

**Cedege**

COMISION DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO  
DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS  
UNIDAD DE PLANIFICACION REGIONAL



**NACIONES UNIDAS**  
COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA  
INSTITUTO LATINOAMERICANO DE  
PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL

INFORME DE CONSULTORIA SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS

Julio 1983

Consultor:

Jaime López C.

INFORME DE CONSULTORIA SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS

Julio 1983

Consultor:

Jaime López C.

## INDICE

CARTA DE PRESENTACION.

PRIMERA PARTE: Observaciones a los Antecedentes, Información Básica y Bibliografía disponible sobre los Recursos de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Guayas.

SEGUNDA PARTE: Términos de Referencia para el Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Río Guayas y la Península de Santa Elena.

ANEXO I.: Bibliografía de Consulta.

ANEXO II.: Estudios Hidrogeológicos Preliminares de la Cuenca del Río Guayas y de la Península de Santa Elena.  
Primera Parte.: Geología.

ANEXO III.: Observaciones sobre la Administración y la reglamentación de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Río Guayas

## PRIMERA PARTE

### OBSERVACIONES A LOS ANTECEDENTES, INFORMACION BASICA Y BIBLIOGRAFIA DISPONIBLE SOBRE LOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA CUENCA DEL GUAYAS

Los estudios hidrogeológicos en la Provincia del Guayas hasta ahora - hechos se refieren a la Península de Santa Elena, el Bajo Guayas Oriental y el Bajo Guayas Occidental. En cumplimiento de los términos de referencia dados al asesor en aguas subterráneas, presentamos aquí nuestras observaciones sobre los antecedentes, información básica y bibliografía disponible sobre el recurso de aguas subterráneas en dichas áreas.

En documentos separados iniciamos un esfuerzo de comprensión y ordenamiento del fenómeno hidrogeológico, primeramente analizando la Cuenca del Río Guayas como una unidad hidrológica cuyas características geológicas - deben ser comprendidas. Por ello preparamos una descripción de la geología de la Cuenca, un Mapa Preliminar de Unidades Hidrogeológicas y un Mapa Preliminar de Ubicación de Pozos. Luego, sugerimos procedimientos para analizar el balance hídrico de la Cuenca con relación a su geología y establecemos términos de referencia para los estudios hidrogeológicos. Finalmente, presentamos consideraciones que estimamos importantes para la mejor realización de los estudios, el mejor aprovechamiento del recurso y su adecuada administración.

#### 1. Península de Santa Elena:

Con anterioridad a 1930, ya se perforaban pozos en la Península en búsqueda de agua dulce y desde entonces esa actividad no ha cesado. Algunas perforaciones exploratorias profundas en búsqueda de hidrocarburos, han dado información sobre la existencia de acuíferos en las formaciones rocosas antiguas del terciario, como los de Grupo Azúcar, del Paleoceno al Eoceno Medio. En el mapa de ubicación de pozos hay localizados unos 26 po-

zos para agua y 25 de exploración petrolera señalados con fines al conocimiento geológico del subsuelo. Estos son una mínima cantidad, puesto que se estima que en la Península se han perforado centenares de pozos para agua, muchos de los canales han sido ubicados en otros inventarios. En los archivos de CEDEGE existen informaciones con características de muchos pozos en varios lugares de la Península.

En un estudio de la CEDEGE, sobre los aspectos físicos, económicos y humanos de Agosto de 1974 (Biblioteca N<sup>o</sup> C-83), citando un estudio de 1972, se da una descripción sobre el avanzado conocimiento alcanzado de la geología de la Península, debido a la intensa exploración petrolera, de la cual hay información desde 1940 hasta ahora. Esta nos permite concluir que la información básica sobre la estratigrafía, litología y tectónica de la Península es suficiente para los efectos de los estudios hidrogeológicos regionales y locales, pero es altamente complicada y compleja.

Los propósitos de hacer estudios de aguas subterráneas en la Península también datan de tiempo atrás, aunque inicialmente fueron de carácter local, como la determinación de los contornos del nivel freático en Champu-cal, utilizando los pozos perforados en 1943. Véase C-83, arriba citado, numeral 4.4. Aguas Subterráneas.

En 1974, se inició un estudio hidrogeológico de la Península de Santa Elena, con la cooperación de la Empresa de Agua Potable de Guayaquil (EMAP-G), Hydrotechemics y la Administración para el Desarrollo de Ultramar del Gobierno Británico (ODA) y con la ayuda del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS). Según el único documento disponible sobre este estudio (Bibliografía N<sup>o</sup> 8), se programó la realización de un estudio con utilización de los más modernos recursos, geofísica, sensores remotos, perforación de pozos, temperatura y calidad química del agua, etc.

Como etapa inicial se propone un estudio de dos grupos acuíferos: los depósitos tablazo (Formación Tablazo), los depósitos de planicie de inundación de los valles de los ríos y la preparación de un mapa hidrogeológico de la Península. Asimismo, se propone un programa de medición de niveles y, en especial, la perforación de entre 10 y 14 pozos en seis sitios predeterminados.

Pese a los esfuerzos realizados, no ha sido posible conocer un informe sobre el resultado de ese proyecto y dado el alcance programado, es aventurado conceptuar sobre la contribución hecha al conocimiento de la hidrogeología de la Península.

El Centro de Estudios Hidrográficos de España, presentó en 1980 (Bibliografía N<sup>o</sup> 9), una síntesis de lo hasta entonces conocido. A la manera de conclusiones y recomendaciones dice: "los pozos construídos para la extracción de aguas subterráneas son, en general, poco profundos. Por estas razones sólo se pueden dar conclusiones previas, mientras no se disponda de datos más precisos.

Además del conocimiento inexacto de la situación en profundidad de los tramos permeables, hay que añadir dos problemas: la recarga natural de los acuíferos y la calidad química de las aguas subterráneas. Esta es bastante deficiente en algunos acuíferos, según los análisis realizados, pero no está clara la causa. Es una cuestión muy importante a dilucidar, pues la puesta en explotación de los acuíferos podría mejorar esta calidad, al renovarse las reservas con más rapidez que en la actualidad. Por otro lado, puede haber acuíferos más profundos y con aguas de mejor calidad que en los conocidos actualmente.

A nuestro juicio, deben realizarse estudios conducentes a aclarar las cuestiones pendientes en todos los acuíferos:

- . localización en profundidad de posibles tramos acuíferos.
- . características de la recarga.
- . causas de la composición química de las aguas subterráneas.

Además, en algunas zonas seleccionadas a tal fin (Formaciones Tabla-zo y Progreso, aluviales), debería realizarse:

- . inventario sistemático y actualizado de las zonas actualmente en funcionamiento.
- . ensayos para determinar los parámetros hidráulicos de los acuíferos y sus relaciones con las aguas superficiales.
- . investigación detallada de la circulación de aguas subterráneas, en relación con las áreas de recarga, aguas superficiales, composición química, litología, etc.

De nuestra parte, concluimos y recomendamos:

- 1a. Al parecer, no se completó ni se plasmó en un informe el plan de estudio hidrogeológico propuesto por la EMAG-P, ODA, IEOS. El único documento que pudimos conocer está en la Bibliografía 8.
- 1b. Está pendiente de realizarse un estudio hidrogeológico completo de la Península, para lo cual hay importante y abundante información. Lo sugerido por el Centro de Estudios Hidrográficos, arriba citado, debe ser tomado como términos de referencia para el estudio de la Península, agregando algunas zonas seleccionadas con el fin específico del abastecimiento de comunidades urbanas y rurales. El estudio de las areniscas y -conglomerados profundos del Grupo Azúcar y las calizas de San Eduardo es importante.
- 1c. El conocimiento adquirido sobre las condiciones generales de la geología del agua subterránea en el área nos permite concluir que la explor

tación de éstas con fines de riego es altamente improbable, pero existen -  
condiciones favorables para su utilización como agua potable para comunidades  
des y parcelas.

## 2. Bajo Guayas Oriental

En esta zona se han realizado los mayores esfuerzos de investigación hidrológica y con especial detalle se han concentrado en la subcuenca del Río - Chimbo-Yaguachi. El resto del área al sur, hasta el cerro Masvale y Río Cañar, ha sido estudiada mediante sondeos geoelectricos por el INERHI y la Compagnie Generale de Geophysique (CGG). Estos sondeos, realizados en 1976, se extendieron por el Norte hasta Samborondón y Babahoyo.

La investigación mediante sondeos geoelectricos tiene gran importancia - puesto que contribuye, en la mejor capacidad del método, a la investigación - hidrogeológica, sujeta a comprobaciones por las perforaciones, perfiles de pozos, pruebas de acuíferos, etc., lo cual está claramente expresado en el informe . Las interpretaciones puestas en mapas y perfiles son tentativas y por lo tanto no conclusivas, tanto más cuanto que las hipótesis de confiabilidad no se cumplen (Bibliografía N° 4, Pag. 27,3.62). Sin embargo, estas - hipótesis están de acuerdo con la interpretación geológica de la conformación del subsuelo cuaternario y los hallazgos posteriormente hechos. No es de esperar que los sondeos geotécnicos den informaciones sobre la capacidad de - los acuíferos, ni sus parámetros determinantes; ellos son un valioso primer - intento de conocer las condiciones hidrogeológicas del subsuelo, sujetas a - confirmación.

En cuanto al área central de esta zona, está cubierta por los proyectos de riego de Yaguachi, Banco de Arena, Milagro, que ha venido adelantando el - INERHI, desde 1972. A este respecto fué muy poca la información inicialmente puesta a nuestra disposición, enumerada en la bibliografía bajo los Nos.2 4-7 (sin el texto o memoria) y varios datos de pozos y mapas, bibliografía - Nos. 10-12 y 17b, c, d.

El informe del INERHI, bibliografía N° 29, resume hasta fines de 1982, el adelanto en la investigación hidrogeológica en dicha área y hace un recuento de los varios proyectos investigativos, pero, infortunadamente, no incluye una bibliografía de los documentos producidos.

En términos generales, los criterios descriptivos e interpretativos de los acuíferos siguen siendo los mismos, dos niveles acuíferos, una hasta 100 m., y el otro de 150-200m., hasta 400 m., con escaso conocimiento del acuífero inferior. Se describe el sistema como el cono de deyección del Río Chimbo y sus afluentes, con un gradiente topográfico del 5% en la parte alta y casi plana a nivel de descarga en el Oeste. Se describe la evapotranspiración como la principal descarga de agua del sistema. En la época final del invierno los acuíferos están llenos y rechazan la infiltración, contribuyendo a la escorrentía superficial. El levantamiento de las rocas precámbricas forman un umbral al flujo subterráneo al Sur y Suroeste de la zona, y en la parte occidental el agua subterránea estaría atrapada como agua fósil.

Indica el informe que no parecen existir acuíferos importantes a menos de 60 a 80 m., de profundidad, pero que se desconoce la historia de la sedimentación cuaternaria, la cual debe investigarse en detalle. Agrega que la parte oeste de la zona recibe un mínimo de recarga y que las aguas subterráneas allí contenidas se pueden considerar como fósiles. Estima que el flujo de agua subterránea es de 0.80 m/día., en la parte alta y de 0.17 m/día en la parte baja. El aporte de agua a los acuíferos es de  $1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año (32 m<sup>3</sup>/seg.) sin descontar la evapotranspiración y que la descarga del acuífero a la entrada de la Cuenca es de unos 1,4 m<sup>3</sup>/seg. Las principales recomendaciones del estudio se sintetizan así:

- a. Investigar los límites de las formaciones arenosas, tanto en la extensión lateral como en profundidad.

- b. Investigar el cuaternario, localizando los lechos (antiguos cauces) fósiles.
- c. Determinar parámetros de infiltración para determinar la recarga vertical.
- d. Interpretar los accidentes topográficos y estructurales con relación a la hidrogeología en profundidad.
- e. Adicionar el número de perforaciones programadas sobre perfiles específicos y efectuar pruebas de bombeo, tomando un mayor cuidado en la recolección de datos.
- f. Otorgar concesiones de aprovechamiento de agua subterránea, controladas por el servicio técnico del INERHI.
- g. Establecer estadísticas sobre los volúmenes de agua subterránea extraída y la evolución de los niveles piezométricos.
- h. Planificación integral del desarrollo de aguas subterráneas para agua potable, usos agrícolas e industrial,; en algunas partes hay un uso desordenado de la explotación de las aguas subterráneas, lo que puede - llevar a fracasos. Es necesario, elaborar mapas de zonas de explotación intensiva; media y no explotadas y determinar las zonas de riego con aguas superficiales.
- i. Se ve la necesidad de la elaboración de un modelo de simulación para la cuantificación y optimización del recurso hídrico.

