo es la industria de exportación de frutas tropicales, para el lavado y saneamiento de estas.

El uso del agua subterránea está destinado principalmente para la actividad agrícola, avícola, porcina y ganadera. Para su explotación se realizan perforaciones de pozo, ya sea por medio rotativo o percusión; las profundidades de estos pozos oscilan entre 30 a 75 metros. Las aguas son extraídas por bombas sumergibles de gran potencia; estas



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

perforaciones no suelen tener un estudio geofísico ni la participación de un geólogo; se hace al *OJO DE BUEN CUBERO*. No se cuenta con los reportes de pruebas de bombeo serios y la descripción litológica de la perforación de los pozos es muy escueta. En todas las explotaciones de agua subterránea, el agua es canalizada directamente a la red de distribución sin contar con depósitos de almacenamiento. El sistema de cloración se hace directamente desde el pozo para la red de distribución.

### 1.5. ÁREA DE ESTUDIO

El área estudiada se encuentra en la República de Panamá, provincia de Coclé, Distrito de Antón (Figura 1.2).

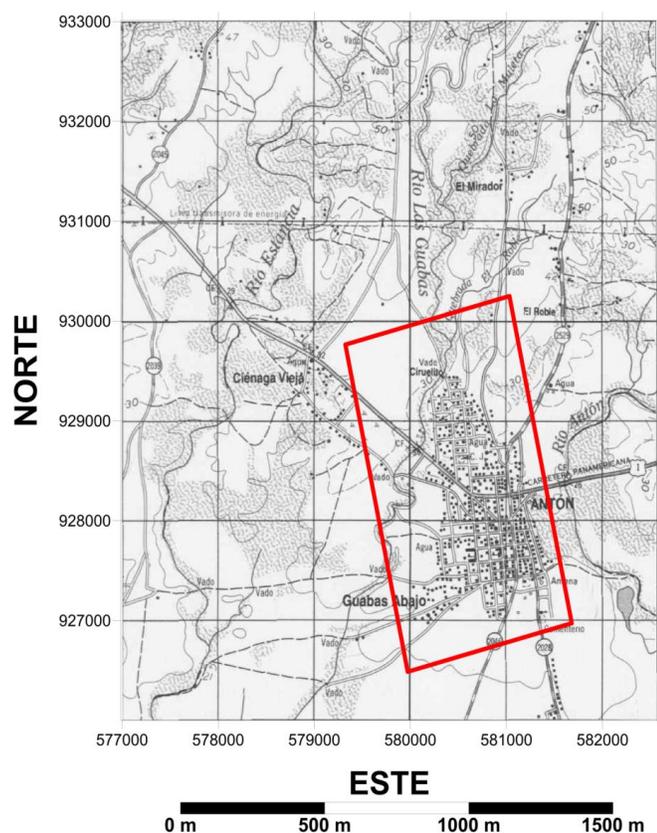


Figura 1.2 Localización del área de estudio



## 1.6. METODOLOGÍA APLICADA

Para la consecución de los objetivos de esta investigación se desarrollaron las siguientes tareas:

- Recopilación bibliográfica de todos los trabajos realizados anteriormente en la zona de estudio.
- Revisión del inventario de puntos de agua tomando datos de las características de cada uno de los puntos de agua (estado de la boca exterior de los pozos, posible entrada de agua de escorrentía superficial, indicios de la existencia de posibles bombeos, litología del pozo y geología de la ubicación de los pozos)
- Toma de niveles piezométricos en todos los puntos de agua de la zona.
- Toma de medidas de los parámetros físicos in situ de las aguas subterráneas y de las superficiales.
- Toma de medidas de algunos de los parámetros químicos in situ de las aguas subterráneas y de las superficiales.
- Toma de muestras embotelladas para realizar los análisis químicos de los iones mayoritarios y de isótopos estables en laboratorio.
- Recopilación de datos climáticos de la cuenca (temperatura y precipitación).
- Confección de mapas geológicos del área de estudio.
- Tratamiento de los datos químicos a través del programa Aquachem.



## CAPÍTULO 2

### 2. CLIMATOLOGÍA

#### 2.1 TIPO DE CLIMA

En la provincia se distinguen tres tipos de climas: el *templado árido* (Cw) predominante en las inmediaciones de la cordillera central; el *tropical húmedo* (Am) que se encuentra en las mesetas, y colinas con elevaciones que oscilan entre 100 y 500 m; y el *tropical árido* (Aw) que se extiende en las tierras bajas y llanos de Antón, Natá y Aguadulce.

La precipitación pluvial oscila entre 2 745 y 4 414 mm al año. Las precipitaciones más bajas se presentan hacia los sectores de las llanuras y la región de río Hato, en los meses secos de enero a abril (en algunos sitios la sequía es tan evidente que limita sensiblemente la actividad agrícola). Las precipitaciones más altas se presentan a medida que se aproxima hacia los sectores montañosos por el área de Toabré. La temperatura promedio anual es de unos 28 °C. En los llamados llanos de Coclé predominan los fuertes vientos, sobre todo en la época seca del año. La luminosidad es alta en la parte media y baja de la provincia (Panamá en Cifras 2010).

#### 2.2 DATOS DE PLUVIOMETRÍA

La Tabla 2.1 muestra los datos de las precipitaciones, máximas, mínimas y medias de los distintos distritos de la provincia de Coclé. Como se puede observar, las precipitaciones del área de estudio en **Penonomé** oscilan entre 745 mm y 4 414 mm, teniendo una media de 3 565 mm anual, según registros de 1997.

**Tabla 2.1** Datos Pluviométricos de la Provincia de Coclé por Distrito 1967 - 97 (**Fuente: Plan Nacional de Riego, año 1998**)

Distrito	Área (Km2)	Lluvia Max. (mm/año)	Lluvia Med. (mm/año)	Lluvia Min. (mm/año)
Aguadulce	466	4 120	1 097	466
Antón	749	4 414	3 565	2 745
La Pintada	1 024	2 091	1 558	787
Natá	608	4 120	1 097	466
Olá	381	2 091	1 558	787
Penonomé	1 700	4 414	3 565	2 745

La Tabla 2.2 corresponde a los datos obtenidos en la red electrónica. Estos datos muestra que la precipitación mensual completa del año 2014, la cual se encuentra en la estación de Río Hato.

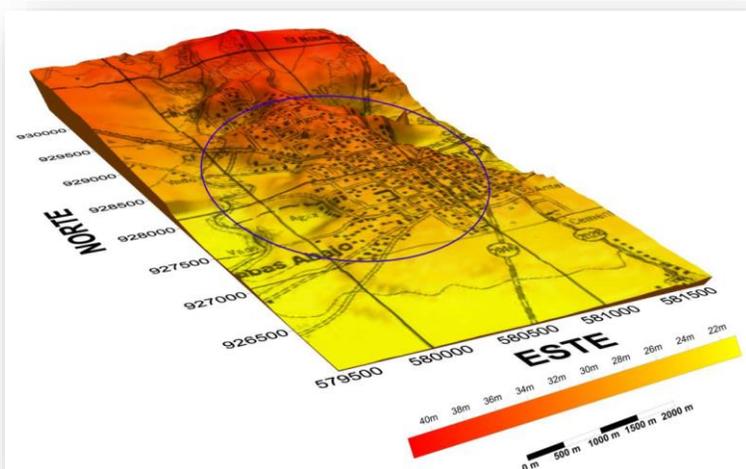
**Tabla 2.2** Precipitación del año 2014, parte baja Antón parte alta El Valle (**Fuente: Plan <http://es.climate-data.org/location/58828/>, año 2014, mes febrero**)

Mes	ANTÓN	EL VALLE	DIFERENCIA
Enero	26	27	1
Febrero	4	9	5
Marzo	8	4	-4
Abril	46	57	11
Mayo	174	340	166
Junio	178	320	142
Julio	145	273	128
Agosto	177	333	156
Septiembre	180	418	238
Octubre	259	574	315
Noviembre	211	317	106
Diciembre	77	127	50



Para tener una idea más clara del comportamiento de las lluvias, veamos cómo se encuentra la provincia de Coclé geográficamente: La provincia de Coclé tiene por límites, al Este, las costas del Pacífico de la provincia de Panamá. Se encuentra separada en parte, del sector norte (Atlántico) del país por la cordillera Central y del extremo NW, E y SW por los macizos montañosos de la cordillera de Azuero, quedando enmarcada al N, NW y NE por la cordillera central y al Sur por el mar Pacífico. Esta circunstancia es de mayor importancia porque es esa dirección de donde provienen los vientos cargados de humedad en las distintas épocas del año ya que Panamá se encuentra en la Zona de Convergencia Intertropical.

La topografía del área está constituida por montañas bajas cuyos cerros presentan elevaciones de 700 a 1050 msnm, colinas y planicies que descienden sobre el nivel del mar, las extensas planicies llegan a tener de 40 a 20 msnm la Figura 2.1, muestra el modelo digital de terreno de la ciudad de Antón.



**Figura 2.1** Modelo Digital de Terreno de la Ciudad de Antón



Las delimitaciones descritas de las zonas, por sistemas montañosos, se encuentran ubicadas de tal manera que cumplen el papel de verdaderos escudos contra las lluvias, las mayores de las cuales provienen del norte y noreste, mientras que las precipitaciones provenientes del sur y sureste, ocurren a mediados y a finales de la estación lluviosa. Las masas de aire que la mayoría de las veces proviene del mar, en ambas direcciones, se ven obligadas a elevarse cuando se encuentran con las barreras montañosas. El vapor de agua confinado a las capas más bajas de la atmósfera, determina que las fuertes lluvias orográficas se localicen en el lado del ascenso de las masas de aire (barlovento), precipitándose, en el proceso, grandes cantidades de lluvia.

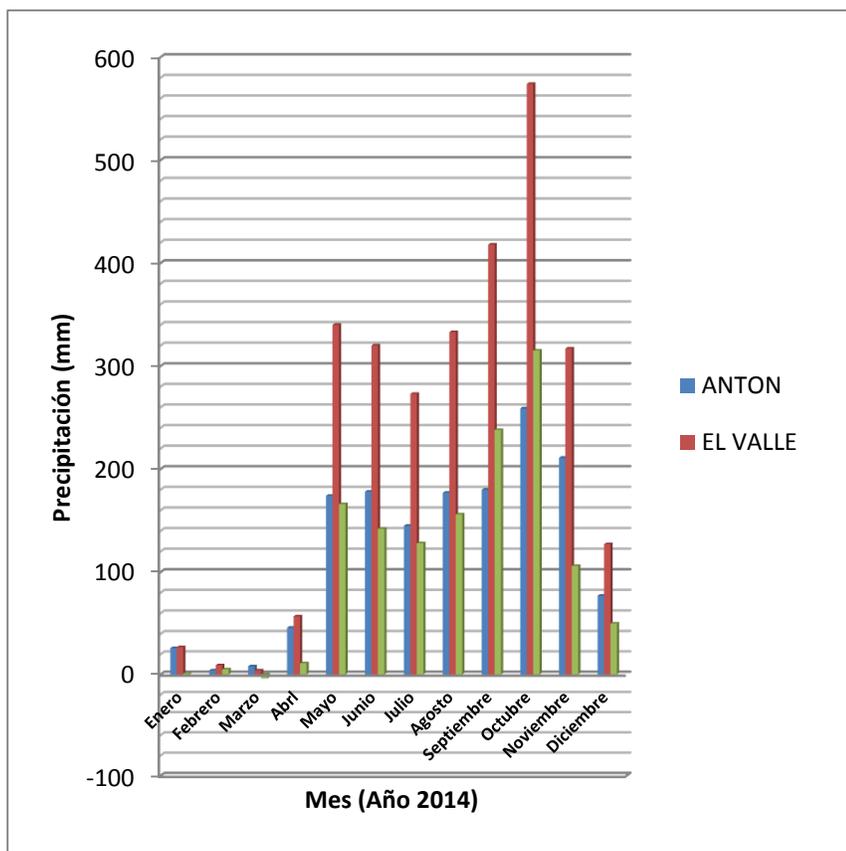
Al pasar la barrera montañosa, los vientos han perdido humedad, tienden a descender y en su contacto con la superficie terrestre, al calentarse, determina que las precipitaciones disminuyan de intensidad.

Un hecho muy digno de considerar en la Figura 2.2, en donde la gráfica de precipitación anual del año 2014 muestra que la diferencia de precipitación entre parte alta y parte baja prácticamente es igual.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



**Figura 2.2** Gráfica de Precipitación Anual año 2014 (Fuente: <http://es.climate-data.org/location/58828/>).

A esta precipitación de este año se agrega la particularidad de que en Panamá el evento del fenómeno del Niño, el cual es sinónimo de sequía en la vertiente del Pacífico, se caracteriza porque el régimen de lluvia se ve afectado tanto en número de días, cantidad y distribución. Por lo tanto, este evento hace que las precipitaciones sean intensas, de corta duración y con poca cobertura espacial.

Los efectos del Niño, dependiendo de su intensidad, pueden durar entre 12 y 18 meses. La alteración del comportamiento de las lluvias afecta de manera directa a la agricultura, la ganadería, la acuicultura, la pesca, la producción de energía, la salud pública



e indirectamente, a los sectores industria y servicios. Otras de las causas es la tala de árboles, que hace que las condiciones de la cuenca se desmejoren, causando menos lluvias.

### CAPITULO 3

## 3. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO

### 3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

En la figura 3.1 se encuentran localizadas las fallas regionales de la Región Central, en ellas se muestran los diferentes sistemas de fallas o fracturas, a escala regional, que se encuentran en el sector Central son:

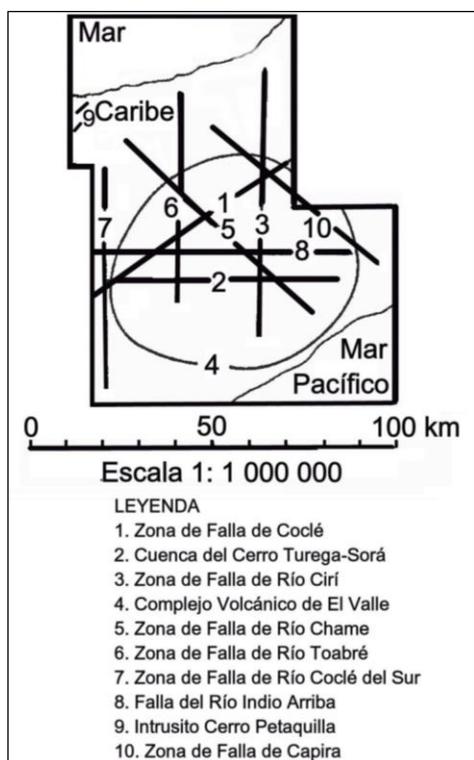


Figura 3.1 Mapa de Falla del Sector Central (FUENTE: Informe Minero II, DGRM.1998).



### **3.2 LA ZONA DE LA FALLA DE COCLÉ**

La zona de la falla de Coclé está orientada NE y ENE con un ancho de 60 a 70 kilómetros, interceptando toda el área del Sector Central.

Es posible que las fallas comprendidas entre NE y ENE hayan influido en la localización de centros volcánicos tipo andesítico-basalto, durante el Plioceno y Pleistoceno. La zona sigue hacia el Golfo de Chiriquí con rumbo SW y hacia el Golfo de San Blas con rumbo NE y forma parte de la estructura súper regional Golfo Chiriquí-Golfo San Blas. Es posible que esta zona de falla se originara junto con la formación de un arco de isla en el Oligoceno o Mioceno (Informe Minero II, DGRM.1998).

