



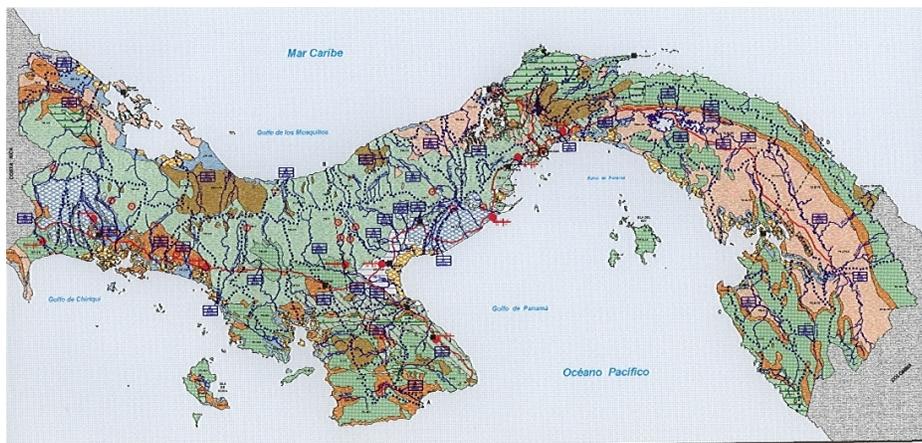
REPUBLICA DE PANAMA

EMPRESA DE TRANSMISION ELECTRICA, S.A.
DEPARTAMENTO DE HIDROMETEOROLOGIA

MAPA HIDROGEOLOGICO DE PANAMA

ESCALA 1:1,000,000

TEXTO EXPLICATIVO



Claudia Candanedo. Coordinador Administrativo

Ovidio Fábrega. Coordinador Técnico

Panamá, 1999



INDICE

1. INTRODUCCION.....	3
1.1. ANTECEDENTES.....	4
1.2. OBJETIVOS DEL MAPA.....	5
1.3. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	6
1.4. GRUPO DE TRABAJO, COLABORADORES Y AGRADECIMIENTOS.....	7
1.4.1. Grupo de trabajo.....	7
1.4.2. Colaboradores.....	7
1.4.3. Agradecimientos.....	8
2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS.....	9
2.1. GEOMORFOLOGIA DE PANAMA.....	9
2.1.1. El marco Estructural.....	9
2.1.2. Regiones Morfoestructurales.....	9
2.2 GEOLOGIA.....	13
2.2.1 Secundario.....	13
2.2.2. Terciario.....	15
2.2.3 Cuaternario.....	17
2.3. SUELOS.....	18
2.4 CLIMATOLOGIA.....	18
2.4.2. Clasificación climática según W. Köppen.....	19
2.5 HIDROLOGIA.....	21
2.5.1 Precipitación.....	21
2.5.2 Cuencas hidrográficas y estaciones hidrológicas.....	23
2.5.3 Caudal de los ríos.....	23
2.5.4 Mapa de isolíneas de escorrentía.....	26
3. CONTENIDO DEL MAPA HIDROGEOLOGICO.....	26
3.1 LEYENDA Y ESCALA DEL MAPA.....	26
3.1.1 Leyenda.....	26
3.1.2 Escala.....	28
3.2 INFORMACION DE POZOS Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA.....	28
3.3 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS CONSIDERADOS.....	29
3.3.1 Determinación y localización de los acuíferos.....	29
3.3.2 Evaluación de la productividad de los acuíferos.....	33
3.3.3 Ocurrencia de aguas subterráneas.....	33
4. IDENTIFICACION DE AREAS SEGUN EL GRADO DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.....	55
4.1. AREAS CON MEJORES POSIBILIDADES DE EXPLOTACION.....	57
4.2. AREAS DONDE EXISTE INTERES DE INTENSIFICAR LA EXPLOTACION.....	57
4.3. AREAS QUE REQUIEREN ESTUDIOS DETALLADOS.....	57
5. BIBLIOGRAFIA.....	58

1. INTRODUCCION

Los mapas hidrogeológicos constituyen un documento importante en donde se sintetiza la información disponible acerca de las características hidrogeológicas de una región o un país. Son mapas especializados, en los cuales el principal aspecto es la litología; tienen como base la topografía y la geología, sobre las cuales quedan representados los recursos de aguas subterráneas.

Los principales usuarios de estos mapas son los hidrólogos y los especialistas en aguas subterráneas; sin embargo, la cartografía hidrogeológica es reconocida como una herramienta útil en la planificación y el desarrollo, así como en la protección del medio ambiente en casi todos los países del mundo, por lo que estos mapas también son muy utilizados por personal dedicado a otras disciplinas como: economistas, administradores y arquitectos encargados de la planificación urbana, técnicos en suministro de agua para usos domésticos, agrícolas e industriales.

La participación de Panamá en la elaboración del "Mapa Hidrogeológico del Istmo Centroamericano y México" se estableció en el taller coordinado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); en el ámbito nacional este trabajo fue coordinado por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE).

El Mapa Hidrogeológico de Panamá, es el producto de una recopilación exhaustiva de información: hidrogeológica, geológica, topográfica, hidrológica y cartográfica, la cual ha sido interpretada y sintetizada en un mapa, en su primera edición, a pequeña escala (1:1,000,000), con la finalidad de mostrar algunas características hidrogeológicas de las diferentes formaciones geológicas de Panamá, así como indicar informaciones de carácter local tales como: la ubicación de pozos y otras obras de ingeniería, que puedan servir en la elaboración de futuros mapas hidrogeológicos, de mayor detalle.

Este mapa, aún con todas las limitaciones inherentes a los mapas de pequeña escala, representa una cartografía hidrogeológica actualizada que, utilizada como herramienta inicial de consulta y apoyo, permite a los organismos encargados de la administración del agua hacer un balance del nivel actual de los conocimientos en el tema de las aguas subterráneas en la República de Panamá.

Es importante resaltar, que los datos presentados en este mapa jamás pueden ser comparados a los de un Mapa Hidrogeológico Especial o Mapa Hidrogeológico Operacional que por ser de mayor escala, contienen información más detallada y que están dirigidas a solucionar problemas específicos de aguas subterráneas.

1.1. ANTECEDENTES

Con base en la resolución adoptada por la Conferencia General de la UNESCO en su vigésima quinta reunión (París, octubre-noviembre de 1987), se celebró el Primer Taller sobre el Mapa Hidrogeológico del Istmo Centroamericano y México, en San José, Costa Rica, del 30 de agosto al 2 de septiembre de 1988. En este taller, en que Panamá fue representada por un funcionario del Instituto de Recursos Naturales Renovables (INRENARE), se trazaron los objetivos del proyecto y se dejó sentada la necesidad de que la UNESCO le proporcionara asistencia técnica y financiera a los países que lo solicitaran.

Pasados tres años de la reunión de Costa Rica, Panamá no había dado inicio a la elaboración del Mapa Hidrogeológico Nacional. Por esta razón el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE)–ETESA*, a través de su Departamento de Hidrometeorología, consciente del indiscutible valor que representa para el país contar con el Mapa Hidrogeológico Nacional, asumió la responsabilidad de coordinar este proyecto; como primer paso se inició la conformación de un "Grupo de Trabajo" invitando a profesionales pertenecientes a diferentes dependencias del Estado y empresas privadas, cuyas actividades estuvieran estrechamente relacionadas con la hidrogeología, para que llevaran a cabo este proyecto, bajo la coordinación del IRHE.

Con el propósito de brindar un entrenamiento teórico-práctico, a los profesionales que desearan pertenecer al "Grupo de Trabajo", se solicitó asistencia técnica a la UNESCO. Esta misión fue encomendada, por parte de UNESCO, al Dr. Albert Mente, quién dirigió un entrenamiento, en la ciudad de Panamá del 15 al 19 de junio de 1992. A este entrenamiento asistieron quince funcionarios de diferentes instituciones del estado, Universidades y empresas privadas.

Durante el mes de agosto de 1992 se hicieron los primeros contactos para la colecta de datos, con las diferentes instituciones del Estado, las cuales manejan información hidrogeológica y aquellas encargadas del abastecimiento de agua potable a la población, mediante la explotación de aguas subterráneas. De esta forma se inició el proceso para la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá.

* Como consecuencia de las privatizaciones que se dieron en la República de Panamá, el IRHE fue reestructurado en siete (7) empresas privadas y una estatal, la cual se denominó Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), el departamento de Hidrometeorología continuó funcionando dentro de la empresa estatal, por este motivo, en la portada del Texto Explicativo aparece el logo de ETESA en sustitución del IRHE.

1.2. OBJETIVOS DEL MAPA

El objetivo, en el ámbito regional, del presente trabajo fue el de contribuir en la elaboración de la Carta Hidrogeológica del Istmo Centroamericano y México. Para ello, la UNESCO se propuso que cada país elaborara su mapa hidrogeológico a la escala que considerase más apropiada, coordinando con los países vecinos, utilizando criterios claramente definidos y empleando la Leyenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos.

Como interés nacional, y tomando en cuenta tanto la información disponible como la escala elegida, los objetivos en la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá son:

- ◆ Indicar, de forma general, sobre una base topográfica y geológica, las principales características hidrogeológicas del país.
- ◆ Brindar información de carácter local, como la ubicación de pozos y otras obras de ingeniería, relacionadas con los recursos hídricos.
- ◆ Suministrar un mínimo de indicaciones provisionales en espera del establecimiento de mapas a mayor escala.
- ◆ Iniciar la conformación de un *Banco de Datos Hidrogeológicos*.

El esfuerzo de síntesis de información, permite hacer un balance del nivel actual de los conocimientos en el tema de las aguas subterráneas en la República de Panamá; de los aciertos y las carencias que se deben superar para la elaboración de mapas hidrogeológicos de más detalle.

1.3. METODOLOGIA DE TRABAJO

Teniendo en cuenta que el Mapa Hidrogeológico de Panamá debía elaborarse exclusivamente en función del análisis e interpretación de la información existentes, sin hacer ningún tipo de investigación de campo, se tuvo que establecer una metodología de trabajo que permitiera aprovechar en forma eficiente dicha información.

Básicamente, la metodología aplicada para la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá observó las siguientes actividades:

Recopilación e inventario de la información: esta actividad se inició realizando una revisión preliminar de toda la información relevante existente. La cantidad y calidad de esta información (mapas topográficos, mapas geológicos, registros de pozos, informes y documentos; hidrogeológicos, cartográficos, geológicos, de hidrología superficial y de suelos) constituye la base fundamental de todo mapa hidrogeológico y determinan los objetivos, la escala a utilizar, y por consiguiente la metodología de trabajo.

Sistematización y normalización de la información: la información referente a los pozos fue organizada en unos Cuadros de Registro Hidrogeológicos en donde se colocaron todos los datos, relacionados con la ubicación, fecha de construcción y registro del pozo, características y estado del pozo, así como las características del acuífero y análisis químicos de las aguas. La organización y sistematización de esta información facilitó su análisis e interpretación y a la vez permite dar inicio a la conformación del futuro banco de datos hidrogeológico de la República de Panamá.

Evaluación e interpretación de la información: caracterización e interpretación hidrogeológica preliminar de las diferentes formaciones geológicas basados en los registros de pozos, mapas geológicos y otras informaciones disponibles.

Con base a todos los trabajos realizados con anterioridad se llegó: a la determinación y localización de los acuíferos, evaluación de la productividad de los acuíferos, descripción y ocurrencia de aguas subterráneas en las diferentes unidades hidrogeológicas.

Síntesis final de datos: Finalmente se sintetizó toda la información en el Mapa Hidrogeológico de Panamá a escala 1: 1,000,000 con la leyenda, conforme al modelo de UNESCO y una nota explicativa del trabajo realizado.

1.4. GRUPO DE TRABAJO, COLABORADORES Y AGRADECIMIENTOS

1.4.1. Grupo de trabajo

El Grupo de Trabajo quedó integrado finalmente de la forma siguiente:

- Claudia Candanedo (Coordinador del Proyecto), por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE)
- Ovidio Fábrega (Coordinador Técnico), por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE)
- Valentina de Arjona, por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN).
- Juan De Dios Villa, por la Dirección General de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias.
- Sebastián Sánchez, por la Escuela de Geógrafos Profesionales de la Universidad de Panamá.
- Roneldo Arjona, por HidroGeo Servicios.
- Ricardo Bolaños, por el Departamento de Física de la Universidad de Panamá.

1.4.2. Colaboradores

En la elaboración del Mapa hidrogeológico de Panamá, han colaborado las personas siguientes:

Plinio Rodríguez, del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), quien colaboró en la recopilación de información y trabajos de gabinete.

Iván Cedeño, Victor González, Edgardo Vergara, Erik Tejeira y Venancio Espinosa, del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacional (IDAAN), quienes colaboraron en la recopilación de información de pozos.

1.4.3. Agradecimientos

Agradecemos el apoyo técnico brindado por UNESCO, que hizo posible la realización de giras de consultorías del Dr. Albert Mente a quien agradecemos sus recomendaciones, las cuales permitieron llevar a buen término este proyecto.

Agradecemos de forma especial a la Ingeniero. Daly Espinosa, jefe de la sección de Hidrología del IRHE, quien tomó la iniciativa de la realización de este proyecto y lo impulsó en todo momento.

Nuestro agradecimiento al Ing. Milciades Concepción, jefe de la Gerencia Nacional de Medio Ambiente (IRHE), quien facilitó el personal y todo el equipo de computadora para realizar los trabajos de digitalización, edición e impresión del mapa.

También agradecemos, a todo el personal del Departamento de Hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE)-ETESA, por la información hidrometeorológica proporcionada; en especial a los Ing. Iván Jaramillo y Johnny Cuevas, quienes contribuyeron en la organización de la información hidrogeológica en computadora.

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS. Tomado del Atlas Nacional de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia".

2.1. GEOMORFOLOGIA DE PANAMA

2.1.1. El marco Estructural

La República de Panamá está constituida por una estrecha faja territorial que se alarga de Este a Oeste en forma sinuosa y con la cual termina el Istmo Centroamericano. Una cadena montañosa con picos de altura promedio inferior a los 1,500 msnm, que culmina en el volcán Barú (3,475 msnm) cerca de la frontera con Costa Rica, divide al país en dos vertientes bien definidas: la vertiente del Caribe al Norte y la del Pacífico al Sur. La Cordillera Central en Panamá forma parte de la cadena volcánica de Centro América, la cual se desarrolla paralelamente a la línea litoral. Esta unidad pertenece al sistema montañosa circumpacífico y tuvo origen en el ciclo orogénico Alpino (Eras Secundaria y Terciaria).

2.1.2. Regiones Morfoestructurales

El territorio de la República de Panamá presenta tres regiones morfoestructurales:

A- Las regiones de montañas, B- Las regiones de cerros bajos y colinas y C- Las regiones bajas y planicies litorales, claramente individualizadas desde el punto de vista topográfico (altitud y pendiente), estructural (litología y tectónica) y de acuerdo con su historia geológica. Figura. 1 (Regiones Morfoestructurales de la República de Panamá).

A- Las regiones de montaña

Las regiones de montañas están modeladas en rocas volcánicas y plutónicas, con excepción de las elevaciones bocatoreñas del Teribe y Changuinola, que son de naturaleza sedimentaria.

A.1 Montañas y macizos de origen ígneo.

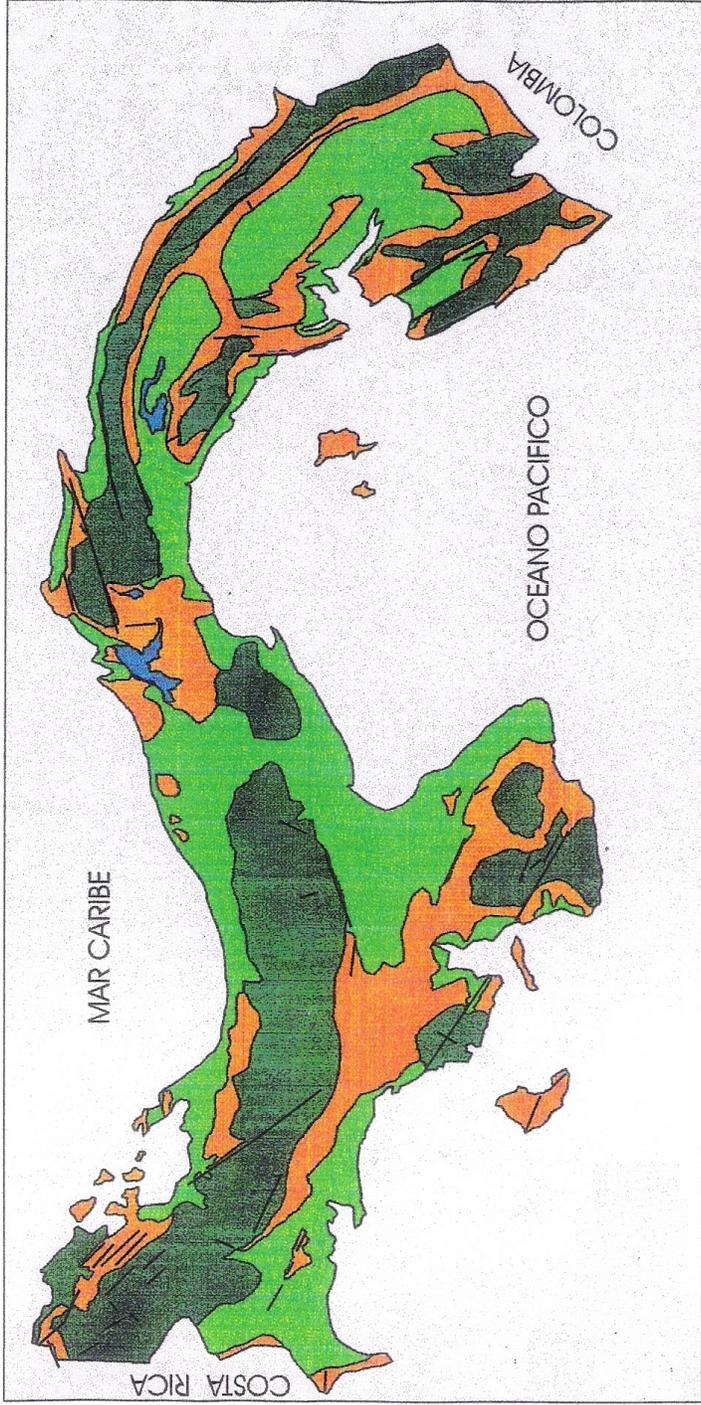
Las montañas y macizos de origen ígneo han aflorado en Panamá desde hace millones de años (Cretácico Superior) hasta el holoceno a través de los centros efusivos puntuales (volcanes) y por fisuras regionales (fracturas y fallas).