El informe presenta un inventario de 104 pozos, de los cuales 27 pertenecen al Ingenio San Carlos. Varios de estos pozos tienen producciones por encima de 100 l/seg., llegando hasta más de 150 l/seg.

Sin duda este informe deja en claro la gran cantidad de información que hay sobre el agua subterránea en un área demarcada como la comprendida por el Río ConChanchay por el Sur; Taura-Yaguachi-Baquerizo Moreno por el Oeste; el río Las Juntas por el Norte; y la cota de los 200 m., por el Oriente. De especial valor son los mapas de los niveles piezométricos, de isotransmisividades y capacidades específicas del área. En tanto, no se tenga confirmación de que los niveles y caudales correspondientes a pozos de observación y bombeo con una misma profundidad, o equivalente, las conclusiones que se saquen deben ser tomadas con cautela y referidas únicamente a los acuíferos interceptados por los pozos.

Pero al comparar los mapas de diferencia entre los niveles piezométricos en un período de un año, al período similar otro año se entrevee que al descartar figurativamente los conos causados por los campos de pozos de alto caudal, los cambios en el régimen pluviométrico, que afectan la infiltración en el área y las zonas de recarga de los acuíferos, tienen marcada influencia. Creemos que un cuidadoso estudio del balance hídrico del área es muy recomendable como una contribución fundamental y necesaria para la descripción del flujo subterránea y su posible disponibilidad en el área de riego potencial. Para esto será necesario hacer un estudio de tipo hidrológico, con base en las estaciones convenientemente existentes sobre el río Chimbo en Bucay y en Milagro; al parecer estas estadísticas, disponibles desde 1977 están incompletas pero se puede intentar completarlas; parece que también hay una estación sobre el río Bulubulu.

Sobre el Bajo Guayas Oriental concluimos y recomendamos :

- 2a. Es técnicamente admisible y aconsejable desde el punto de vista práctico tratar esta zona como una unidad de investigación hidrogeológica, con área principal de recarga en el sureste, en los ricos conos de deyección que descienden de la Cordillera y bañada por ríos de cursos con

tendencias al Oeste-Noreste. El concepto de circulación del agua en el subsuelo necesita una cuidadosa revisión.

- 2b. Hay una abundante y rica información a partir del estudio INERHI-FAO de 1977, la cual está plasmada pero incompleta, en el Estudio de Prefactibilidad de INERHI de 1982. Las recomendaciones propuestas en ese informe son especialmente valiosas y se integran completamente con las necesidades generales de coordinación y administración del recurso de aguas subterráneas para toda la Cuenca del Guayas.

En cuanto a sus conclusiones estrictamente técnicas creemos que representan un primer esfuerzo de cuantificación del recurso de agua, pero con informaciones parciales y aún no debidamente controladas.

- 2c. Creemos necesario que se establezca una coordinación específica entre CEDEGE e INERHI para asegurar la continuidad y ampliación de los estudios hidrogeológicos en esta importante zona de la Cuenca.
- 3c. Es especialmente aconsejable establecer balances hídricos anuales con fines hidrogeológicos, con base en las estadísticas hasta ahora disponible y con tal fin mejorar y ampliar la red de estaciones de aforos de los ríos principales. Para esto se pueden seguir las ideas dadas en los términos de referencia.

Los balances de agua deben complementar la red de pozos de observación con el fin de afinar el concepto de cambio de almacenamiento en el área.

3. Bajo Guayas Occidental:

Los documentos disponibles sobre esta zona son, el informe de Guayascon

sult de 1970, bibliografía N° 5; el inventario y mapas de ubicación de pozos construídos por el IEOS, bibliografía N° 17a; Mapas del convenio MAG-ORSTOM, bibliografía N° 17b; y, un Memorandum sobre Hidrogeología de Maurice Voestermans de diciembre de 1977, bibliografía N° 2.

El informe de Guayasconsult "Reconocimiento Hidrogeológico de la Baja Cuenca del Guayas" Febrero, 1970, es precisamente eso: un primer reconocimiento con finalidades primordiales al uso del agua subterránea para riego.

Está muy bien estructurado y hace observaciones generales muy importantes. En cuanto a la geología hace una descripción general pero muy clara sobre el rellenamiento de la Cuenca, la cual describe como fosa o graben y menciona varias formaciones areniscosas del terciario, al Oeste del río Daule, formaciones Progreso, Balzar y Anzole, y sus posible cualidades acuíferas. Hace un primer inventario con ubicación de pozos, medición de niveles estáticos, profundidad de los pozos, número de acuíferos elásticos penetrados, el espesor de éstos, la producción o rendimientos de los pozos así como, su nivel dinámico, capacidad específica y una estimación de su posible máximo rendimiento. Las áreas de posible interés las describe así:

1. Al este y al suroeste de Durán: en pozos poco profundos, se encuentra agua salobre, se aconsejan profundidades entre 150 y 200 m. Los rendimientos máximos varían entre 28 y 78 l/seg.
2. Area del Proyecto de Riego de Babahoyo: La profundidad varía entre 60 y 65 m, se aconsejan mayores caudales hasta 200 m., se anticipan rendimientos hasta de 100 l/seg.

3. Pueblo Viejo. San Juan: los pozos han alcanzado profundidades de 40 a 70 m., pero se aconseja extenderlos a 200 m, se estiman rendimientos máximos de 50 a 60 l/pul.
4. Quevedo -El Empalme- Carbo Malo-Río Macul: profundidades varían de 20 a 90 m., se encuentra agua subterránea en casi toda el área; sería posible encontrar pozos con rendimientos promedio de 40 a 60 l/seg. El área es tan grande como para construir 100 o más pozos de riego.
5. Al Oeste del río Daule-Balzar-Olmedo-Pedro Carbo: una subyaceda por -formaciones rocosas, sin consolidación, los recursos de agua subterránea son marginales para las necesidades de riego. Se debe estudiar -los acuíferos del Mioceno, pues hay una precipitación de 2.000 mm., -anuales y las oportunidades de recarga artificial no deben ser desechadas

Los mapas enumerados en la bibliografía N<sup>o</sup> 17 no tienen texto o memoria explicativa, por lo cual su interpretación tendría que ser realizada -con base en el estudio de Guayasconsult, el CEDEGE prosiguió los estudios de inventario de pozos y análisis de la información con un grupo conformado por Maurice Voestermans, geohidrólogo de la FAO y los ingenieros Rafael Guzmán y Vallejo. Producto de este esfuerzo fué el inventario de pozos y documentos enumerados en la bibliografía como 17a hasta f.

Como único documento descriptivo del resultado de esas labores, disponemos del memorandum citado en la bibliografía N<sup>o</sup> 2.

En el memorandum en cuestión se hace una descripción general del Proyecto Complementario. "Banco de Arena", es decir, de la ya mencionada zona -del Bajo Guayas Oriental, en la que entonces se iniciaban los estudios. Infortunadamente las conclusiones anticipadas en ese memorandum de 1977, han

continuado siendo citadas como válidas en documentos tan recientes como el Diagnóstico Integrado de CEDEGE-CEPAL/ILPES de Octubre de 1982, y son hoy muy discutibles. En cuanto a los estudios de lo que llama zona norte, mejor Bajo Guayas Occidental, entre los ríos Daule y Babahoyo, desde Vinces en el norte, hasta su confluencia en el Sur, el memorandum dice que se hizo un análisis de 22 pozos en el área determinando por métodos simples, valores de permeabilidad confiables por corresponder a la litología y estimando valores de las posibles transmisibilidades, con valores bastantes bajos, se determinaron las cotas de 34 pozos y su nivel freático, con lo cual se elaboró un mapa piezométrico que muestra que el agua fluye de norte a sur; el agua subterránea confluye en la zona entre los ríos Daule y Babahoyo y que parece que el río Daule y los esteros funcionan como drenes.

De este estudio no fué posible encontrar ninguno de los cuadros de pozos, ni sus características, un mapa con contornos de nivel freático se encuentra en borrador y por lo tanto no es posible dar a este memorandum, ni a sus conclusiones, mayor trascendencia.

Sobre esta zona concluimos y recomendamos:

- 3a. Los planteamientos sentados por el estudio de reconocimiento aún son válidos en cuanto a los interrogantes planteados pero creemos que algunas hipótesis han sido anticipadas como conclusiones sin bases técnicas . De 1976, hasta ahora se cuenta con datos adicionales que cuestionan algunas de las conclusiones allí sugeridas..
- 3b. La falta de continuidad en los estudios iniciados en 1977, por CEDEGE, han acumulado una gran cantidad de información que debe ser procesado Este debe ser una de las actividades del futuro proyecto y debe ante todo asegurar continuidad de labores o elaboración completa de información descriptiva e ilustrativa de los logros obtenidos hasta la etapa que se quieran llevar los estudios.

3c. Primordialmente a esta área se refieren los términos de referencia que han sido preparados paara el estudio hidrogeológico de la Cuenca del - Río Guayas.

## SEGUNDA PARTE

### TERMINOS DE REFERENCIA PARA EL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS Y LA PENINSULA DE SANTA ELENA

#### INDICE

##### INTRODUCCION:

##### 1. Generalidades

1.1. Areas y Extensión del Estudio.

1.2. Geología de las Areas de Estudio

1.3. Hidrología de la Cuenca.

1.4. Antecedentes, bibliografía y fuentes de información.

##### 2. Descripción de Objetivos y Labores por realizar:

2.1. Objetivos

2.2. Geología

2.3. Hidrología

- 2.4. Geofísica .
  - 2.5. Inventario y control de pozos.
  - 2.6. Ensayos de Acuíferos, Pruebas de Bombeo, Niveles y Redes de Flujo.
  - 2.7. Otras pruebas: Isótopos naturales, trazadores.
  - 2.8. Calidad Química del Agua
  - 2.9. Informe General de Síntesis Hidrogeológica.
  - 2.10. Sectorización y Términos de Referencia para Estudios de detalle.
  - 2.11. Planes de continuidad Investigativa y Coordinación Administrativa .
3. Personal que ha de Participar en el Estudio.
  4. Cronograma tentativo de Trabajo.

TERMINOS DE REFERENCIA PARA EL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE  
LA CUENCA DEL RIO GUAYAS Y LA PENINSULA DE SANTA  
ELENA

INTRODUCCION:

La Cuenca del Río Guayas y la Península de Santa Elena son dos unidades hidrogeológicas distantes. Su estudio puede ser adelantado conjunta o separadamente.

En esta etapa de la investigación hidrogeológica inicial, debe orientarse a formular la existencia y disponibilidad del agua subterránea, como un factor del balance hídrico general para cada área en estudio.

El resultado del estudio señala las posibilidades de utilización del agua subterránea para los abastecimientos de agua potable y uso industrial en lo referente a los proyectos de desarrollo agropecuarios.

El estudio descrito a continuación puede ser adelantada por la CEDEGE por contrato o directamente, pero en ambos casos será necesario que constituya vínculos de estrecha coordinación con otros organismos del Estado Ecuatoriano y de la actividad privada que en una u otra forma intervienen en el uso, manejo o inventario de los recursos de agua subterránea.

Parte integral de estos términos son las observaciones a los estudios de agua subterránea hasta ahora hechos en el área, una bibliografía de dichos estudios y de documentos pertinentes, una síntesis de la Geología del área, con un Mapa de Unidades Hidrogeológicas y un Mapa de Ubicación de pozos.

Estos documentos se consideran como un primer borrador, sujetos a correcciones y confirmaciones.

1. Generalidades:

1.1. Areas y Extensión del Estudio:

Someramente descritos, los límites de la Cuenca son, por el oriente, la Cordillera Andina; por el Norte, un ramal del pie de Norte de Era Cordillera y que delimita la Cuenca del Río Guayas de la Cuenca del Río Esmeraldas; por el Oeste, las montañas bajas de la Cordillera de Balzar, los Cerros de Puca y la Cordillera Chongón Colonche; y por el Sur, la divisoria de los ríos Taura y Churute.

A su vez, la Península de Santa Elena limita, por el Este con la Cordillera Chongón-Colonche; al Norte por el límite provincial con la Provincia de Manabí; al Oeste por el Océano Pacífico; y al Sur por el Estuario del Río Guayas y el Golfo de Guayaquil.

Políticamente, comprenden 3 provincias completas: Guayas, Los Ríos y Bolívar, y cinco sectores de otras provincias : Manabí, Pichincha, Chimborazo y Cañar.

El sistema hidrológico del Guayas tiene 38.043 hilómetros cuadrados, de los cuales, para efectos del estudio hidrogeológico, debemos descontar unos 5.000 Km<sup>2</sup>, del área del estudio hidrogeológico que está siendo adelantado por el INERHI. Esta área del INERHI está limitada, al Norte por los ríos Babahoyo y Chilintomo, al Sur por el Río Cañar; al Este por la Cordillera de los Andes y al Oeste por los ríos Guayas y parte del Babahoyo.