### **3.3 LA CUENCA DEL CERRO TUREGA-SORÁ**

La cuenca del Cerro Turega-Sorá es una depresión con dirección E-W y tiene un ancho de 15 a 20 kilómetros. En esta cuenca se originó el volcanismo Pliocénico del área de El Valle y posiblemente las andesitas y los basaltos cuaternarios. La cuenca en su parte central, está rellena de sedimentos inmaduros. Es posible que la depresión fuera reactivada dos veces en relación con actividades volcánicas y movimiento de fallas. La depresión puede haber existido durante el volcanismo andesítico/basáltico de la formación Tucué (Mioceno Superior), antes que la elevación del Plioceno. La complejidad del volcanismo se refleja en un perfil a través del plum del Cerro el Peñón en donde se nota una actividad dacítico o río dacítico seguido por una actividad andesítica en el mismo centro volcánico. La mayoría de los productos básicos del Plioceno y del Pleistoceno están geográficamente localizados cerca de la depresión del Cerro Turega-Sorá aunque la distribución de los depósitos no necesariamente es la orientación E-W (Informe Minero II, DGRM.1998).



La estructura del Cerro Turega-Sorá es paralela a las fracturas de extensión, visibles en los mapas sobre el fondo Pacífico, y que tiene que ver, probablemente, desde el punto de vista genético, con esta configuración.

### **3.4 ZONA DE FALLAS RÍO CIRÍ**

Esta zona de falla tiene orientación N-S y es aproximadamente de 5 km de ancho. Está claramente visible en los mapas topográficos y en las imágenes de radar. Parece que esta estructura ha influido en la localización de centros volcánicos tanto del Mioceno Superior (Formación Tucué) como del Plioceno (Formación El Valle).

Varios centros volcánicos y calderas se ubican a lo largo de esta zona. Se puede observar especialmente el centro volcánico de Caparita, de la Formación El Valle, alineado N-S inmediatamente al este de la caldera del pueblo de El Valle (Informe Minero II, DGRM.1998).

### **3.5 COMPLEJO VOLCÁNICO EL VALLE**

Es una estructura con un diámetro de más de 60 kilómetros, que cubre casi todo el Sector Central, con excepción de una cuenca sedimentaria en la parte Atlántica. Es un complejo volcánico compuesto por varias calderas menores alineados a lo largo de estructuras lineales dentro del complejo El Valle y a lo largo del margen del complejo. Se estima que el complejo volcánico de El Valle inició su actividad en el Mioceno Superior durante las últimas actividades del volcanismo de la Formación Tucué. El nuevo volcanismo originó varias calderas y flujo ignimbríticos. Al final, el volcanismo se concentró a lo largo de la cuenca Cerro Turega-Sorá (Informe Minero II, DGRM.1998).



### **3.6 ZONA DE FALLA DEL RÍO CHAME**

El Río Chame sigue una zona de falla con rumbo NW-SE y ha causado movimientos de bloques, así vemos que está cortando

### **3.7 ZONA DE FALLA DEL RÍO TOABRÉ**

La zona de falla del Río Toabré tiene orientación N-S y ancho de 4 a 5 kilómetros. Varios centros volcánicos de la Formación Tucué, así como dos afloramientos de la Formación Chiguirí, están localizados a lo largo de esa zona de fallas. Las lutitas están deformadas plano axial de división, paralelo a la estructura.

### **3.8 ZONA DE FALLA DEL RÍO COCLÉ DEL SUR**

El complejo volcánico de El Valle está limitado por una zona delgada con orientación N-S. Allí se encuentra el contacto entre los bloques andesíticos de la Formación Tucué y las ignimbritas de la Formación Cerro El Encanto.

Centros volcánicos de composición basáltica de la Formación Monte Oscuro (Plioceno-Pleistoceno) están localizados a lo largo de la misma zona de falla en el Sur del Sector Central (Informe Minero II, DGRM.1998)

### **3.9 FALLA DE RÍO INDIÓ ARRIBA**

Todo el Sector Central está atravesado por una falla E-W, ubicada al Norte de la población de El Valle. Parece ser una falla normal y cuaternaria. Está paralela a la cuenca del Cerro Turega-Sorá (Informe Minero II, DGRM.1998).



### **3.10 EL INTRUSIVO DE CERRO PETAQUILLA**

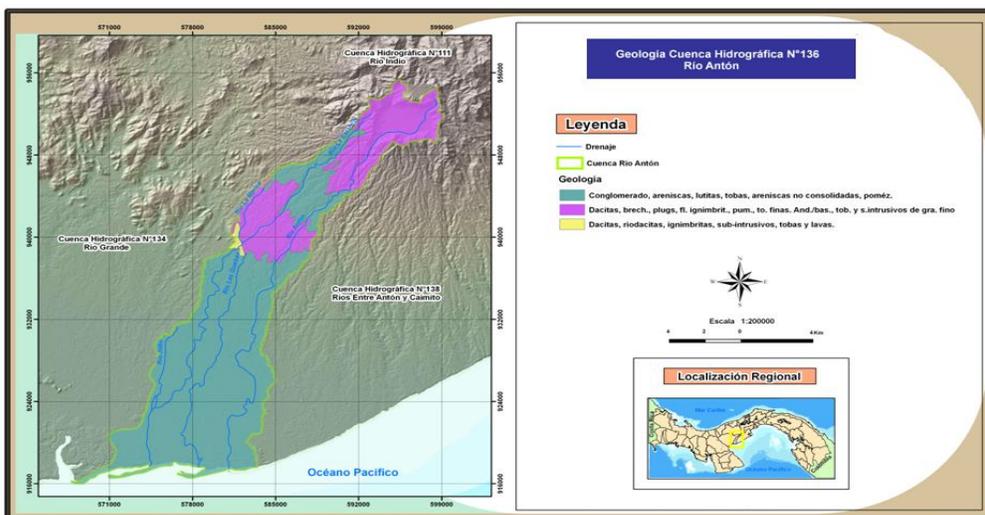
Cerro Petaquilla es un cuerpo intrusivo de edad del Oligoceno, localizado un poco afuera del Sector Central, hacia el Noroeste. Todavía no se sabe si el complejo intrusivo se extiende del dentro del Sector Central. Supuestamente el intrusivo forma parte de un arco de islas del Oligoceno a lo largo de la costa Atlántica, mientras que el complejo Volcánico de El Valle y la cuenca del Cerro Turega-Sorá forma parte de un arco de isla en el Mioceno-Plioceno; de ser así, la actividad volcánica migró hacia el Sureste (Informe Minero II, DGRM.1998).

### **3.11 ZONA DE FALLA DE CAPIRA**

Las fallas de Capira cortan el complejo volcánico de El Valle con rumbo NW-SE en su parte Noreste. Es una zona difícil de definir con exactitud. A lo largo de la zona existen varias calderas y varios centros volcánicos: Cerro Campana, Cerro Llorón, Cerro Trinidad, Cerro Cirí Grande y Cerro Teriá. La zona de falla de Capira ha influido también en el volcanismo del Mioceno Superior (Formación Tucué) (Informe Minero II, DGRM.1998).

### **3.12 FORMACIONES GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DE ANTÓN**

La Figura 3.2 muestra el mapa geológico donde se encuentran todas las formaciones que conforman la Cuenca del Río Zarái, que se describirán en detalle a continuación.



**Figura 3.2** Geología de la Cuenca de Antón.

Las formaciones geológicas del área de estudio son las siguientes: Formación Río Hato (QR-Aha), Formación El Valle (TMPL-VA), Formación Cerro El Encanto (TM-Yen) y la Formación Tucú (TM-CATu) (Informe Minero II, DGRM.1998).

### 3.13 FORMACIÓN RÍO HATO (QR-AHA)

Esta formación se extiende al Sur de Penonomé hasta la costa del Pacífico. Excepto los depósitos de arena de playa y manglares, existen depósitos formados por catástrofes. En la Figura 3.3 se observa varios niveles estratigráfico donde en cada uno existe depósitos de piedra pómez intercalada con suelo arenoso.



**Figura 3.3** Formación Río Hato, poblado del Retiro.

### **3.14 FORMACIÓN EL VALLE (TMPL-VA)**

En esta parte de la Formación principalmente tiene tobas, muchas veces bien estratificadas. Además se pueden encontrar flujos piroclásticos y volcanoclásticos finos. Posiblemente las tobas, que contienen fragmentos de ignimbritas, son más jóvenes que la formación Cerro El Encanto. La formación forma parte del complejo volcánico de El Valle que inició su existencia durante el Mioceno Superior y fue activo hasta el Cuaternario. En la Figura 3.4 se aprecia el basalto que se encuentra en la parte alta de la cuenca cerca del Río Zaratí en forma columnar, y en algunas partes se pueden observar la lava basáltica, formando el cauce de algunas pequeñas quebradas que son afluentes del río.



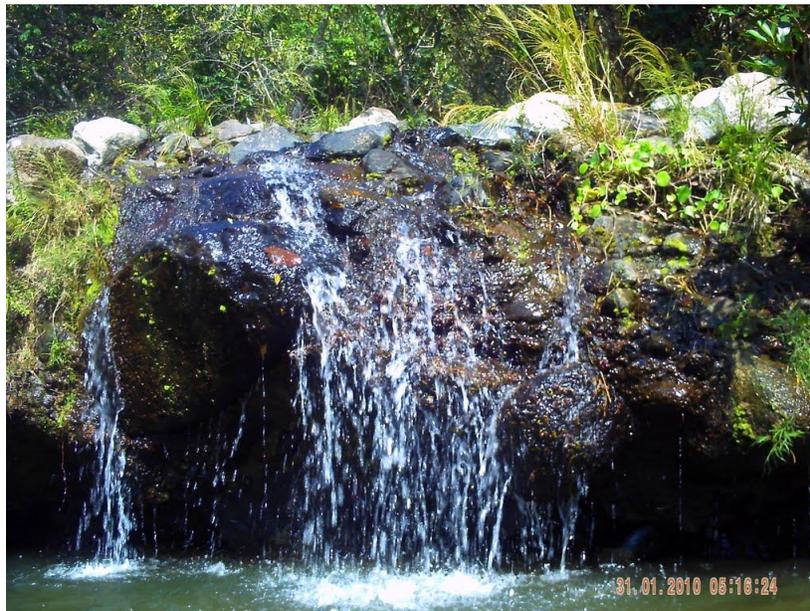
## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



**Figura 3.4.** Formación El Valle: Se aprecia el basalto del Río Las Guabas , parte alta de la cuenca.

En la Figura 3.5 se aprecian un flujo dendrítico y un conglomerado bastante cementado. Posiblemente debajo de esta cuarta se encuentra el basalto.



**Figura 3.5.** Formación El Valle: Pueden apreciarse los flujos dendrítico y conglomerado bastante cementado.



### 3.15 FORMACIÓN CERRO EL ENCANTO (TM-YEN)

Geográficamente esta formación se extiende al sur de la formación Tucué. La dacitas y riodacita son rocas que predominan en esta formación.

Las rocas volcánicas formadas como ignimbritas son extensas, pero también se presentan como lavas y subintrusivos. En la Figura 3.6 se aprecia la cantera de Vista Hermosa donde se explota la ignimbrita y la roca caliza localizada en la parte baja de la cuenca que es bastante vítrea; debajo se aprecia el basalto. Al fondo se aprecia la divisoria de agua de parte baja de la cuenca.



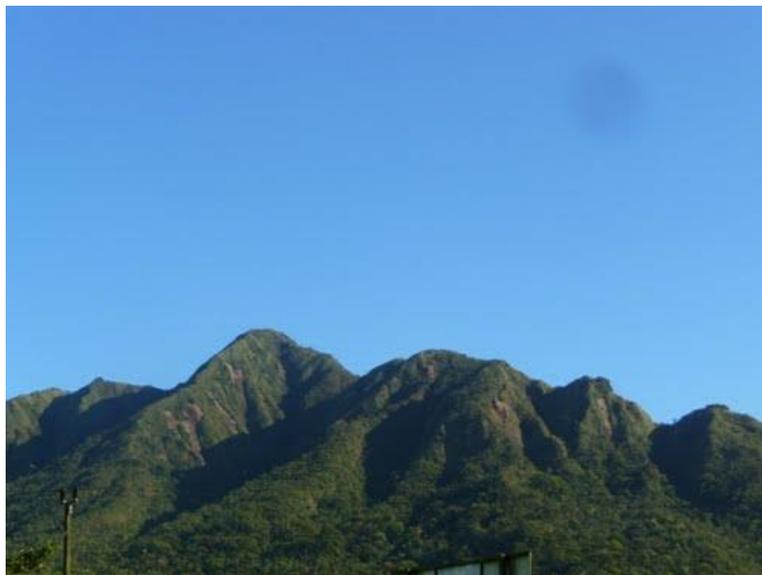
**Figura 3.6.** Formación El Encanto: Cantera de ignimbrita y basalto por debajo.

### 3.16 FORMACIÓN TUCUÉ (TM-CATU)

Es la más abundante en el área central de influencia de la cuenca. Sin embargo, atraviesa cortos trechos de los ríos Coclé del Sur y Zaratí.



Está compuesta por lavas andesíticas-basálticas, brechas, tobas, subintrusivos, conglomerados, volcanoclásticos y flujos de debris. Los conglomerados están por bloques de andesitas con poca matriz y sin estratificación. En la Figura 3.7 se pueden observar las rocas basálticas en la cúspide de las montañas.



**Figura 3.7** Formación Tucué: Basalto.

### **3.17 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

En la provincia de Coclé se encuentran las unidades geomorfológicas siguientes: macizos montañosos, acumulaciones de pie de monte y la franja litoral.

En los macizos montañosos, las montañas se disponen en sistemas separados entre sí por cuencas sedimentarias y por regiones de colinas. Están constituidas en general por rocas ígneas volcánicas y rocas intrusitas. Su aspecto morfológico abrupto y profundamente escarpado es consecuencia del paroxismo tectónico del Neógeno. En esta región se presenta el tipo de relieve montañoso de “montañas producto de apilamiento



de emanaciones magmáticas”, visto en la cordillera central (norte de Coclé), macizos de Azuero y de Soná (**Touriño, 1976**).

Las acumulaciones de pie de monte, según su origen, son hidrovulcánicas o morfoclimáticas. Las acumulaciones hidrovulcánicas son generadas por emisiones volcánicas de tipo explosivo; las cenizas volcánicas son retomadas por las aguas superficiales y explayadas en abanico en las llanuras del pie de monte; este tipo de acumulación caracteriza las laderas meridionales de El Valle. Las acumulaciones morfoclimáticas se observan en el sector de Cerro Petaquilla y Miguel de la Borda, en Colón, al norte de Coclé (**Touriño, 1976**).

La morfología litoral está relacionada con el último ascenso glacieustácico del nivel marino, resultado de la fusión de los hielos de última glaciación (trasgresión Flandriense); de ésta morfología se encuentran las costas altas y las costas bajas (**Touriño, 1976**).