Entre las montañas de origen ígneo se pueden mencionar las siguientes:

A.1.1. La Cordillera Central.

La Cordillera Central, que es la prolongación de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica) que se interna en el Istmo hasta la depresión de Toabré-Zaratí. La altitud de esta cordillera disminuye de Oeste a Este, desde el Cerro Parado (2,468 msnm) hasta el Cerro Negro (1,518 msnm).

REGIONES MORFOESTRUCTURALES DE PANAMA



- LAGOS
- REGIONES DE MONTAÑA
- REGIONES DE CERROS BAJOS Y COLINAS
- REGIONES BAJAS Y PLANICIES LITORALES
- FALLAS GEOLOGICAS

FUENTE: ATLAS NACIONAL DE LA REPUBLICA DE PANAMA

Figura 1. Regiones Morfoestructurales de la República de Panamá

La cordillera chiricana.

La cordillera chiricana constituye un eje de antiguos conos volcánicos, cuya línea de cresta oscila entre los 3,300 y los 2,000 metros de altura (sector occidental) y entre los 2,800 y los 1,200 metros (sector oriental), hasta su límite en la cabecera del río Tabasará.

Esta cordillera presenta una morfología muy quebrada, crestas redondeadas, vertientes con fuertes declives y valles profundamente escarpados. Esta estructura demuestra rocas recientes y de bastante resistencia, como lo reflejan los numerosos rápidos y saltos de agua.

Las emisiones magmáticas se inician con una fase volcánica marina en el Eoceno (50 millones de años) y evolucionan en volcanitas continentales a partir del Oligoceno superior (25 millones de años). En esta segunda fase se producen las intrusiones granodioríticas y levantamientos generalizados que produce el sistema de fallas longitudinales en escalones en la vertiente del Pacífico y un basculamiento en dirección a la vertiente del Caribe.

La cordillera veragüense – coclesana.

La cordillera veragüense - coclesana, se encurva y toma una dirección Oeste-Este. Las elevaciones mayores no alcanzan los 2,000 metros.

A.1.2. Las elevaciones de Campana y Trinidad

Las crestas de esta unidad son inferiores a los 1,000 msnm. El paisaje es de un campo de chimeneas en diversas fases de exhumación. Constituyen "plugs" o espigones, producto del desmantelamiento de antiguos edificios volcánicos.

A.1.3. Los grandes conos volcánicos (El Valle y Barú).

El cono del volcán del Valle es del tipo compuesto o estratovolcán, constituido por coladas de lavas, intercaladas con estratos de piroclastitas (cenizas, lapilis y bloques), de naturaleza riolítica.

El volcán Barú posee la cota más elevada (3,475 metros) del país. Localizado en el extremo occidental y al Sur de la divisoria continental, el cono del Barú, de tipo estratovolcán, está constituido por lavas andesíticas y basálticas, intercaladas por estratos de aglomerados y tobas.

A.1.4. Los macizos y cadenas montañosas de las Palmas y Azuero

Son montañas bajas cuyos valores altimétricos varían de 1,200 msnm. (Cerro Quebro) a 800 msnm. (Cerro Manicudá). Muestran paisajes muy abruptos y valles profundos.

A.1.5. Los bloques horts

La región oriental del Istmo está constituida por dos ejes montañosos paralelos con convexidad hacia el mar. El eje septentrional lo constituye la Cordillera Nororiental o de San Blas, mientras que el meridional lo forman las Serranías de Majé, Sapo, Bagre y Pirre. Se trata de montañas bajas y cerros altos, aunque existen cotas que superan los 1,500 msnm: Cerro Piña (1,581 msnm.) y el Tacarcuna (1,875 msnm). A pesar de mostrar un paisaje de escarpes y valles profundos, las altitudes promedios varían de 600 a 800 metros.

A.2. Las montañas de origen sedimentario.

Estas montañas pertenecen a la Cordillera Central y corresponde a las montañas bajas de la provincia de Bocas del Toro. Las líneas de cresta varían entre los 1,500 y 2,000 msnm y presentan una morfología muy quebrada, de laderas abruptas y valles profundos. El núcleo rocoso lo constituyen calizas, lutitas y aglomerados contaminados por emanaciones volcánicas.

La estructura principal consiste en un relieve plegado, delimitado por sistema de fallas con rumbo noroeste a sureste.

B- Las Regiones de Cerros Bajos y Colinas.

Las cotas oscilan entre 400 y 900 msnm. La topografía es la de un paisaje accidentado y las laderas de los cerros y colinas tienen formas convexas en las partes superiores y cóncavas en las partes inferiores. Atañen a las zonas de contacto de las cuencas sedimentarias que fueron levantados y dispuestos en escalones por los empujes verticales que sufrieron las regiones montañosas. Cerros y colinas de origen volcánico se localizan en el occidente de la provincia de Veraguas, así como también en el oriente panameño que bordean las alturas meridionales del Darién.

En la provincia de Bocas del Toro la estructura de esta unidad es la de un sistema de fallas y de pliegues con rumbo axial noreste-sureste (colinas de Sinosri y Almirante). La serranía de Filo de Tallo en el Darién corresponde a anticlinales fallados.

C- Regiones Bajas y Planicies Litorales (Cuencas Sedimentarias del Terciario).

Corresponde a zonas deprimidas, constituidas por rocas sedimentarias marinas. La topografía varía de aplanada a poco ondulada, con declives que oscilan entre muy débil y débil. Relieves residuales (colinas aisladas y diques) irregularizan el paisaje de estas unidades.

Las cuencas sedimentarias desde el punto de vista de su génesis, se pueden reunir en dos grandes grupos.

Las que derivan de acumulaciones en aguas poco profundas, litorales y epicontinentales que predominan en la región centro-occidental del Istmo (Cuencas Bocatoreñas, Chiricana, Central y de Tonosí).

Acumulaciones de sedimentos en aguas profundas ligadas con intensos fenómenos de subsidencia que definen a las cuencas de la región oriental (Bayano, Chucunaque, Tuira, Sambú, etc.).

Sobre este basamento sedimentario Terciario, se han depositado los sedimentos Cuaternarios.

2.2 GEOLOGIA. Resumen de los trabajos del Catastro Rural de Tierras y Aguas (CARTAP). Volumen III. Geología; Geology of Central América. Richard Wey; Informe Final del Estudio de Reconocimiento de los Recursos Geotérmicos de la República de Panamá. (IRHE-BID-OLADE)

La geología de la República de Panamá es muy compleja. Muchos autores como *E. Joukowsky* (1906), *R. A. Terry* (1956), *D. Del Giudice*, *G. Recchi* (1969), *W. O. Woodring*, *R. H. Stewart*, *G. Dengo*, hicieron contribuciones muy valiosas al conocimiento de la geología regional de Panamá. Recientemente diversas investigaciones geocientíficas (vulcanología, geoquímica, hidrogeología, geofísica), realizadas por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), en los prospectos geotérmicos de Panamá, (Barú-Colorado, Chitra-Calobre, y el Valle de Antón), han contribuido a tener un mejor conocimiento de la evolución geológica de Panamá, principalmente en lo concerniente a la vulcanología.

Las rocas en el territorio de la República de Panamá varían en edad desde el Cretáceo al Reciente, e incluyen tanto sedimentos marinos como terrestres y rocas intrusivas y extrusivas. En el Cuadro N°1, se presenta la Guía Estratigráfica del Mapa Geológico de la República de Panamá 1: 250,000 (Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Recursos Minerales 1991).

2.2.1 Secundario

Las rocas que comprenden los afloramientos conocidos del complejo basamental se han asignado al sistema Cretácico.

Las rocas básicas y ultrabásicas, las cuales afloran en la parte suroccidental de las Penínsulas de Azuero y de Soná, son consideradas como las rocas más antiguas de la República de Panamá. Se trata de volcanitas básicas y rocas ultrabásicas: lavas basálticas, picritas, gabros, diabasas, y esquistos verdes con cloritas y anfíbol, las cuales se encuentran en ciertos puntos con un ligero metamorfismo. Las lavas

presentan frecuentemente estructuras en "almohadilla", indicativas de un emplazamiento en ambiente submarino.

De acuerdo a ciertos autores El Complejo Ígneo Básico, que por sus características generales, es asimilable al Complejo de Nicoya de Costa Rica, pertenece al Cretácico y algunas partes probablemente también pertenecen al Terciario Inferior. El Complejo Ígneo Básico aflora dentro de la Península de Azuero, en la vecindad del Golfo de San Miguel y arriba de toda la línea de costa Caribe en el Este de Panamá. En el curso de las prospecciones realizadas en la ruta de un posible canal, se hicieron perforaciones en la Serranía del Darién y en el Golfo de San Miguel; estas perforaciones penetraron más de 400 m. de basaltos, tobas y aglomerados de edad Cretácica, como se puede observar en el corte geológico esquemático C-D que aparece en la Figura 2. Este corte esquemático y su trazado en planta, igualmente se ilustra en el Mapa Hidrogeológico de Panamá.

Las rocas sedimentarias de edad Cretácica, comprenden calizas (provincia de Bocas del Toro y Península de Azuero), localmente afectadas por metamorfismo de contacto.

2.2.2. Terciario

El Terciario en Panamá contiene espesores con secuencias marinas y terrestres, mayormente influenciados por sedimentos volcánicos tales como espesores de las series volcánicas terrestres, cubiertos por flujos básicos, intermedios, ácidos e ignimbritas. Este desarrollo varía grandemente en regiones individuales de Panamá, por lo que no es posible hacer una correlación estratigráfica precisa, y la clasificación varía de una región a otra.

Los numerosos estudios detallados, realizados en el área de la franja del Canal de Panamá, han revelado la complejidad y problemas que se desprenden en una región tectónicamente activa.

En general, las formaciones del Terciario se han descrito como "siendo todas tobáceas", conteniendo la menor cantidad de despojos las del Eoceno y Plioceno y mayor cantidad, las del Oligoceno y Mioceno Inferior.

En el Oeste de Panamá, el Terciario aflora en las pendientes Norte y Sur, bordeando la Cordillera Central, entre tanto en el interior de esta región el Terciario está cubierto por las rocas del volcán Barú.

En el noroeste de la frontera con Costa Rica el Terciario es predominantemente marino.

En el centro de la República y a lo largo de la Cordillera Central desde la frontera con la República de Costa Rica hasta los límites con el Canal de Panamá, predominan el volcánico terrestre y formaciones plutónicas del Terciario. Durante las investigaciones geotérmicas, efectuadas por la Corporación de Desarrollo Minero "Cerro Colorado"

(CODEMIN), se realizó una perforación, cerca del volcán Colorado en la provincia de Chiriquí, la cual penetró 1,000 metros en rocas volcánicas del Terciario.

En el Sur de la Península de Azuero y de Soná (Provincia de Veraguas) se encuentran rocas del Terciario, en donde se destaca la presencia de rocas volcánicas; En el Norte, Este y parte central de la Península de Azuero se encuentran tobas continentales intercaladas con sedimentos marinos, lo cual indica una regresión marina acompañada con un volcanismo violento.

La región de la Zona del Canal es un área de transición, para pasar otra vez a las condiciones principalmente marinas en el Este de Panamá.

El corte geológico esquemático A-B, que se observa en la Figura 3, muestra la secuencia de las formaciones volcánicas y sedimentarias del Terciario divididas por cuerpos intrusivos. Este corte esquemático y su trazado en planta, también se ilustra en el Mapa Hidrogeológico de Panamá.

2.2.3 Cuaternario

El sistema Cuaternario, que incluye las series del Pleistoceno y las del Reciente, que aún continúa, define toda la actividad geológica que ha ocurrido desde el final de la época Pliocena hasta el presente.

El Cuaternario en Panamá consiste principalmente de rocas volcánicas del Pleistoceno, depósitos litorales de pantanos, arcillas, cienos orgánicos intercalados que contienen fósiles marinos, y conglomerados. Fósiles marinos del Pleistoceno se encuentran en altitudes que varían de varios metros a más de 30 m. sobre el nivel del mar. Depósitos recientes incluyen formas de acumulación tanto fluviales como marinas en adición a pantanos costeros y bajíos lodosos.

El gran abanico vulcano fluvial que aparece al Sur del Volcán Barú y la llanura costera marina al Norte de Puerto Armuelles, están identificadas como del Cuaternario.

En el Oeste del País cerca de Puerto Armuelles están localizados, en varias decenas de metros arriba del nivel del mar, unos conglomerados con espesores superiores a los 200 m. que indican la movilidad de la región, la cual está atravesada por fallas y frecuentes movimientos sísmicos.

El encierro marino de Aguadulce representa la mayor extensión de depósitos Cuaternarios en las provincias centrales. Estos bajos y pantanos aparecen como resultado de una invasión y retiro reciente del mar.

La llanura costera de la provincia de Panamá, al Este, en la desembocadura del río Bayano, es la mayor área de depósitos Cuaternarios en esta región.

Numerosas llanuras aluviales estrechas del Cuaternario, también están delineadas en diferentes puntos del país.

2.3. SUELOS. Tomado del Informe de la República de Panamá ante la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Medio Ambiente y Desarrollo. (Conferencia de Río. ECO '92).

En general, los suelos en Panamá están lavados o lixiviados, son de textura franco arcillosa o de arcilla liviana, con pH ligeramente ácido, bajos contenidos de fósforo y medianos o bajos contenidos de materia orgánica. Son rojos a causa de los sesquióxidos de hierro. Por derivarse de materiales parentales formados en gran medida a partir de rocas sedimentarias y de rocas volcánicas básicas o neutrales, se caracterizan también por altos contenidos de calcio, magnesio potasio. Debido a la textura franco-arcillosa, los suelos de Panamá tienen buen drenaje.

Las tierras bajas de la vertiente del Pacífico poseen alfisoles, dados los totales pluviométricos moderados y la intensidad de la estación seca. En la vertiente del Caribe hay suelos de baja calidad representados por oxisoles y utisoles. En las montañas tenemos inceptisoles, suelos someros en proceso de formación. Medios adecuados para la agricultura son los aluviones y las cenizas volcánicas básicas. Estas últimas del piedemonte del Volcán Barú y en las llanuras fluvio-volcánicas de Barú, Boquerón, Alanje y David, son muy fértiles.

La evaluación del potencial de los suelos se ha basado en la clasificación Norteamericana de capacidad de las tierras que distingue cuatro clases de suelos agrícolas, y cuatro clases de suelos para ganadería y bosques. Aproximadamente, 1,241,838 hectáreas que representan 17.2 por ciento del total son suelos arables; 4,555,868 hectáreas que representan el 63.1 por ciento, son suelos de vocación ganadera y forestal y 1,419,387 hectáreas, 19.7 por ciento, son suelos exclusivamente forestales. Los suelos más fértiles son alfisoles, aluviones y cenizas volcánicas. En general las provincias con mayores extensiones de suelos arables son: Panamá, Chiriquí, Veraguas y Coclé. En cambio, la mitad de los suelos forestales se localizan en la provincia de Darién.

2.4 CLIMATOLOGIA. Tomado del Atlas Nacional de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional, "Tommy Guardia". *IGNTG*.

2.4.1. Factores que determinan el Clima de Panamá

A - Situación geográfica y relieve

- Hemisferio Norte

- Latitud Norte entre 7° 12' y 9° 39'

- Longitud Oeste entre 77° 10' y 83° 03'

- Panamá está ubicada en la zona intertropical próxima al Ecuador. Es una franja angosta orientada de Este a Oeste y bañada sus costas por los océanos Atlántico y Pacífico.

Uno de los aspectos básicos en la definición del clima es la orografía del lugar, ya que el relieve no sólo afecta el régimen térmico, produciendo disminución de la temperatura del aire con la altura, sino que afecta la circulación atmosférica de la región y modifica el régimen pluviométrico general.

B. Oceanografía

Las grandes masas oceánicas del Atlántico y Pacífico son las fuentes principales del alto contenido de humedad en el ambiente del territorio panameño y debido a lo angosto de la franja que separa estos océanos, el clima está determinado por una gran influencia marítima. La interacción mar-atmósfera determina las propiedades de calor y humedad de las masas de aire que circula sobre los océanos. Las corrientes marinas están vinculadas estrechamente a los movimientos de la tierra y a la exposición de los océanos a los rayos solares.

2.4.2. Clasificación climática según W. Köppen

Los índices que dan los límites entre los diferentes climas en el sistema de clasificación climáticas de Köppen coinciden con los grandes grupos de vegetación y se basan en datos de temperaturas media mensuales, temperatura media anual, precipitaciones medias mensuales y precipitación media anual.

Este tipo de sistema o clasificaciones distingue zonas climáticas y, dentro de ellas, tipos de clima, de tal manera que resultan 13 tipos fundamentales de climas.

Para Panamá, básicamente se han estipulado 2 zonas climáticas. Figura. 4 (Clasificación climática según W. Köppen).

La Zona A - Comprende los climas tropicales lluviosos en donde la temperatura media mensual de todos los meses del año es mayor de 18°C. En esta zona climática se desarrollan las plantas tropicales cuyos requerimientos son mucho calor mucha humedad, o sea, que son zonas de vegetación megaterma.

La Zona C - Comprende los climas templados lluviosos en que la temperatura media mensual más cálida es mayor de 10°C y la temperatura media mensual más fría es menor de 18°C, pero mayor de -3°C. La vegetación características de esta zona climática necesita calor moderado y suficiente humedad, pero generalmente no resiste los extremos térmicos o pluviométricos, las zonas que se distinguen son de vegetación mesoterma.

2.5 HIDROLOGIA. Tomado del Atlas Nacional de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional, "Tommy Guardia". *IGNTG*.

2.5.1 Precipitación

La migración estacional de las masas de aire tropical del Pacífico y sub-tropical del Atlántico que acompañan al sol en su curso anual constituyen el control dominante sobre los patrones de precipitación en Panamá. Estas migraciones, en combinación con la orografía local, establecen áreas con totales anuales diferentes y da origen a regímenes de precipitación bien definidos.