La Cuenca del Río Guayas es la suma de las tres subcuencas la del Río Daule en el Oeste, el Río Babahoyo en el centro y el río Vinces en el Este.

La Península de Santa Elena tiene una extensión de 6.050 km<sup>2</sup>, con vertientes hacia el Océano Pacífico, el Golfo de Guayaquil y el Estero Salado.

1.2. La Geología del Area de Estudio:

La geología del área delineada y descrita en las siguientes hojas del Mapa Geológico del Ecuador, preparados por la Dirección General de Geología y Minas, sobre la base cartográfica del Instituto Geográfico Militar de escala 1:100.000

Cuenca del Río Guayas: (de Norte a Sur y de Este a Oeste). Hoja Hoja 46. Las Delicias.

- 47. Valencia
- 48. Quevedo
- 49. Guaranda
- 50. San Miguel
- 51. Bucal
- 52. Gualle
- 29. Guayas
- 30. El Empalme
- 31. Vinces
- 32. Babahoyo
- 33. Guayaquil
- 34. Naranjal
- 35. Tenguel
- 13. Portoviejo
- 14. Paján
- 15. Pedro Carbo.

Península de Santa Elena:

- Hoja 16. Chongón
- 17. Estero Salado

Hoja 5. Santa Elena

6. Chanduy

Con base en dichas hojas, se preparará una descripción de la geología del área para propósitos hidrogeológicos y una columna estratigráfica correspondiente. Estos documentos son Anexos de estos Términos de Referencia.

### 1.3. Hidrología del Area:

La información hidrológica básica, pluviometría e hidrometría presenta varios problemas limitantes en cuanto a cobertura regional, consistencia y confiabilidad. El estudio evolutivo de las estadísticas climatológicas e hidrogeológicas disponibles en la Cuenca y en la Península, contenido en la Memoria del Estudio de los Recursos Hidráulicos de la Cuenca del Guayas, de Octubre de 1980, constituye la mejor referencia a este respecto. En síntesis, dicho estudio dice que de 108 estaciones pluviométricas, se pueden utilizar 91 y de 44 estaciones de medidas de caudales solamente se pueden utilizar 21. Concluye: La estación y garantía de las series de medidas de precipitaciones y caudales no es suficientemente representativo en la mayor parte de las zonas y por lo tanto los resultados deben tomarse con reservas.

En un intento de dar un concepto sobre el comportamiento hidrológico de la Cuenca del Guayas con fines hidrogeológicos, se intentó la confección de un balance hidrológico simple, con base en la red de estaciones climatológicas, temperatura y pluviometría, disponibles, para un año seco - 1968, y uno húmedo, 1976, siguiendo la metodología de G.10. Thornthwaite y L. Sena, el Departamento de Hidrología de la CEDEGE tabuló los cálculos correspondientes y elaboró mapas a escala 1:200.000 para pluviometría real,

exceso y déficit de agua para cada uno de los años antes dichos. En correspondencia, también se tabularon en milímetros de agua sobre la Cuenca y en millones de metros cúbicos los caudales mensuales en las estaciones más confiables y completas para los años de 1968 como año seco, y 1976 como año húmedo. La tabulación de los datos en cuestión están disponibles - en el Departamento de Hidrología del CEDEGE.

Un exámen rápido del resultado de dicho estudio, denota cambios de flujos a deflujos y del valor porcentual de estos en diferentes zonas de la parte norte de la Cuenca. La utilización de esta información y su análisis con relación a las unidades hidrogeológicas, la capacidad de infiltración y la estructura de las rocas, es uno de los objetivos del estudio hidrogeológico propuesto. En cuanto a escorrentía anual es como sigue:

Cuenca/Estación	Tipo	Area	Escorrentía			
			1868		1976	
			Km2	mm	mmc	mm
Río Vinces:						
Baba d.j.Toachi	Automático	1.455,3	1.272,0	1.864,0	3.132,4	4.5
Quevedo-Quevedo	"	3.452,4	1.093,9	3.776,5	3.043,9	10.5
Vinces-Vinces	"	4.338,8	703,5	3.052,1	2.235,1	9.6
Río Babahoyo:						
Lechugal	"	3.023,0	632,9	1.913,2	2.144,6	6.4
Catarama	Lecturas	3.826,0	618,8	2.367,6	2.037,6	7.7
Río Daule:						
Pichincha	Automático	4.629,9	394,7	1.827,2	10.060,0	2.1
Balzar	"	5.866,0	331,2	1.942,8	10.823,4	1.8
Capilla	"	9.372,5	242,3	2.270,6	13.947,6	1.4

1.4. Antecedentes, bibliografía y fuentes de información:

El proyecto CEDEGE-CEPAL/ILPES, proveyó los servicios de un hidrogeólogo consultor para que estudiara los antecedentes y estableciera los términos de referencia para el estudio hidrogeológico de la Cuenca.

Los documentos e informaciones varios consultadas forman la primera parte del Anexo 1, bibliografía de los presentes términos de referencia. En el Anexo 2, se incluyen las "Observaciones a los Antecedentes, Informaciones Básicas y Bibliografía disponible sobre los Recursos de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Río Guayas.

En el Anexo 3, se incluye un descripción de la Geología de la Cuenca del Guayas y de la Península de Santa Elena, preparada con fines hidrogeológicos.

Las fuentes de información para el estudio son:

- Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas. CEDEGE.
- Dirección General de Geología y Minas, DGGM.
- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos. INERHI.
- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI.
- Empresa Municipal de Agua Potable de Guayaquil . EMAP-G.
- Sería aconsejable hacer contacto con las firmas privadas de ingenieros

Consultores y con los perforadores de pozos para agua..

## 2. Descripción de los Objetivos y Labores por realizar:

### 2.1. Objetivos:

El objetivo general del estudio hidrogeológico es el de conocer la existencia, condiciones, relaciones, circulación y potencialidad de agua subterránea en la Cuenca del Guayas y la Península de Santa Elena, con el fin específico de su aprovechamiento para el desarrollo regional.

Específicamente deben conocerse los volúmenes de recarga, descarga y uso potencial de los acuíferos existentes que permitan esbozar políticas racionales de sectorización y prioridad para el abastecimiento de agua potable y uso agropecuario . En este sentido, las acciones a tomar como consecuencia del estudio hidrogeológico estarán coordinadas con el plan hídrico general de desarrollo de la Cuenca.

### 2.2. Geología:

Adicionalmente, a las revisión de los documentos descriptivos de la geología mencionados en 1.2, se proveen constataciones de las características estratigráficas, litológicas y estructurales de la Cuenca y de la Península.

Primordialmente, se estudiarán las fotografías aéreas verticales, con especial énfasis en la cobertura aluvial, con el fin de describir y delimitar los conos de deyección, antiguos cauces, áreas de infiltración, (recarga) y exfiltración de agua subterránea.

La necesaria constatación de campo permitirá hacer un cuidadoso inventario y descripción de fuentes y manantiales. En la descripción de éstos, además del ambiente hidrogeológico que los caracterice, debe hacerse - un estimativo de caudales y un muestreo selectivo para análisis físico-químico y de isótopos naturales.

### 2.3. Hidrogeología:

Una primera aproximación para estimar el potencial de agua subterránea disponible en una Cuenca, se puede obtener mediante el establecimiento del balance hídrico por períodos determinados . Uno de los métodos más utilizados es el de Thontrvaite, pero hay otros que podrían ser usados por quien realice el estudio.

Con el fin de ilustrar debidamente el procedimiento, nos referiremos a un cuadro de tabulación estadística, a partir de la información hidrometereológica disponible, suponiendo un año, mes por mes. Si faltare al gún dato en alguna de las estaciones, los valores faltantes pueden ser completados, mediante los procedimientos normales en hidrología. De todas formas es aconsejable utilizar las estaciones con mejores datos y descartar aquellas que sean dudosas. Una constatación de consistencia en la información , es también aconsejable.

Columna:

1. Mes del año hidrológico (puede ser calendario) seleccionado. Es conveniente escoger años secos, medios y húmedos representativos para toda la Cuenca.
2. Temperatura promedio en el mes en cada una de las estaciones seleccionadas.

3. Evaporación potencial, expresada en milímetros de agua, calentada según Thornthwaite, en la forma ya calculada por CEDEGE para los años 1968 y 1976.
4. Factor de conexión de la evapotranspiración potencial según la latitud del lugar y el índice de iluminación correspondiente al mes respectivo.
5. Evaporación potencial corregida según la columna 4.
6. Precipitación pluvial en milímetros caídos en la red confiable de estaciones dentro de la Cuenca.
7. Diferencia en milímetros entre la evapotranspiración potencial corregida (Columna 5) y la precipitación controlada en la estación. Si la precipitación ha sido mayor que la evapotranspiración, la diferencia se suma al agua acumulada en el terreno hasta satisfacer la capacidad de campo.

Una vez cumplida la capacidad de campo, el agua en exceso se transformará en escorrentía superficial, o se infiltrará. Caso contrario, si la precipitación ha sido menor que la evapotranspiración, el faltante se deduce del agua acumulada en el suelo, siempre y cuando no se haya alcanzado el punto de marchitez, puesto que en tal caso, la evapotranspiración se toma como igual a la precipitación.

La capacidad de campo y los puntos de marchitez en los suelos y vegetación de la Cuenca deben ser investigados y establecidos de acuerdo con las respectivas oficinas técnicas de la CEDEGE.

La columna 7, representa la evapotranspiración real.

8. Reserva o acumulación de agua en el subsuelo. El exceso de precipitación después de cumplir con la evapotranspiración potencial corregida, se acumulan en esta reserva; en caso contrario, la deficiencia de lluvia debe ser suplida por ésta reserva, o sea que, en los períodos secos es negativa y en los húmedos es positiva. Este concepto permite que para períodos largos de análisis que comprenden sucesivos y equivalentes ciclos de sequía-humedad, la reserva en el subsuelo sea tomada como igual al inicio y terminación del período en cuestión y no se tome en cuenta como factor alterante del balance hídrico.
9. Escorrentía, o caudal de agua medida en la estación de aforo que controla el área o subcuenca en estudio. Es necesario, expresar aquí esta medida como una lámina de agua sobre el área o subcuenca y por lo tanto este cálculo debe ser hecho en forma aparte, a partir del caudal en m<sup>3</sup>/seg., o M.M.C., medidas para el período de estudio, en este caso el mes, y el área en kilómetros cuadrados de la vertiente controlada por la estación.
10. Infiltración, representada por la diferencia entre el agua sobrante de la precipitación, columna 7, y la escorrentía medida, columna 9,. Si la evapotranspiración es mayor que la precipitación, no podrá haber infiltración, así hubiera escorrentía que sería mantenida por desflujos del subsuelo y/o algún control natural o artificial de agua retenida. La suma de esta agua infiltrada es el incremento o recarga al agua subterránea.
11. Escorrentía o flujo base, se refiere a la separación de los hidrogramas de la estación de aforo. Como este flujo base se origina en la infiltración, debe ser deducido o corregido según el exceso o déficit de humedad, según la columna 8.

12. Recarga neta al depósito de agua subterránea o sea el flujo base corregido según el exceso o déficit de humedad.

Es importante anotar que en el balance hidrológico descrito debe tomarse en cuenta el uso y manejo del agua en la Cuenca, importación, exportación o retención de agua, para hacer los correspondientes modificaciones a la columna de escorrentía.

Aunque los cálculos de balance se hacen sobre bases puntuales, las diferentes estaciones, estos datos deben ser extrapolados en forma regional, para describir condiciones sobre toda el área o subcuenca. Por esto es necesario preparar mapas o base de isolíneas o por polígonos de Thiessen para cada uno de los parámetros fundamentales, No en otra forma puede ser comprendido el fenómeno hidrogeológico.

Con esta información y el estudio de los mapas de isoyetas de lluvia, o los hidrogramas de lluvia y los hidrogramas de caudales en la estación, en términos de la conformación del subcuelo, se asignan valores porcentuales a la capacidad de infiltración de las varias unidades hidrogeológicas reconocidas para el área o subcuenca y así sensibilizar el comportamiento general de la circulación de agua en el subsuelo.

#### 2.4. Geofísica :

En esta etapa del estudio hidrogeológico de la Cuenca se prevén dos actividades de Geofísica, una para la revisión de toda la información existente y otra para la ejecución de algunas constataciones de campo.

La revisión de información disponible abarca principalmente los estudios hechos por el INERHI. CEDEGE, e INERHI-FAO, Bibliografía #s. 4 y 7.

Pero adicionalmente hay varios estudios geoelectricos hechos en diferentes lugares de la Cuenca y en la Península por el INERHI, el INAMHI y el IEOS.

Esta revisión debe evaluar las interpretaciones dadas a los sondeos y las metodologías del uso del sistema en el área y aportar conclusiones y recomendaciones al respecto.