Las costas altas se localizan en aquellos sectores del litoral en que los flancos de las elevaciones avanzan hacia el mar, por lo que el relieve costero es elevado con pendientes empinadas. La mayoría de las veces no evolucionan en acantilados porque están separados del mar por cordones litorales y por plataformas de abrasión rocosa. El litoral meridional occidental presenta costas disectadas en anfiteatro en cuyas bases se ubican pequeñas playas, las cuales están separadas por promontorios. Las costas rocosas abruptas que forman acantilados se localizan en la península de Las Palmas en Veraguas. Generalmente las costas altas se presentan muy disectadas (**Touriño, 1976**).

Las costas bajas son aquellas que bordean las planicies litorales; en este tipo de costas se pueden distinguir las acumulaciones de arenas y cordones litorales. El margen



continental lo constituyen la plataforma y el talud continental; la plataforma continental es más ancha en el lado Pacífico que en el Caribe; y sobre ella se levantan numerosas islas (continentales y coralinas) y arrecifes coralinos. Tanto la plataforma como el talud continental han conservado restos del antiguo relieve subaéreo, como consecuencia de los desplazamientos de la línea de costa (**Touriño, 1976**).

### **3.18 GEORRECURSOS**

La provincia de Coclé tiene riquezas mineras, especialmente vinculadas a la extracción de oro, las cuales se localizan en distintas subregiones. Actualmente se reporta actividad en la subregión de la Cordillera Central, donde se han solicitado 27 concesiones para consolidar las Minas de Molejón y de Petaquilla (Panamá en Cifras 2006). En el caso de esta segunda, a pesar de localizarse en un territorio fuera de la provincia, sus externalidades se concentran en la subregión de la Cordillera Central. Preocupan los impactos y la presión que genera la construcción de la carretera de acceso, y de la actividad de minería a pequeña escala localizada en los ríos y en el área protegida del Parque Nacional Omar Torrijos.

Otro tipo de actividad son las extracciones de áridos (arena y cascajo) para construcción que se producen en las playas y cuencas bajas de los ríos de la zona, en particular en los ríos.

### **3.19 SUELOS Y CAPACIDAD AGROLÓGICA**

En Panamá clasifican los suelos según el sistema de ocho (8) clases de aptitud de suelos según USDA, que caracteriza la capacidad de los suelos y el uso potencial de la tierra.



A nivel nacional de 1 700 000 has. (23.4%) de tierras cultivables, están distribuidas en las clases II, III, IV, y alrededor de 4 650 000 has. (64.1%) para pastoreo y cultivo de árboles distribuidas en las clases V, VI, VII; y unas 825 700 has (11.4%) para vegetación forestal destinada a la conservación (ANAM, 2007).

Atendiendo a la capacidad agrológica de los suelos existentes en la región de las provincias centrales, el 78,5% de los suelos tienen la consideración de “no aptos” para el uso agrícola, y tan solo el 21,5% presenta limitaciones para este uso.

La tabla 3,1 muestra la distribución de los suelos de la provincia de Coclé según su capacidad agrológica, atendiendo a la aptitud de suelos según USDA.

**Tabla 3.1** Distribución de los suelos de la provincia de Coclé, según su capacidad agrológica en km<sup>2</sup> (**Fuente:** Atlas de Panamá, 2007.)

Clases de Suelo	Coclé	
	Superficie.	%
II	266	5,3
III	453	9,0
IV	477	9,5
V	26	0,5
VI	748	14,9
VII	1 531	30,4



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

VIII	1 527	30,4
Todas	5 028	100,0

- I Arable, sin limitaciones
- II Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación moderada
- III Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación especial o ambas cosas
- IV Arable, muy severas limitaciones en la selección de plantas, requiere un manejo muy cuidadoso o ambas cosas
- V No arable, poco riesgo de erosión, pero con otras limitaciones, apta para bosques y pastos
- VI No arable, con limitaciones severas, apta para pastos, bosques, tierras de reservas
- VII No arable, con limitaciones muy severas, apta para pastos, bosques, tierras de reserva
- VIII No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales

Los suelos de mayor potencialidad productiva de la provincia de Coclé se encuentran en las zonas llanas, que en extensión, pueden llegar hasta el 15% de la provincia, especialmente en las llanuras de Aguadulce, Natá y Antón; se trata de suelos aluviales recientes, ubicados en las márgenes de los ríos; también los suelos arenosos costeros y los suelos pardos rojizo que no han estado sujetos a intensa lixiviación. Los suelos clasificados en las clases II y III (sistema USDA) con aptitud para una amplia variedad de producción mecanizada de cultivos y pastos, con buenas aptitudes para irrigación, son los suelos de los Llanos de Coclé. Los suelos de clase IV, menos aptos para cultivos anuales, se centran sobre todo al sur de Penonomé. En total, los suelos arables de la provincia de Coclé, apenas constituyen el 24% de la superficie total, coincidiendo en gran medida con el terreno destinado a usos agropecuarios. Los suelos de la clase V, aptos para la ganadería, son poco importantes en Coclé (0,5%), principalmente al oeste de Penonomé (ANAM, 2007).



En el borde costero, los suelos que presentan características inadecuadas para usos agrológicos (clase VII), son los manglares o las albinas, afectados por las mareas y la salinidad. Igualmente, en los suelos ubicados en las colinas bajas y estribaciones montañosas, de las clases VI y VII, el potencial se orienta a la vocación agroforestal y forestal manejada, predominan al Norte y Este de la provincia y ocupan en total el 45% del territorio y están fundamentalmente dedicados a ganadería y agricultura de subsistencia, lo que provoca importantes problemas de conservación de suelos como consecuencia de la deforestación producida mediante quema.

Finalmente, los suelos de clase VIII se concentran en la cordillera y sus estribaciones. Su vocación es la protección de los recursos naturales (suelos, bosques, agua, fauna, paisaje). Representan el 30% del territorio de Coclé.

En la provincia de Coclé existen 135 000 has (27%) de tierras cultivables de clase II, III, IV; y alrededor de 217 000 has (44%) para pastoreo y uso forestal con aprovechamiento; y unas 142 000 has (30%) para vegetación forestal destinada a la conservación. Como se observa, esta provincia posee en términos relativos mayor porcentaje de tierras a ser destinadas a la conservación forestal absoluta (30%) con relación al porcentaje del país que es de 11.4%. Sin embargo, el porcentaje con capacidad para ser destinado al pastoreo y al cultivo de árboles es menor (45.8%) con relación al del país que es de 64.1%. Los porcentajes de las clases de suelos para tierras cultivables, podrían considerarse ligeramente superiores (27% y 23.4%) (ANAM, 2007).

En la tabla 3.2 se muestra la distribución de las clases de suelo para cada distrito, atendiendo a la aptitud de suelos según USDA.



**Tabla 3.2** SUPERFICIE SEGÚN CLASE DE SUELO Provincia de COCLÉ en hectáreas,  
 (Fuente: Atlas de Panamá, 2007.)

SUPERFICIE SEGÚN CLASE DE SUELO Provincia de COCLÉ (hectáreas)												
	AGUADULCE		ANTÓN		LA PINTADA		NATÁ		OLÁ		PENONOMÉ	
II	3 111,2	12,0	8 228,1	31,7	1 328,5	5,1	4 551,5	17,6			8 713,8	33,6
III	16 718,6	33,2	6 212,0	12,3	5 096,3	10,1	17 702,0	35,2	2 415,1	4,8	2 179,0	4,3
IV	6 675,6	11,3	17 003,4	28,9	1 058,9	1,8	5 173,8	8,8	318,0	0,5	28 679,0	48,7
V			18 155,6	82,0	990,3	4,5		0,0			2 982,7	13,5
VI	1 112,3	2,4	1 447,4	3,1	11 632,8	25,2		0,0			32 059,0	69,3
VII	19 007,4	12,8	16 827,7	11,4	30 727,2	20,8	18 919,4	12,8	4 006,9	2,7	58 559,0	39,6
VIII			5 897,3	4,1	52 509,8	36,8	13 842,5	9,7	32 328,0	22,7	38 144,0	26,7
<b>TOTAL</b>	<b>46 625,1</b>	<b>9,4</b>	<b>73 771,5</b>	<b>14,9</b>	<b>103 343,8</b>	<b>20,9</b>	<b>60 189,2</b>	<b>12,2</b>	<b>39 068,0</b>	<b>7,9</b>	<b>171 316,5</b>	<b>34,7</b>

La Figura 3.8, muestra el mapa distribución de los suelos de la provincia de Coclé, según su capacidad agrológica, atendiendo a la aptitud de suelos según USDA. La cuenca del Zaratí presenta según USDA los tipos de suelo VI y VII los cuales no son arables con limitaciones severas, representando las tierras de reservas de la cuencas las cuales hay que proteger, y en la parte baja el tipo de suelo es IV, que es arable con severas limitaciones en la selección de plantas, requiere un manejo muy cuidadoso.



# ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

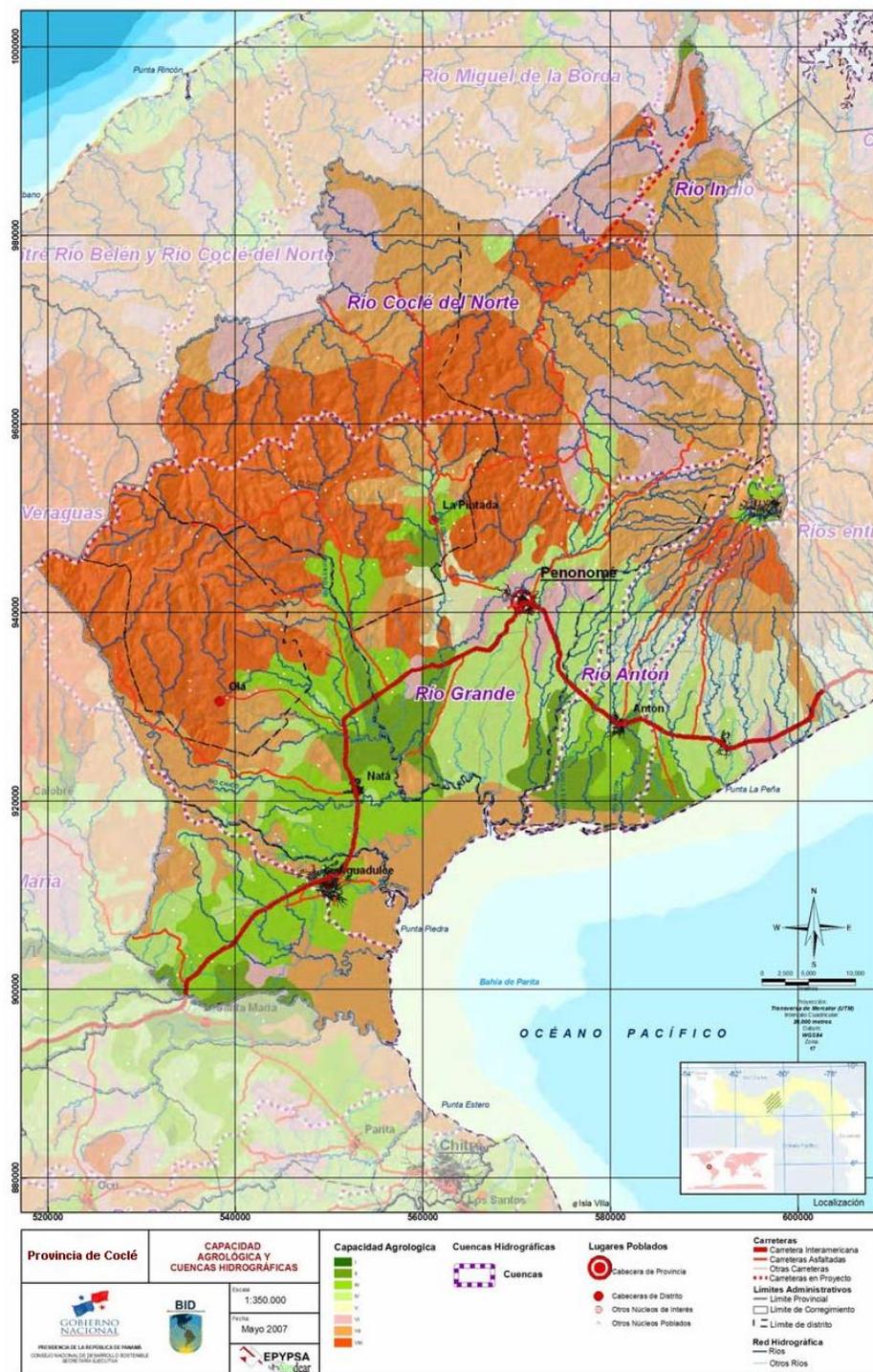


Figura 3.8, Mapa Distribución de los suelos de la provincia de Coclé, según su capacidad agrologica, atendiendo a la aptitud de suelos según USDA. (Fuente: Atlas de Panamá, 2007.)



## **CAPÍTULO 4**

### **PREÁMBULO**

En este capítulo se describen antecedentes generales sobre la hidrología del área de estudio. Se presenta un inventario actualizado de los principales puntos de agua, indicándose su localización, características constructivas de las captaciones e indicación del objetivo de su utilización en esta investigación. También se realiza una caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas y volcánicas del área de estudio, que incluye la determinación de algunos parámetros hidráulicos de las del acuífero de la cuenca a partir de los ensayos de bombeo realizados por el IDAAN. Finalmente se analiza la evolución de la piezometría a partir de datos proporcionado por el IDAAN.

#### **4.1. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES VOLCÁNICAS**

Debido a diversidad de tipos litológicos y génesis de las formaciones volcánicas, estas presentan características hidrológicas muy variables dentro del grupo de rocas consolidadas. Los principales factores que van a determinar las características hidrológicas de las formaciones volcánicas son el tipo de volcanismo, la distancia desde el centro de emisión, la tectónica, los efectos de la edad y la presencia de materiales no volcánicos interestratificados (Custodio, 1986). Todos estos factores inciden en un mayor grado de anisotropía y heterogeneidad del medio y, por lo tanto, en la circulación del agua subterránea.

En regiones volcánicas la geometría de los acuíferos queda controlada principalmente por los contrastes de permeabilidad entre los distintos materiales volcánicos,



así como por el manto de las coladas de lava y los depósitos piroclásticos. También ejercen un control importante la disposición espacial de las unidades subvolcánicas asociadas al volcanismo.

En zonas próximas a los centros de emisión volcánicos pueden encontrarse productos piroclásticos de poca permeabilidad (principalmente tobas litificadas y depósitos de cenizas), que quedan interestratificados con coladas de lava más permeables y que pueden actuar a modo de barreras casi horizontales (Custodio y Llamas, 1983).

Dentro de los intrusivos subvolcánicos asociados al volcanismo se destacan los diques, ya que estos pueden constituir barreras impermeables o poco permeables al flujo de agua subterránea, o por el contrario facilitar el movimiento del agua paralela a los mismos (Custodio, 1978). También pueden ejercer un control importante en la circulación del agua los "sills", ya que al igual que los productos piroclásticos poco permeables, estos se disponen entre coladas de lava de mayor permeabilidad y actúan como barreras horizontales.

También puede ocurrir que las coladas de lava y los depósitos piroclásticos cubran formaciones aluviales en valles y barrancos preexistentes. Estas formaciones detríticas de mayor permeabilidad pueden actuar como drenaje de las formaciones volcánicas que las contienen y eventualmente dan origen a acuíferos semiconfinados (Custodio y Llamas, 1983).