En la vertiente del Pacífico hay una estación lluviosa extendida y única que empieza a fines del mes de abril o principios de mayo y persiste hasta mediados o fines de noviembre; en algunas áreas de la cordillera la estación tiene una duración mayor. Este período se caracteriza por los máximos de precipitación coincidentes con el paso de la zona de convergencia intertropical (ITCZ) en dirección al Norte (junio) y en sentido meridional (octubre) en su desplazamiento siguiendo la trayectoria de la declinación anual del sol.

Entre diciembre y finales de abril se establece en esta región la estación seca con ausencia casi total de lluvia. Algunas veces, en este período ocurren temporales y lluvias copiosas, ocasionadas por incursiones de frentes fríos intensos que logran alcanzar nuestras latitudes y que son empujadas por avances vigorosos de masas enormes de aire polar, procedentes de las regiones árticas heladas.

Sobre las laderas y planicies costeras de la vertiente del Caribe prevalece una variación distinta del patrón estacional en la distribución de las lluvias. Se destaca la gran uniformidad de las precipitaciones a lo largo del año, presentando máximos y mínimos relativos en la lluvia mensual, pero con suficiente humedad durante todo el período para mantener la vegetación natural creciendo normalmente.

El mapa con isolíneas de precipitación, Figura. 5 (Precipitación Media Anual en la República de Panamá), se trazó para un período de 20 años, comprendidos entre 1963 y 1982. Se seleccionaron estaciones pluviométricas en todo el país, algunas de las cuales contaban con más de 20 años mostrando buena consistencia en los datos.

Las lluvias en Panamá se caracterizan por ser muy intensas y de corta duración, aunque con cierta frecuencia se observan períodos con poca o ninguna precipitación en algunas áreas durante la temporada lluviosa. Estas características producen valores medios anuales comprendidos entre 1,000 y 7,000 mm, cuya distribución en el mapa de isoyetas muestran zonas bien definidas con mayores o menores precipitaciones. Se destacan regiones como el este de la Península de Azuero, en donde tradicionalmente se dan totales de lluvia más bajos durante el año, con valores inferiores a 1,500 mm. Esta región abarca lugares como Chitré, Las Tablas, Aguadulce, Río Hato, etc. Se

PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE PANAMA

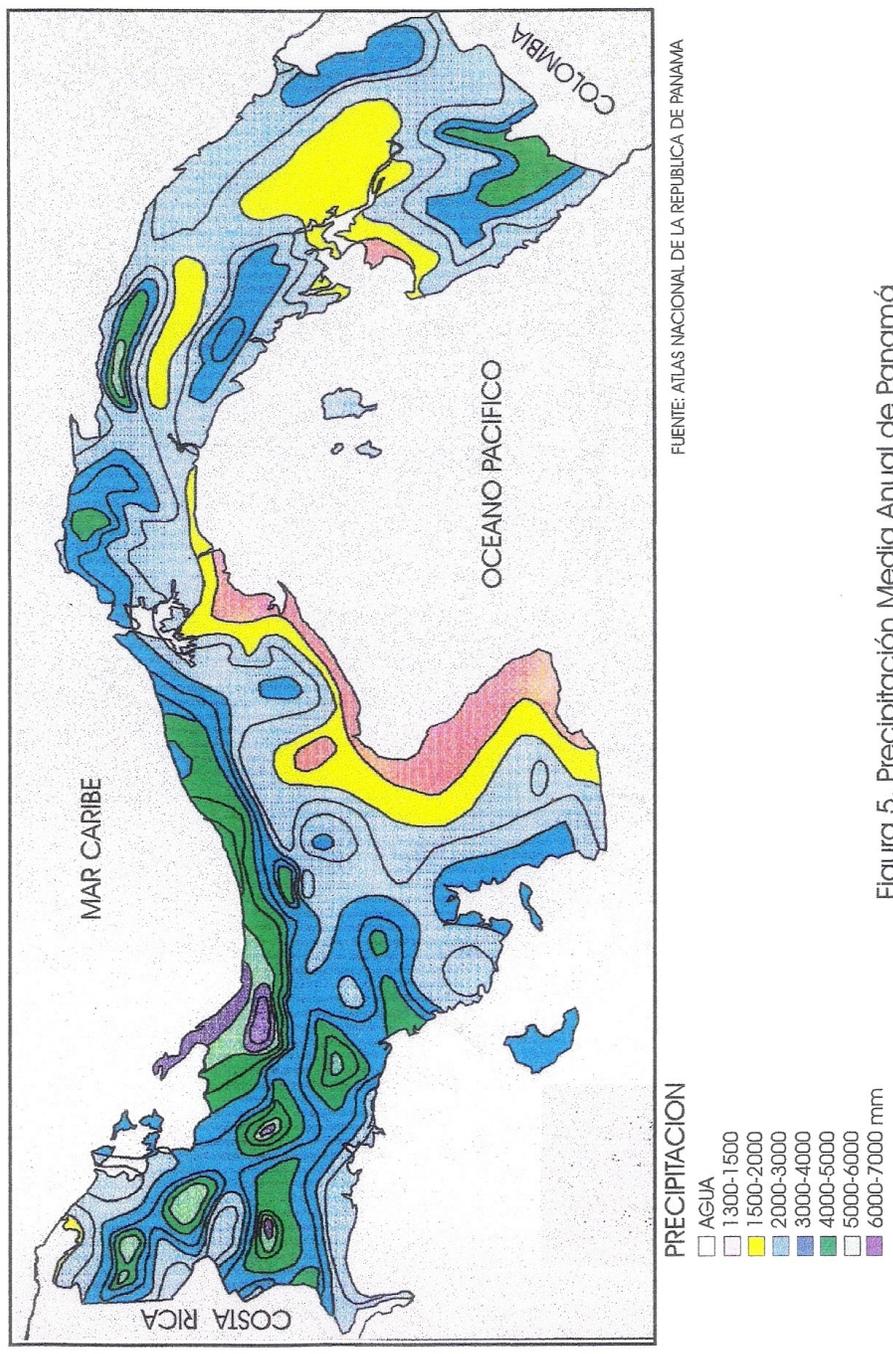


Figura 5. Precipitación Media Anual de Panamá

localizan centros de muy altas precipitaciones sobre la zona costera del Caribe (Cusapín, Golfo de los Mosquitos, área de Portobelo) y en la provincia de Chiriquí a media elevación en la Cordillera Central (Fortuna, Río Chiriquí, Chorcha, área de Potrerillos, etc.). Sobre gran parte de la vertiente del Pacífico los meses con mayor precipitación suelen ser junio y octubre.

2.5.2 Cuencas hidrográficas y estaciones hidrológicas

Con la ejecución del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1967-1972) se acordó unificar criterios para el trazado y numeración de las cuencas hidrográficas principales en todos los países del Istmo Centroamericano, con la finalidad de asignar una nomenclatura a las estaciones hidrometeorológicas y así facilitar el procesamiento e intercambio de información. En la Figura. 6, se muestra el trazado de las diferentes cuencas hidrográficas de la República de Panamá y la localización de las estaciones hidrométricas con que cuenta cada cuenca hidrográfica.

2.5.3 Caudal de los ríos

La ubicación de Panamá, su tamaño, forma, orientación y relieve determinan la distribución temporal y espacial de la lluvia, y por ende, de los caudales así como los rendimientos en las diferentes regiones del país.

Las características geomorfológicas, geológicas y tipo de suelos influyen en la longitud, pendiente y orientación de los cursos de agua así como en la capacidad de retención de las cuencas hidrográficas.

Los ríos corren en dos vertientes: la del Pacífico, que abarca el 70% del territorio nacional, y la del Caribe o Atlántico que ocupa el 30% restante. La divisoria continental está constituida por una serie de cadenas montañosas que se extienden de Este a Oeste. En términos generales los ríos son de corto recorrido y sus cursos están usualmente en dirección normal a las costas.

La longitud media de los ríos de la vertiente del Atlántico es de 56 km, con una pendiente media de 2.5% y en la vertiente del Pacífico la longitud media de los ríos es de 106 km, con una pendiente media de 2.27%.

Por sus altos rendimientos unitarios, sobresalen las cuencas de los ríos Changuinola, Guarumo, Cricamola, Calovébora y Guázaro, en la vertiente del Atlántico, y las de los ríos Chiriquí, Fonseca, Tabasará y San Pablo en la vertiente del Pacífico, con rendimientos superiores a 72 l/s/km^2 (litros por segundo por kilómetro cuadrado). La vertiente del Pacífico posee los mayores recursos de agua del país, concentradas en la provincia de Chiriquí.

En la provincia de Bocas del Toro se encuentran los recursos más importantes de la región del Atlántico. La porción oriental de la Península de Azuero y Los Llanos de Coclé presentan los recursos más bajos del país.

REPUBLICA DE PANAMA

RED DE ESTACIONES HIDROMETRICAS

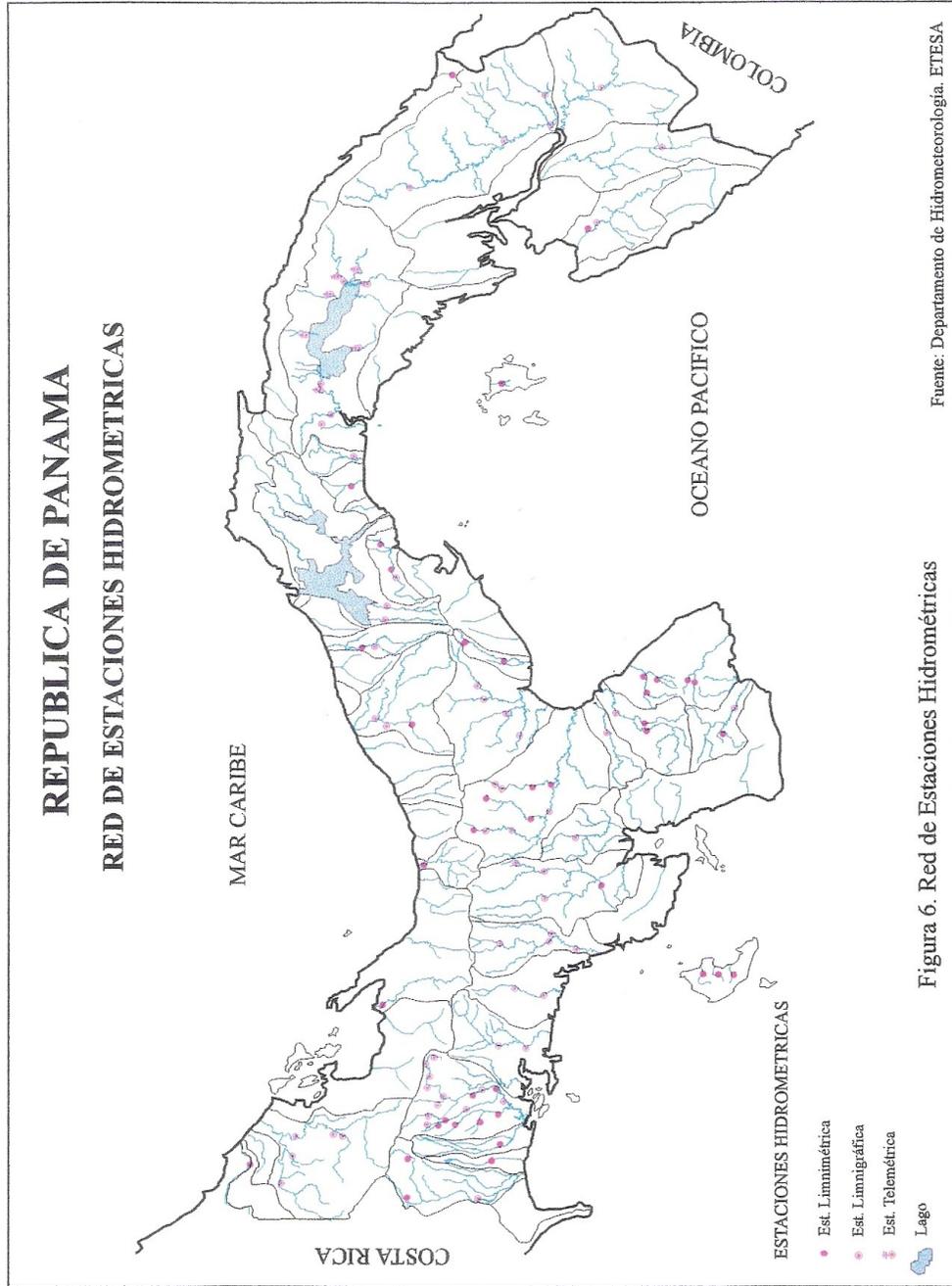


Figura 6. Red de Estaciones Hidrométricas

Fuente: Departamento de Hidrometeorología, ETESA

2.5.4 Mapa de isolíneas de escorrentía

El mapa de isolíneas de escorrentía, Figura 7 (Escorrentía Media Anual), se trazó en mm/año porque facilita hacer comparaciones con la precipitación y la evapotranspiración. Este mapa que muestra y a la vez, permite obtener el valor de la escorrentía media anual de una superficie, inevitablemente tiene muchas simplificaciones y supuestos; sin embargo, es útil en el planeamiento en el ámbito de reconocimiento ya que en esta fase se puede utilizar información menos exacta.

La Figura 8 (Distribución Mensual de los Caudales), permite visualizar el caudal en m³/s para diferentes períodos, en las principales estaciones hidrométricas.

3. CONTENIDO DEL MAPA HIDROGEOLÓGICO

3.1 LEYENDA Y ESCALA DEL MAPA

3.1.1 Leyenda

La leyenda (simbología y colores) utilizada en la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá, es la Leyenda Internacional Para Mapas Hidrogeológicos, adoptada y recomendada por *UNESCO*. Esta leyenda tiene por fin facilitar, independientemente de la escala que se utilice, la realización de mapas hidrogeológicos, de una forma normalizada e internacional. Además de su utilización como herramienta guía para la confección de mapas internacionales, la misma se recomienda para la confección de mapas nacionales, regionales o locales.

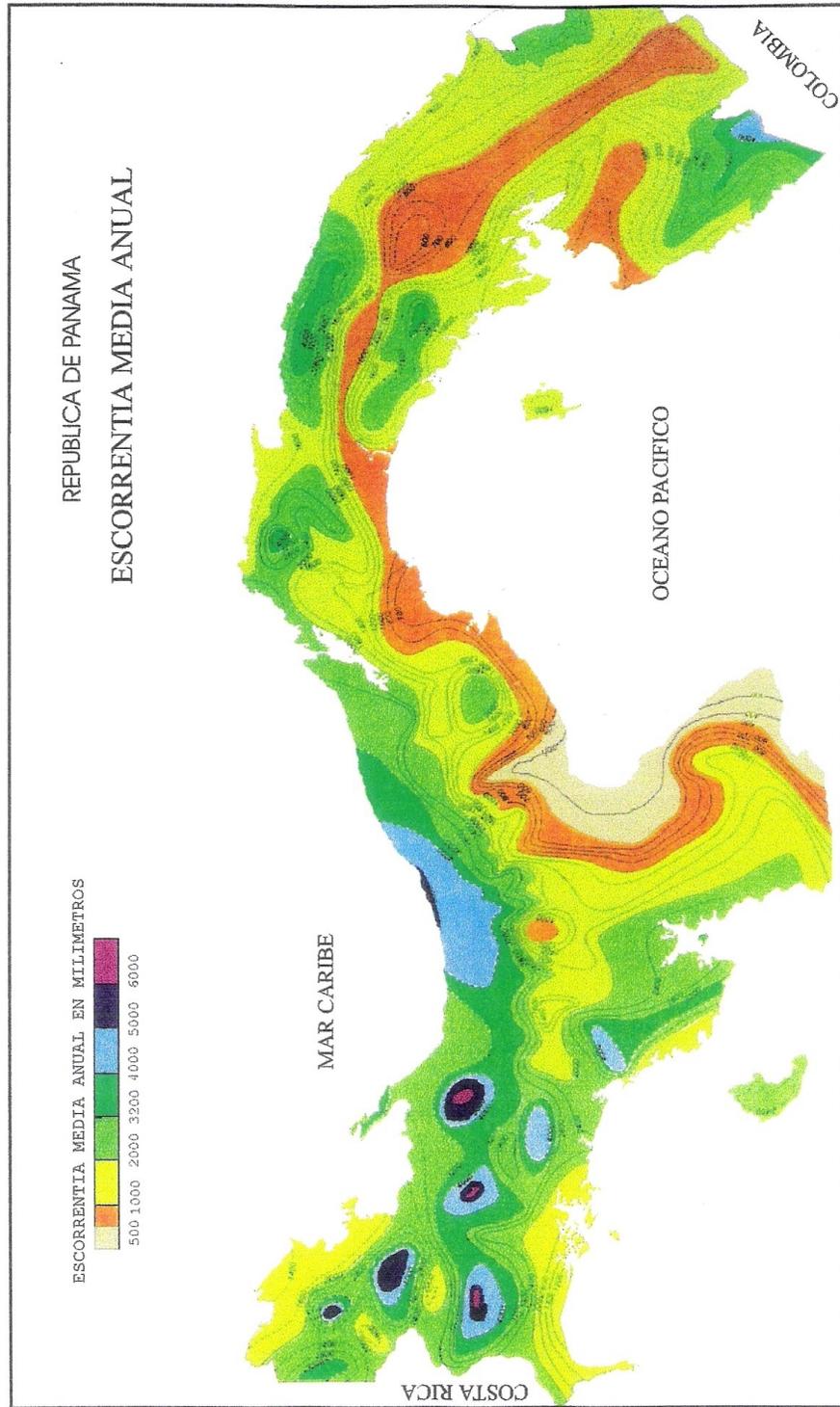
La leyenda es el resultado de los acuerdos tomados tras numerosas reuniones en los siguientes organismos internacionales y en sus grupos de trabajo:

La Asociación Internacional de Hidrología Científica (AIHC), Pertenece a la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (UGGI).

La Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), pertenece a la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (UICG).

A pesar de haberse utilizado la Leyenda Internacional en la confección del Mapa Hidrogeológico de Panamá, en la presente Nota Explicativa se trata de aclarar las disparidades que puedan existir con la Leyenda Internacional.

42



Fuente: Atlas Nacional de la República de Panamá
1980

Figura 7. Escorrentia Media Anual

3.1.2 Escala

Es evidente que la elección de la escala de los mapas hidrogeológicos está condicionada a la cantidad y calidad de los datos existente y a la finalidad que se persigue con la elaboración de dichos mapas.

Los mapas hidrogeológicos de síntesis a pequeña escala están establecidos en escalas de 1:200,000 a la 1:1,000,000 y más. Su objetivo esencial es la representación de datos hidrogeológicos de conjunto, cubriendo una vasta región natural, una unidad hidrogeológica o un país entero.