La actividad de investigación y constatación en el campo se prevee mediante la utilización de los equipos de geoelectrica y perfilaje de pozos existentes en el país, bien sea en uno o varios de los organismos mencionados, o empresas privadas.

En principio, se estiman unos 100 sondeos utilizando el arreglo Schlumberger, con L/2 de 1.200 - 1.500 m., en áreas principalmente seleccionadas. Se estima que cada sondeo tiene una cobertura aproximada de 1 km<sup>2</sup>, uno máximo, para efectos de constatación de condiciones generales del subsuelo. Algunos de estos sondeos serían programados para determinar la interfase agua dulce-salada.

Los perfiles geoelectricos se harán en pozos ya construídos, por lo cual deben utilizarse sondeos especiales para rayos gamma. Sin embargo, es posible que haya pozos en perforación dentro de la Cuenca, o que se puedan coordinar con alguna de las entidades de cooperación con el estudio. En tal caso, se correrán curvas de P.E., y por lo menos dos de resistividad.

Los sondeos geoelectricos se consideran de especial importancia para localizar futuras perforaciones exploratorias en áreas prioridades de investigación hidrológica.

### 2.5. Inventario y control de pozos:

Se estima que hay más de un millar de pozos ubicados y parcial o totalmente inventariados en el área .

A este respecto, el CEDEGE ha hecho una recopilación de información procedente de varios organismos del Estado Ecuatoriano y en los informes y planos de estudios anteriores, mencionados en la bibliografía, hay otros datos sobre pozos .

Toda esta información debe ser cuidadosamente estudiada, correlacionada y seleccionada, para establecer en forma definitiva un sólo inventario de pozos representativos de las condiciones de agua subterránea en el área, bien sea como caracterización, o para efectos de control de niveles freáticos y piezométricos .

Uno de los problemas más importantes de solucionar en el relativo a la numeración y estructura del formulario del inventario de los pozos. Hasta ahora cada institución y en cierta forma, cada estudio de aguas subterráneas, ha usado un diferente sistema . Desde luego, que esto no es compatible con la investigación sistemática del recurso, ni corresponde a su mejor administración y control. El estudio y definición, se considera como de gran prioridad y conlleva la coordinación con los varios organismos que han intervenido en los estudios y usos del agua subterránea.

### 2.6. Ensayos de Acuíferos, Pruebas de Bombeo, Niveles y Redes de Flujo:

En la misma forma que en cuanto al número de pozos, hay una buena cantidad de pruebas de bombeo y caracterización de acuíferos mediante, sus constantes hidráulicas, que debe ser cuidadosamente revisados.

Con equipos y ayuda de organismos de cooperación, será conveniente realizar algunas pruebas de bombeo y ensayos que permitan elaborar planos de isotransmisibilidad al menos para determinadas áreas y acuíferos.

En conexión con esta actividad, deben elaborarse planos de curvas de nivel de la superficie freática, tanto al principio, como al cierre del período de lluvias. La medición de los niveles piezométricos, y elaboración de planos con base en pozos seleccionados, debe ser una actividad prioritaria del estudio.

#### 2.7. Otras pruebas:

Como resultado de la revisión del inventario de pozos, del inventario de fuentes y manantiales y en combinación de la caracterización hidroquímica, se tomarán muestras de agua cuidadosamente ponderadas para análisis de isótopos naturales. Este tipo de pruebas ya ha sido hecho por INERHI, en la zona de Milagros. Establecer el origen y tiempo de agua en los acuíferos ayuda a la descripción correcta de la hidrogeología de la Cuenca, interpretada contextualmente con todos los factores que inciden en ella.

El uso de trazadores podría ser considerado en determinados casos justificados, sujetos a la disponibilidad de controles y análisis de laboratorio.

#### 2.8. Calidad Química del Agua:

La calidad química del agua subterránea en la Cuenca y en la Península ha sido estudiada mediante la medición de la conductividad eléctrica de agua de los pozos. Para los pozos construidos por el IEOS, y por contrato existen análisis químicos de las sales principales para fines potables. Es necesario, revisar toda la información a ese respecto y com -

pletarla mediante nuevas mediciones y análisis del mismo tipo en pozos seleccionados.

Al hacer el inventario de fuentes y manantiales y revisar los inventarios de pozos se deben tomar mediciones de la conductividad eléctrica y tomar muestras para análisis de laboratorio. Estos análisis y estudios de la calidad del agua subterránea deben tomar en cuenta su actual o futura utilización para fines potables y de riego.

De especial importancia, en cuanto a la calidad del agua subterránea es establecer un claro concepto de las posibilidades de contaminación por intrusión salina de agua de mar, o por el origen, o historia geológica de los acuíferos. La situación a este respecto es diferente para la Península, bañada por el océano y la parte sur de la Cuenca, donde el fenómeno podría ocurrir en el delta o cauces de los ríos cuando la marea favorece la mezcla del agua dulce y el agua salada. Hipótesis en este sentido no deben ser adelantadas, en tanto no se tenga una buena comprensión y cálculos de la recarga y la descarga del sistema acuífero (acuíferos superficiales, intermedios y profundos), sus cambios naturales (climatológicos) y artificiales (bombeos y extracciones) de niveles, las direcciones de flujo y las condiciones de almacenamiento del agua, la geometría de los acuíferos y el origen y composición granulométrica de las diferentes mantos acuíferos y acuíferos.

#### 2.9. Informe General de Síntesis Hidrogeológica:

El informe sobre los resultados del estudio general de la Cuenca representarán la integración de toda la información existente, la revisión, clasificación y evaluación de todos los diferentes factores y los resultados de los trabajos de campo realizados. Para mayor claridad, se sugiere el

siguiente contenido mínimo sin que ello signifique una limitación:

- A. Geología pertinente al agua subterránea:
- B. Hidrología y climatología pertinente al agua subterránea:
- C. Hidrogeología:
  - Areas de recarga en el área, índices de infiltración.
  - Relaciones de la geología e hidrología en la Cuenca.
  - Movimiento y circulación del agua subterránea. Validez de los límites hidrográficos superficiales y subterráneos.
  - Tipos y extensión de acuíferos en el área, acuífugos y acuíferos.
  - Descarga de agua subterránea.
  - Cálculos volumétricos del agua subterránea en la Cuenca: transmisibilidad y coeficientes de almacenamiento.
- D. Hidroquímica del sistema acuífero.
- E. Conclusiones y recomendaciones (Véase 2.10 y 2.11 adelante.)
- F. El informe comprenderá todas las tabulaciones, mapas, gráficos e información utilizada y procesada y que sean necesarios para la ilustración y comparación del texto.

#### 2.10. Sectorización y términos de referencia para estudios de detalle:

El informe hidrogeológico descrito en 2.9. tendrá el carácter de un documento técnico básico, descriptivo de las condiciones de aguas subterráneas tanto de la Cuenca del Guayas, como de la Península de Santa Elena. Como Anexo a dicho informe se propondrá una sectorización, tanto en áreas geográficas, como de finalidades de aprovechamiento, p.e.: para riego complementario y zonas de recarga de acuíferos para estudios de detalle. Esta sectorización estará estrechamente coordinada con el plan hidráulico de la Cuenca.

Para cada uno de los sectores y propósitos señalados se prepararán detallados términos de referencia sobre los trabajos a realizar, tales como, densidad, número y características de los sondeos geoelectricos que se han de realizar, localización y características de las perforaciones exploratorias, red de piezómetros y pozos de observación, cantidad y características de las pruebas de acuíferos por bombeo controlado de los pozos, pruebas especiales. En cada zona se establecerá en detalle la dinámica del sistema acuífero, las constantes detalladas de los acuíferos y la hidroquímica. Se desarrollará un modelo de explotación controlada que aunque al mantenimiento indefinido de la explotación de los acuíferos sin romper los balances entre la recarga y descarga del agua.

Uno de los enfoques específicos del estudio hidrogeológico, sería hacia la determinación de aluviones superficiales (15-25 m., de profundidad) en los ríos circunvecinos a Guayaquil, no sólo al Este, sino al Noroeste de la ciudad. Al encontrarse condiciones favorables, se podría programar un estudio cuidadoso de detalle, con el fin de diseñar la construcción de pozos convencionales de alta capacidad, o mejor pozos cisternas radiales, cuyo bombeo puede ser de varios cientos de litros por segundo, en condiciones de control de calidad de las aguas muy favorable para el abastecimiento público. Esta metodología y la construcción de pozos cisternas radiales son ampliamente conocidos y utilizados en Europa central, Alemania, Austria., et.

#### 2.11. Planes de Continuidad Investigativa y Coordinación Administrativa :

Asimismo, se considera esencial al estudio hidrológico del área el establecimiento de efectivos programas de coordinación institucional -

para la continuidad de aportes al conocimiento de detalle y para el desarrollo y control del agua subterránea en el Area de jurisdicción del CEDEGE; mediante la aplicación de la Ley de Aguas.

En este contexto será necesario concretar los términos y el cumplimiento de un reglamento sobre exploración, uso, conservación y protección de aguas subterráneas.

3. Equipo de Personal que ha de Participar en el Estudio:

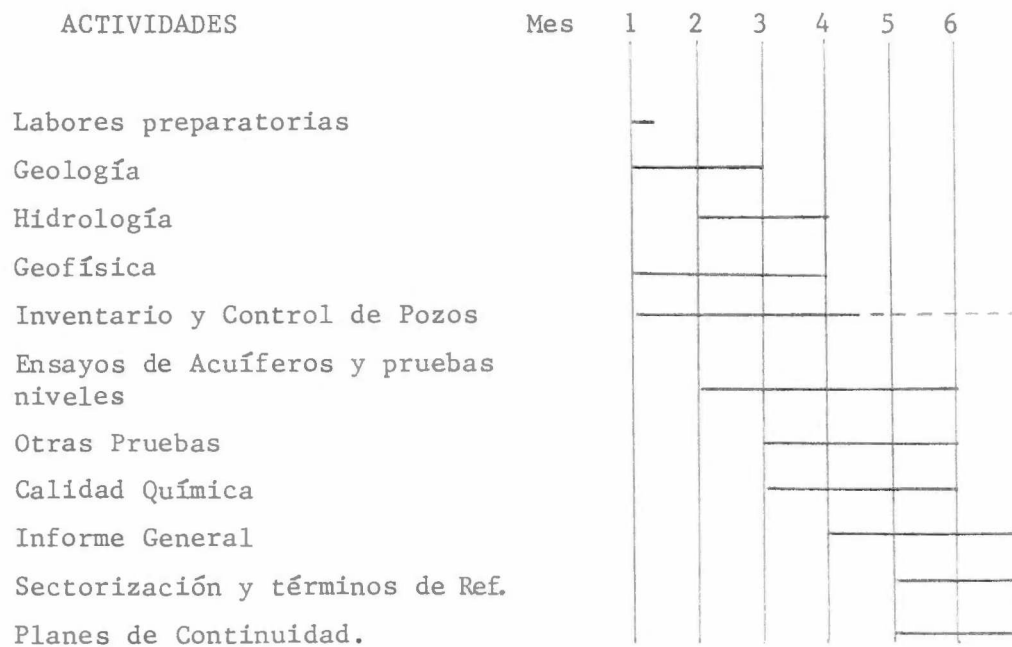
- 3.1. Hidrogeólogo. Profesional de gran experiencia en estudios regionales y la preparación de proyectos de preinversión, su participación se estima en 2½ meses, distribuidos durante la duración total del Proyecto.
- 3.2. Hidrogeólogo: Con experiencia mínima de tres años, con título profesional básico de ingeniería hidráulica, o geología de aguas subterráneas. Su participación debe ser por todo el tiempo de la duración del proyecto, 6 meses.
- 3.3 Hidrólogo: Ingeniero Civil, o similar, con experiencia en inventarios de recursos y balances hídricos para fines hidrogeológicos, su participación es de 2 meses.
- 3.4. Geofísico: Especialista en geoelectrónica, para sondeos eléctricos y registros geofísicos en pozos, su ejecución y especialmente su interpretación. Su participación es de 3 meses.

3.5. Dos auxiliares de campo, a nivel de ingenieros, o geólogos en entrenamiento. Duración de 6 meses cada uno.

3.6. Dos choferes con sus correspondientes vehículos tipo campero. Deben estar disponibles durante unos 5 meses cada uno.

3.7. Apoyo de dibujantes y secretaría, durante toda la duración del Proyecto.

4. Cronograma Tentativo de Trabajo:



Anexo: I.