La porosidad de las rocas volcánicas es muy variable según el tipo de rocas, pudiendo variar entre el 10 y el 50% en rocas piroclásticas, hasta menos de 5% en lavas masivas y sin vesículas (Custodio, 1978). En el caso de las lavas, las diferencias de



porosidad tienen su origen principalmente en los procesos de solidificación de las mismas. Así, lavas que se solidifican muy rápidamente no podrán desgasificarse, lo que dará lugar a gran cantidad de burbujas de gas aprisionadas que conducirán a una textura vesicular. Por otro lado la porosidad puede variar significativamente en una misma colada de tal forma que la parte superior de las coladas, donde se concentra la mayor cantidad de burbujas de gas tendrá una textura vesicular y por lo tanto una mayor porosidad, mientras que la parte central de la misma será más masiva y menos porosa. En general, la porosidad de las rocas volcánicas disminuye con el paso del tiempo debido a que eventualmente los procesos de meteorización y colmatación reducen significativamente el volumen de huecos en las rocas.

La permeabilidad de las rocas volcánicas puede variar significativamente debido a la heterogeneidad del medio volcánico. En general los distintos tipos de materiales volcánicos y los intrusivos subvolcánicos asociados al volcanismo darán como resultado permeabilidades muy variables. Como regla general las rocas volcánicas de composición basáltica presentan mayor permeabilidad que las rocas volcánicas más ácidas, y las lavas más modernas son más permeables que las más antiguas (Custodio y Llamas, 1983), aunque las variaciones de esta regla son muy numerosas. No necesariamente rocas volcánicas con elevada porosidad presentarán elevada permeabilidad, debido a las estructuras propias de las rocas volcánicas, como sucede por ejemplo en rocas volcánicas con gran cantidad de vesículas que le dan una alta porosidad, pero que no están conectadas

## **4.2. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

### **4.2.1 DATOS RECOPIRADOS**



Para evaluar el funcionamiento hidrológico del área de estudio se realizó un inventario detallado de los pozos y sondeos. Esta información fue complementada con los datos de inventario de las giras que se realizaron en la zona de estudio y de algunos datos existentes proporcionados por el IDAAN.

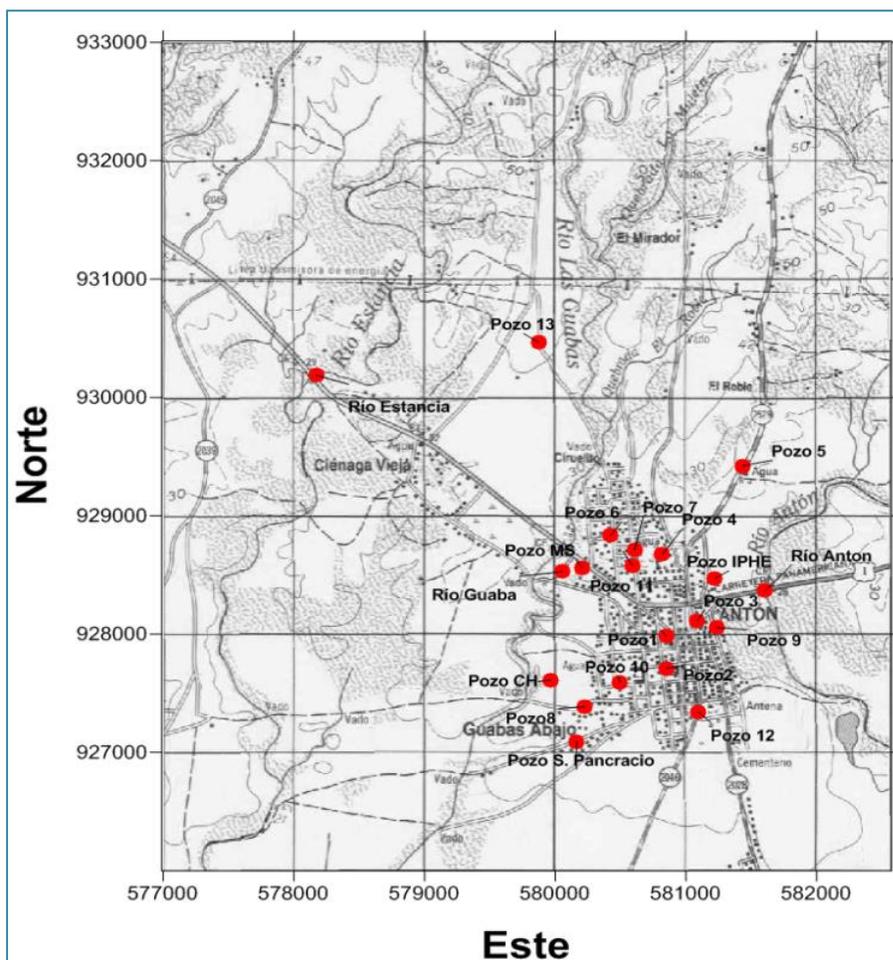
Las aportaciones principales de este reconocimiento y estudio en la cuenca del Río Antón se refieren a una caracterización general de la calidad de las aguas subterráneas. Las muestras se obtuvieron en diferentes puntos de la cuenca, de las cuales se tomaron muestras superficiales y subterráneas de los diferentes pozos que se encuentran en el área de estudio

El trabajo de localización, inventario, características de las captaciones y toma de muestras de agua fue realizada la ayuda del equipo de fuente subterráneas del IDAAN. Dentro de esta investigación se incluyen medidas del nivel piezométrico en los pozos de captaciones y en algunos casos análisis químicos de las aguas. Todos los pozos de captación fueron inventariados, los cuales fueron procesados en la base de datos. En la Figura 4.1 se presenta la situación de los puntos de este inventario que han sido utilizados en esta investigación y su posición geográfica, respectivamente.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE



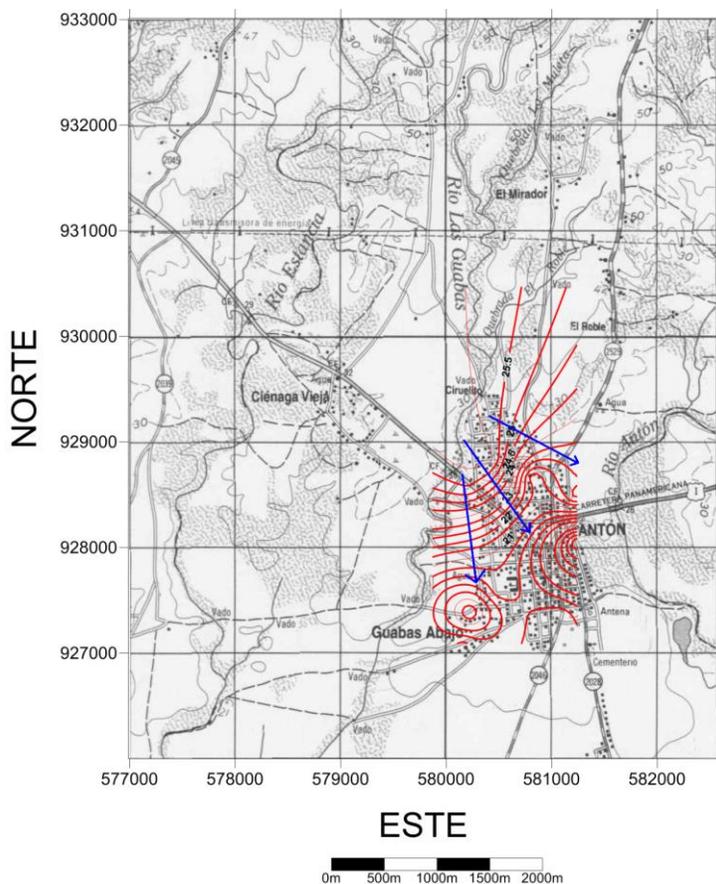
**Figura 4.1** Mapa de Localización de pozos

En el inventario realizado de los pozos se contabilizaron 15 pozos de diámetros de 6 pulgadas y 8 pulgadas, perforados en su mayoría por el departamento de fuente subterránea del IDAAN y otros por el departamento de aguas del Ministerio de Salud (MINSA). La profundidad de los pozos oscila entre 40 a 75 metros de profundidad. Los principales datos considerados en este inventario fueron: situación geográfica, características de la obra, datos de niveles, calidad del agua in situ y análisis químico completo de componentes mayoritarios en laboratorio.



#### 4.2.2 DATOS INVENTARIADOS

En esta parte de la investigación se visitaron un total de 21 puntos, de los cuales 15 corresponden a la red para la obtención de muestras de agua subterránea y medición del nivel freático. En algunos casos se seleccionaron algunas fuentes de aguas superficiales (5 muestras) para tener ideas de su comportamiento químico y de si tenía una relación con las aguas subterráneas. Sin embargo, en muchos casos era imposible obtener una medida del nivel freático ya que no había pozos en la parte alta de la cuenca. En la Figura 4.2 se presenta el mapa piezométrico.



**Figura 4.2** Mapa de la piezometría de la cuenca encima del mapa 1:50000. En ella se observa que la dirección de flujo indicadas con las flechas azules.



### **4.2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE AGUA**

Como se mencionó anteriormente, los principales puntos de acceso al acuífero en la cuenca corresponden a fuentes superficiales (ríos y quebradas), pozos de diámetro comprendidos entre 6 pulgadas y 8 pulgadas perforados con maquinarias rotativas y de percusión.

Las fuentes superficiales se localizan principalmente en zona altas de la cuenca, en la parte media de la cuenca donde se caracterizan por caudales muy reducidos, que en general superan unos pocos litros al día.

En el curso en la parte alta de la cuenca del Río Zaratí se ha observado que algunas quebradas están definidas por las estructuras características de las coladas de lava basálticas y flujo dendrítico, producto de las antiguas erupciones. También aparecen manantiales en flujo dendrítico situadas inmediatamente en el contacto sobre rocas intrusivas.

Los pozos, muy abundantes en toda el área, han sido perforados en la mayoría de los casos para usos de la población, agricultura y ganadería, y presentan caudales reducidos. La mayor parte de los pozos ha sido excavada por métodos rotativos y de percusión. La mayoría de estos pozos se encuentran ubicado en la urbe de de la ciudad. Excepcionalmente alguna de estas obras alcanza profundidades de más de 40 a 75 m. Todos estos pozos que se encuentran en explotación la extracción se hace por medio de bombas sumergibles, los cuales son conducidas a directamente a la red de distribución para



ser distribuidos a la población, la mayoría de los pozos que se encuentran dentro de la ciudad.

Las perforaciones de los pozos han sido construidos en el área a partir de la década de 1970 hasta 2003 y la gran mayoría se concentran en las localidades de del centro de la ciudad de Antón. En su totalidad los pozos son entubados hasta el fondo de pvc ranurada manualmente y la parte filtrante con grava no clasificada, lo que causa el daño continuo de las bombas sumergibles debido al desgaste por arena.

### **4.3. CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO**

Las características de los acuíferos se basan en las descripciones litológicas de sondeos presentes en este inventario y que corresponden a una recopilación de datos aportados por la oficina de la Dirección de Fuente Subterráneas del IDAAN, quienes estuvieron en la mayoría de la construcción de las captaciones de agua (ver anexo).

#### **4.3.1. SECTOR DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA**

La parte alta de la cuenca está comprendida por los poblados de Caballero, La Estancia, Retiro y El Valle.

La parte alta está constituido por rocas volcánicas ígneas extrusivas e intrusivas de la formación más antigua del área la Tocué, en donde se pueden observar tobas, basaltos y andesitas, como se pudo ver en el capítulo 2 en el mapa geológico y en la figura 4.3 se muestra la formación Tugué (Basaltos) localizados en la parte alta en la Estancia.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



**Figura 4.3.** Formación Tugué (Basaltos), en la parte alta de la cuenca.

En las figuras 4.4 se pueden observar las terrazas fluviales que constituyen pequeñas plataformas sedimentarias construidas en un valle fluvial por los propios sedimentos del río que se depositan a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente del mismo se hace menor.



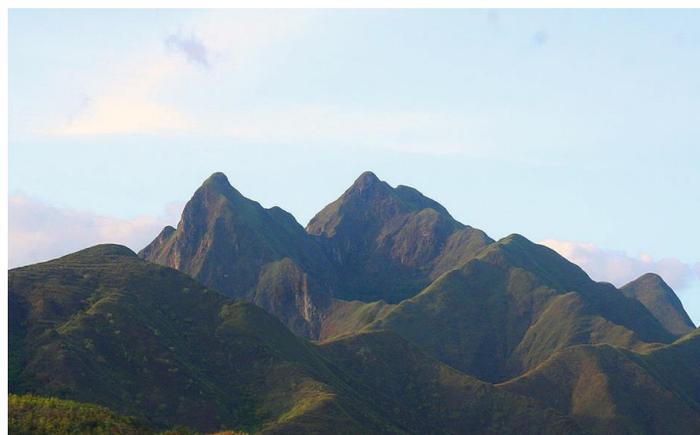
## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



**Figura. 4.4.** Terrazas aluviales, parte alta de la Cuenca

Otra de las cosas que se pueden observar en la parte alta de la cuenca es las altas montañas con pendientes bien pronunciadas que se encuentran a los lados de la ribera del Río La Estancia y Antón, favoreciendo el escurrimiento superficial y subterráneo que se da durante las precipitaciones, (ver Figura 4.5), la cual muestra un vista panorámica de la cuenca desde la parte alta hacia la parte media; en ella se aprecian las pequeñas colinas a lo largo del descenso del Río.



**Figura. 4.5** Vista panorámica del de la parte alta de la Cuenca, las colinas y montañas durante el descenso.



Las otras formaciones geológicas que encontramos en la parte alta de la cuenca son: La formación Cerro el Encanto formadas por dacitas, ignimbritas riodacita. La Formación de El Valle en donde prevalecen litologías como: pómez dacitas y basalto se pueden encontrar el poblado de La Estancia, Caballero y Retiro. Por encima de estas tres formaciones se encuentra la Formación Río Hato, la cual prevalece en todo el trayecto del río, la cual consiste en arenisca y piedra pómez. Esta zona de la parte alta de la cuenca se puede considerar como la zona de recarga del acuífero de la cuenca.

#### **4.3.2. SECTOR DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA**

La Formación Río Hato está conformada por arenisca, en la foto se puede apreciar el banco de arena utilizado para extraer arena, para construir parte del ensanche de la Interamericana en Penonomé.



**Figura 4.6** Formación Río Hato que está conformada por piedra pómez y tobas.



#### **4.4. RELIEVE**

La cuenca en su parte alta muestra un relieve montañoso con pendiente bien pronunciada por encima de los 45 a 75 grados, las cuales facilita la erosión del suelo en la época de lluvia ya que se dan bastante inestabilidad de las laderas de las montañas y colinas.

#### **4.5. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS**

En esta sección se presentan los datos referentes a los parámetros hidrodinámicos del área de estudio. Los ensayos hidráulicos son pocos y principalmente en pozos realizados para abastecimiento de agua potable los cuales no se encuentran en uso. La mayoría de los pozos solamente penetran la parte superficial del acuífero y no cuentan con ensayos de bombeos fiables.