En la evaluación final de los datos existentes y de acuerdo a los objetivos perseguidos en la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá, se pudo establecer la escala a la que debía elaborarse el mapa. En efecto, la escala 1: 1,000,000 fue considerada como la más conveniente, debido a la calidad y cantidad de datos y recursos necesarios para su elaboración, así como por tratarse de una primera tentativa de la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá.

3.2 INFORMACION DE POZOS Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

La información hidrogeológica carece de suficientes datos técnicos, que nos permitan conocer en forma precisa el funcionamiento hidráulico de los acuíferos de las diferentes formaciones geológicas en la República de Panamá, tales como: Transmisibilidad, permeabilidad, coeficiente de almacenamiento. Sin embargo, se logró inventariar una gran cantidad de pozos, con información técnica básica, los cuales han sido perforados con fines de explotación de las aguas subterráneas por diferentes instituciones del Estado.

En el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), se obtuvo la mayor cantidad de información sobre pozos; esta institución se encarga del abastecimiento de agua potable a las poblaciones con más de quinientos (500) habitantes en la República de Panamá.

El Ministerio de Salud, tienen bajo su responsabilidad el abastecimiento de agua potable a todas aquellas poblaciones con menos de quinientos (500) habitantes, por lo que también cuenta con un Departamento de Agua Potable que tiene entre sus funciones perforar pozos para agua.

Del estudio realizado por el Catastro Rural de Tierras y Aguas (CARTAP), se logró obtener información valiosa, de los pozos perforados durante la ejecución de este estudio.

La información referente a los pozos fue organizada, para la elaboración del *Mapa Hidrogeológico de Panamá*, en unos Cuadros de Registro Hidrogeológico. En donde se colocaron todos los datos, relacionados con la ubicación, fecha de construcción y

registro del pozo, características y estado del pozo; Así como las características del acuífero y análisis químicos de las aguas. Ejemplo: Cuadros 2 y 3 (Registros Hidrogeológicos)

La información hidroquímica en pozos, sondeos y manantiales es muy escasa e incompleta y la poca que se pudo inventariar se obtuvo de las investigaciones realizadas por CARTAP, el Estudio de Factibilidad: Proyecto de Riego Barú, de las Investigaciones Geotérmicas realizadas por el IRHE, del archivo de pozos del IDAAN y del inventario de manantiales realizado por el Ministerio de Salud.

De toda la información hidroquímica, los datos más completos son los referentes al total de sólidos disueltos, los cuales fueron utilizados para elaborar el mapa temático, Distribución del Total de Sólidos Disueltos de las Aguas Subterráneas en la República de Panamá a escala 1: 2,500,000. (Figura 9), el cual aparece en el Mapa Hidrogeológico de Panamá. Los datos utilizados para la elaboración de este mapa temático, se obtuvieron de análisis químicos efectuados en aguas de manantiales y de pozos con profundidades inferiores a 65 m.

3.3 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS CONSIDERADOS

Evidentemente, la representación de la realidad hidrogeológica constituye la parte más importante de los trabajos de interpretación y mapeamiento. En efecto, para llegar a la descripción de los sistemas acuíferos en la República de Panamá fue necesario completar previamente las etapas siguientes:

- determinación y localización de los acuíferos.
- evaluación de la productividad de los acuíferos.

3.3.1 Determinación y localización de los acuíferos

La determinación y localización de los acuíferos, consistió en el análisis de las características físicas de las rocas, en las diferentes formaciones geológicas, hacia la posibilidad teórica de poder contener agua subterránea. Se trata de un criterio únicamente cualitativo, que plantea diferentes hipótesis, tales como las siguientes: los sedimentos aluviales deben conformar una capa acuífera; las rocas ígneas y las calizas fracturadas constituyen redes acuíferas; mientras que las rocas ígneas, macizas y no fracturadas, no contienen aguas subterráneas.

En la primera aproximación de interpretación se clasificaron las rocas en dos tipos principales: Rocas incoherentes (deleznable) y rocas coherentes (compactas). Como rocas incoherentes (deleznable), fueron consideradas todas aquellas, cuya fase sólida estuviese constituida por granos de naturaleza petrográfica, forma y dimensiones muy diversas, y alojan entre ellas espacios vacíos de pequeñas dimensiones (poros o intersticios).

IRHE		PROYECTO: MAPA HIDROGEOLOGICO DE PANAMA											HIDROMETEOROLOGIA										
		CUADRO DE REGISTRO HIDROGEOLOGICO											CARACTERISTICAS DEL POZO										
No INV	SIM BO LOS	UBICACION				FECHA			BOCA				ESTADO										
		Localidad	Distrito/Provincia	Propiedad	Latitud	Longitud	Cota (m)	Perforación	Registro	Prof (m)	Diametro (pulg)	Altura (m)	Prof NE(m)	Prof SE(m)	Caudal (m ³ /h)	ND (m)	Depres (m)	Caudal Espec (m ³ /h/m)	Estado del Pozo - sin uso x destr.	Tipo de Bomba			
7-2-1	7-83	El Sesteadero	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'00"	80°15'00"	30	13/03/83	22/12/82	62	8	30.5	8.5	41.5	41.9	35.5	25	1.7	0				
7-2-2	10-84	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°46'10"	80°15'40"	40	31/08/84	22/12/82	61	8	40.5	5.5	34.5	22.8	10.4	4.9	4.7	0				
7-2-3	1-83	El Sesteadero	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°44'25"	80°15'07"	50	4/02/83	22/12/82	74.1	8	50.5	3.04	46.9	34.9	24.4	21.4	1.63	0				
7-2-4	1-82	El Cocal	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'05"	80°16'50"	45	29/07/82	22/12/82	55.5	12	45.5	5.5	39.5	42	27.4	21.95	1.91	0				
7-2-5	5-82	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°47'00"	80°16'25"	50	13/12/82	22/12/82	95	8	50.5	6.1	43.9	51.8	21.6	15.5	3.33	0				
7-2-6	1-81	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°46'15"	80°16'50"	35	07/04/81	22/12/82	76.5	12	35.5	3.04	31.96	26.8	12.19	9.14	2.93	0				
7-2-7	1-80	Santa Marta	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'40"	80°17'07"	40	30/01/81	22/12/82	182.9	10	40.5	9.14	30.9	22.7	27.5	18.3	1.24	0				
7-2-8	1-83	Santa Marta	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'50"	80°17'30"	25	31/01/84	22/12/82	71.6	10	25.5	3.04	21.96	23.16	28.96	25.91	0.89	-				
7-2-9	2-88	La Tiza	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'35"	80°16'50"	40	29/11/88	22/12/82	62.2	10	40.5	4.6	35.4	19.5	9.75	5.18	3.77	0				
7-2-10	3-87	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°44'55"	80°16'10"	45	30/08/87	22/12/82	66.15	10	45.5	3.04	41.96	17.7	27.7	24.69	0.71	0				
7-2-11	4-87	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'20"	80°15'40"	45	28/12/87	22/12/82	79.3	8	45.5	4.6	40.4	7.3	41.5	36.9	0.19	0				
7-2-12	2-86	San José	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°40'25"	80°14'50"	40	24/10/86	22/12/82	61	8	40.5	3.35	26.65	5.9	21.6	18.3	0.32	0				
7-2-13	2-87	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'35"	80°16'08"	45	03/07/87	22/12/82	47.9	8	45.5	7.6	37.4	10.4	26.8	19.2	0.54	-				
7-2-14	1-86	San José	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°40'00"	80°12'45"	30	16/05/86	22/12/82	46.2	8	30.5	1.52	28.5	24.1	13.1	11.6	2.1	0				
7-2-15	1-86	El Cocal	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°44'25"	80°16'20"	70	05/05/86	22/12/82	61.9	8	70.5	2.74	67.3	24.5	20.73	17.7	1.38	0				
7-2-16	1-86	Las Tablas	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°45'35"	80°16'15"	45	06/02/86	22/12/82	92.9	8	45.5	3.6	41.3	22.2	24.4	20.7	1.07	0				
7-2-17	1-85	San José	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°40'37"	80°14'21"	35	07/11/85	22/12/82	61	8	35.5	8.5	26.5	7.3	32.6	24.1	0.3	0				
7-2-18	1-86	La Palma	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°41'50"	80°11'12"	60	24/01/86	22/12/82	62.2	8	60.5	3.65	56.4	7.5	35.1	31.4	0.23	0				
7-2-19	1-82	La Palma	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°41'45"	80°11'12"	65	25/06/82	22/12/82	76.8	8	65.5	1.52	63.5	4.54	35.1	33.5	0.13	-				
7-2-20	1-84	El Carale	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°43'55"	80°17'15"	50	28/12/84	22/12/82	47.25	8	50.5	4.57	45.43	9.1	26.52	18.9	0.48	0				
7-2-21	1-84	El Pedregoso	L.Tablas/L.Santos	IDAAN	7°41'42"	80°20'00"	165	14/12/84	22/12/82	56.4	8	165.5	4.6	160.4	11.12	14.9	10.4	1.07	0				

CUADRO N° 2. EJEMPLO DE REGISTRO DE INFORMACIÓN DE POZOS

PROYECTO: MAPA HIDROGEOLOGICO DE PANAMA
CUADRO DE REGISTRO HIDROGEOLOGICO

I R H E	CARACTERISTICAS DEL ACUIFERO										ANALISIS QUIMICOS														
	Nº INV.	Formación	Litología	Tipo	Espesura		Entrada del Agua	K	T	S	Fecha	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	Resid.	DUREZA (CaCO3)	Alcalin. Total	Cond. Especif.	pH	NO2	NO3
					Capta	cion																			
7-2-1	P. Venado	Aglomerados Andesitas	Poroso Fisurado	52.1	10.1					9/92	150	60			32					210	320	500	7.1		
7-2-2	Macaracas	Aglomerados	Poroso	54.9	12.2					6/92	90	60			31	12.5				150	272	450	7.3	2	
7-2-3	Macaracas	Aglomerados	Poroso	68	13.7					6/92	120	80			39	20.5				200	270	500	7.1	12	13.8
7-2-4	Macaracas	Aglomerados	Poroso	49.3	16.8					12/91	208	132			95	28.2				340	276	690	8.05	10.8	
7-2-5	Macaracas	Aglomerados	Poroso	45.7	36.6					6/92	120	40			88	22.4				160	250	600	7.2	0.62	
7-2-6	Macaracas	Aglomerados	Poroso	70.4	9.14					10/92	160	98			36					258	280	540	7.2		
7-2-7	Macaracas	Aglomerados	Poroso	168	18.3					10/92	110	68			25					178	276	440	7.4		
7-2-8	Macaracas	Aglomerados	Poroso	70.12	33.53					8/92	66	34			27					100	292	400	7.3		
7-2-9	Macaracas	Aglomerados	Poroso	73.2	7.6					11/91	160	40			73	17				200	236		7.6		
7-2-10	Macaracas	Aglomerados	Poroso	48.8	10.7					11/89	162	45	75	0.9	34	12				207	260	500	7.8	0.43	
7-2-11	Macaracas	Aglomerados	Poroso	38.7	6.1					6/92	80	20			29					100	228	440	7		
7-2-12	Macaracas	Aglomerados	Poroso	34.1	10.7					4/92	140	70			38	1.87				210	250	400	7.2	0.1	6.1
7-2-13	Macaracas	Aglomerados	Poroso	55.8	10.7					8/92	130	20			38					200	350	550	7.1		
7-2-14	Macaracas	Aglomerados	Poroso	56.4	7.6					4/92	170	74			91	64				244	260	600	7.3	1.05	
7-2-15	Macaracas	Aglomerados	Poroso	42.7	3.04					4/92	180	112			38	9.8				292	266	490	7.4	15.8	
7-2-16	Macaracas	Aglomerados	Poroso	54.9	3.04					8/92	90	30			36					120	250	400	7.2		
7-2-17	Macaracas	Aglomerados	Poroso	70.12	4.57																				
7-2-18	Macaracas	Aglomerados	Poroso	41.15	6.09																				
7-2-19	P. Venado	Aglomerados	Fisurados	48.8	7.62																				
7-2-20	Macaracas	Aglomerados	Fisurados																						
7-2-21	Macaracas	Aglomerados	Fisurados																						

NOTA:
 Ag=Aglomerados; Alter=Alterados; And=Andesitas; Arci=Arcillas; Arc=Arceniscas; Canz=Canizas; Comp=Compacto; F. Mar=Fase Marina; Frac=Fracturado; F. Volc=Fase Volcánica; Imper=Impermeable
 Ind=Indiferenciado; Lav=Lavas; Lut=Lutitas; Tob=Tobas; Tobc=Tobacea.

CUADRO N° 3. EJEMPLO DE REGISTRO DE INFORMACIÓN DE POZOS

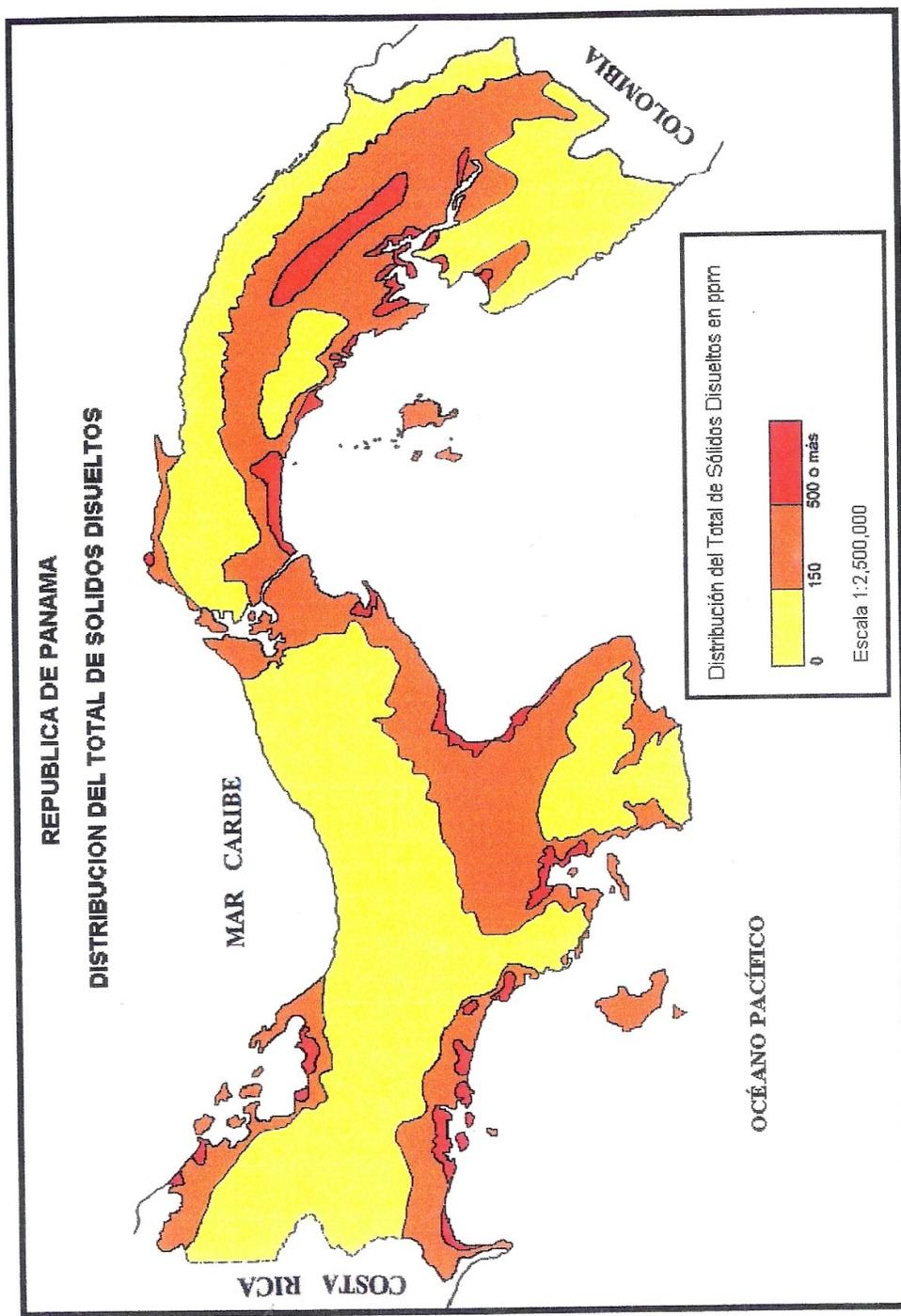


Figura 9. Distribución del total de sólidos disueltos en la República de Panamá

Como rocas coherentes (rocas compactas), se consideraron rocas fisuradas y no fisuradas. Las rocas fisuradas son aquellas, cuyos principales vacíos están esencialmente constituidos por fisuras abiertas, dentro de este grupo se encuentran las rocas volcánicas (andesitas, basaltos, etc.) y las calizas compactas fisuradas. Las rocas compactas no fisuradas las constituyen, rocas ígneas y metamórficas cuyos escasos poros existentes son muy pequeños y por lo general sin conexión entre sí.

De esta interpretación teórica, se logró obtener un mapa preliminar, agrupando formaciones geológicas con similares características, física de la roca. Clasificando tres grupos principales de ocurrencia de aguas subterráneas:

- Acuíferos predominantemente intergranulares (continuos, generalmente no consolidados).
- Acuíferos predominantemente fisurados (discontinuos)
- Areas con acuíferos locales (intergranulares o fisurados) de productividad limitada o poco significativa.

3.3.2 Evaluación de la productividad de los acuíferos

Con el objeto de llegar a definir, de forma general, los principales acuíferos y sus respectivas unidades hidrogeológicas, en el territorio de la República de Panamá, se hizo una agrupación de la información de pozos por formación geológica, esta agrupación permitió obtener los valores promedios de la productividad de los pozos (m^3/h) y de la capacidad específica ($m^3/h/m$) para aquellas formaciones geológicas con información de pozos.

La estimación de la productividad de los acuíferos se realizó mediante la interpretación de los caudales específicos promedio de los pozos perforados, a pesar de la intervención de otros factores (diámetro de perforación, tipo de desarrollo del pozo, etc.). Se considera, en primera aproximación, que la capacidad del acuífero es cercana al promedio de los caudales específicos de los pozos representativos, completos. Sin embargo, para el presente caso, como se dispone en la mayoría de los casos de pozos incompletos, o sea que no atraviesan la totalidad de la formación acuífera, se debe también suponer que la zona no investigada del acuífero tiene las mismas características hidráulicas que la parte perforada.