ASESORIA EN AGUAS SUBTERRANEAS

BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA EN LA CEDEGE

**A.** DOCUMENTOS PRESTADOS AL CONSULTOR Y QUE DEJAN EN LA OFICINA PARA FUTURA CONSULTA.

1. Programa Bajo Guayas- Estudio Preliminar- Informe General INERHI, CEDEGE. Sept. 1978. Separata de Geología. págs. 43 - 52.
2. Memorandum sobre Hidrogeología. Maurice Voestermans, Dic. 1977.
3. Informe de Misión sobre Recursos Naturales. Francisco Brzovic., Julio, 1982.
4. Estudio por Sondeos Eléctricos en las Llanuras Aluviales desde Babahoyo hasta Machala. Ecuador. Compagnie Generale de Geophysique. 1976 (Incompleto).

**Nota:** Contiene Texto y Planos- faltando los planos N<sup>o</sup> 2, 3, 5, 6, 9 y 33.

5. Reconocimiento Hidrogeológico de la Baja Cuenca del Guayas. Investigación de las Oportunidades de Desarrollo Económico de la Cuenca del Río Guayas, Ecuador. CEDEGE-Guayasconsult, Feb. 1970.
6. Ley de Aguas. Fotocopia encuadernada.
7. Proyecto de Utilización de Aguas Subterráneas para el Desarrollo Agrícola de Yaguachi, Banco de Arena, Milagro, Provincia del Guayas, Ecuador. Estudio de Factibilidad.

Anexo E: Hidrogeología (Sin texto). INERHI/FAO.

Mapas: E-1 Perfiles Geofísicos Interpretados.

E-2 Curvas Isopiezas al 15 de Enero, 1977.

E-3 Isobatas al nivel piezométrico, Enero 15/77

E-4 Diferencia entre los niveles piezométricos, Octu

bre 1976 a Mayo 1977.

E-5 Muestreo de aguas para análisis isotópicos, 11/76  
y 2/77 - 3/77.

E-6 Conductividad Eléctrica del agua subterránea.

E-7 Transmisividades.

8. Santa Elena Peñínsula: Groundwater Evaluation Programme.  
1<sup>st</sup>. Interim Report covering the period 5<sup>th</sup> August to 15<sup>th</sup> November -  
1975 and Programme Proposals for 1975.  
Overseas Development Administration, 1975. Separata en fotocopia.
9. Estudio de Recursos Hidráulicos de la Cuenca del Guayas. Memoria -  
CEDEGE/Centro de Estudios Hidrográficos de Madrid, 1980. Separata en  
fotocopia del capítulo 8. Aguas subterráneas.
10. Perfiles y Pruebas de Producción de 14 pozos en el Ingenio San Car-  
los. Hojas sueltas.
11. Datos sobre 4 pozos en el extremo norte de la Cuenca del Guayas, Pro-  
vincia de Pichincha, IEOS. En folder.
12. Estudio de Calidad de Agua de los Pozos, Banco de Arena, INERHI. En -  
folder.
13. Pozos de la Provincia del Guayas, Cantón Santa Elena. Cía. Técnica -  
Sanitaria. En folder .
14. Pozos profundos, Peñínsula de Santa Elena. Incluye croquis de locali-  
zación. CEDEGE. En folder.
15. Datos Generales de Pozos Perforados en el País. Tablas de Tabula -  
ción de datos técnicos. Marzo 1970 y Diciembre 1971. 9 tablas en -  
hojas separadas. IEOS. Provincia del Guayas.
16. Niveles Freáticos y Conductividad Eléctrica. Subcuenca del Daule.  
CEDEGE. En folder, datos de 40 pozos.

17. Mapas:

a. Mapa de la Cuenca. Escala 1: 200.000. Localización de pozos entre Babahoyo y Daule. Corresponde a los pozos inventariados por CEDEGE y construídos por IEOS. En tres volúmenes:

1968 - 1969 N° 1 al 35.  
1970 N° 36 al 86  
1971 N° 87 al 127

En folderes, por año: 1972 N° 125 al 151  
1973 N° 154 al 185  
1974 N° 186 al 222  
1975 N° 223 al 248  
1975 N° 249 al 275  
1976 N° 276 al 330

Folderes de varios otros datos de pozos y estudios geoelectricos.

b. Mapas del convenio MAG./ORSTOM- Escala 1: 200.000.  
Zona I., parte norte. Zona II., parte sur.

Mapa de salinidad y pH.  
Mapa de caudales.  
Mapa de usos.  
Mapa de nivel piezométrico.  
Mapa de ubicación de pozos.

c. Mapa de Inventario de pozos del proyecto BANCO DE ARENA en borrador.

d. Mapas "Estudio de la Cuenca Baja del Río Guayas" INERHI/CEDEGE. Escala 1:200.000. Sin título, con ubicación de pozos.

e. Mapa de zonificación Hidrogeológica, Escala 1: 200.000. Zonas muy buena; buena; regular y mala.

- f. Mapa de Proyectos Potenciales de Desarrollo. Escala 1: 1'000.000. Estudios de la Cuenca Baja del Río Guayas, CEDEGE.

B. OTROS DOCUMENTOS CONSULTADOS

18. Plan para la conservación del medio ambiente en la Cuenca Aportante y en el embalse de la presa Daule-Peripa. Plan de Trabajo del grupo de programación, CEDEGE -
19. Presa Daule-Peripa. Etapa de Factibilidad. Informe de Geología y Suelos. 1978. CEDEGE.
20. Presa Baba- Departamento Técnico. Unidad de Hidrología y Recursos Hidráulicos. CEDEGE.
21. Santa Elena. Proyecto de Aprovechamiento de Agua. CEDEGE. 1974
22. Estudio de la Cuenca Baja del Río Guayas. Primera Etapa. Informe General. Agosto 1978. INERHI-CEDEGE.
23. Antecedentes Específicos para el Plan Hidráulico. CEDEGE-CEPAL/ILPES.
24. Plan Regional de Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas y de la Península de Santa Elena. Diagnóstico Integrado. Nov. 1982. - CEDEGE-CEPAL/ILPES.

25. Siete Tablas de datos de Pozos Perforados. IEOS . En folder
26. Descripción de Pozos Profundos en la Provincia de Manabí. En Folder
27. Información Hidrogeológica. EMARG. En folder.<sup>1/2</sup>
28. Folder de varios:
  1. Geofísica en Colonche. Península de Santa Elena.
  2. Prospección de Aguas Subterráneas. en la Península de Santa Elena.
  3. Mapa de Aportaciones. Subterráneas.  
Cuenca del Pastaza, Chimbo y Chalán.
29. INERHI. Cuenca Baja del Río Guayas. Proyecto de Prefactibilidad.  
Estudio Hidrogeológico . Octubre de 1982.
30. CEDEGE. Península de Santa Elena. Aspectos Físicos, Económicos y Humanos, 1974.
31. Mapa Hidrogeológica. Escala 1: 200.000 (tomando del borrador preparado por la Dirección de Geología y Minas.
32. Mapa de Inventario de Pozos. Escala 1:200.000
33. Balance Hídrico de la Cuenca para el año 1968 . Consta de un folder con 43 tablas de cálculos y cuatro mapas de escala 1:200.000 con curvas de contorno para pluviosidad . Evapotranspiración Potencial . Evapotranspiración Real Déficit y Exceso..
34. Balance Hídrico para el año 1976. (Consta de lo mismo que el anterior)

35. Mapa Geológico Ecuador: Hojas 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46, 47, 48, 49, 50, 51, y 52. En total 21 hojas.

Notas: Los documentos # 25 a 28, fueron recibidos del Ing . Rafael Guzmán. Estos documentos hasta el 34 están en la oficina con los del grupo A. de esta bibliografía.

## Anexo II

### ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS PRELIMINARES DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS Y DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA

#### PRIMERA PARTE: GEOLOGIA

##### INTRODUCCION

En 1964 la OEA, indicó la conveniencia de estudiar los recursos de aguas subterráneas de la Baja Cuenca Oriental del Río Guayas como complemento al plan de riego en esa zona.

Seguramente esta idea se inspiró fundamentalmente en la explotación de pozos de gran caudal en el Ingenio San Carlos y otros para el abastecimiento de comunidades. Desde entonces se han hecho varios intentos de estudios en esta zona, como se puede deducir del Anexo bibliográfico.

En estos informes, como en muchos otros relativos a los proyectos de presas y trasvases, se incluye un estudio somero sobre la geología local, de interés al proyecto en cuestión. En la bibliografía técnica disponible, la contribución más importante para el conocimiento general de la geología de la Cuenca, se encuentra en el Informe General - Estudio Preliminar del Programa del Bajo Guayas, presentado por José M. Pliego en 1978. Sin embargo, el mismo autor concluye y recomienda (Pag. 14, Numeral 1.3.10) 1/. "Convendría recopilar en un estudio geológico de la Cuenca del Guayas la información existente debidamente actualizada, y 2/ Orientar dicha recopilación y los trabajos geológicos que se emprendieran hacia aplicaciones de interés directo... como, por ejemplo, en la hidrología, la geotécnica, la mecánica de ríos y la sedimentología." Esta evidente necesidad de la descripción geológica de la Cuenca, como uno de los fundamentos esenciales para

su conocimiento y planeamiento de desarrollo, no podría estar más claramente expuesta.

El conocimiento y comprensión de la geología regional es el elemento esencial para cualquier estudio hidrogeológico serio. Los estudios hidrogeológicos hasta ahora hechos en la Cuenca reconocen con algún grado de importancia esta necesidad. Sin embargo, hasta ahora no conocemos un estudio descriptivo de la Cuenca como unidad geomorfológica de importancia regional. Este conocimiento de la Geología, es esencial para valorar cualitativamente y cuantitativamente los acuíferos y su relación con los recursos hídricos que en ella ocurren, puesto que el agua, como elemento fundamental, debe ser considerada como una unidad, ya esté en la atmósfera, la superficie del terreno o fluyendo lentamente en el subsuelo, unificada en el claro concepto del ciclo hidrológico.

La descripción geológica de la Cuenca es importante, entre otras cosas, para determinar la correspondencia conceptual entre Cuenca y subcuencas superficiales y subterráneas. Solamente así es posible sectorizar en forma técnica la exploración y manejo de las aguas subterráneas.

A la vez y como queda dicho, hay una íntima relación e interdependencia entre las aguas superficiales y las subterráneas. El régimen pluviométrico, los caudales de escorrentía del sistema hidrográfico, la capacidad de infiltración de los suelos y la demanda de evapotranspiración, deben ser cuidadosamente estudiados para cuantificar los volúmenes teóricos de la infiltración y relacionarla con las unidades estratigráficas y estructurales para una adecuada descripción de la hidrogeología de la Cuenca.

Los conocimientos geológicos e hidrológicos señalados deben ser previa o simultáneamente adelantados a la aplicación de métodos hidrogeológicos directos, como son las investigaciones por fotografías aéreas, por métodos geofísicos, inventario de fuentes, manantiales y pozos, pruebas de bombeo, pruebas de isotopos, etc.

El adecuado control administrativo y legal del recurso es también, base fundamental para mantener un conocimiento actualizado del recurso hídrico y su debido manejo.

El estudio hidrogeológico de la Cuenca del Río Guayas que nos hemos propuesto debe considerarse como preliminar, pretendiendo orientar las bases fundamentales para la investigación y mejor aprovechamiento del recurso de aguas subterráneas. La descripción de la geología del área constituye la primera parte del estudio.

Debemos aclarar que la descripción geológica que presentamos, está basada completamente en el estudio y correlación de las Hojas del Mapa Geológico del Ecuador elaboradas por la Dirección de Geología y Minas, del Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.

Geomorfología:

La Geomorfología de la Cuenca en forma general y en particular para las áreas cubiertas por los varios estudios y proyectos, ha sido descrita con algún detalle.

Una referencia válida es el respectivo capítulo en el Diagnóstico Integrado del Plan Regional de Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas y de la Península de Santa Elena, publicado por la CEDEGE, en noviembre de 1982, Bibliografía N° 24.

Limitaremos la actual descripción a mencionar los límites morfológicos que enmarcan la Cuenca.

El límite oriental de la Cuenca, lo constituye la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos, con elevaciones superiores a los 4.000 m. Para los fines hidrogeológicos, este límite es la faja cordillerana desde la divisoria de aguas hasta la curva de nivel de los 200 m., que enmarca la planicie del sistema hidrográfico del Guayas. Esta faja es escarpada hacia la cresta cordillera pero de ondulaciones menos abruptas hacia el valle, está constituida por rocas paleozoicas de origen ígneo y metamórfico, afectadas por el fallamiento, doblamiento e intrusión de rocas volcánicas de la formación de la Cordillera. Los ríos descienden en gran cantidad de la Cordillera y con diferentes nombres forman importantes conos de deyección sobre el valle; algunos de estos sistemas son de los ríos Bulubulu, Chanchán, y Chimbo, Las Juntas, Pita, Sibambe, Supilí, Umbe, Galabi Grande, San Pablo, Quíndigua y Lolo que forman el río Catarama o Babahoyo, y el Toachi Grande, que va al río Quevedo o Vinces, en el extremo NE de la Cuenca.