Para la caracterización hidráulica del acuífero se tomó la información obtenida del IDAAN en la zona de Antón, los ensayos de bombeo de 5 pozos a caudal constante, con mediciones de niveles realizadas en el propio pozo de extracción. Las pruebas de bombeos no se realizaron ya que los pozos no podían ser intervenidos para el ensayo de bombeo.

Los datos, interpretación y resultados de los ensayos de bombeo considerados se presentan en la Tabla 4.1 se incluye un resumen de los resultados de los ensayos más representativos.

**Tabla 4.1.** Parámetros hidráulicos de los pozos.

<b>Pozo</b>	<b>Transmisibilidad (m<sup>2</sup>/d)</b>	<b>Conductividad (m/d)</b>	<b>Caudal Específico (L/s.m)</b>
<b>B-3</b>	72	2.12	0.80
<b>B-12</b>	304	8.51	3.37
<b>B-1</b>	112	3.09	1.25
<b>B-10</b>	109	3.80	1.21
<b>B-11</b>	699	18.68	7.76

#### 4.6. GEOFÍSICA

##### 4.6.1 UBICACIÓN DE LOS POZOS Y SEVs

Previamente al inicio de los trabajos de campo se verificaron las ubicaciones de las estaciones y se graficaron sobre los planos del sector investigado a fin de definir la orientación de los sondajes eléctricos verticales. La Figura 4.6 muestra la localización de los SEV y los pozos del área de estudio.





**Figura 4.7** Arreglo de los electrodos utilizados.

El equipo empleado fue un resistivímetro AGI de fabricación americana, con gran alcance de profundidad de más de 500 m. Los datos fueron procesados por el software con licencia de inversión de diferencia finita EarthImager 1D de la AGI.

El uso de métodos resistivos con corriente continua (CC) aplicados a estudios de aguas subterráneas es bien conocido. La estimación de la resistividad del subsuelo ( $\rho$ ) a partir de su resistividad aparente se utiliza como un instrumento para evaluar los espesores de capas geológicas, las profundidades de niveles freáticos.

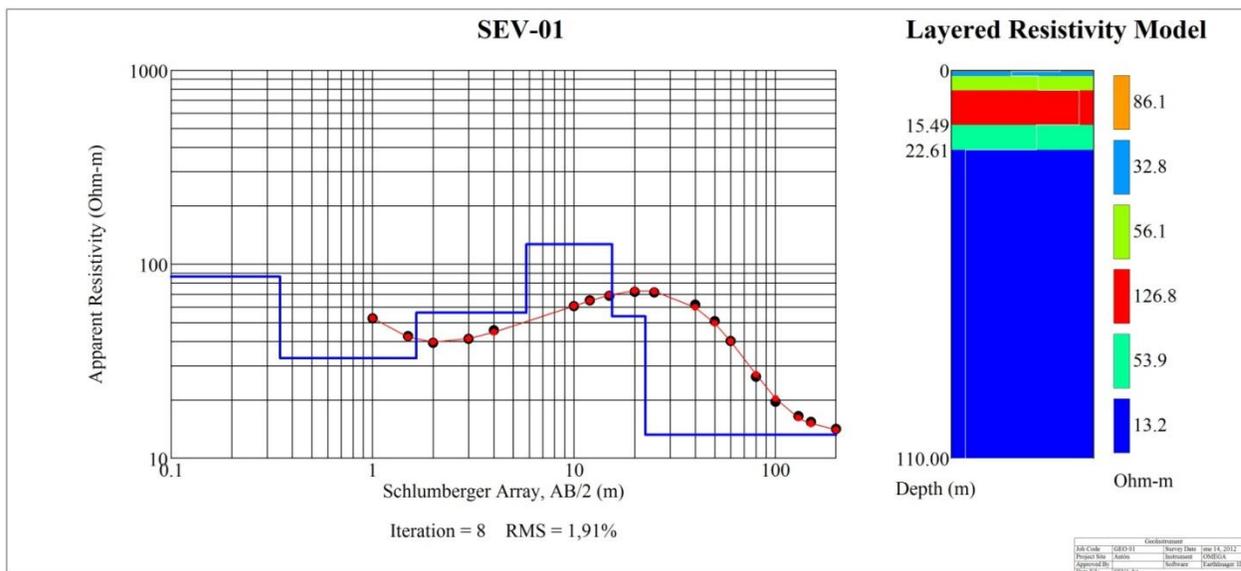
El método de resistividad eléctrica utiliza una fuente generadora de corriente (I), que es inyectada en el suelo a través de dos electrodos (A y B), la corriente produce una diferencia de potencial (V) que es medida en los electrodos de potencial (M y N). La disposición relativa de los electrodos es conocida también como arreglo geoelectrico y su escogencia depende de las características del objeto de estudio. En aplicaciones hidrogeológicas este método geofísico es utilizado en las técnicas de SEVs, permiten medir la variación vertical de la resistividad aparente debajo de un punto único, y son usados para estimar la posición



y espesor de capas litológicas horizontales en profundidad. El conocimiento de la resistividad de la primera capa permite analizar la resistividad de los horizontes inferiores.

### 4.6.3 RESULTADOS DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

En esta ocasión solo se analizaron los pozos 6 y 7, que presentan problemas en la época seca. Estos pozos se agotan en esta época. Los resultados obtenidos a partir de los sondeos eléctricos verticales, muestran una buena coherencia. Estos resultados numéricos obtenidos después de la interpretación, se observan en los datos procesado en la figura 4.8 (pozo 5, 6 y 7) en donde se representa aproximadamente la profundidad de las diferentes capa geoelectrica correspondientes a diferentes litologías.



**Figura 4.8 Sondeo Eléctrico Vertical en la cercanía del pozo 6**

Del estudio geoelectrico podemos concluir que los pozo 5, 6 y 7, tienen problemas de agotamiento en la época seca debido a que estos pozos fueron perforados muy someramente. El Sondeo Eléctrico Vertical SEV 01, el cual se encuentra cerca del pozo 6,



nos indica que la capa geoelectrica que aporta agua se encuentra aproximadamente a 22.6 m, la bomba se encuentra a 30.0 m , habiendo una diferencia de 7.39 m , la cual es significativa para que el pozo se agote.

El pozo 7, se encuentra en la mismas circunstancia que el pozo 6, la capa geoelectrica que aporta agua se encuentra aproximadamente a 22.6 m, la bomba se encuentra a 36.0 m, habiendo una diferencia de 13.40 m, la cual es significativa para que el pozo se agote.

En cuanto al pozo 5, la capa geoelectrica que aporta agua se encuentra aproximadamente a 16.17 m; la bomba se encuentra a 36.0 m, habiendo una diferencia de 19.83 m, a diferencia de los otros que en la localidad, está en un radio aproximadamente de 100 m. Existen 2 pozos de extracción, uno para la ganadería y el otro para una finca que se dedica al cultivo de plantas. Este pozo se encuentra interferido por estos dos pozos (estos pozos nunca se pudieron analizar). Los otros resultados de sondeos eléctricos no pueden ser suministrados ya que corresponde a una investigación no publicada.

## CAPITULO 5

### 5. METOLOGÍA ANALÍTICA (HIDROQUÍMICA E ISOTÓPICA)

#### 5.1 SISTEMA DE MUESTREO DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL

El 18 de diciembre del año 2014 se realizó la campaña de muestreo en la ciudad de Antón y se tomaron muestras de agua subterránea de 16 pozos que son administrados por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), además de 4 muestras de ríos.



No se pudieron obtener muestras de agua subterránea de cuatro pozos que presentan el sistema de bombeo averiado. La localización geográfica de las tomas de agua y sus coordenadas se señalan en la base de datos anexa.

Como primer paso del muestreo del agua, se procedió a purgar el pozo durante cinco minutos para luego enjuagar la vasija de recolección con el agua del pozo, por lo menos tres veces. Luego de ello, se llenó la vasija de polietileno de 1 L (para análisis de aniones y otros parámetros fisicoquímicos en el CITEN) en el chorro de agua y se tapó la misma sin cerrar la llave de agua, con el fin de evitar burbujas de aire. Se realizó el mismo procedimiento con recipientes de polietileno de 250 mL para las muestras de agua destinadas al análisis de metales, con la diferencia de que se les añadió 1 mL de  $\text{HNO}_3$  6M antes de taparlas. Estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Absorción Atómica de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá.

Adicionalmente se llenaron 2 envases de 3 onzas hasta el tope, con la precaución de evitar la formación de burbujas y se taparon; estas muestras fueron utilizadas para el análisis de los isótopos de D2 y O18 en el laboratorio del CITEN.

Un envase de 5 galones se llenó con agua del pozo y se realizaron las pruebas de campo para determinar pH, temperatura, conductividad, ORP y adicionalmente se colectó una muestra en una celda especial para determinar la turbiedad. En un frasco Erlenmeyer de 150 mL se colectaron 10 mL para determinar los carbonatos totales. Todas las muestras se almacenaron en un refrigerador portátil de poliestireno con bastante hielo para mantenerlas refrigeradas. Aproximadamente 12 horas después, se almacenaron en la nevera del laboratorio a 4 °C. En la figura 5.1 se aprecia al equipo de trabajo recolectando las muestras de agua de pozo.



*Fig 5.1 Gira de Antón, Diciembre 2014*



## 5.2 Determinaciones físico - química de campo

Los parámetros pH, conductividad, ORP y temperatura fueron determinados en el campo como se señaló en la sección anterior, con la ayuda de un medidor portátil de pH/conductividad/temperatura (HI 98129) marca HANNA calibrado a pH de 7, y otro de pH/ORP/temperatura (HI 98121) marca HANNA calibrado en el campo con un estándar YSI3682 Zobell (428 mV). El turbidímetro utilizado es de la marca OAKION (EUTECH INSTRUMENTS) modelo T-100 calibrado a 100 NTU. Todas las calibraciones fueron realizadas en el campo.

Las características técnicas de los analizadores portátiles HANNA incluyen:

### *Rangos:*

- Conductividad: 0 a 3 999  $\mu\text{S}/\text{cm}$   $\pm 1$   $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ORP: 1 000 mV  $\pm 1$  mV
- TDS: 0 a 2 000 ppm  $\pm 1$  ppm
- pH -2.00 a 16.00  $\pm 0.01$
- Temperatura: -5.0 a 60.0 °C.  $\pm 0.1$  °C

### *Exactitud a 20 °C:*

- Conductividad/TDS:  $\pm 2\%$  F.E.
- ORP  $\pm 2$  mV
- pH:  $\pm 0.05$
- Temperatura:  $\pm 0.5$  °C
- Compensación temperatura/pH: automática

### *Calibración:*

- pH 1 punto con 1 juego de tampones memorizados
- Conductividad/TDS: Automática en un punto.

### *Otros:*

- Oakion Turbidimeter **T-100**  
Automatic Range Selection  
0,01 – 19.99 NTU



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

20,0 – 99.9 NTU

100 – 1 000 NTU

Resolution

0.01 NTU (0 – 19.99 NTU)

0.1 NTU (20 – 99.9 NTU)

1 NTU (100 – 1 000 NU)

Accuracy

± 2% of reading for 0 to 500 NTU;

± 3% of reading for 501 to 1 000 NTU

En el campo también se determinó la alcalinidad total (cálculo de  $\text{HCO}_3^-$ ) de las muestras volumétricamente, para obtener una medida más confiable, debido a los cambios que se pueden generar por la acción de la temperatura sobre la muestra. Se utilizó un titulador digital portátil (fig 5.2):

- Marca: Contiburette  $\mu$  10
- Resolution 10  $\mu\text{L}$
- Accuracy al 1 mL (0.6%)



**Fig. 5.2 Determinaciones en el Campo, Gira Diciembre 2014, Antón**



### 5.3 Determinación química de laboratorio

Las determinaciones de los parámetros sulfato, nitrato, cloruro, bromuro, amonio, fluoruro, fosfato, hierro y silicio de las muestras de agua de pozo recolectadas en la campaña fueron analizadas en el Laboratorio del Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares (CITEN) de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá; mientras que en el Laboratorio de Espectrofotometría de Absorción Atómica de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, se determinaron los parámetros sodio, potasio, calcio y magnesio utilizando atomizador de llama aire/acetileno y el Espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimadzu AA6800 con Autoanalizador ASC6100 y el software Wizaard.



**Fig. 5.3 Espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimadzu AA6800 con Autoanalizador ASC6100**

En el CITEN, se utilizó un analizador pH/ISE marca Thermo Scientific Orion VersaStar para los análisis que utilizaron electrodos selectivos ISE. El hierro especiada ( $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ ) fue determinado también en el CITEN por polarografía de pulso diferencial utilizando un polarógrafo marca Metrohm modelo PSTAT mini 910, pero todas las muestras dieron resultados por debajo del límite de detección (0,5 ppm). El fosfato, nitrato y silicio de determinaron utilizando el espectrofotómetro HACH DR 2800 (fig. 5.4)



**Fig. 5.4 pH/mV, Thermo Scientific Orion VersaStar      Fotómetro Hach DR 2800**

El cloruro fue determinado tanto volumétricamente (solubilidad), como electroquímicamente (ISE potenciométrico). Aunque la técnica potenciométrica fue más precisa (previa validación) que la volumétrica, los resultados por balance iónico de todas las muestras analizadas fueron más satisfactorios por el método volumétrico y además, consistentes con los resultados de la campaña de la misma región de Antón del año 2013, por lo que se utilizaron los resultados volumétricos para el reporte final.

La correlación del método fotométrico vs método electroquímico ISE para nitrato muestra que hay diferencia en los resultados obtenidos tanto al 90% como al 95% ( $\text{ppm}_{(\text{fotométrico})} = 0.40 * \text{ppm}_{(\text{ISE})} - 4$ ); el mejor método en cuanto a precisión y exactitud de la regresión es el electroquímico el cual se utilizó en nuestros análisis de pozos. Hay que señalar que debido a que los métodos dan resultados diferentes, hay que considerar la metodología analítica utilizada al comparar investigaciones anteriores de modo de considerar un posible error determinado por metodología analítica.

En el caso del catión  $\text{Ca}^{+2}$  se comprobó por pruebas de validación que el método por Absorción Atómica (acondicionado con La) fue más precisa y exacta que la del método potenciométrico por ISE, por lo que se utilizaron sus resultados analíticos. Lo mismo sucedió con el análisis de  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$  los cuales fueron analizados por emisión atómica de llama, debido a que mostraron resultados más precisos que los obtenidos por ISE potenciométrico.

El bicarbonato fue calculado a partir del carbonato total y el pH utilizando los equilibrios de pKa del carbonato/bicarbonato/ácido carbónico. Prácticamente todo el carbonato presente está en forma de bicarbonato.



Los valores de  $\delta^2\text{H}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  fueron determinados en el laboratorio del CITEN utilizando un analizador de isótopos estables en agua líquida marca LGR modelo LWIA-EP 912-0008 con automuestreador marca PAL System, LC-XT (fig 5.5). El equipo fue estabilizado por 4 horas. Cada muestra y estándar fueron leídas 9 (nueve) veces y cada muestra fue leída entre dos estándares. El tratamiento de los datos fue realizado utilizando el software Triple Isotope LWIA Post Analysis Build 88 de la LGR. Los valores no procesados por el software fueron procesados manualmente utilizando la media promediada ( $n=9 - 4 = 5$ ) y la regresión lineal de dos estándares (altos y bajo), y validado con un tercer estándar (medio). Los estándares utilizados fueron los suministrados por la fábrica LGR según se observa en la siguiente tabla 5.1.