Por otro lado, es importante señalar que muchas regiones del país no disponen de información de pozos por lo que la interpretación en estas áreas es solamente cualitativa, basada en la descripción de las formaciones geológicas.

3.3.3 Ocurrencia de aguas subterráneas

Basados en los trabajos expuestos en los puntos anteriores, la interpretación de las formaciones geológicas permitió clasificar, tres tipos o grupos principales de acuíferos y diez (10) unidades hidrogeológicas de ocurrencia de aguas subterráneas. Estos grupos

principales de acuíferos, en la presentación del mapa, se diferencian entre sí por un color característico y las unidades hidrogeológicas se diferencian, gráficamente, según la trama asignada dentro del grupo a que pertenecen.

Las unidades hidrogeológicas, dentro de un mismo grupo, tienen importancia de mayor a menor según el orden en que están colocados en la leyenda, de arriba hacia abajo. Los grupos principales de acuíferos se describen, de forma muy general, en cuanto a las características físicas de las rocas que los conforman.

En cada unidad hidrogeológica se dan indicaciones, de carácter cualitativo, de la permeabilidad y el rango de productividad promedio, de los pozos inventariados, expresados en caudales (m^3/h).

La descripción de cada unidad hidrogeológica se hace tomando en cuenta la cantidad y calidad de los datos en cada una y donde es posible se toman en cuenta los distintos factores que regulan los acuíferos, es decir, extensión, materiales geológicos predominantes, estructuras, fisuración, porosidad, compactación, alteración, caudales y análisis químicos de las aguas subterráneas.

A continuación se hace una descripción de la Ocurrencia de Aguas Subterráneas, referente a pozos perforados con una profundidad promedio de 65 m. Esta descripción; se debe leer consultando de forma simultánea el Mapa Hidrogeológico de la República de Panamá, escala. 1 : 1,000,000; ya que para la misma se siguió el orden establecido en la leyenda del mapa.

A. ACUIFEROS PREDOMINANTEMENTE INTERGRANULARES, CONTINUOS, GENERALMENTE NO CONSOLIDADOS.

En este tipo de acuíferos se tratará primero la unidad hidrogeológica considerada con PERMEABILIDAD MEDIA A VARIABLE y en donde se encuentran ACUIFEROS PRODUCTIVOS ($Q=10-50 m^3/h$). La descripción general para esta unidad es la siguiente:

Acuíferos libres de extensión regional limitada, constituidos por aluviones, sedimentos marinos no consolidados y deposiciones tipo delta de granulometría variable, en los cuales predominan secciones arenosas, limosas y arcillosas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

En esta unidad hidrogeológica encontramos las formaciones geológicas siguientes:

Formación Las Lajas (QR - Ala) y Formación Boca de Chucará (QR - Abch)

Estas formaciones contienen rocas Sedimentarias del Cuaternario Reciente, tales como: aluviones, deposiciones tipo delta, arenas, areniscas, conglomerados, lutitas carbonosas, manglares, depósitos orgánicos, corales.

De esta unidad anotaremos algunos aspectos característicos de la formación Las Lajas (QR-Ala), que es, la que cuenta con mayor información de pozos.

La formación Lajas, se localiza en diferentes puntos de la República de Panamá, sin embargo, la información de pozos se concentran a lo largo de la línea de costa en la provincia de Chiriquí.

La mayoría de los pozos perforados dentro de la formación Las Lajas, revelan que la composición litológica, hasta una profundidad que alcanza algunas decenas de metros, es material aluvial no consolidado, conformado por arcillas, arcillas arenosas, arena fina, arena gruesa, arena arcillosa, gravas, conglomerados y limos; todos ellos en distintas proporciones y a diversas profundidades.

En la Figura. 10, se puede observar el detalle de una perforación promedio (Pozo 4-2-1), así como aspectos constructivos de la misma realizada en esta formación.

El promedio de la productividad en los pozos inventariados en esta formación geológica es de 13 m³/h, pero es posible obtener caudales de hasta 50 m³/h, los cuales evidentemente se obtienen en los pozos ubicados donde el espesor, de los materiales de tipo aluvial, es mayor.

La calidad química de las aguas es generalmente buena, la baja salinidad es característica en la mayoría de las muestras de agua analizadas, la conductividad eléctrica oscila entre 100 y 400 micromho/25°C.

En la Tabla N° 1 se exponen los resultados de un análisis físico-químico realizado en una muestra de agua, tomada en el pozo 4-2-1.

Con PERMEABILIDAD VARIABLE y donde se encuentran ACUIFEROS MODERADAMENTE PRODUCTIVOS (Q=3-10 m³/h), se distinguen dos unidades hidrogeológicas, bien caracterizadas por los materiales geológicos que la conforman. De la primera unidad hidrogeológica tenemos la descripción siguiente:

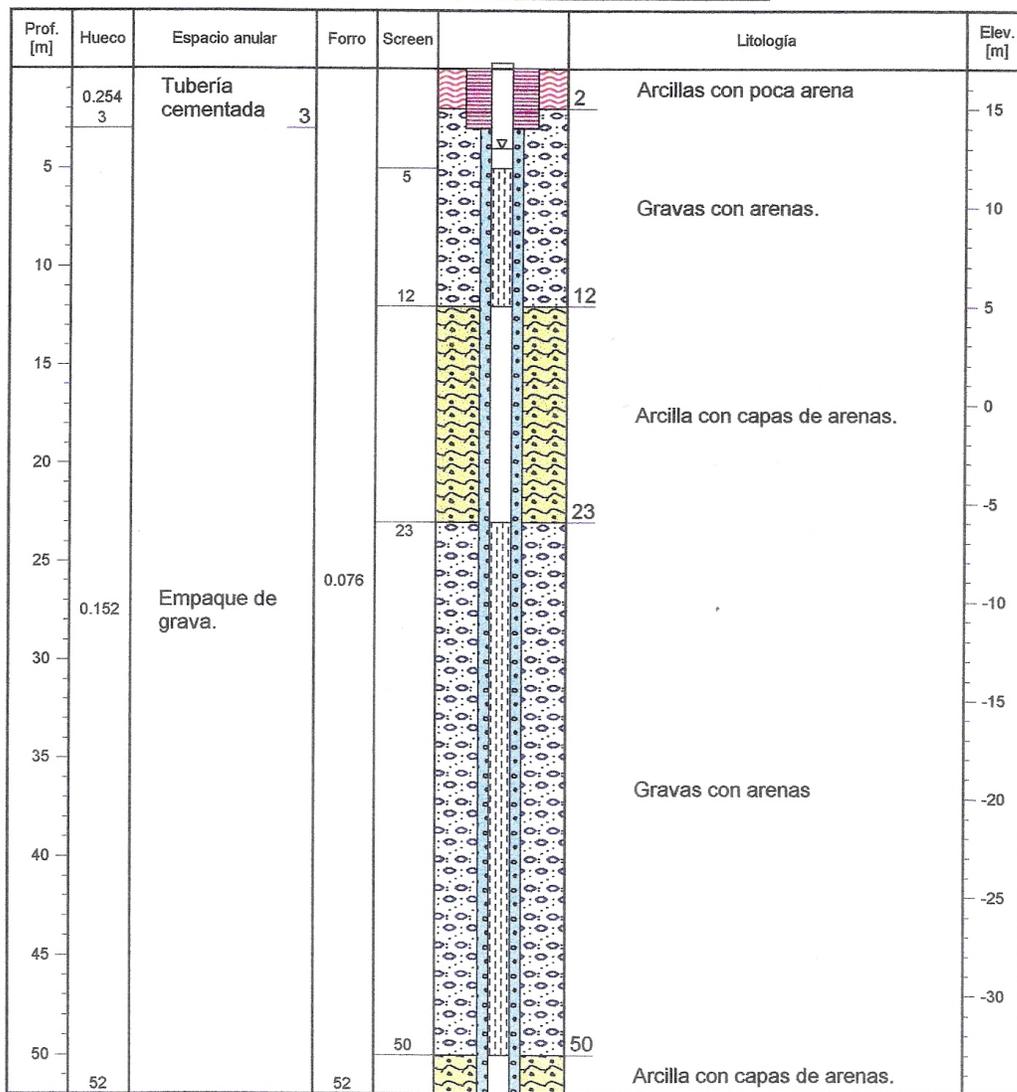
Acuíferos de extensión variable, libres, constituidos por productos volcánicos fragmentarios de granulometría variable, sobrepuestos a flujos lávicos indiferenciados. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

Esta unidad hidrogeológica, está constituida por las formaciones geológicas siguientes:

Barú (QPS-BA), El Valle (TMPL-VA).

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo		Localización: Chiriquí, Barú, La Esperanza			
4-2-1		Método Perforación: Percusión		Fecha de Perforación: 27/01/82	
X 931900	Y 291800	Z 17.00	ZM 17.30		
Todas las medidas se dan en metros					
SWL 13.00		Esc. Vert. 300.0		Rendimiento= 14 m3/h	



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

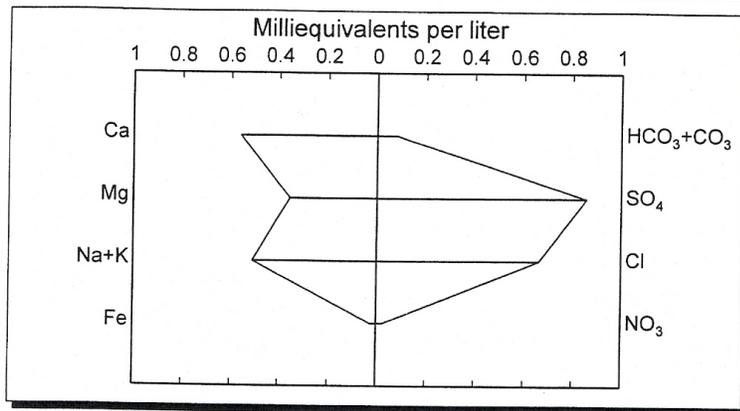
O. Fábrega. 1999

Figura 10

Diagrama de STIFF

Well Ident
4-2-1

Descripción



Cationes

	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Fe</i>
<i>Miliequivalentes por litro</i>	0.5589	0.3537	0.2262	0.28127	0.0215
<i>Miligramos por litro</i>	11.20	4.30	5.20	11.00	0.40

Aniones

	<i>HCO3</i>	<i>CO3</i>	<i>SO4</i>	<i>Cl</i>	<i>NO3</i>
<i>Miliequivalentes por litro</i>	0.08195		0.85987	0.66576	0.02419
<i>Miligramos por litro</i>	5.00		41.30	23.60	1.50

Mn	NO2	PO4	F	B	SIO2
TDS 240.00	Dureza 46.0	Alcalinidad 96.0	Conductividad 210.00	pH 7.70	SAR 0.3349

Tipo de Agua

Calcium Sulfate

Cationes (epm)
1.4

Aniones (epm)
1.6

% Error del Balance
6.19

TABLA N° 1. Resultado de análisis químico en una muestra de agua, tomada en el pozo 4-2-1

O. Fábrega. 1998

Estas dos formaciones geológicas contienen basaltos y andesitas cerca a los puntos de emisión. Sin embargo, en los estudios geotérmicos detallados efectuados por el IRHE, se describe la presencia de depósitos piroclásticos recientes, flujos pumíticos y "debris flow" de naturaleza dacítica, los cuales son los materiales más importantes en ambos volcanismos, subordinados a estos materiales se encuentran flujos lávicos indiferenciados.

En términos generales estas formaciones tienen un comportamiento hidrogeológico, bastante similar; sin embargo, se darán algunas indicaciones por separado de cada una de ellas.

Formación Barú (QPS-Ba). Esta formación pertenece al Cuaternario Pleistoceno Reciente, los materiales fragmentarios, se reparten lateralmente en torno al edificio del volcán Barú, con una dispersión amplísima controlada por la topografía sobre la que fluyeron.

Los materiales fragmentarios están constituidos por una masa de matriz arenosa, con muy pocos finos, en la que se engloba una gran cantidad de fragmentos no vesiculados de granulometría diversa y redondez que varía desde anguloso en las proximidades al centro de emisión, hasta redondeado en los lugares más alejados. El índice de compactación varía entre casi sueltos (últimos flujos piroclásticos) a poco compactos (flujos de escombros).

En esta formación, los pozos inventariados tienen una descripción litológica muy imprecisa; el promedio de la productividad de los pozos es de 8 m³/h.

En la Figura 11, se puede observar el detalle de una perforación promedio (Pozo 4-7-7), así como aspectos constructivos de la misma; ubicada dentro de la Formación Barú (QPS-BA), esta perforación cuenta con una descripción litológica aceptable.

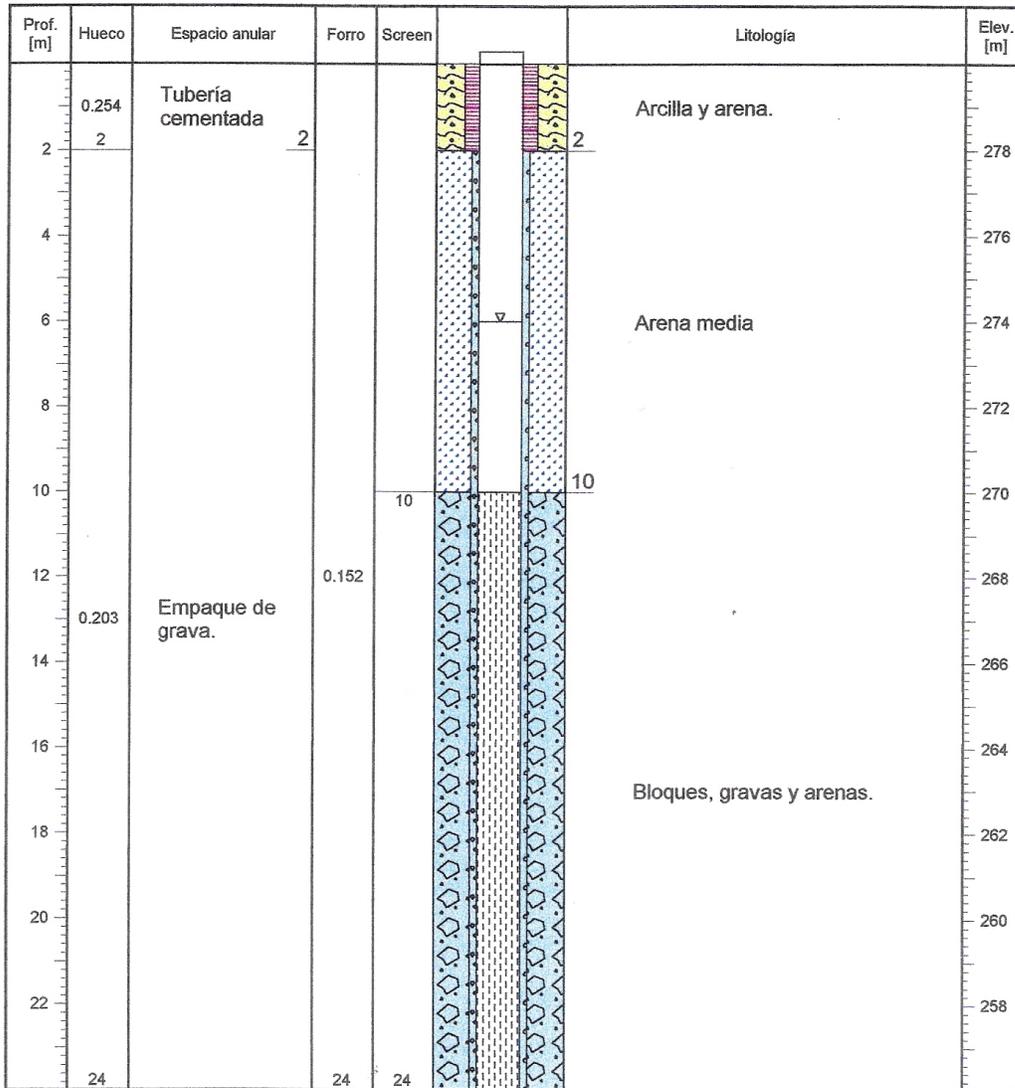
En cuanto a la calidad química del agua se puede decir que, de un muestreo realizado en los manantiales existentes en el área, la mayoría de las aguas someras pertenecen al tipo bicarbonatado-alcálico y presentan caracteres físico-químicos bastante homogéneos.

Formación El Valle (TMPL-VA). Esta formación pertenece al Terciario, Mioceno superior y Plioceno inferior. Los materiales fragmentarios, se encuentran esparcidos, en forma de un gran abanico volcánico-fluvial, ubicados cerca del límite entre las provincias de Coclé y Panamá extendiéndose hacia la parte Pacífica de la división continental hasta llegar al mar.

Indudablemente que los depósitos piroclásticos más recientes, reúnen mejores características hidrogeológicas que los más antiguos, y los mismos varían entre casi sueltos a poco compactos.

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo 4-7-7		Localización: Chiriquí, Dolega, Tinaja			
		Método Perforación: Percusión		Fecha de Perforación: 1976	
X 945700	Y 339400	Z 280.00	ZM 280.30		
Todas las medidas se dan en metros					
SWL 274.00		Esc. Vert. 150.0		Rendimiento= 6 m3/h	



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 11

Dentro de la formación El Valle, los pozos inventariados reportan: arenas y gravas de diferentes diámetros; la productividad promedio de estos pozos es de $8 \text{ m}^3/\text{h}$.

En la Figura 12, se puede apreciar el detalle de una perforación promedio (Pozo 8-4-12), ubicada dentro de la Formación El Valle (TMPL-VA)

Los análisis químicos completos, distribuidos en la formación El Valle, presentan un promedio del total de sólidos disueltos de 206 ppm y el promedio de la conductividad eléctrica es de 317 micromho/25°C.

En la Tabla N° 2, se exponen los resultados de un análisis físico-químico realizado en una muestra de agua tomada en el Pozo 8-4-12.

La otra unidad hidrogeológica de productividad variable se describe de la forma siguiente:

Acuíferos de extensión variable, libres o confinados, constituidos por sedimentos clásticos, consolidados y poco consolidados y depósitos costeros, La calidad de las aguas subterráneas es generalmente buena, aunque es posible captar aguas salobres en ciertas áreas cerca de la costa.

Esta unidad hidrogeológica está constituida por la formación geológica Río Hato (QR-Aha), la cual pasamos a describir.