Esta profusión de ríos se debe a las abundantes lluvias sobre esta vertiente de la Cordillera y los ríos son caudalosos.

El límite norte de la Cuenca no tiene una destacada expresión topográfica que la separe de la Cuenca del Río Esmeraldas. Sin embargo, hay un

claro declive por el eje de simetría N-S de la Cuenca entre Santo Domingo, que está en la divisoria de aguas, como a unos 500 m. de altitud, Quevedo a 150 m, Vinces a 16 m., Samborondón a 4 m. En este límite se originan los ríos Quevedo o Vinces y el sistema Daule-Peripa, pues aquí también se presenta una copiosa precipitación pluvial.

La Cordillera de Balzar forma el límite noroccidental de la Cuenca, y es también de poco relieve, Entre la Cuenca del Guayas y la de los ríos Chone y Puertoviejo, los perfiles no son abruptos, con elevaciones menores de 400 m., formados en rocas sedimentarias terciarias de la llamada Cuenca Interior Norte, o de Manabí.

Los ríos son de menor importancia y caudal que los que bajan del Este y del Norte de la Cuenca. También el régimen pluviométrico es mucho menor y algunos de los ríos son estacionales.

El límite Sur de la Cuenca está constituido por la Cordillera Chongón-Colonche cuyo eje es de dirección noroeste, formada por rocas paleozóicas y terciarias, por el Delta del Río Guayas y algunos cerros del basamento paleozóico que se destacan de la llanura del valle, al Este y Sur de Guayaquil, los cerros de Punta de Piedra, Masvale y Cimalón, hasta cerrarse con la Cordillera de los Andes. La Cordillera Chongón-Colonche, forma el límite divisorio común a la Cuenca del Guayas y la Península de Santa Elena.

El interior de la Cuenca, es decir, el valle propio del sistema hidrográfico del Río Guayas ha sido definido como el plano levemente inclinado hacia el río y su desembocadura, a partir de la curva del nivel de los 200 m. s.n.m. Dentro de esta área se reconocen tres subcuencas principales que se unen para formar el río Guayas a la altura de Guayaquil, son estos, el río Daule, el río Vinces y el río Babahoyo, los cuales drenan principalmente la Cordillera de Balzar y el norte de la Cuenca el primero y el --

norte de la Cuenca, pero principalmente la Cordillera de los Andes, los dos últimos. Los afluentes de estos tres sistemas generalmente tienen una dirección convergente Norte - Sur; Noreste - Suroeste y Noroeste - Sureste; sin embargo, en el extremo suroccidental de la Cuenca, principalmente en el sistema de los ríos Bulubulu, Chimbo, Milagro, San Pablo y Las Juntas, los cauces tienen una dirección general, con clara tendencia al Noroeste, aparentemente contradictoria al curso general de Norte a Sur de la Cuenca del Guayas. Esto obedece a condiciones geológicas estructurales y de la historia geológica de la Cuenca.

La Península de Santa Elena está constituida por una peniplanicie costanera sobre rocas paleozóicas, en el Sur y al Oeste y por la Cuenca de Progreso, de edad terciaria que forma el centro y oriente de la Península, - hasta el Golfo de Guayaquil. El relieve es debido a una intensa erosión, favorecida por las fallas y estructuras geológicas. Los relieves son bajos, con elevaciones máximas cercanas a los 400 m., en la cordillera Chongón-Colonche, pero más de las tres cuartas partes del área están entre 200 y 0 m.s.n.m. Los ríos aquí son escasos y en su gran mayoría efímeros.

Estratigrafía:

Las rocas aflorantes en la Cuenca representan edades geológicas, desde el Jurásico y Cretácico, del Paleozóico, hasta el Terciario y el Cuaternario. En la Columna Estratigráfica incluida en el presente estudio, Figura 1, se ilustra una sucesión estratigráfica continua, lo cual no se presenta en ninguna parte de la Cuenca. Esto es debido al intenso desarrollo histórico, con episodios de fallamiento, doblamiento, levantamiento y sumergencia que le dan a esta Cuenca, un carácter de testigo y eje histórico de los eventos geológicos que afecta el Occidente Ecuatoriano desde el Paleozóico hasta hoy.

En términos generales, las rocas paleozoicas volcánicas y metamórficas afloran al Sur y Oriente de la Cuenca. En áreas que han estado elevadas en forma permanente y han sido la fuente de sedimentos para estratos posteriores; las rocas terciarias afloran al Occidente, en donde fueron formadas en la Cuenca de Progreso y la Cuenca de Manabí. Los sedimentos cuaternarios están principalmente en el centro del área, conforme con la Cuenca de más reciente formación, la Cuenca del Guayas. De acuerdo con investigaciones realizadas, los estratos terciarios no parecen estar presentes en el centro de la Cuenca, entre el río Daule y la Cordillera Occidental según lo atestiguan los pozos Daule 1 y 2, y todo parece indicar que los sedimentos cuaternarios reposan directamente sobre las rocas paleozóicas.

Grupo Paleozoico (Jurásico Superior - Cretácico)

Formación Punta de Piedra.

Formaciones Piñón y Macuchi

Formación Cayo

COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS

Fig. 1

EDADES Símbolos Mapa Hidrogeológico	NOMBRE Y RELACION	UBICACION	LITOLOGIA	CONDICION HIDROGEOLOGICA
(Holoceno) Qc Qa	Depósitos aluviales y coluviales.	Principalmente al centro, al oeste y sur de la Cuenca.	Cantos, gravas, arenas, limos, arcillas, sueltas	Principales acuíferos del área central y oriental
(Pleistoceno) Qr-PTr	Terrazas indiferenciadas Fm. Tablazo	Penn. de Sta. Elena, pero en especial centro, este y norte de la Cuenca		Áreas de recarga y acuíferos potenciales.
(Pleistoceno) P-PB	Fm. Baba	Norte y noroeste, aflorante y en el subsuelo	Lahares, conglomerados, tobas	Importantes zonas de recarga y acuíferos
(Plioceno) PLB	Fm. Balzar	Aflora al noroeste, norte y en el subsuelo	Conglomerados y areniscas friables	Posibles acuíferos artesianos.
(Mioceno Superior) Mp	Fm. Progreso  (Inconformidad)	Aflora centro, noroeste y al sur.	Limolitas, arcillitas, areniscas conglomeráticas.	Buena permeabilidad en conglomerados.
GRUPO DAULE (Mioceno Super) Mioceno Medio) M-PL M3-4	Fm. Borbon Fm. Onzole Fm. Angostura  (Inconformidad)	Centro occidental aflora y subsuelo, sur aflora y subsuelo	Areniscas conglomeradas. Lutitas, limolitas, areniscas calcáreas	Buena permeabilidad local y acuíferos artesianos en areniscas y conglomerados.
Fm. TOSAGUA (Mioceno Inf. Oligoceno Super) Q2-M2	M. Villingota M. Dos Bocas M. Zapotal  (Inconformidad)	Penn. Sur, Oeste y Norte de la Cuenca aflora y en subsuelo	Lutitas tobas Areniscas. Arcillas, lutitas conglomerados	Acuíferos. Probables acuíferos en conglomerados y areniscas

(Continuación Fig. 1)

EDADES Símbolos Mapa Hidrogeológico	NOMBRE Y RELACION	UBICACION	LITOLOGIA	CONDICION HIDROGEOLOGICA
GRUPO ANCON (Eoceno Superior -Eoceno Medio) E2	Fm. Seca Fm. Socorro Fm. San Mateo Fm. San Eduardo  (Inconformidad)	Principalmente en la Península y al - Sur y al centro - Noroccidental. C. Chongón-Colonche	Areniscas, arcillitas, lutitas. areniscas conglomerados calizas.	Permeabilidad baja a muy ba Posible acuíf ro alta perme bilidad local (manantiales)
GRUPO AZUCAR (Paleoceno- Eoceno Medio) Es	Fm. Engabao Fm. Chanduy Fm. La Estancia (Inconformidad)	Cuenca Progreso C. Chongón Colon - che. Península San ta Elena	Lutitas conglomerados areniscas	Permeabilidad posible en Fm Chanduy
GRUPO PALEOZO_ ICO (Jurásico - Cretático) KK KM KPey	Fm. Cayo Fm. Piñón Fm. Macuchi Fm. Punta de - Piedra	Cordillera Chongón Colonche al este. Cordilleras, Cerros al Sur de la Cuen ca	Areniscas, grau- vacas, liditas, brechas, tobas volcánicas ex- trusivas e in- trusiones	Pobre permeab lidad secunda ria por fract ramiento.

La Formación Punta de Piedra, aflora únicamente en los cerros del mismo nombre, en las islas del Delta del Guayas y en el cenozo Cuervo Chico, al norte de los cerros Cimarrón y Masvale.

Está compuesta por argilitas silíceas rojizas, esquistos arcillosos, filitas y cuarcitas; son las rocas más antiguas en la Cuenca.

La Formación Piñón y Macuchi tiene unos pocos afloramientos en la Península de Santa Elena, en los cerros Cimalón, Masvale, de Samborondón y al Sur y Oeste de Guayaquil y especialmente en la Cordillera Chongón-Colonche, en extenso afloramiento de dirección Noroeste. Pero su más destacada presencia está en la Cordillera Occidental Andina, donde recibe el nombre de Formación Macuchi. Estas dos formaciones parecen corresponden a una misma edad geológica y están compuestas por rocas volcánicas, andesitas, basaltos, sedimentos volcánicos, con intrusiones gneílicas que han ocasionado metamorfismo de contacto.

La Formación Cayo, se presenta generalmente, en los mismos lugares que la Formación Piñón, subadyacente a ella pero son antiguas rocas sedimentarias. Se compone de areniscas, grauvacas, liditas y volcánicos en una matriz arcillosa. Estas rocas están también muy fracturadas, pues han sido sometidas a todo el tectonismo de levantamiento de las cordilleras.

El agrupamiento de estas formaciones en un conjunto paleozóico se justifica desde un punto de vista hidrogeológico por cuanto se les considera como el basamento, o sea, la base impermeable sobre la cual fueron depositadas y formadas las demás unidades geológicas. Naturalmente que en los extensos afloramientos de éstas rocas en el área, se les reconoce una permeabilidad secundaria superficial, debida a las fracturas y comisuras, pero éstas tienden a cerrarse en unos pocos metros de profundidad, por lo cual acumulan y transmiten poca agua de infiltración, esto producen algo de retención del agua que fluye lateralmente en las colinas y alimenta los conos de deyección.

ción y aluviones de los ríos.

#### Grupo Azúcar (Paleoceno-Eoceno Medio )

Estos estratos afloran asociados a la Cordillera Chongón-Colonche, al Sur oeste de la Cuenca. Estan formados por arenisca, conglomerados y lutitas - guijarrosas, en bancos gruesos, endurecidos y fracturados. Se reconocen tres unidades: La Arenisca de Estancia en la base, el Conglomerado de Chanduy - intermedio; y, Las lutitas de Engabao en el tope. El conjunto tiene un espesor mayor de 1.000 m., según se ha establecido en el pozo Entunga de investigación petrolera.

Las rocas del Grupo Azúcar, en su parte conglomerática puede ser permeable, de hecho, en el pozo de exploración petrolera Engunga N<sup>o</sup> 2, se encuentra agua dulce (CEDEGE, 1974), pero no se tienen detalles sobre la producción obtenida. En consecuencia, los Conglomerados Chanduy pueden representar un acuífero importante de explorar.

#### Formación San Eduardo (Eoceno Medio)

Esta formación aflora en el borde meridional de la Cordillera Chongón-Colonche, pero no ha sido detectada en el subsuelo por los pozos de investigación petrolera perforados en la Península ni en la Cuenca. Consiste de calizas bien estratificadas, densas, en espesor total hasta de 230 m. Su presencia local y fuerte buzamiento al Sur, en dirección contraria a la Cuenca, le restan importancia hidrogeológica, pero localmente ocasiona ricos manantiales de agua, como los de Pozo Azul, al occidente de Guayaquil.

Grupo Ancon (Eoceno Medio a Superior)

Este conjunto de estratos está aflorante en la Península de Santa Elena y la Cordillera Chongón-Colonche, pero han sido descritos especialmente en pozos petroleros de esa misma zona y no parece estar presente en la parte occidental y central de la Cuenca. Se les considera como parte del llamado Complejo Alistostrómico de la Península, compuesto por varias formaciones como Formación Socorro, Formación Seco, Formación San Mateo y otras. Los estratos son de areniscas, arcillitas y entitas. El significado hidrogeológico de este grupo de rocas es difícil de señalar con base a la información disponible, pero por su litología y situación estratigráfica, no parece tener mayor importancia, distinta al fracturamiento que pueda tener localmente.