Código de identificación del patrón	Volumen (mL) disponible a enero de 2015	Preparado por	Fecha de adquisición y/o caracterización	Valor de oxígeno-18 (por mil VSMOW)	Valor de deuterio (por mil VSMOW)
#5C (Alto)	40 mL	LGR	14/Jul/2014	$-2,69 \pm 0,15$	$-9,2 \pm 0,5$
#4C (Medio)	40 mL	LGR	14/Jul/2014	$-7,94 \pm 0,15$	$-51,6 \pm 0,5$
#3C (Bajo)	40 mL	LGR	14/Jul/2014	$-13,39 \pm 0,15$	$-97,3 \pm 0,5$

**Tabla 5.1 Estándares de Isótopos de Fábrica**



**Fig. 5.5 Equipo LGR modelo LWIA-EP 912**



**Equipo de Trabajo (CITEN)**



**VALIDACIONES**

A continuación se presenta la tabla resumen (Tabla 2.4) donde se describen las técnicas analíticas utilizadas para la determinación de cada uno de los parámetros medidos tanto en el campo, como en el laboratorio:

<b>Tabla N° 2.4</b> <b>Técnicas analíticas empleadas para el análisis de</b> <b>agua de pozo y del Río de Antón</b>		
<b>Tipo de Analito</b>	<b>Analito</b>	<b>Método</b>
Aniones	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Volumétrico - Titulación con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> F <sup>-</sup> Br <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Electroquímico Potenciométrico (ISE)
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Nefelométrico
	Cl <sup>-</sup>	Electroquímico ISE
Volumétrico MOHR		
Cationes	Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup>	Polarográfico (DPP)
	Na <sup>+</sup>	Espectrofotometría de Emisión Atómica de Llama
	K <sup>+</sup>	Espectrofotometría de Emisión Atómica de Llama
	Mg <sup>2+</sup>	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama (La <sup>+3</sup> )
	Ca <sup>2+</sup>	Electroquímico ISE
Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama (La <sup>+3</sup> )		
Otros	pH	Electroquímico ISE
	ORP	Sonda Electroquímica
	Conductividad Eléctrica	Electroquímico
	Si-SiO <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Espectrofotométrico HACH
	Temperatura	Digital



	Turbiedad	Fotométrico Nefelometría
Isótopos	$\delta^2\text{H}$ y $\delta\text{O}^{18}$	Espectroscopía Láser

Debido a que los electrodos ISE se utilizan a bajas concentraciones (0,1 a 10 ppm), la ecuación fundamental de Nernst de regresión lineal-logarítmica no funciona en esa región de bajas concentraciones, por lo que fue necesario utilizar un algoritmo distinto de regresión. Se utilizó el programa Curve Expert de modo de seleccionar de los 33 modelos matemáticos, el que presente mejor correlación, precisión y error de regresión. A continuación se presentan los modelos matemáticos utilizados (Fig. 5.6).

### Modelos Matemáticos del Curve Expert 1.3

Curve Expert 1.3	
Familias	Modelos
Exponential Family	Exponential Fit, Modified Exponential, Logarithm Fit, Reciprocal Logarithm, Vapor Pressure Model
Power Law Family	Power Fit, Modified Power, Shifted Power Fit, Geometric Fit, Modified Geometric Fit, Root Fit, Hoerl Model, Modified Hoerl Model
Yield- Density Models	Reciprocal Model, Reciprocal Quadratic, Bleasdale Model, Harris Model
Growth Models	Saturation Growth- Rate Model, Exponential Association (2), Exponential Association (3)
Sigmoidal Models	Gompertz Relation, Logistic Model, Richards Model, MMF Model, Weibull Model
Miscellaneous	Hyperbolic Fit, Sinusoidal Fit, Heat Capacity Model, Gaussian Model, Rational Function
Polynomial	Linear Fit
	Quadratic Fit
	nth Order Polynomial

**Fig 5.6 Modelos Matemáticos Utilizados para las Regresiones ISE de Calibración**

Es de interés señalar que de los 33 modelos matemáticos de regresión que utiliza el programa Curve Expert 1.3, la mayoría de los métodos electroquímicos coinciden en el Modelo Sigmoidal Weibull.

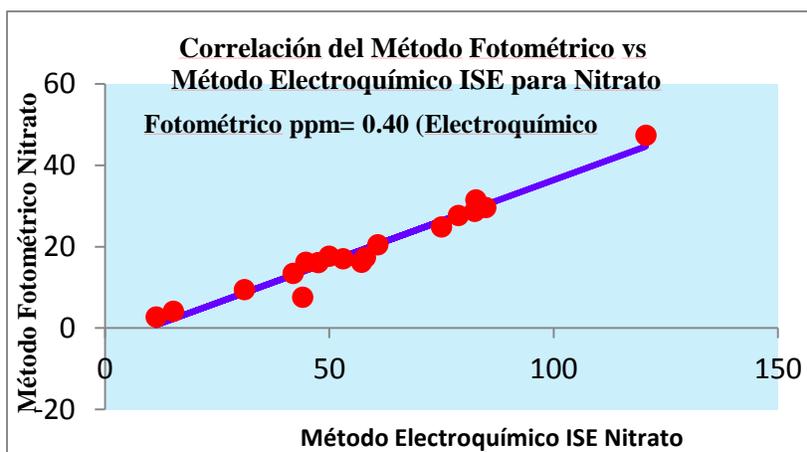
Algunos métodos analíticos mostraron ser estadísticamente diferentes como en el caso del nitrato medido electroquímicamente por ISE y el método de nitrato fotométrico, en donde



se observa que el método electroquímico presenta valores mayores que el fotométrico en un factor de 2.5 como se observa en la gráfica 5.7 y la figura 5.8.

**Gráfica 5.7. Diferencia significativa de los dos métodos de Nitrato**

0.9795			±s(res) 2.28		
m	±s(m)	C. V. % (m)	± L. C. 90% (m)	I.C.(m) 90%	
0.4026	0.0207	5.1	0.04	0.3665	0.4386
b	±s(b)	C. V. % (b)	± L. C. 90% (b)	I.C.(b) 90%	
-3.8572	1.3106	-33.98	2.2803	-6.1375	-1.5769
			± L. C. 95% (m)	I.C.(m) 95%	
			0.04	0.3586	0.4465
			± L. C. 95% (b)	I.C.(b) 95%	
			2.7793	-6.6365	-1.0779

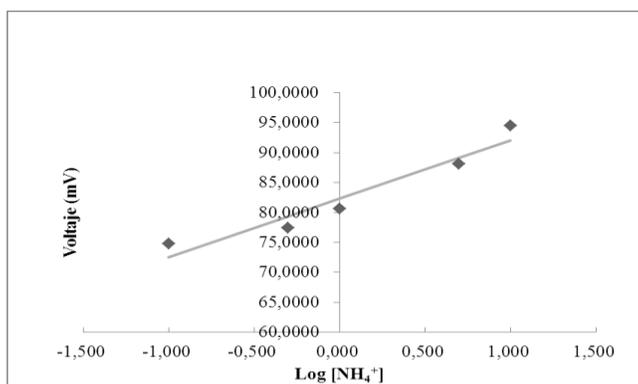


**Fig. 5.7 Correlación del método fotométrico vs método electroquímico ISE para NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

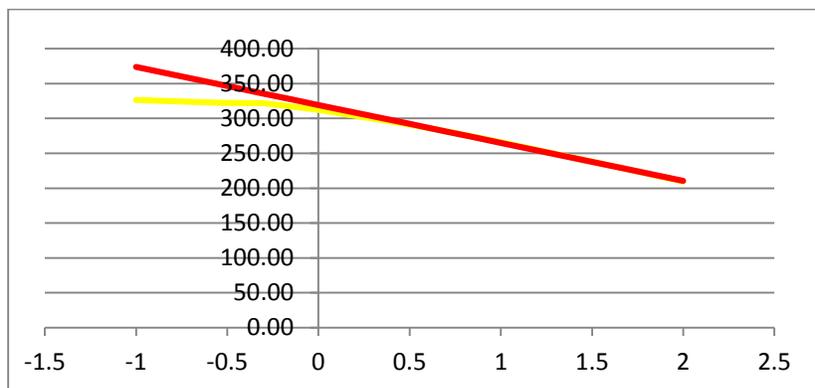
Igualmente se observaron electrodos no funcionales como el caso del electrodo de amonio, en donde se obtuvieron pendientes de Nernst de 9.8 mV, muy alejados del valor teórico de 58 mV. Como consecuencia, se obtuvieron errores muy grandes en las lecturas de muestras de pozos y ríos y por lo tanto no se recomienda utilizar estos datos analíticos. Otros presentaron pendientes satisfactorias como el nitrato, con una pendiente Nernst de 54.4 mV (Fig 5.9 y 5.10)



$m=9.8 \text{ mV}$   
( $\text{NH}_4$ )



**Fig 5.9**



**Fig 5.10**

## CAPITULO 6

### 6. Resultados

Los resultados analíticos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , pH, CE,  $\text{HCO}_3^-$ , carbonato total, Si, turbiedad, ORP,  $\text{D}^2$ , O18,  $\text{F}^-$ , fosfato total, se presentan en el Anexo, tanto para el año 2014 como el año 2013.

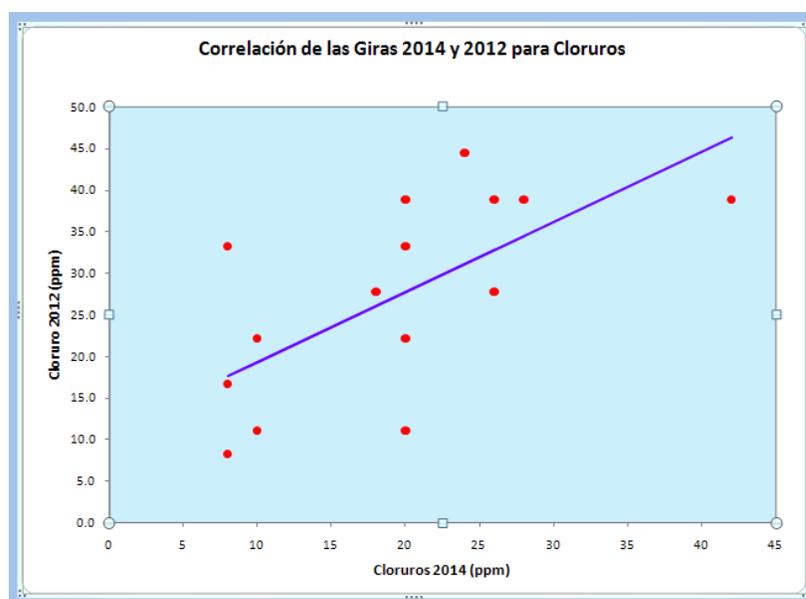


### 6.1 Hidroquímica

Al comparar los resultados de los pozos analizados para cloruros del año 2013 (Junio 2013) y 2014, se observa que no hay diferencia entre ambos al 95%, pues el intervalo de la pendiente contempla el valor 1 y el intercepto contempla el valor de 0 (Tabla 6.1 y Figura 6.1).

r			±s(res)		
0,6563			9,48		
m	±s(m)	C. V. % (m)	± L. C. 90% (m)	I.C.(m) 90%	
0,8425	0,2588	30,7	0,45	0.3887	1.2963
b	±s(b)	C. V. % (b)	± L. C. 90% (b)	I.C.(b) 90%	
10,8716	5,3716	49,41	9,4183	1.4534	20.2899
			± L. C. 95% (m)	I.C.(m) 95%	
			0,56	0,2872	1,3978
			± L. C. 95% (b)	I.C.(b) 95%	
			11,5251	-	22,3967
				0,6535	

**Tabla 6.1 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para Cloruros**



**Fig 6.1 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para Cloruros**

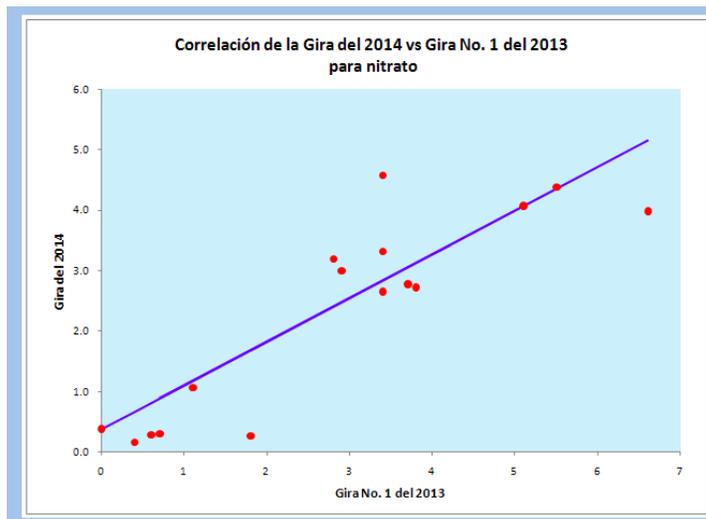
Los resultados para el nitrato del año 2014 indican el cumplimiento de la Norma de Agua Potable, aunque se aprecia cierta tendencia a la concentración del nitrato hacia el centro de Antón (Fig. 6.), en cambio los cloruros y la conductividad indican una tendencia a concentrarse hacia el sur (parte baja, Fig. 2.11, 2.12) de la ciudad de Antón.



Comparando los resultados del año 2013 con el año 2014, no se aprecia diferencia significativa al 95% de confianza de las concentraciones de nitrato entre ambos años (Figura 6.2 y Tabla 2.6)

**Tabla 6.2 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para Nitratos**

r			±s(res)		
0.7760			1.13		
m	±s(m)	C. V. % (m)	± L. C. 90% (m)	I.C.(m) 90%	
0,7221	0,1384	19,2	0,24	0,4828	0,9614
b	±s(b)	C. V. % (b)	± L. C. 90% (b)	I.C.(b) 90%	
0,3778	0,4481	118,61	0,7749	-0,3971	1,1527
			± L. C. 95% (m)	I.C.(m) 95%	
			0,29	0,4313	1,0129
			± L. C. 95% (b)	I.C.(b) 95%	
			0,9417	-0,5639	1,3195



**Figura 6.2 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para Nitratos**

Los resultados del fosfato para el año 2014 indican valores bajos, pero no se puede deducir cumplimiento de la Norma pues estos analitos no aparecen en la Norma de Agua Potable.

El análisis de amonio a muestras de pozos y ríos de la Gira 18/12/14 produjo resultados que estuvieron muy altos, posiblemente debido a interferencias en la matriz, denotando posible error determinado al utilizar el método ISE, por lo que hay que tener precaución al



utilizar los resultados absolutos de concentración. Sin embargo, el empleo de valores relativos presenta una aplicación interesante. En general, los pozos que tuvieron relativamente baja concentración de amonio se correlacionan a O.R.P. altos. Sin embargo, el Pozo IPHE presentó alta concentración de amonio y alto O.R.P lo cual no concuerda con la relación del O.R.P. y la concentración de amonio. Esto posiblemente se deba a la utilización de la pastilla de cloro que recién se le añadió ese día al pozo.

La mayoría de las muestras de pozos de las giras de Antón se encuentran entre los valores máximos permisibles de pH para el agua potable, pH = 6.5 a pH = 8.5 (DGNT-COPANIT 23- 395 –99).