Formación Río Hato (QR-Aha)

Esta formación contiene rocas sedimentarias del Cuaternario Reciente, tales como: conglomerados, areniscas, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. La mayor cantidad de pozos se localiza dentro del encierro marino de Aguadulce, frente a la bahía de Parita, el cual representa la mayor extensión de depósitos Cuaternarios en el área de las provincias centrales.

De los pozos inventariados dentro de la formación Río Hato, sólo se tienen información imprecisa de la litología, los materiales aluviales reportados se encuentran en las riberas de los principales ríos de la región.

El promedio de la productividad de los pozos es de $13 \text{ m}^3/\text{h}$, sin embargo, los pozos más productivos, en la formación Río Hato, están localizados en un área muy restringida por lo que no representan el conjunto de la formación geológica, además se han reportado muchos pozos perforados sin éxito, razón por la cual la formación Río Hato se ha ubicado dentro de los acuíferos moderadamente productivos ($Q = 3-10 \text{ m}^3/\text{h}$) La Figura 13, muestra el detalle de una perforación promedio (Pozo 2-1-9), ubicada dentro de la Formación Río Hato (QR-Aha)

La calidad química de las aguas en esta formación es generalmente buena, el total de sólidos disueltos oscila entre 63 y 376 ppm, el promedio de la conductividad eléctrica es de 233 micromho a 25°C. Cabe destacar que se han reportado pozos salobres.

En el Mapa Hidrogeológico de Panamá, dentro de Las formaciones geológicas: Las Lajas, Río Hato y Boca de Chucará, se ha delimitado a lo largo de la línea de costa, un sector conformado por manglares y pantanos, el cual ha sido clasificado como zona de marisma y que representa muy poco o ningún interés, desde el punto de vista de la explotación de las aguas subterráneas.

B. ACUIFEROS PREDOMINANTEMENTE FISURADOS, DISCONTINUOS.

En el grupo de acuíferos del tipo predominantemente fisurados encontramos cuatro unidades hidrogeológicas, conformadas principalmente por materiales ígneos. La excepción en este grupo lo constituyen la unidad hidrogeológica conformada por rocas sedimentarias compactas fisuradas como las calizas y areniscas. Las cuatro unidades hidrogeológicas se caracterizan por estar consideradas de PERMEABILIDAD VARIABLE y en ellas se encuentran ACUIFEROS DE PRODUCTIVIDAD MODERADA A BAJA ($Q = 3 - 10 \text{ m}^3/\text{h}$).

La primera unidad hidrogeológica, dentro del grupo de acuíferos del tipo predominantemente fisurados (discontinuos), se describe de la forma siguiente:

Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, conformados por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias, consolidadas y poco consolidadas, superpuestas a rocas ígneas consolidadas. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

En esta unidad hidrogeológica tenemos las formaciones de los Grupo geológicos siguientes:

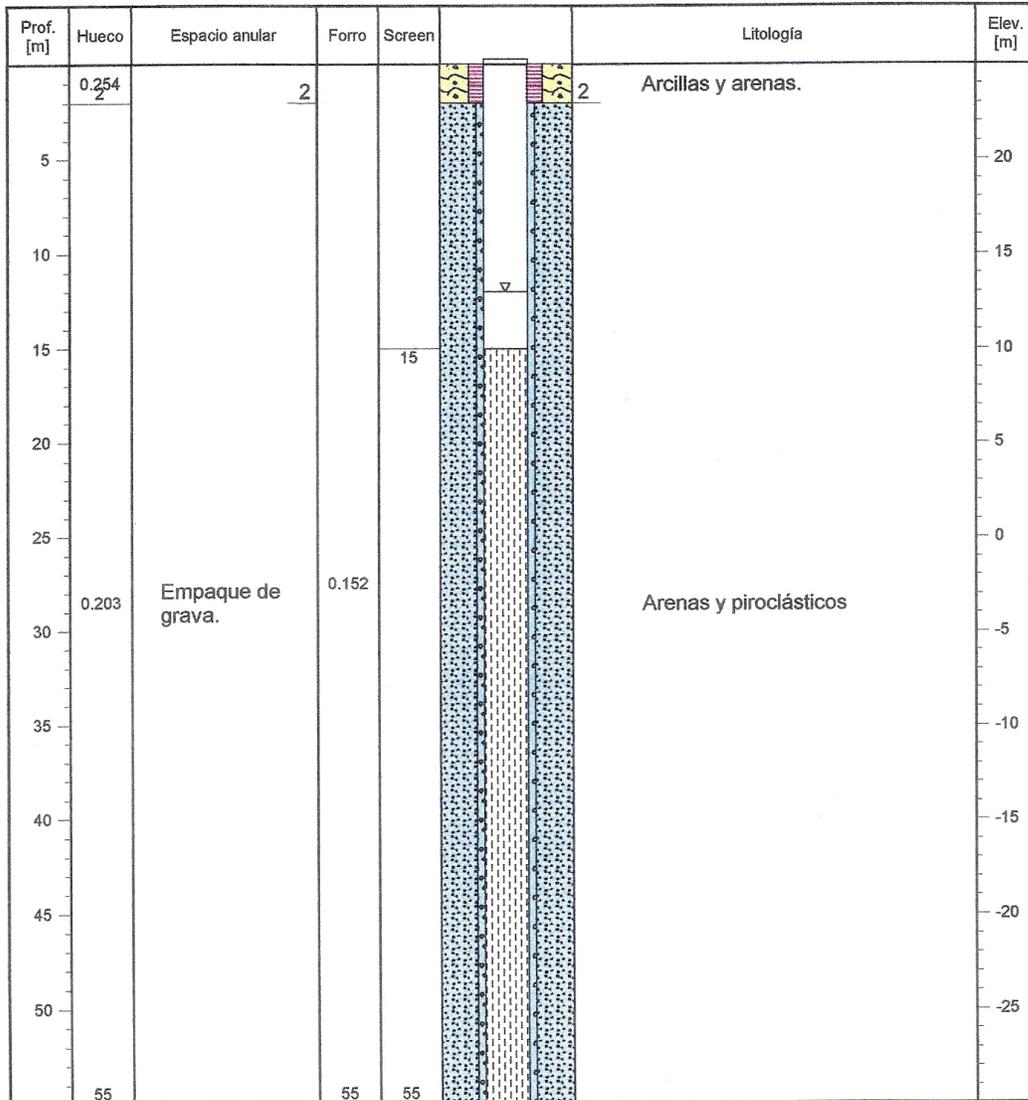
Grupos Macaracas (TO-MAC) y Panamá fase Volcánica (TO-PA)

Las Formaciones de estos grupos geológicos, contienen rocas del Terciario Oligoceno tanto volcánicas como sedimentarias tales como: Aglomerados, tobas continentales, areniscas, calizas, lutitas, conglomerados, piroclásticos, andesitas y basaltos.

Las anotaciones geológicas, describen la heterogeneidad extrema, de los sedimentos que conforman el Oligoceno, estos sedimentos se han clasificado como pertinentes a dos distintos tipos: depósitos marinos y sedimentos terrestre, consistiendo los últimos de clásticos volcánicos, despojos y sedimentos marinos de aguas poco profundas.

Muchas de las poblaciones de la Península de Azuero, que se encuentran ubicadas dentro de las Formaciones del Grupo Macaracas, se abastecen de aguas subterráneas

REGISTRO DE POZOS				
Ident. del Pozo		Localización:		
8-4-12		Panamá, Chame, Playa Coronado		
		Método Perforación:	Fecha de Perforación:	
		Percusión		
X	942800	Y	623100	Z
				ZM
			25.00	25.30
Todas las medidas se dan en metros				
	SWL	Esc. Vert.	Rendimiento= 4 m ³ /h	
	13.00	400.0		



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

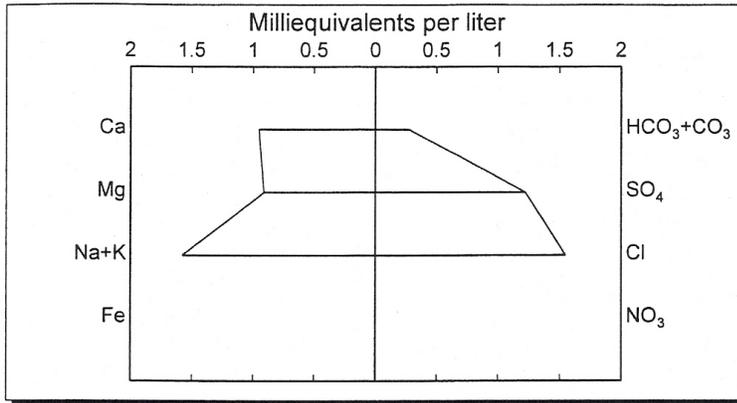
O. Fábrega. 1999

Figura 12

Diagrama de STIFF

Well Ident
8-4-12

Descripción



<i>Cationes</i>					
	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Fe</i>
<i>Miliequivalentes por litro</i>	0.9481	0.9049	1.5225	0.05114	
<i>Miligramos por litro</i>	19.00	11.00	35.00	2.00	

<i>Aniones</i>					
	<i>HCO3</i>	<i>CO3</i>	<i>SO4</i>	<i>Cl</i>	<i>NO3</i>
<i>Miliequivalentes por litro</i>	0.27863		1.22838	1.55155	
<i>Miligramos por litro</i>	17.00		59.00	55.00	

Mn	NO2	PO4	F	B	SIO2
TDS 357.00	Dureza	Alcalinidad	Conductividad 420.00	pH 8.00	SAR 1.5818

Tipo de Agua

Sodium Chloride

Cationes (epm)
3.4

Aniones (epm)
3.1

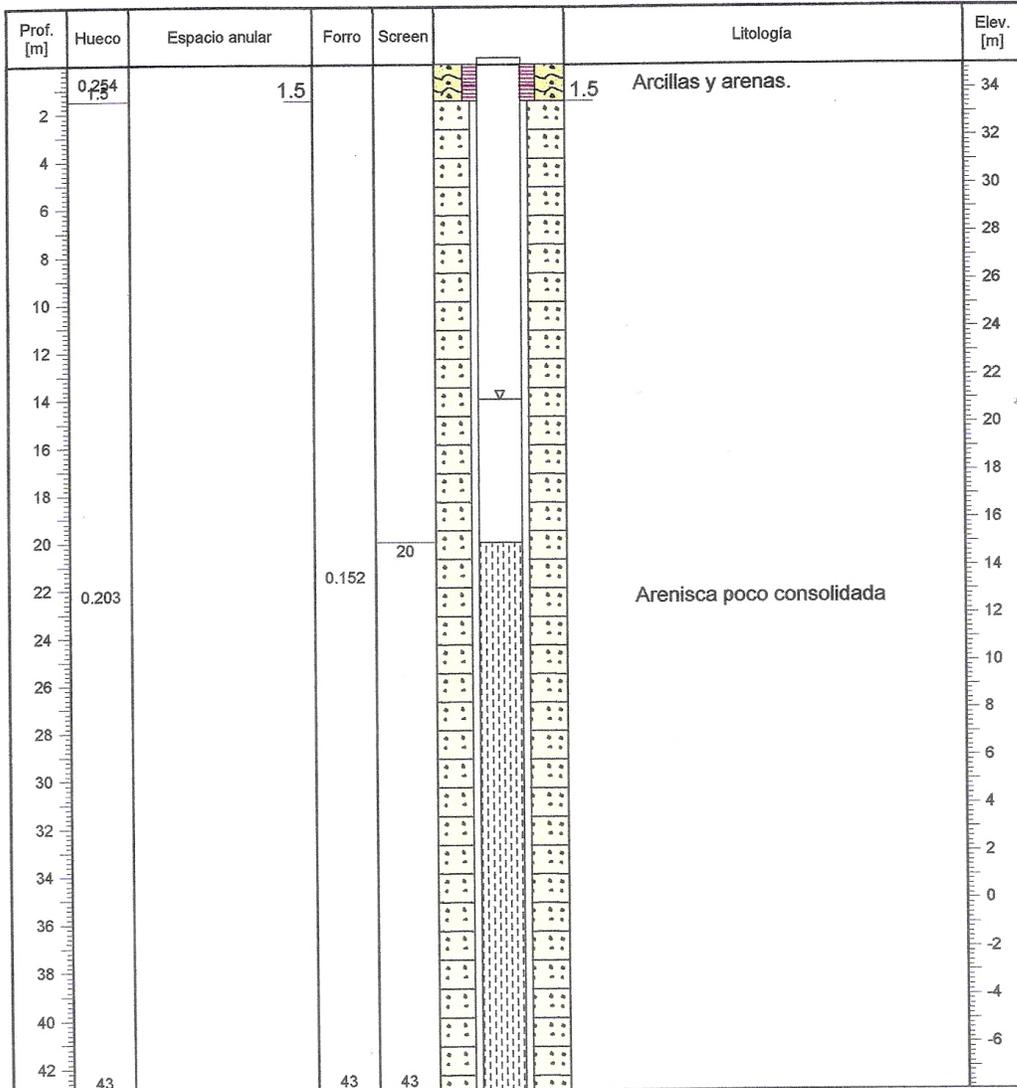
% Error del Balance
5.68

TABLA N° 2. Resultado de análisis químico en una muestra de agua, tomada en el pozo 8-4-12

O. Fábrega. 1998

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo		Localización: Coclé, Aguadulce, El Cristo	
2-1-9		Método Perforación: Percusión	Fecha de Perforación: Agosto/1985
X	911224	Y	543748
		Z	35.00
		ZM	35.30
Todas las medidas se dan en metros			
	SWL	Esc. Vert.	Rendimiento= 6 m ³ /h
	21.00	250.0	



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 13

debido a la escasez de aguas superficiales, por lo prolongado de la estación seca en esta región.

En la Figura 14 (Pozos 7-2-11) ubicada en los Grupos Macaracas y Figura 15 (Pozo 8-8-27) ubicada en los Grupos Panamá fase Volcánica, se puede apreciar el detalle de dos perforaciones promedio, así como aspectos constructivos de la misma.

El promedio de la productividad de los pozos inventariados en estas formaciones: Grupo Macaracas y Grupo Panamá fase Volcánica es de 10 y 8 m³/h respectivamente; aunque es posible obtener caudales superiores en pozos perforados en las zonas de fracturas.

La calidad química de las aguas dentro del Grupo Macaracas es generalmente buena, el promedio del total de sólidos disueltos es de 274 ppm y de la conductividad eléctrica es de 450 micromho/25°C.

En la Tabla N° 3, se exponen los resultados de un análisis físico-químico realizado en una muestra de agua tomada en el pozo 7-2-29, ubicado dentro de la Formación Macaracas (TO-MAC).

La otra unidad hidrogeológica, dentro del grupo de acuíferos del tipo predominantemente fisurados (discontinuos), se describen de la forma siguiente:

Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, comprenden un conjunto de volcanitas (lavas y aglomerados), las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

En esta unidad hidrogeológica encontramos los grupos y formaciones geológicas que a continuación pasamos a describir.

Formaciones: Cerro Picacho (QPS-P), Cerro Viejo (PI/PS-CV), Playa Colorada (TM-PC); Grupos: La Yeguada (TM-Y), Cañazas (TM-CA).

Esta unidad de acuíferos, cuya producción se restringe a zonas fracturadas, está conformada por andesitas/basaltos, tobas, brechas, dacitas, ignimbritas y aglomerados.

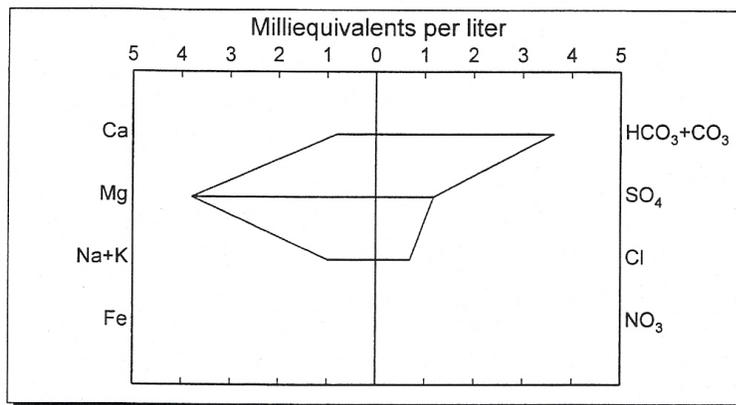
De esta unidad hidrogeológica tomaremos algunos aspectos que caracterizan a las formaciones geológicas del Grupo La Yeguada y Cañazas.

Grupo La Yeguada. Este grupo geológico está ampliamente distribuido en la zona de cumbre de la cordillera. Más hacia el Sur de la cordillera, en la zona de pedemontaña y en peniplanicie, las rocas de este grupo geológico han sido profundamente afectadas por agentes erosivos, conservándose de ellas solo unos pequeños islotes.

Diagrama de STIFF

Well Ident
7-2-9

Descripción



Cationes

	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Fe</i>
<i>Miliequivalentes por litro</i>	0.7984	3.7840	0.9570	0.02301	
<i>Miligramos por litro</i>	16.00	46.00	22.00	0.90	

Aniones

	<i>HCO3</i>	<i>CO3</i>	<i>SO4</i>	<i>Cl</i>	<i>NO3</i>
<i>Miliequivalentes por litro</i>	3.63858		1.18674	0.70525	
<i>Miligramos por litro</i>	222.00		57.00	25.00	

Mn	NO2	PO4	F	B	SiO2
TDS 276.00	Dureza	Alcalinidad	Conductividad 500.00	pH 7.70	SAR 0.6322

Tipo de Agua

Magnesium Bicarbonate

Cationes (epm)
5.6

Aniones (epm)
5.5

% Error del Balance
0.29

TABLA N° 3. Resultado de análisis químico en una muestra de agua, tomada en el pozo 7-2-29

O. Fábrega, 1998

Se trata de una espesa serie de depósitos piroclásticos constituidos principalmente por cubiertas ignimbríticas, tobas arcillificadas y brechas explosivas con grandes bloques, estratificados en bancos de grandes espesores, que modelan un paisaje a menudo plano tipo meseta, cortadas por la tectónica en grandes bloques basculados.

Grupo Cañazas. Este Grupo geológico está muy extendido en el territorio panameño en la zona de cumbres de la Cordillera Central; sus vertientes, desde la frontera con la República de Costa Rica hasta la región del Canal, comprenden varias unidades litológicamente distintas entre sí. La parte estratigráficamente más baja está constituida por basaltos de origen fisural. Arriba de esta unidad se encuentran rocas de distinta naturaleza (andesitas, andesitas basálticas, brechas y tobas). Abundan los depósitos piroclásticos tipo tobas arcillificadas y aglomerados rojizos y se observa también intercalaciones de niveles volcano-sedimentarios continentales.