Formación Tosagua (Oligoceno Superior- Mioceno Inferior)

Esta formación representa una importante transgresión en las Cuencas terciarias. Está presente en la Península y en la Cordillera de Balzar en afloramiento extensos y en el subsuelo, constituida por tres miembros: Zapotal, Dos Bocas y Villigota.

El Miembro Zapotal- Reposo en discordancia sobre el Grupo Ancón y está constituido por bancos en matriz areno-arcillosa y areniscas que muestran estratificación cruzada, tiene bancos intercalados de conglomerados y lutitas con plantas y moluscos fósiles, lo cual indica un ambiente deposicional marginal. Esta formación aparece en el subsuelo en el pozos petrolero Santa Ana 1, con unos 100 m., de espesor con el nombre de Formación San Eduardo, del Oligoceno; pero hacia el centro de la Cuenca posiblemente tenga fases arcillo-arenosas. El espesor de este Miembro Zapotal, encontrado en el pozo Daule 1, es de 1.200 m.

Miembro Dos Bocas, Está compuesta de arcillas color café oscuro y lutitas blancas, con vetillas de yeso y lentes dolomíticos . Este miembro - parece cobrar importancia hacia la Cuenca de Progreso, con espesores en los pozos que fluctúan entre 900 y 2.500 m; en la Cuenca de Manabí, cerca a - Portoviejo, en el pozo Santa Ana, tiene casi 1.000 m., de espesor.

Posiblemente algunos horizontes en la base , correspondan a facies más profundas del Miembro Zapotal.

Miembro Villingota: Compuesto por estratos laminados de entitas tobáceas y diatomeas, con intercalaciones de areniscas amarillentas, ricas en escamas y microfósiles. La correlación de estos estratos ofrece algunas complicaciones pues algunos fósiles parecen indicar edad miocénica media superior, que corresponde al Grupo Daule, suprayacente.

En el pozo Santa Ana el Miembro Villingota tiene más de 400 m. de espesor.

El Miembro Zapotal, de la Formación Tosagua puede tener importancia hidrogeológica en sus fases conglomeráticas y areniscosas, tanto más cuanto que las arcillas de los miembros superiores pueden operar como acuicierres creando así condiciones artesianas.

#### Grupo Daule (Mioceno Medio a Superior)

Estos estratos conforman extensos afloramientos las Hojas del Mapa Geológico llamadas Pedro Carbo (Hoja 15) Paján (Hoja 24) y Portoviejo (Hoja - 13). Se reconoce integrado por tres formaciones, Angostura, en la base, Onzole, intermedia y Borbón, en el tope.

Formación Angostura, aflora al Norte de la Cordillera Chongón-Colonche, en contacto directo con el basamento paleozoico. Esta formación posiblemente es una fase litoral base de la formación Angola puesto que sólo se desarrolla en la parte Sur y Suroeste del Area.

La constituyen areniscas con abundantes moluscos, arenas de color gris azulado y bancos calcáreos. Puede tener hasta 500 m. de espesor.

Formaciones Orzole, Es el conjunto de estratos más importante de grupo. En la base tiene lutitas blancas que pueden corresponder al Miembro Villingota del Mioceno Inferior, el resto de la formación es de limolitas azulosas, arcillas arenosas y arcillas laminadas que se hacen arenosas en la parte superior. En el pozo Solano 1, área de El Empalme, tiene un espesor superior a los 500 m., Su contacto con la Formación Tosagua subyacente, en ausencia de la Formación Angostura, es transicional.

Formación Borbon, Aflora especialmente al Norte, en la Provincia de Esmeraldas. Sus estratos inferiores están constituidos por areniscas deleznales, de grano medio a grueso, localmente conglomeráticas; forman bancos métricos, con intercalaciones de niveles calcáreos y abundantes macrofósiles. En la parte superior predominan las arcillas con areniscas y limolitas intercaladas y con arcillas bentoníticas gris verdosas. En las cercanías a Progreso estos estratos dan origen a suelos lateríticos. Su contacto con la Formación Onzole es transicional y posiblemente en algunos sitios se puede correlacionar con la Formación Angostura, aparentemente subyacentes. Su espesor es de unos 300 m.

La Formación Borbón, en sus fases areno conglomeráticas puede tener importancia hidrogeológica, debido a sus afloramientos y posibilidades de constituir acuíferos de mediana a alta permeabilidad. La presencia de una cobertura arcillosa puede crear condiciones de artesianismo.

#### Formación Progreso (Mioceno Superior):

Aflora en forma destacada en la Cuenca del mismo nombre y está presente, según el perfil geológico (Tenguel - Hoja 35), en el subsuelo de la Bahía de Guayaquil, reposando en forma discordante sobre la Formación Tosagua o sobre el basamento paleozóico. Hacia el Norte, Cuenca de Manabí, corresponde a formaciones del Grupo Daule. Está compuesta por areniscas blancas, de grano fino, localmente conglomeráticas y de grano grueso, limolitas, arcillitas y lutitas verdosas. Algunas areniscas tienen horizontes calcáreos con abundantes fósiles, estos horizontes, más resistentes a la erosión, forman colinas. En el pozo Bajada 1, la Formación Progreso tiene un espesor de 1824 m.

Esta formación tiene importancia hidrogeológica pues favorece la infiltración y acumulación de aguas subterráneas en acuíferos explotables.

#### Formación Balzar (Plioceno):

Esta formación ha sido reconocida especialmente al Norte y Noroeste de la Cuenca, áreas de Portoviejo, Balzar y El Empalme y puede ser confundida o aparecer como una face de la Formación Borbón, con la cual tiene similitud litológica y correspondencia estratigráfica. Consiste de capas bien estratificadas de conglomerados, areniscas de grano fino a medio, arcillas laminadas con moluscos y restos de plantas, y tobas. Estos sedimentos denotan un ambiente deposicional de aguas poco profundas y las areniscas muestran estratificación cruzada, lo que evidencia deposición por corrientes

de agua. En el pozo Solano 1, el espesor de la Formación Balzar, es de 314 metros. Los estratos están casi horizontales y seguramente están presentes en el subsuelo del centro de la Cuenca, afectados por las fallas post - pliocenas.

Esta formación puede tener significativa importancia hidrogeológica por su litología, posición estratigráfica y espesor. El agua artesiana encontrada por las perforaciones para la presa Daule-Peripa, muy posiblemente se originó en esta formación, aunque podría ser de la Formación Borbón.

#### Formación Baba (Plio-Pleistoceno):

Se presenta en la vertiente Norte y Noroeste de la Cuenca, compuesta por lahares, conglomerados primitivos en matriz arenosa, mantos de tobas conglomeráticas y cenizas. Esta litología y su posición estratigráfica sugieren que la Formación Baba, corresponde con las formaciones Turi, Tarquí y las Terrezas Indiferenciadas de la Sierra. En la parte Norte de la Cuenca, cubren una extensa zona, discordantes sobre la Formación Balzar y subyacentes a las terrazas pleistocenas (Formación Tablazo) El espesor de la Formación Baba ha sido estimado en unos 100 m. y su importancia hidrogeológica es principalmente como moderadamente favorable a la infiltración.

#### Terrazas Indiferenciadas (Pleistoceno) -Formación Tablazo.

Estan formadas por cenizas volcánicas, limos y rodadas, en espesores que aumentan hacia el Norte. En el Sur, correspondiendo en edad, se presentan hasta tres niveles de terrazas, cerca a Bucay. Estas terrazas se destacan topográficamente, diferenciadas de los terrenos propiamente aluviales y en el norte forman los márgenes de los principales ríos como el Baba y el

Toachi Grande. La Formación Tablazo de Santa Elena, de esta misma edad, es importante acuífero, en el Norte las terrazas pueden tener hasta 100 m. de espesor, en tanto que en el Sur, unos 50 m. La importancia hidrogeológica de las terrazas puede ser grande, dependiendo de sus relaciones morfológicas pues tiene una moderada a alta capacidad de infiltración y drenan lateralmente y en parte están profundamente cortadas. En la Formación Tablazo se alimentan de agua muchos pozos de la Península y su explotación hidrogeológica ofrece buenas perspectivas locales .

#### Depósitos Aluviales y Coluviales (Holoceno):

Estos depósitos cubren toda la parte central de la Cuenca, desde los conos de deyección de los ríos, como el del sistema de los Ríos Chimbo-Chanchán, de clastos gruesos y arcillas, hasta los espesores de más de 1.100 m. de sedimentos cuaternarios perforados por los pozos Daule 1, cerca de Paletina, a orillas del Río Daule y Daule 2, cerca de Vinces, a orillas del Río Vinces, en ambos casos descritos como subyacidos por rocas del basamento paleozoico. Los aluviales, hasta ahora indiferenciados son rodados, gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados que se alteran en forma lenticular, tanto en el sentido vertical como horizontal. Desde luego que hacia el borde la Cuenca los sedimentos se hacen progresivamente más gruesos cantos, gravas y arenas, en tanto que hacia el centro de la Cuenca se presentan más finos, limos y arcillas. Pero debe tenerse en cuenta que la Cuenca ha sido formada por un lento hundimiento, y sus bordes inicialmente estaban más cerca de lo que hoy es la parte más profunda de la Cuenca, por ejemplo, al iniciarse el Cuaternario el Daule posiblemente desembocaba en Colimen, el Vinces en Vinces y el Babahoyo en Catarama. Por lo tanto, depósitos de clastos de granulometría gruesa pueden encontrarse en toda la columna, tanto más si se tienen en cuenta las oscilaciones tectónicas de la región, la mayor o menor intensidad de la actividad volcánica y los períodos de mayor y menor precipitación pluvial. Sin embargo, es natural que hacia el centro de la Cuenca la tendencia vertical de los sedimentos sea a hacerse progresivamente más finos y en espesores más anchos, tal cual se ha verificado por las perfora

ciones para agua hasta ahora realizadas. Esta variación lateral en sentido vertical y horizontal de los depósitos aluviales, tiene mucha importancia hidrogeológica y hacen que el desarrollo histórico geológico de la Cuenca del Río Guayas, tenga gran importancia para la investigación de aguas subterráneas. La detallada investigación del Cuaternario, que cubre casi el 70% de la Cuenca del Guayas, en su área de mayor desarrollo potencial, es de la mayor importancia, en lo cual coincidimos con una de las conclusiones del Estudio Hidrogeológico de Prefactibilidad del INERHI, de Octubre de 1982.

#### Tectónica:

Dos sistemas estructurales son distintivos en el área. El más destacado en el Suroeste, está representado por la Cordillera Chongón-Colonche de eje Norte-Oeste y un gran número de fallas de gran importancia, como la falla de La Cruz, que separa la Cordillera de la plataforma de Santa Elena. Leves estructuras sinclinales y anticlinales fallados se presentan en la Cuenca de Progreso con dirección general Noroeste. En el Delta del Río Guayas, bajo la cubierta Cuaternaria, se reconocen fallas como la de San Ignacio y los Quiñonez que levantaron basamento en los Cerros de Punta de Piedra. Al Norte de la Cordillera de Chongón-Colonche, las estructuras Noroeste son muy pocas, pero las fallas de Nueva Fortuna y Cascol son sensiblemente paralelas al eje de la Cordillera, otras fallas de esta dirección sólo se reconocen en la plataforma costanera.

Un sistema estructural posterior al Noroccidental tiene dirección Noreste y está definido por la Cordillera Andina. La Cuenca de Manabí se formó como consecuencia de la orogénesis laramídica pero en los estratos terciarios del Occidente y Norte de la Cuenca hay muy pocas estructuras de carácter tectónico. El anticlinal de Tosagua está señalado por buzamientos muy leves como todo el resto de los estratos terciarios presentes en la Cuenca; su deposición sobre el basamento o sobre inconformidades

estratigráficas frecuentes, posiblemente haya producido por compactación y litificación estructuras suaves que no son tectónica. Sin embargo las formaciones Balzar y Borbón del Plioceno, así como el Cuaternario aparecen como capas y mantos horizontales.

Los dos sistemas estructurales confluyen precisamente en el extremo Sur de la Cuenca . En el Delta del Guayas se reconocen las fallas de Río Guayas, Puná y la gran falta Jambelí, con trazos Noreste y que al confluir con el sistema Noroccidental ocasionaron los horst que levantaron el basamento expuesto en los cerros testigos como Punta de Piedra, Masvale, Cima rrón, Samborondón y Babahoyo; y, los grabens , como el de Jambelí, que finalmente facilitaron el desague de la Cuenca hacia el Sur.