El diagrama de Piper obtenidos para la gira 2014 (Figura 6.3) es bastante similar a la obtenida en la gira del 2013 (Diciembre 2013, Figura 6.4). Los tipos de agua caracterizadas en estas aguas son: Clorurada-Bicarbonatada Cálctica-Sódica (Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl) y en la parte baja Clorurada-Bicarbonatada Sódica- Cálctica (Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl), para las muestra de aguas superficiales en la parte alta Bicarbonatada-Clorurada Cálctica-Sódica (Na-Ca- Cl- HCO<sub>3</sub>) y en la parte media Clorurada-Bicarbonatada Sódica- Cálctica (Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl).

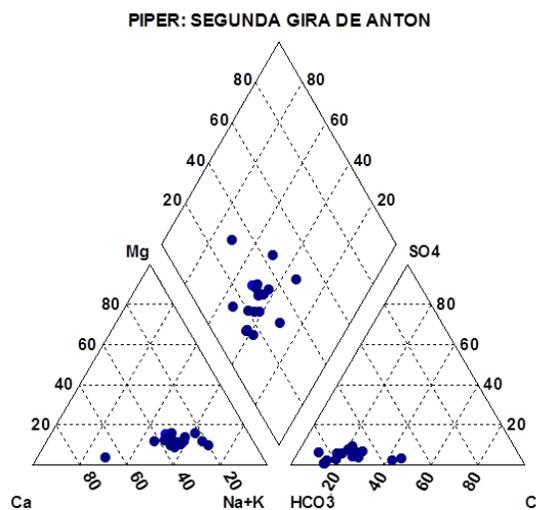


Figura 6.3 Gira 2014



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

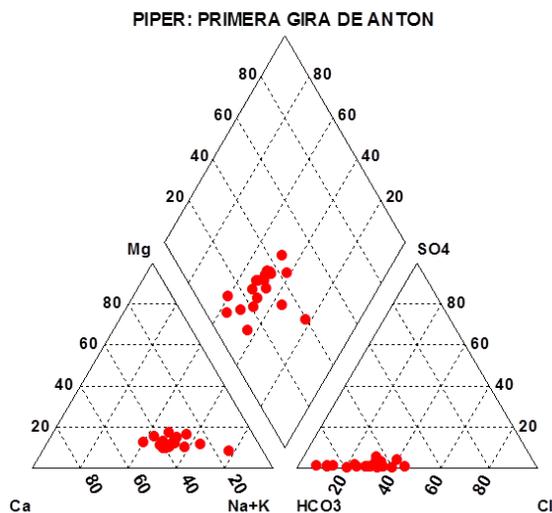


Figura 6.4 Gira 2013

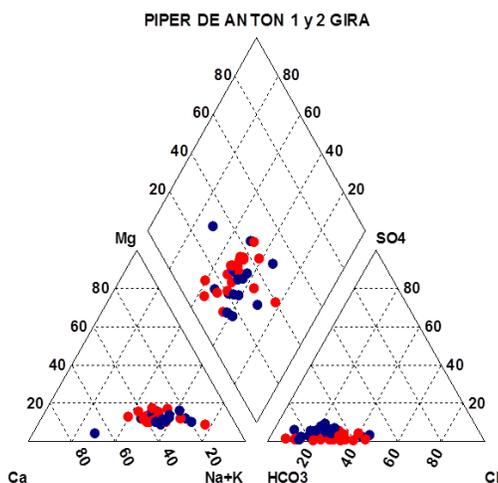
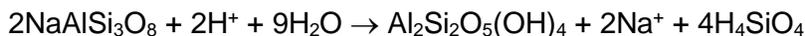
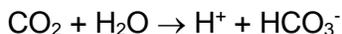


Figura 6.5 Gira 2013 y 2014

De los resultados obtenidos del diagrama de Piper se presentan dos grupos de aguas bien marcadas (fig 6.5), la razón por la cual encontramos aguas del tipo (Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl), lo cual se debe principalmente al proceso de meteorización de silicatos. Debido a la meteorización del feldespato y otro y de silicatos de aluminio (Albita) por la acción del agua y del dióxido de carbono, ocurriendo los siguientes procesos (**Appelo and Postma. 2007**):



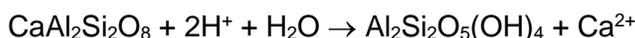
Acidificación del agua de infiltración que favorece la hidrólisis de silicatos:



Albita

Caolinita

El otro grupo de agua de la cuenca continua el proceso de meteorización y la razón por la cual encontramos aguas del tipo (Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl) se debe al siguiente proceso:

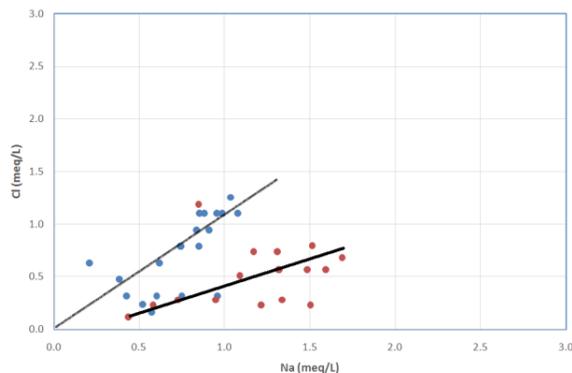


Anortita

Caolinita

Estos resultados muestran que existe la posibilidad de la presencia de dos tipos de acuíferos explotados en el sitio del proyecto, lo cual se debe verificar en futuras investigaciones,

El estudio de la relación de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> (Figura 6.6) muestra un exceso de sodio en la segunda gira del 2014 (pendiente menor de 1) en relación a la primera gira del 2013 (pendiente cercano a 1). Esto podría ser causado por el uso del hipoclorito de sodio que el IDAAN utiliza para purificar el agua, el cual se observó su uso durante la segunda gira, por lo que las muestras de la segunda gira no son representativas de la cuenca de Antón para la interpretación hidroquímica.



**Figura 6.6. Relación de Na y Cl. 1ra y 2da Gira**



## 6.2 ISOTOPÍA

La distribución isotópica obtenida para el año 2014 (Fig. 6.7) que se muestra a continuación, presenta una buena distribución alrededor de la recta meteórica mundial, algo similar a la obtenida para el año 2013 (Fig. 6.8), al igual que en la figura combinada (Fig. 6.9).

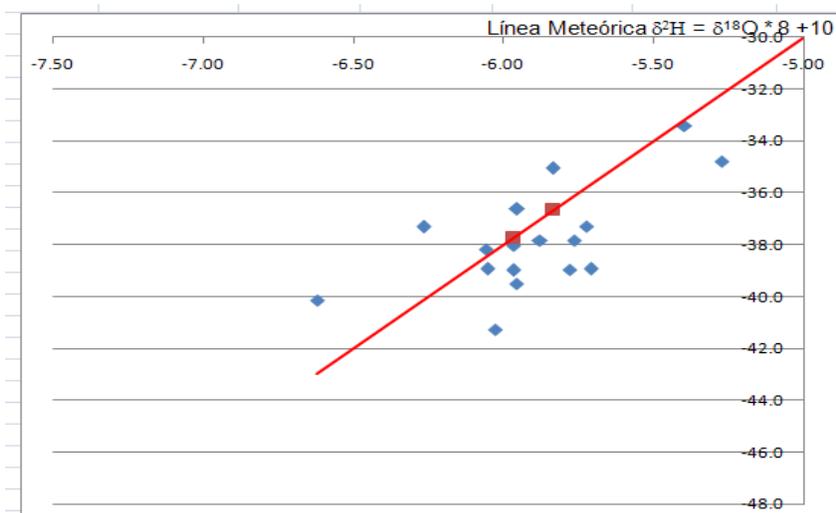


Figura 6.7 Recta Isotópica Antón 2014 (Datos de Panamá)

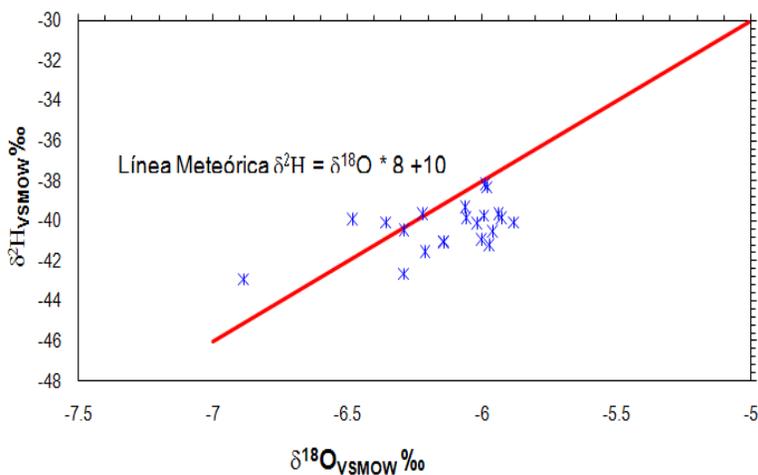
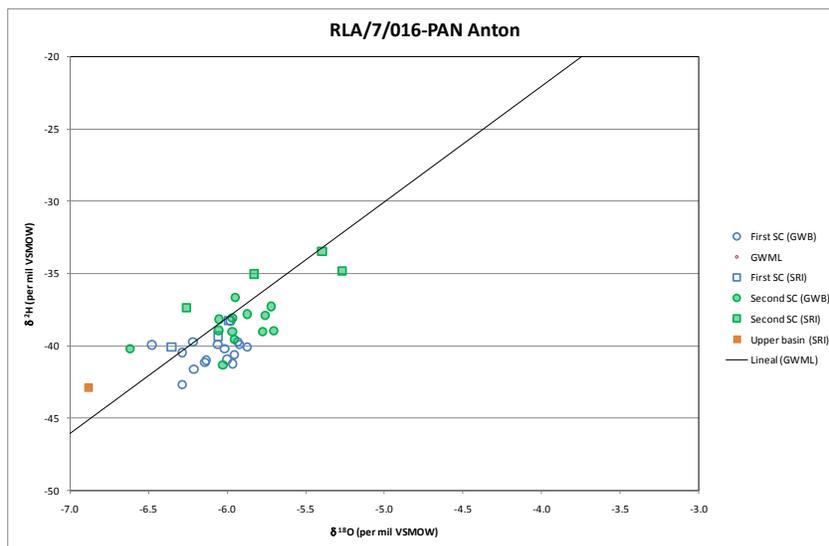


Figura 6.8 Recta Isotópica Antón 2013 (Datos de México)



**Figura 6.9 Recta Isotópica Antón 2013 y 2014**

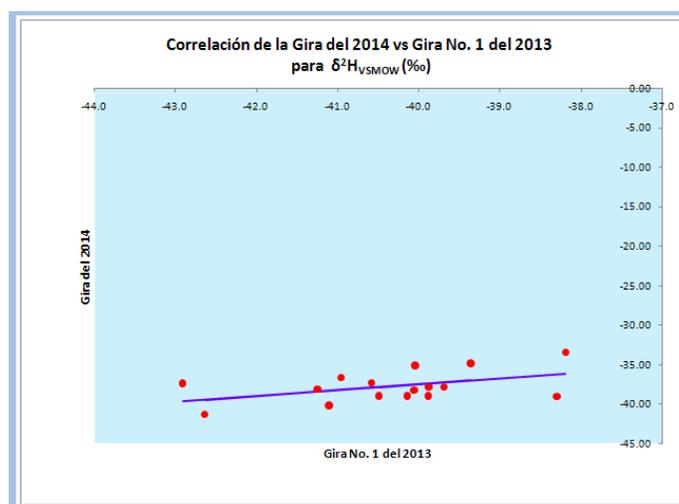
Por observación del  $\delta$ -excess[‰] se aprecian algunos pozos con cierta contaminación de agua superficial para ambos años; para el año 2014 se observan algunos pozos que se han desplazado hacia valores más positivos comparados con el 2013.

Utilizando los resultados de los intervalos de confianza de las pendientes y del intercepto, los resultados estadísticos muestran que no hay diferencia significativa en los valores de deuterio para las giras 2013 y 2014 al 90 y 95% de confianza (Tabla 6.3, Fig 6.10). Algo similar ocurre con los valores de  $O^{18}$ , los cuales no se observa diferencia significativa entre los valores obtenidos para los años 2013 y 2014 al 95% de confianza, pero sí se observan diferencias al 90% de confianza (Tabla 6.4, Fig. 6.11).



**Tabla 6.3 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para DEUTERIO ( $\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$  (‰))**

r			±s(res)		
0,4655			1,84		
m	±s(m)	C. V. % (m)	± L. C. 90% (m)	I.C.(m) 90%	
0,7320	0,3720	50,8	0,65	0,0798	1,3842
b	±s(b)	C. V. % (b)	± L. C. 90% (b)	I.C.(b) 90%	
-8,199	15,0152	-183,12	26,3269	-34,52	18,127
			± L. C. 95% (m)	I.C.(m) 95%	
			0,80	-0,066	1,5301
			± L. C. 95% (b)	I.C.(b) 95%	
			32,2162	-40,41	24,0165

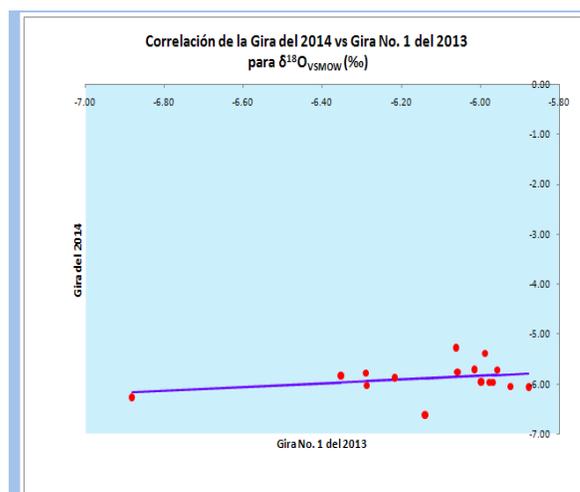


**Figura 6.10 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para DEUTERIO ( $\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$  (‰))**



**Tabla 6.4 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para 018 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$  (‰))**

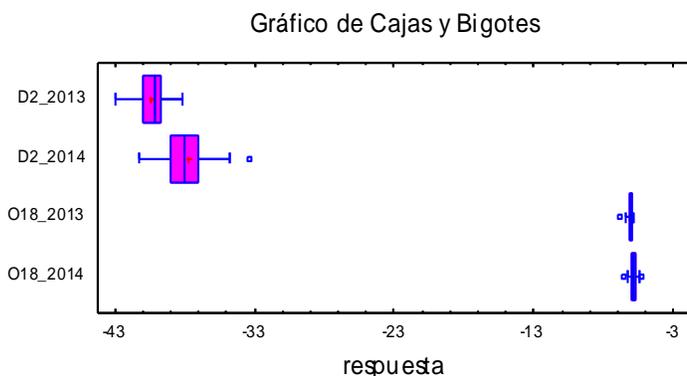
r			$\pm s(\text{res})$		
0,2926			0,31		
m	$\pm s(\text{m})$	C. V. % (m)	$\pm$ L. C. 90% (m)	I.C.(m) 90%	
0,3719	0,3248	87,3	0,57	-0,197	0,9414
b	$\pm s(\text{b})$	C. V. % (b)	$\pm$ L. C. 90% (b)	I.C.(b) 90%	
-3,613	1,9917	-55,11	3,4921	-7,105	-0,121
			$\pm$ L. C. 95% (m)	I.C.(m) 95%	
			0,70	-0,325	1,0689
			$\pm$ L. C. 95% (b)	I.C.(b) 95%	
			4,2732	-7,88	0,6595



**Figura 6.11 Comparación de las dos giras (2014 y 2013) para 018 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$  (‰))**



Sin embargo, el análisis de comparación de grupos por ANOVA, indica que al 95 % de confianza, se diferencian solamente las muestras de D2 del 2013 y 2014, pero no se diferencian las de O<sup>18</sup> para estos dos años. (Tabla 6.5 y Fig 6.12)



**Figura 6.12 Comparación de las medias. Giras (2014 y 2013) para O18 y D2**

Análisis ANOVA (Tabla de Resultados No. 6.5)

Contraste Múltiple de Rango

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Frec.	Media	Grupos homogéneos	
D2_2013	21	-40.3667	X	(Grupo 1)
D2_2014	16	-37.7313	X	(Grupo 2)
O18_2013	21	-6.13238	X	(Grupo 3)
O18_2014	16	-5.89125	X	(Grupo 3)

Contraste	Diferencias	+/- Límites
D2_2013 - D2_2014	*-2.63542	0.752204
D2_2013 - O18_2013	*-34.2343	0.699536
D2_2013 - O18_2014	*-34.4754	0.752204
D2_2014 - O18_2013	*-31.5989	0.752204
D2_2014 - O18_2014	*-31.84	0.801419
O18_2013 - O18_2014	-0.241131	0.752204

\* indica una diferencia significativa.