En ambos grupos geológicos, la unidad lávica es muy compacta y en el caso de los productos volcánicos fragmentarios hay una intensa argilización y respuesta plástica al fallamiento, por lo que no hay apenas desarrollo de la fisuración. La alteración meteórica produce suelos arcillosos, de variado espesor, apoyados directamente sobre rocas compactas.

La información de pozos en ambos grupos es escasa, considerando el gran territorio que cubren estos grupos geológicos. La producción promedio de los pozos existentes es de 8 m³/h, aunque es posible obtener caudales muy superiores en los pozos perforados en zonas de fracturas. En las Figura 16 (Pozo 8-1-8) y Figura 17 (Pozo 9-2-1), se puede observar el detalle de dos perforaciones promedio, así como aspectos constructivos de las misma, realizadas dentro de estos grupos geológicos.

La calidad química de las aguas es generalmente buena. El promedio del total de sólidos disueltos es de 138 ppm y la conductividad eléctrica promedio es de 164 micromho/25°C.

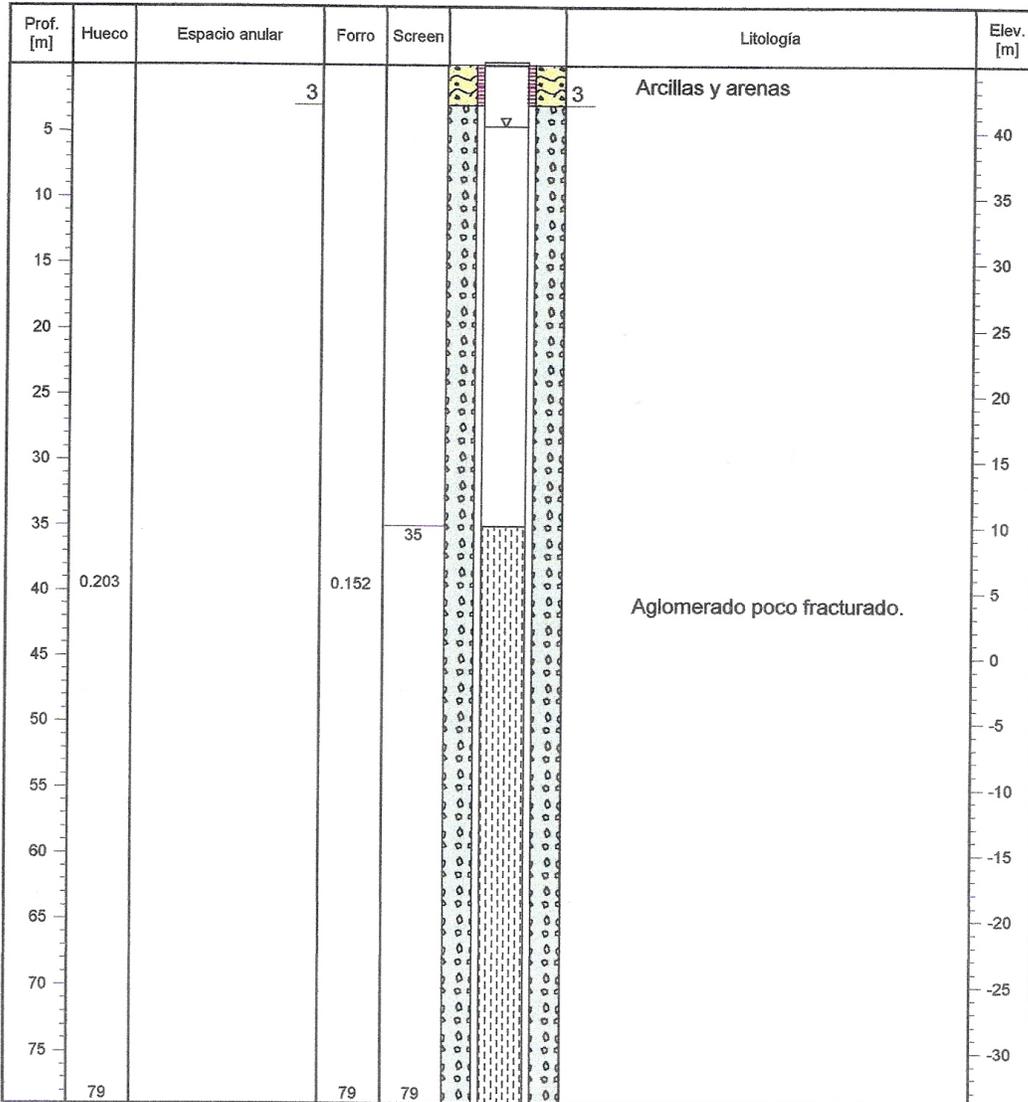
Dentro de estos grupos geológicos y a lo largo de la Cordillera Central se encuentran manifestaciones hidrotermales, las cuales han sido localizadas en el Mapa Hidrogeológico de Panamá.

Formaciones Cerro Picacho (QPS-P) y Cerro Viejo (PI/PS-CV). Estas formaciones aparecen diseminadas en puntos bien específicos en la zona de cumbre de la Cordillera Central, y las mismas contienen rocas volcánicas del Cuaternario (Pleistoceno), tales como: basaltos y andesitas. De estas formaciones, se tiene muy poca información de pozos. No se tiene información sobre la calidad química del agua.

La tercera unidad hidrogeológica, en el grupo de acuíferos del tipo predominantemente fisurados (discontinuos), se describe como:

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo		Localización:			
7-2-11		Los Santos, Las Tablas.			
		Método Perforación:		Fecha de Perforación:	
		Rotación		28/12/87	
X	857291	Y	581476	Z	45.00
		ZM	45.30		
Todas las medidas se dan en metros					
SWL		Esc. Vert.		Rendimiento= 7 m3/h	
40.40		450.0			



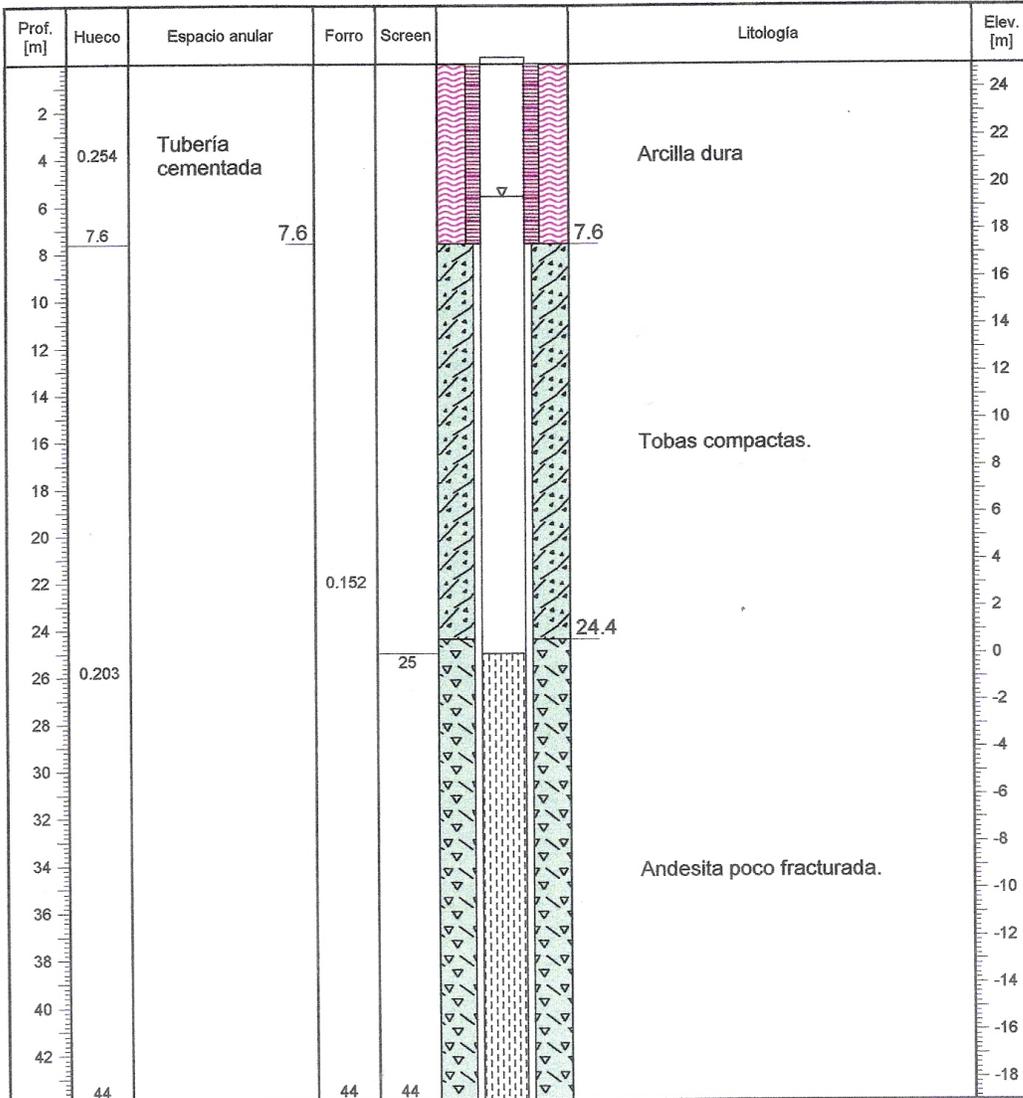
Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 14

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo		Localización:			
8-8-27		Panamá, Pedregal, San Martín.			
Método Perforación:		Fecha de Perforación:			
Percusión		21/01/92			
X	Y	Z	ZM		
1004800	672630	25.00	25.30		
Todas las medidas se dan en metros					
SWL		Esc. Vert.		Rendimiento= 9 m³/h	
19.40		300.0			



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 15

Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, comprenden un conjunto de rocas efusivas, en su mayoría básicas y ultrabásicas, cuyas fisuras han sido en muchos casos selladas por la deposición de minerales secundarios. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

En esta unidad hidrogeológica encontramos los grupos y formaciones geológicas siguientes:

Formaciones: Las Perlas (TOM-LP), Soná (TEO-SO), Tribique (TEO-TRI), El Piro (TE-PI), Dacitas Loma Montuoso (K-LMda), Quebro (K-QUE); Grupos: San Pedrito (TM-SP), Majé (TO-MA), Playa Venado (K-VE).

Dentro de esta unidad hidrogeológica, encontramos rocas que van desde el Cretácico hasta el Terciario (Oligoceno-Mioceno), tales como: andesitas, basaltos, aglomerados, pillow lavas, piroclásticos, tobas, brechas, dacitas, y gabros.

De las formaciones geológicas que componen esta unidad, se tiene muy poca información de carácter hidrogeológico. Por lo tanto, la interpretación es únicamente cualitativa, sobre la base de la descripción de las formaciones geológicas.

Las rocas de Cretácico Superior del Grupo Playa Venado y las Formaciones K-QUE, K-LMda, afloran en la Península de Azuero, en la vecindad del Golfo de San Miguel y arriba de toda la línea de costa del Caribe en el Este de Panamá y las mismas se componen de volcanitas básicas y rocas ultrabásicas compactas y masivas, lo cual le atribuye valores muy bajos de permeabilidad primaria.

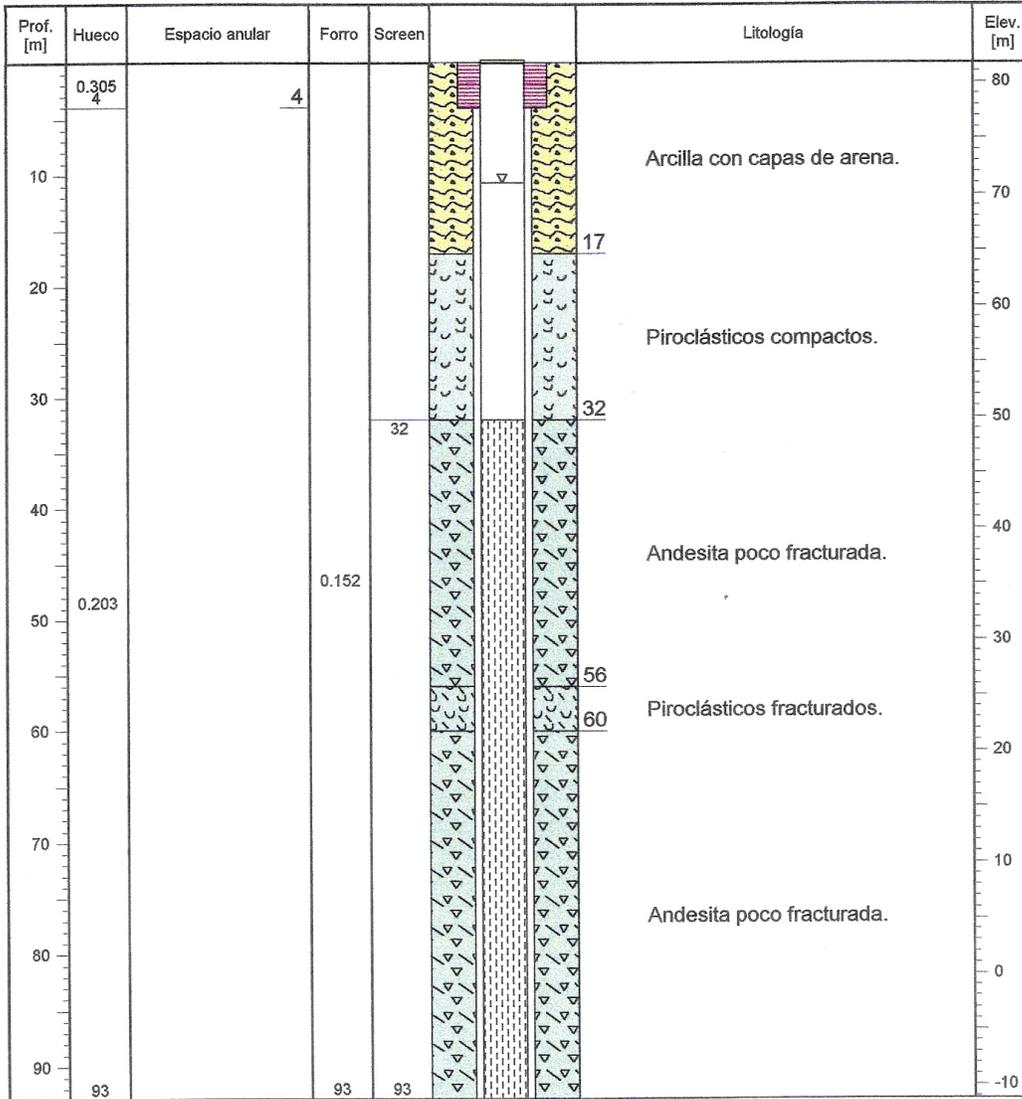
Las rocas del Terciario, que componen estas formaciones geológicas, van desde el Eoceno hasta el Mioceno Inferior: Formaciones del Grupo Majé y Formaciones TE-PI, TEO-TRI, TEO-SO, TOM-LP. En general, las formaciones del Terciario se han descrito como, siendo todas tobáceas, conteniendo la menor cantidad de despojos las del Eoceno y la mayor cantidad, las del Oligoceno y Mioceno inferior. Las lavas, que componen estas formaciones, son masivas con una fisuración poco desarrollada y las pocas diaclasas existentes se encuentran en muchos casos selladas, producto de la deposición de minerales secundarios. Estas características le atribuyen, a las rocas que componen estas formaciones geológicas, valores bajos de permeabilidad.

Dentro de esta unidad hidrogeológica sólo se tiene información de pozos en El Grupo Playa Venado, y los mismos tienen una productividad promedio de 8 m³/h.

La calidad química de las aguas en esta unidad hidrogeológica es generalmente buena, se tiene información de algunos análisis químicos en El Grupo Majé, Grupo Playa Venado, los cuales tienen un valor promedio del total de sólidos disueltos de 281 ppm, y la conductividad eléctrica promedio es de 537 micromho/25°C.