Al estudiar la red de drenaje de la Cuenca, se insinúa que debajo de la cobertura Cuaternaria debe existir en las rocas del basamento y hasta las oligocénicas, una intrincada red de fallas, que han ocasionado las oscilaciones en el área. Al pie de la Cordillera Andina, se insinúan una serie de fallas paralelas de dirección Noreste que ocasionaron el hundimiento de la Cuenca . En el lado occidental de la Cuenca senciblemente paralela al río Daule y cubiertas por espesos sedimentos cuaternarios, posiblemente existan una o varias fallas de dirección Noreste, dando, a la Cuenca la forma de una estructura de graben.

### Historia Geológica:

En el cretácico superior se inició sobre las rocas de Piñón, la sedimentación marina, asociada a actividad volcánica que constituyeron la Formación Cayo. El umbral tectónico de la Cordillera Chongón-Colonche se activa por las fallas de dirección Noroeste formándose la Plataforma de Santa Elena, hudiendo la Ceenca de Progreso e iniciando allí la deposición y formación de estratos terciarios.

Una transgresión marina permite la formación local de las calizas de San Eduardo y sobre éstas los estratos más regionales de los grupos Azúcar y Ancón. Al levantarse la Cordillera Chongón-Colonche al cierre del Eoceno, quedó bien constituída la Cuenca de Manabí, cuyo eje se extendía en dirección Noreste y cerrándose hacia la cordillera Andina entre Quevedo y Santo Domingo de los Colorados. Entre tanto, en la Cuenca de Progreso había inclinacion y erosión de los estratos preoligocénicos.

Desde finales del Cretácico, la Cordillera Andina ha permanecido como una plataforma emergida y extendiéndose, posiblemente hasta el Norte de Vinces y a por el Occidenta hasta una línea paralela al actual curso del Río Daule. Esto se deduce de que hasta el momento no hay evidencias de la existencia de rocas terciarias, ni aflorando, ni en el subsuelo bajo dos sedimentos cuaternarios. Los pozos petroleros Daule 1, sobre éste río, al Norte de Palestina y Daule 2, cerca a Vinces, en el lado derecho del Río Vinces, esto es casi al centro de la Cuenca del Guayas, solamente encontraron más de 1.000 m de sedimentos cuaternarios reposando directamente sobre las rocas precatácidas del basamento. Pero al Norte de Pichincha sobre el río Daule, a unos 50 kms al norte de los pozos Daule, el pozo Salano 1 no encontró cuaternario y penetró en 1833 m, de estratos terciarios, desde el Plioceno hasta el Mioceno Inferior, en contacto directo con el basamento.

Lo anterior sugiere que todo el lado Suroeste de la Cuenca extendiéndose posiblemente hasta Vinces y Catarama, fué una plataforma que luego, en el Cuaternario se hundió progresivamente. Hemos de asumir que los ríos que descendían de la Cordillera Andina tenían un flujo Noroeste y Oeste, con gran aporte de sedimentos, pero también había un gran aporte elástico originando en las cordilleras Chongón-Colonche y la ya formada de Balzar. La plataforma Suroccidental fué adquiriendo la forma de una pedillanura y fué progresivamente cubierta por los sedimentos cuaternarios, en los cuales se reflejaban también las oscilaciones tectónicas y los ciclos de actividad volcánica que caracterizaron el Cuaternario. En una etapa final, cuando el rellenamiento de la Cuenca estaba casi cumplido, se intensificó la actividad volcánica y casi toda la Cuenca fué cubierta con un manto de cenizas y limos finos, acarreados por los vientos, pero principalmente por los ríos que ya habían alcanzado un nivel de colmatación. Pero al cierre del cuaternario se interrumpió el hundimiento de la Cuenca y comenzó una reacción de levantamiento que aún puede subsistir, principalmente notable en el Norte de la Cuenca. Seguramente entonces se formó la actual hidrografía del Area.

Los ríos comenzaron a cortar sus propios depósitos y hoy se encuentran parcialmente encajonados, dejando tenazas tan altas como casi 100 m., sobre el nivel actual de sus aguas

Las implicaciones geológicas del desarrollo histórico de la sedimentación y tectónica del cuaternario en la Cuenca deben ser cuidadosamente estudiados por la importancia que ellos tienen en la hidrogeología de la Cuenca. Esto ha sido identificado por el INERHI quien ha estudiado en mayor detalle la hidrogeología del área llamada Bajo Guayas Oriental.

En una interpretación preliminar, sentaríamos las siguientes hipótesis:

- a. Hacia el centro o eje de la Cuenca y extendiéndose lateralmente hasta los márgenes oriental, como occidental, deben encontrarse abanicos de clas-  
tos gruesos (arenas y gravas), profundos en la parte central y aflorantes  
en los brodes.
  
- b. A medida que se llenaba la Cuenca y sus bordes se ampliaban, hacia el  
centro se acumulaban sedimentos progresivamente más finos, recubriendo los  
sedimentos gruesos.
  
- c. Las corrientes de agua que arrastraban los sedimentos hacia la Cuenca  
debieron tener salida por un sistema hidrográfico distinto al actual. Los  
más importantes ríos como el Cañar, Bulubulu, Chimbo, Las Juntas que descien-  
den de la cordillera de los Andes llevan una dirección: hacia el nortoste,  
normal, al flujo Suroccidental del río Babahoyo. Pudo haber entonces un -  
río ancestral que circulaba por entre los cerros precretácicos en el sur, o  
la Cuenca fue cerrada, o tendía desague por ríos que fluían en otra direc-  
ción.
  
- d. Salvo pruebas en contrario, no es necesario admitir una decisiva in-  
fluencia marina en la sedimentación de la Cuenca del Guayas, si bien la cer-  
canía y eventual conexión con el mar pudo haber influido en determinadas  
épocas y en la salinidad de algunos sedimentos. Creemos que el ambiente -  
fué del tipo lagunar o deltáico, con un eventual ingreso de agua salada pero  
con un predominio de agua dulce traída por los cursos de agua superficial, en  
forma similar a lo que ahora ocurre en los cauces.

Anexo III.

OBSERVACIONES SOBRE LA ADMINISTRACION Y LA REGLAMENTACION DE AGUAS SUB-  
TERRANEAS EN LA CUENCA DEL RIO GUAYAS

1. Coordinación:

El potencial de aguas subterráneas disponible en la Cuenca del Guayas es enorme. El propósito simplificado del estudio hidrogeológico es cuantificar y calificar este concepto. Con todo, según informaciones verbales del IEOS, cerca al 90% de las poblaciones en el área son abastecidas de agua potable mediante pozos y el CEDEGE en el Plan Hidráulico, Julio de 1983, establece estadísticas que demuestran que el agua servida en las subcuencas proviene de fuentes de agua subterránea en un 67% para la subcuenca del Babahoyo, 25% para la Subcuenca del Vinces y un 3% para la subcuenca del Daule. Es clara, pues, la necesidad de desarrollar las dos últimas y de administrar concientemente la primera.

Durante el desarrollo de la consultoría en aguas subterráneas se ha evidenciado el número de entidades gubernamentales que intervienen en el desarrollo de las aguas subterráneas y la muy poca coordinación que a este respecto tienen entre si. Los objetivos propios de cada institución define su primordial interés en el recurso.

El concepto de investigación del agua subterránea primaria en el INAMHI y la Dirección de Geología y Minas, en tanto que en el IEOS, el INERHI y EMAP-G, el uso del agua para fines de agua potable o riego. Sin embargo, en la práctica todos estos organismos investigan localmente el recurso y de todas formas pueden contribuir a su mejor conocimiento, como resultado de los trabajos que hacen.

Es evidente la necesidad de una coordinación para el ordenamiento y buen aprovechamiento de los aportes que las varias entidades pueden contribuir hacia el conocimiento y desarrollo de los recursos de agua subterránea en la Cuenca y la Península. Creemos que antes que constituir otra Unidad investigativa de aguas subterráneas, la CEDEGE primordialmente debe organizar una oficina coordinadora y ordenadora de los conocimientos ya adquiridos y de los esfuerzos futuros de cada entidad interesada.

Los términos de referencia para el estudio hidrogeológico de la Cuenca del Río Guayas y la Península de Santa Elena, propuestos por el Consultor, pueden ser desarrollados por la CEDEGE, con la cooperación y ayuda de los varios organismos mencionados. Podría ser que llevara más tiempo realizarlos, pero el país está en capacidad técnica, con alguna ayuda especializada de corto plazo en hidrogeología, hidrología y geofísica, para acometer el estudio propuesto. Este procedimiento traería la ventaja adicional, de concretar los vínculos de coordinación sugeridos y de orientar al personal nacional calificarlo para estas investigaciones.

El desarrollo del Plan Hidráulico no puede ser cumplido con el sólo conocimiento cualitativo, ni cuantitativo de las aguas subterráneas disponibles, por cuanto esos conocimientos sólo es posible lograrlos en la medida que avanza el uso y explotación del recurso. Por lo tanto, el seguimiento y control del uso y explotación, es de la mayor importancia. Desde luego, esto sólo es posible mediante la eficiente operación de una oficina coordinadora y ordenadora de los aportes de las distintas fuentes y esto, en nuestro concepto, es la mejor y más apropiada función que la CEDEGE puede desempeñar.

2. Ley de Aguas:

No pretendemos hacer un análisis del contenido de la Ley de Aguas - de la República del Ecuador, Hemos estudiado la codificación de fecha - 26 de Febrero de 1960 y hemos sacado en forma resumida algunos importan - tes, pero no todos los artículos que se refieren al agua subterránea.

Art. 2. Las aguas..y las subterráneas, afloradas o no, son bienes - nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es ina - lienable e imprescriptible, no son susceptibles de posesión, accesión o - cualquier otro modo de apropiación.

Art. 8. La limitación y regulación del uso de las aguas.. correspon - de al Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos.

Art. 16. "Son obras de carácter nacional la conservación, preserva - ción e incremento de los recursos hidrológicos".

Art. 20. ... el INERHI prevendrá ... la disminución de .... las cuen - cas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspon - dientes.

Art. 33. Las concesiones del derecho de aprovechamiento de agua se efecturán de acuerdo al siguiente orden de preferencia:

- a. Para el abastecimiento de poblaciones, necesidades domésticas y ob - servadero;
- b. Para agricultura y ganadería.
- c. Para usos energéticos, industriales y mineros; y,
- d. Para otros usos.

Art. 39. Las aguas destinadas al riego podrán extraerse del subsuelo.... en la medida determinada técnicamente por el INERHI.

Art. 41; Nadie podrá explotar aguas subterráneas sin autorización del INERHI, sujeta a: (Art. 24 :

a. Que no interfiera otros usos;  
b. Que en calidad y cantidad sean suficientes;  
c. Que los estudios y obras... hayan sido previamente aprobados por el INERHI).

- a. Que su alumbramiento no perjudique las condiciones del acuífero, ni el área superficial comprendida en el radio de influencia del pozo o galería; y,  
b. Que no produzca interferencia con otros pozos, galerías o fuentes de agua y en general a otras afloraciones preexistentes.

Art. 44: Las personas.... que realicen perforaciones... estarán obligadas a obtener del INERHI la licencia respectiva.

El Reglamento de la Ley de Aguas, Capítulo V., De las Aguas Subterráneas y su Concesión, en sus artículos 120 a 124, da normas sobre los requisitos para obtener del INERHI concesión de aprovechamiento de agua mediante pozos. Asimismo, la obligatoriedad de los perforadores de pozos de suministrar al INERHI todas las informaciones técnicas y la obligación de estos de obtener anualmente su licencia de funcionamiento.

La Ley es clara y completa en los elementos necesarios para la debida administración del agua subterránea en el País. Sin embargo, es claro que en lo que respecta a nuestra área de interés ha sido cumplida en un mínimo, refiriéndonos a las labores exploratorias realizadas. En cuanto al control de exploración y el sistema de concesiones, estos no han sido aplicados. Pero las bases legales suficientes para una debida administración están debidamente sentadas

En consideración de las actuales relaciones establecidas entre el INERHI y la CEDEGE creemos aconsejable que éste delegue en la CEDEGE, las obligaciones y potestades que la Ley le confiere en referencia a las aguas subterráneas.

A su vez y en cumplimiento de la Ley, la CEDEGE emitiría un detallado reglamento sobre la exploración, explotación, manejo y protección de las aguas subterráneas en el área de su jurisdicción. Los términos de referencia para el estudio hidrogeológico del área sugieren que dicho reglamento sea preparado como una de las actividades del proyecto. El cumplimiento del reglamento estaría a cargo de la oficina coordinadora de aguas subterráneas de la CEDEGE.

Finalmente, el Decreto Supremo de 3797 de 1979, en sus artículos 2 y 3 delega en el CEDEGE la regulación del uso, aprovechamiento y calidad del agua en la Cuenca del Guayas y la Península de Santa Elena. Por lo tanto, es necesario, concluir que el CEDEGE puede proceder a preparar el reglamento sugerido.