### Comparación de las Medias

El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares, indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas (muestras de D2 año 2013 y 2014 y éstas con el O18); se identifican 3 grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas (O18\_2013 y O18\_2014). Por lo tanto, utilizando la herramienta ANOVA, se observan diferencias significativas para los resultados de D2 del año 2013 y 2014. Sin embargo no se observan diferencias para las muestras de O18.

### 6.3 Cumplimiento con normas nacionales

De los parámetros analizados y contemplados en la norma **MICI, DGNTI-COPANIT, 23-395-99**, concluimos que las aguas estudiadas del acuífero de Antón están dentro de los valores permitidos para agua potable.

Se observa a través de los diagramas de gradientes de concentraciones de cloruros, nitratos y de conductividad mostrados a continuación, indicios de contaminación urbana desde el área norte hacia el centro y sur de la Ciudad de Antón (Figura 6.13, 6.14 y 6.15) aunque en la actualidad no hay niveles de contaminación de nitratos.

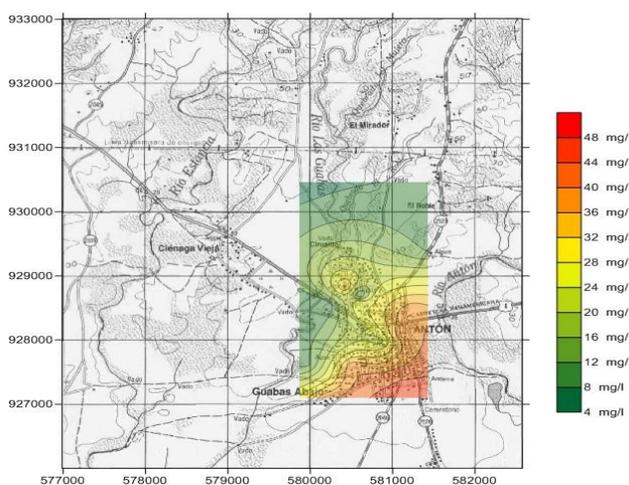
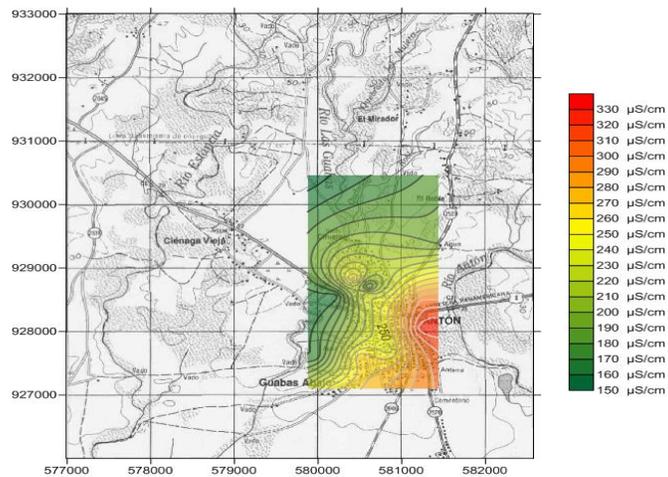


Fig 6.13 Cloruros (2013)

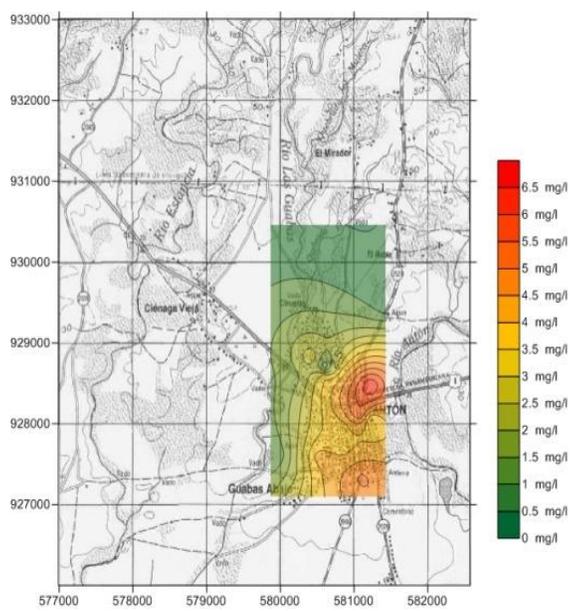


# ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE



**Fig 6.14 Conductividad (2013)**



**Fig 6.15 Nitratos (2013)**



## CAPITULO 7

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Acorde a las normas de Panamá para agua potable (*MICI*), los resultados químicos indican un agua de alta calidad para consumo humano, aunque se observa un aumento en la concentración de nitratos focalizados en el centro y sur de la ciudad de Antón.. Los resultados hidroquímicos indican una cuenca del tipo (Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl) y los resultados isotópicos indican una cuenca abastecida principalmente de agua de lluvia, aunque esta es una información preliminar por falta de la caracterización de las aguas de lluvias locales. Hay indicios de que los ríos estén alimentando también el acuífero, pero falta información isotópica de las aguas de lluvias locales. Los flujos de la cuenca fluyen de oeste al este, atravesando la ciudad de Antón hacia el río del mismo nombre, lo que indica que hay que revisar la explotación en el sector oeste para evitar bajas en los niveles piezométricos. Igualmente, hace falta encontrar las zonas de recarga para protegerla, por lo que es recomendable realizar una gira de muestreo de agua de lluvia a diferentes alturas y correlacionarlas con el D2 y O18, además de que serviría para caracterizar isotópicamente las aguas de lluvias locales. El uso de hipoclorito de sodio por parte del IDAAN para purificar los pozos de agua, complica el uso de la técnica hidroquímica para la interpretación hidrológica del acuífero de Antón.

## CAPITULO 8

### TRABAJO A CONTINUAR

Con la finalidad de poder establecer la posible fuente de abastecimiento del agua subterránea de la Cuenca de Antón, es necesario realizar un estudio de correlaciones de D2 y O18 con la altitud de colecta de agua de lluvia. Para esto habría que realizar colectas de aguas de lluvia a distintas altitudes en la región de la Cuenca de Antón y determinar los



valores de D2 y O18 a fin de encontrar una buena correlación entre la altitud y los valores de estos isótopos estables y caracterizar isotópicamente las aguas de lluvias locales.

Igualmente sería importante continuar los monitoreos de agua de lluvia en el área metropolitana de Panamá para la determinación de tritio, con el fin de incrementar la base de datos confeccionada por el gobierno de Estados Unidos durante su permanencia en Panamá, los cuales recopilamos durante muchos años este parámetro isotópico.

Actualmente está en trámite de realizar en el CITEN un estudio a nivel de Maestría en conjunto con la Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP) con el fin de realizar una investigación en Aguas Costeras y correlacionar la variable isotópica con los resultados químicos realizados la Institución. Con esto se pretende incorporar nuevos estudiantes de las licenciaturas de química con conocimientos profundos en el tema de la hidrología isotópica.

Cooperar con los colegas Latinoamericanos en el análisis de D2 y O18 en los proyectos que desarrollan en los análisis de isótopos de D2 y O18 y visitas o estadías en el CITEN para utilizar el equipo y analizar sus muestras.

## CAPÍTULO 9

### **Principales inconvenientes enfrentados durante el desarrollo del proyecto y recomendaciones para evitar problemas similares en futuros proyectos**

La adquisición de estándares de fábrica de D2 y O18 se ha hecho imposible. Se está trabajando en la obtención de nuestros estándares de laboratorio una vez que obtengamos aguas de alto, medio y bajo D2 y O18 y las preservemos en contenedores bajo presión de argón o se guarden en ampollas.

Al momento no ha sido posible analizar los niveles de aluminio, debido a resultados de validación muy bajos obtenidos con la técnica de absorción atómica y atomización



electrotérmica, por lo que se están investigando otras alternativas analíticas incluyendo la espectrofotométrica utilizando los “kits” de Hach.

La obtención de las muestras de pozos es dificultosa debido a la custodia en que se mantienen por parte del Estado, específicamente, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (IDAAN). Además, algunos pozos presentaban las bombas dañadas y no fue posible adquirir esas muestras (4) en el año 2014. Los pozos privados están custodiados con mucho recelo por sus dueños, debido a la escasez del agua en algunos períodos de sequía. Para las muestras de ríos no hay tantos inconvenientes, salvo las cabeceras (nacimiento) de los ríos que presentan un nivel de peligro por su inaccesibilidad.

La presencia de dos tipos de aguas marcadas en los diagramas de Piper abre la oportunidad de investigar la presencia de otro acuífero profundo que se debería de investigar aplicando técnicas geofísica y perforaciones más profundas.

Debido a la falta, en este momento, de un experto en hidrogeoquímica isotópica, se está trabajando en la incorporación de otro colega, para obtener su apoyo y poder interpretar satisfactoriamente los resultados analíticos obtenidos.

## REFERENCIAS

- **MICI, Ministerio de Comercio e Industria**, Dirección de Normas y Tecnología Industrial, Resolución No. 597, 12 de Noviembre de 1999
- **ANAM, 2007**. Informe Ambiental de Panamá. Panamá.
- **Appelo and Postma. 2007**. Geochemistry, Groundwater and Pollution. Balkema, Rotterdam.
- **Atlas de Panamá, 2007**. Instituto Geógrafo Tommy Guardia, Panamá.
- **BOULTON, N.S. 1954**. The drawdown of the watertable under non-steady conditions near a pumped well in an unconfined formation. Proc. Inst. Civil Engrs. 3: pp 654-579.
- **CASTANY, G. 1972**. Importance des facteurs géologiques et géomorphologiques dans les interacciones eaux de surface-eaux souterraines et l'évaluation des ressources en eaux. 24<sup>ème</sup> Congrès Int. De Geologie, Montreal. Section 11.
- **Custodio, E., 1978**. Geohidrología de terrenos e islas volcánicas. Instituto de Hidrología, Centro de estudios Hidrográficos, Madrid: 1-303
- **Custodio, E. 1986**. Groundwater Characteristics and problems in volcanic rock terrains. Isotope Techniques in the Study of the Hydrology of Fractured and Fissured Rocks. International Atomic Energy Agency. Vienna: 87-137.



- **Custodio y Llamas, 1983.** Hidrología Subterránea. Editorial Omega. Barcelona, Volumen 2: 1-2350.España.
- **D. Del Giudice, R Rechi. 1969,** Geología del Área del Proyecto minero de Azuero. República de Panamá, Administración de los recursos Minerales
- **Del Giudice D, Recchi G. 1969.** Mapa Geológico del Proyecto Minero de Azuero. Administración de Recursos Minerales, Naciones Unidas, Programa para el Desarrollo. 2 sheets., scale 1:250,000.
- **Douvillé, H., 1915.** Les couches a orbitoïdes de l'isthme de Panama (Orbitoides habitats of the Panama Isthmus). Comptes Rendus Sommaires de la Societe Geologique de France, 16: 129-131.
- **E. Joukowsky and Clerc, M., 1906.** Sur quelques affleurements nouveaux de roches tertiaires dans l'isthme de Panama [About some new outcrops of Tertiary rocks wintin the Isthmus of Panama]. Memoire de la Societe de Physique et de Histoire Naturelle de Geneve, 35: 155-178.
- **ETESA, 2007.** Gerencia de hidrometeorología, Empresa de transmisión Eléctrica, Panamá.
- **Ferencic, A., del Giudice, D. and Recchi, G., 1971.** Tectomagmatic and metallogenic relationships of the region Central Panama - Costa Rica. In? (Editor), Transactions of the Fifth Caribbean Geologic Conference, Geologic Bulletin. pp. 189-197.
- **Fisher, S.P. and Pessagno, E.A., 1965.** Upper Cretaceous strata of northwestern Panama. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49: 433-444.
- **Gambolati G., 1976.** Transient free surface flow to a well: An analysis of theoretical solutions, Water Resour. Res., 12(1), 27-39.
- **I.D.A.A.N, 2002.** Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales, Boletín Estadístico. Panamá.
- **Informe de ANAM, 1995.** *Cuencas Hidrográficas, Suelos y Aguas de Panamá: Análisis de la Situación Actual. Vol.7/7.* Panamá.
- **Informe Minero II. 1998.** Dirección General de Recursos Minero. Panamá.
- **InfoStat 2008.** Programa de Estadística Multivariada de la Universidad Nacional de Córdoba
- **Kruseman, G.P., 1990.** *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data (2nd ed.)*, Publication 47, Intern. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 370p.
- **NEUMAN, S.P. 1972.** Theory of in unconfined acuifer considering delayed responded of watertable. Water Resources Res., Vol 9. pp 1102-1103.
- **M, W. O. Woodring, R. H. Stewart, G. Dengo. 1965.** Geology and paleontology of Canal Zone and adjacent parts of Panama: description of Tertiary mollusks (gastropods: Vermetidae to Thaididae). U.S. Geological Survey Professional Paper 306-B:147–239.
- **Panamá en Cifras 2006.** Dirección de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República.
- **Peña, Daniel 2002.** Análisis de Datos Multivariantes. Editorial Mc Graw Hill. España
- **Plan Nacional de Riego, año 1998.** MIDA-BID, Dirección Nacional de Desarrollo Agrícola. Panamá.



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

- **TECHNIPLAN, CONSULTING ENGINEERING. 1998.** Informe de Diagnostico: Estudio del Nuevo Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para Penonomé. Panamá.
- **Terry, R.A., 1956.** A geological reconnaissance of Panama. California Academy of Science Occasional Papers, 23: 1-91.
- **YI-FU TUAN, 1962.** A Coastal Reconnaissance of Central Panama, The California Geographer, Kesseli Festschrift, Vol.3, 77-96