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo		Localización:			
8-1-8		Panamá, Nuevo Arraijan.			
		Método Perforación:		Fecha de Perforación:	
		Rotación.		20/03/86	
X	986500	Y	640700	Z	81.70
				ZM	82.00
Todas las medidas se dan en metros					
SWL		Esc. Vert.		Rendimiento= 9 m ³ /h	
71.00		550.0			



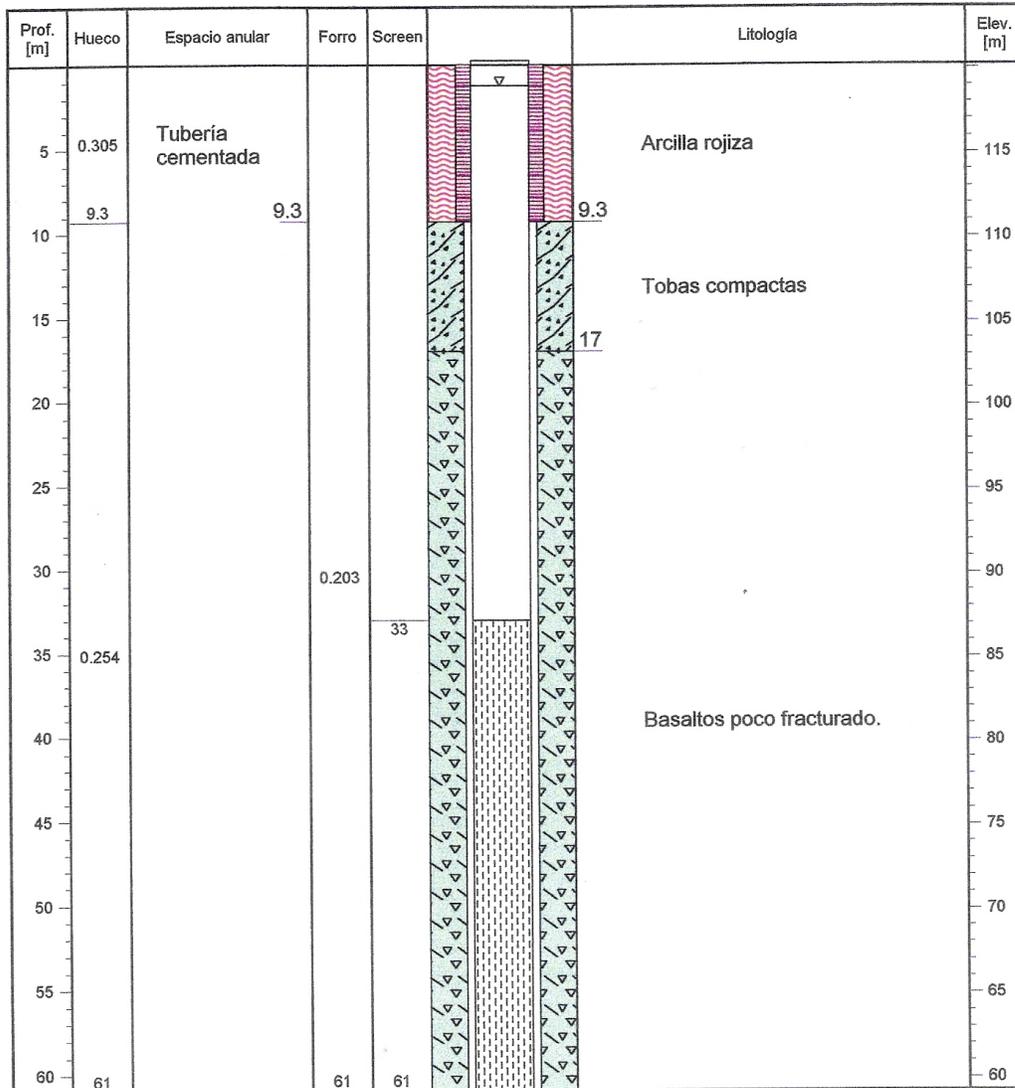
Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 16

REGISTRO DE POZOS

Ident. del Pozo		Localización: Veraguas, Calobre.	
9-2-1		Método Perforación: Percusión	Fecha de Perforación: 15/01/85
X 910776	Y 517897	Z 120.20	ZM 120.50
Todas las medidas se dan en metros			
SWL 119.00		Esc. Vert. 350.0	Rendimiento= 7 m ³ /h



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 17

Finalmente, dentro del grupo de acuíferos del tipo predominantemente fisurados (discontinuos), tenemos la unidad hidrogeológica conformada por:

Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, ampliados en ciertos tramos debido a la presencia de grietas, ensanchadas por efecto secundario de disolución por el agua a lo largo de los planos de estratificación. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

Esta unidad hidrogeológica la conforma el Grupo geológico Changuinola, el cual pasamos a describir de forma general.

Grupo Changuinola (K-CHA)

Esta unidad hidrogeológica, contiene rocas Sedimentarias de edad Cretácica, tales como: tobas; areniscas; lutitas gris oscuro bien estratificadas, plegadas apretadamente y dislocadas; calizas masivas, negras, silíceas; con lavas andesíticas intercaladas. Los afloramientos de esta unidad se localizan en varios puntos de la Península de Azuero y en las Provincias de Veraguas y Bocas del Toro y al Noreste de la provincia de Colón. La roca predominante en esta unidad es la caliza, la cual presenta un comportamiento de acuíferos fisurados.

En esta unidad se han inventariado muy pocos pozos, y no se tiene una información clara de la productividad de los mismos, por lo que la interpretación hidrogeológica es básicamente cualitativa.

La calidad química de las aguas, es generalmente buena. El promedio del total de sólidos disueltos de las muestras analizadas es 378 ppm y la conductividad eléctrica promedio es de 462 micromho/25°C.

C. AREAS CON ACUIFEROS LOCALES, INTERGRANULARES O FISURADOS, DE PRODUCTIVIDAD LIMITADA O POCO SIGNIFICATIVA.

En este grupo se ubicaron todas las formaciones intrusivas, metamórficas y sedimentarias que se consideran con permeabilidad desde baja a muy baja.

La primera unidad hidrogeológica en este grupo de acuíferos es considerada de PERMEABILIDAD BAJA y en ella se encuentran AREAS CON ACUIFEROS LOCALES CONTINUOS O DISCONTINUOS DE PRODUCTIVIDAD LIMITADA ($Q=3-5 \text{ m}^3/\text{h}$). La descripción para esta unidad es la siguiente:

Acuíferos constituidos por depósitos marinos generalmente de naturaleza clástica, con secciones ocasionales de origen bioquímico (calizas). La granulometría predominante de estos materiales es del orden de limos y arcillas. En estas formaciones se encuentran intercalaciones de basaltos y andesitas, Se puede obtener cierta producción en pozos individuales. La calidad química de las aguas es variable.

En esta unidad hidrogeológica encontramos los grupos y formaciones geológicas que pasamos a describir de forma muy general.

Grupos: La Boca (TM-LB), Panamá fase Marina (TO-PA), Senosri-Uscari (TO-SEus), Tonosí (TEO-TO); Formaciones Santiago (TM-SA), Culebra (TM-CU), Gatuncillo (TE-G).

Estos grupos y formaciones geológicas contienen rocas sedimentarias, tales como: Calizas variadas, areniscas variadas, lutitas, conglomerados, tobas, brechas, grauwacas, esquistos arcillosos y diques de basaltos y andesitas intercaladas.

Las formaciones del Grupo Tonosí se ubican en el Eoceno-Oligoceno y se encuentran afloramientos en las provincias de Bocas del Toro, Veraguas y en la Península de Azuero en donde se encuentran, en el área del distrito de Tonosí, extensos afloramientos de caliza con espesores de aproximadamente 100 m.

Las formaciones del Grupo Senosri-Uscari aparecen en el litoral Pacífico en la provincia de Chiriquí y en los anticlinales de Changuinola en la provincia de Bocas del Toro.

La formación Gatuncillo (TE-G) se encuentra en la vecindad del lago Alajuela y se estima que tiene espesores entre 150 y 800 m.

En estos grupos y formaciones geológicas se han inventariado pocos pozos, de los cuales algunos, perforados en el Grupo Panamá fase Marina, fueron reportados como improductivos, el promedio de la productividad de los pozos es de 4 m³/h.

En la Figura 18, se puede apreciar el detalle de una perforación promedio (Pozo 4-9-4) realizada dentro de la Formación Senosri-Uscari (TO-SEus)

En cuanto a calidad del agua, sólo se tiene información del Grupo Tonosí y la Formación Santiago (TM-SA), en estas dos formaciones se han reportado algunos casos de pozos salobres. En el Grupo Tonosí el promedio del total de sólidos disueltos es de 308 ppm y el promedio de la conductividad eléctrica es de 458 micromho/25°C. En la Formación Santiago el promedio del total de sólidos disueltos de las muestras analizadas es de 171 ppm y la conductividad promedio es de 246 micromho/25°C.

La segunda unidad hidrogeológica en este grupo de acuíferos se caracteriza por tener PERMEABILIDAD BAJA A MUY BAJA y en ella se encuentran ACUIFEROS DE BAJA PRODUCCIÓN (Q=1-3 m³/h). La descripción para esta unidad es la siguiente:

Acuíferos locales constituidos por volcanitas, depósitos marinos y lacustres consolidados y no consolidados. Las zonas meteorizadas pueden funcionar como acuitardos. La calidad química de las aguas es variable desde, buenas hasta aguas salobres.

Esta unidad hidrogeológica la conforman los grupos y formaciones geológicas siguientes:

Grupos: Gatún (TM-GA), Caimito (TO-CAI), Chigüirí (TPA-CHI), Paraguito (K-PAR); Formaciones: Topaliza (TOM-TZ), Capetí (TO-CP), Chagres (TPL-Ch), Chucunaque (TPL-Chu), Charco Azul (TMPL-Chaz), Pedro Miguel (TM-PM), Cucaracha (TM-C), Las Cascadas (TM-CAS), Cuango (K-CG).

Estos grupos y formaciones geológicas contienen rocas volcánicas y sedimentarias, tales como: Areniscas tobácea y maciza; calizas, lodolitas, lutitas, tobas, conglomerados, limolitas; arcillas arenosas, tobáceas y bentoníticas; piroclásticos, aglomerados, grauwacas y andesitas.

En la última unidad hidrogeológica, dentro de este grupo de acuíferos, se encuentran ACUIFEROS DE MUY BAJA PRODUCCION ($Q < 1 \text{ m}^3/\text{h}$). Y para esta unidad se tiene la descripción siguiente:

Acuíferos prácticamente ausentes, constituidos por intrusiones múltiples de composición variable, con una estructura masiva, afectada por una serie de fallas y una fisuración poco desarrollada. La ocurrencia de agua subterránea está limitada a la zona de meteorización o fracturación de las rocas sanas subyacentes. La calidad química de las aguas es buena.

Esta unidad hidrogeológica está constituida por los grupos y formaciones geológicas siguientes:

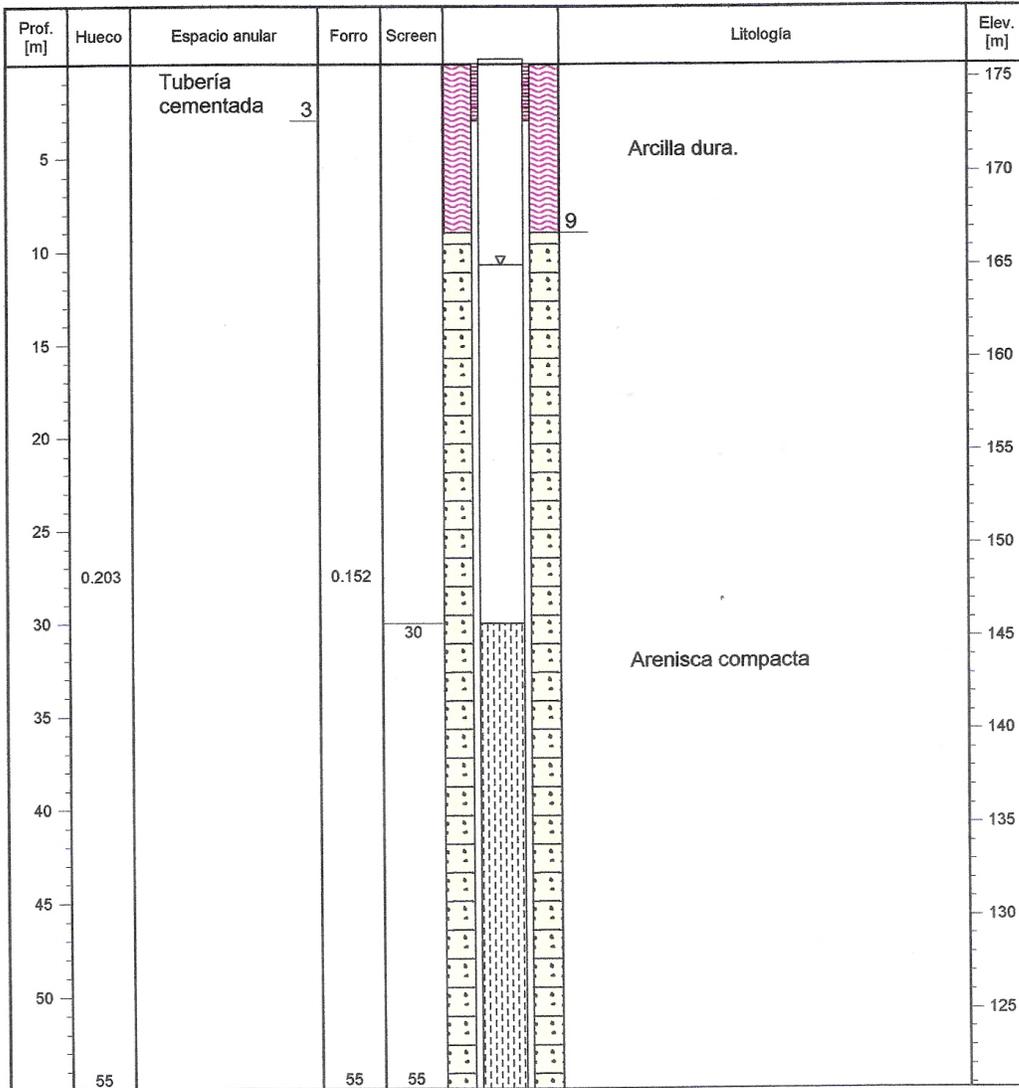
Grupos : Tabasará (TMPL-TA), Colón (K-CO); Formaciones San Cristobal (TPL-CRI), Petaquilla (TO-PQ), Valle Riquito (TEO-RIQ), Loma Montuoso (K-LM), Armila (K-AR), Lovaina(K-LO).

En estos grupos y formaciones geológicas predominan los tipos de rocas siguientes: Granodioritas, dacitas, gabros, cuarzodioritas, sienitas, serpentinas, esquistos e intrusivos ultrabásicos.

4. IDENTIFICACION DE AREAS SEGUN EL GRADO DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.

Es importante anotar que la mayor parte de la región oriental del país, comprendida desde el área de Chepo (provincia de Panamá) hasta la frontera con la República de Colombia, carece de suficiente información hidrogeológica que permita identificar áreas según el grado de explotación de aguas subterráneas.

REGISTRO DE POZOS				
Ident. del Pozo 4-9-4	Localización: Chiriquí, Remedios, Nancito			
	Método Perforación: Percusión		Fecha de Perforación: 1977	
X 910900	Y 419300	Z 175.70	ZM 176.00	
Todas las medidas se dan en metros				
SWL 165.00		Esc. Vert. 250.0	Rendimiento= 4 m ³ /h	



Fuente: Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales

O. Fábrega. 1999

Figura 18

4.1. AREAS CON MEJORES POSIBILIDADES DE EXPLOTACION

Indudablemente que las áreas que se ubican dentro de las formaciones geológicas de composición predominantemente intergranulares del cuaternario reciente, presentan las mejores posibilidades de explotación de las aguas subterráneas.

De estas formaciones geológicas y como lo comprueba el resultado del inventario de pozos para la elaboración del Mapa Hidrogeológico Nacional, indica sin duda, que las áreas que se ubican dentro de la Formación Las Lajas (QR-Ala) son las que tienen las mejores posibilidades de explotación de aguas subterráneas, principalmente en las áreas donde los espesores de gravas y arenas gruesas son mayores.

Existen dos áreas con condiciones hidrogeológicas muy interesantes, que son aquellas que se ubican dentro de las Formaciones Barú (QPS-BA) y El Valle (TMPL-VA); en estas áreas los materiales, volcánicos fragmentarios recientes, tienen buenas posibilidades de explotación de aguas subterráneas.

4.2. AREAS DONDE EXISTE INTERES DE INTENSIFICAR LA EXPLOTACION

Por las condiciones climatológicas especiales y la creciente demanda de agua para diferentes usos (agrícola, industrial y de consumo humano), el área comprendida dentro de lo que se conoce como *El Arco Seco de Panamá* (Llanos de Coclé, frente a la Bahía de Parita y en el litoral Este de La Península de Azuero), es donde existe mayor interés por intensificar la explotación de aguas subterráneas.

4.3. AREAS QUE REQUIEREN ESTUDIOS DETALLADOS

Es precisamente el área que comprende *El Arco Seco de Panamá*, donde se requiere estudios detallados para la explotación de aguas subterráneas.

Otras áreas que requieren estudios detallados, son los sectores Oeste de la provincia de Panamá (Distritos de Arraiján y Chorrera), Norte y Este de la misma provincia, los cuales han experimentado un crecimiento, significativo, tanto urbano como industrial en los últimos años.

5. BIBLIOGRAFIA

Textos e informe consultados:

Castany, G.; Prospección y Explotación de las Aguas Subterráneas, Ediciones Omega, S. A. Casanova, 220 - Barcelona -11.

Custodio, E.; Llamas. M.; Hidrología Subterránea, Ediciones Omega, Barcelona - 1976.

Comisión de Reforma Agraria.; Catastro Rural de Tierras y Aguas, (CARTAP), 1965 – 1968

Consortio Empresa Consultora de Arquitectura e Ingeniería, S. A. (ECAISA); Groundwater Devenlopment Consultants (International) LTD. (GDC); Estudio de las Aguas Subterráneas Para Riego a Base de Pozos Profundos en el Arco Seco de la República de Panamá. 1987.

Fábrega, O.; Estudio de las Curvas de Recesión en las Cuencas Hidrográficas de la República de Panamá. Agosto de 1995.

Fábrega, O.; Morales. Z.; Filtraciones en la Caverna de Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica "Edwin Fábrega": Informe Hidrogeológico. Mayo, 1990.

Fábrega, O.; Reyes, E.; Informe Sobre la Investigación Hidroquímica en el Area de la Central Hidroeléctrica "Edwin Fábrega". Octubre, 1990.

ECO, 92.; Informe de la República de Panamá Ante la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE).; Banco de Datos Hidrometeorológicos.

IRHE-BID-OLADE.; Informe Final del Estudio de Reconocimiento de los Recursos Geotérmicos de la República de Panamá. Julio, 1987.

IRHE-BID-OLADE. Ferrerio, E.; Informe Hidrogeológico del Complejo Geotérmico Barú-Colorado. 1985

IRHE-BID-OLADE. Frullani, A.; Mapa Geológico-Volcanológico del Area del Edificio del Valle de Antón. 1987.

IRHE-BID-OLADE. Frullani, A.; Mapa Geológico-Volcanológico del Area de Chitra-Calobre. 1987.

IRHE- BID-OLADE. Frullani, A.; Mapa Geológico de Síntesis del Oeste de Panamá. 1985.

IRHE- BID-OLADE. Arno, V y Bernardini, A.; Mapa Geológico-Volcanológico del Area de Barú-Colorado. 1985.

Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN).; Archivos de Pozos, 1993.

Mente, A.; Mapa Hidrogeológico de Brasil escala 1: 5,000,000, 1983

Ministerio de Obras Públicas, Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia".; Atlas Geográfico Nacional.

Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Recursos Minerales.; Mapa Geológico de La República de Panamá. Escala 1: 250,000 y 1: 500,000.

Struckmeier F.; Margat J.; Hydrogeological Maps a Guide and a Standard Legend; Internacional Contributions to Hydrogeology Founded by G. Castany, E. Groba, E. Romijn.

UNESCO.; Primer Taller Sobre el Mapa Hidrogeológico del Istmo Centroamericano y México, 1988.

UNESCO; Programa Hidrológico Internacional; Mapa Hidrogeológico de América del Sur, escala 1:5,000,000. 1996.

Weyl, R.; Geology of Central América, Berlin, Gebruder Borntraeger, 1980.