

FACULTAD DE GEOLOGIA
DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGIA
E INGENIERIA GEOLOGICA

TRABAJO DE DIPLOMA

ANALISIS PRELIMINAR DE LAS CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS
DE LA CUENCA DEL CAUTO EN LA PROVINCIA GRANMA

GRADUANDOS:

PROFESORES GUIAS

Iraida Rivera Meriño *Iraida Rivera M* Ing. Eduardo Domínguez *Eduardo Domínguez*
Carlos A. Lleréns Borges *Carlos Lleréns B.* Ing. José Sanjurjo *José Sanjurjo*

JULIO 1978

AÑO DEL XI FESTIVAL

INDICE

	PAGINA
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I.Características geográficas-económicas del...	
área.	
1.1 Situacion geográfica.....	5
1.2 Orohidrografía.....	5
1.3 Condiciones climáticas y vegetación.....	6
1.4 Economía de la región.....	9
CAPITULO II.Características geológicas del área de tra__	
bajo.	
2.1 Breve reseña histórica de los trabajos---	
realizados.....	11
2.2 Estratigrafía.....	12
2.2.3 Sedimentos del paleógeno.....	12
2.2.3.1 Formación El Cobre.....	12
2.2.3.2 Formación Charco Redondo.....	14
2.2.3.3 Formación San Luis.....	15
2.2.3.4 Oligoceno.....	16
2.2.4 Sedimentos del Neógeno.....	17
2.2.4.1 Formación Manzanillo.....	17
2.2.4.2 Formación Güines.....	18
2.2.4.3 sedimentos pliocénicos-Guaternarios..	20
2.2.5 Sedimentos Guaternarios.....	22
2.2.5.1 sedimentos palustres-Lacustres.....	22
2.2.5.2 sedimentos pluviales.....	22
2.2.5.3 sedimentos deluviales.....	23
2.2.5.4 sedimentos Eluviales.....	23

2.3 Historia del desarrollo geológico en la re-----	
gión.....	23
CAPITULO III. Condiciones Hidrogeológicas.	
3.1 Introducción.....	26
3.2 Complejo acuífero de los sedimentos vulcanóge---	
nos sedimentarios. Paleoceno-Eoceno "Fm El Cobre.	27
3.3 Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados	
Eoceno Medio.....	28
3.4 Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos--	
del Eoceno Medio superior Oligoceno.....	29
3.5 Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos--	
del Mioceno.....	30
3.6 Complejo acuífero de los sedimentos carbonata---	
dos de la "Fm Manzanillo".....	31
3.7 Complejo acuífero de los sedimentos carbonata---	
dos de la "Fm Güines".....	33
3.8 Complejo acuífero de los sedimentos aluviales---	
marinos del plioceno-Cuaternario.....	34
CAPITULO IV. Quimismo de las aguas subterráneas.....	40
CAPITULO V. Pronóstico de las reservas de aguas subterráneas.	
5.1 Introducción.....	47
5.2 Breve característica hidrogeológica de cada inter	
fluvio.....	49
5.3 Cálculo de las reservas de explotación de las----	
aguas subterráneas.....	53
CAPITULO VI. Volumen y metodología de los trabajos realizados.	60
CAPITULO VII. Conclusiones y Recomendaciones.	
7.1 Conclusiones.....	68
7.2 Recomendaciones.....	69

RESUMEN

El siguiente trabajo: "Análisis preliminar de las Condiciones Hidrogeológicas de la cuenca del Cauto en la provincia Granma tiene el objetivo de elevar el grado de conocimiento hidrogeológico en dicha área.

para ésto se realizó un Levantamiento Geológico a escala 1:100,000 además de recopilar, analizar é interpretar datos hidrogeológicos - de diferentes informes que se realizaron en distintas áreas de la provincia Granma.

Se confeccionaron varios gráficos a escala 1:100,000 por medio de los cuales se dá respuesta fundamentada a los diferentes complejos acuíferos que se encuentran en el área, sus condiciones de alimentación, descarga, composición litológica, composición química de las -- aguas subterráneas, interrelación hidráulica, mineralización, y su -- utilización en el regadío.

Además se dan las reservas de explotación pronóstico de las aguas - subterráneas presentes en el área.

para finalizar se hace un análisis crítico del trabajo, dándose las conclusiones y recomendaciones con vista a futuros trabajos.

Este trabajo consta de 69 páginas, 4 tablas y 14 anexos gráficos.

I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo, tiene como objetivo el esclarecimiento de las condiciones hidrogeológicas de la provincia granma.

por cuanto es imperioso para la economía de nuestro país la utilización de las aguas subterráneas con fines de riego, para la industria y el consumo humano. Cuestión ésta tratada en el primer Congreso del partido Comunista de Cuba, y tarea planteada para el presente quinquenio por la gran importancia de las aguas, tanto su perfciales como subterráneas, y por las grandes sequías por las que atraviesa una buena parte del mundo.

para el cumplimiento de la tarea asignada por el Departamento de Hidrogeología é Ingeniería geológica se realizó un levantamiento geológico a escala 1:100,000 en algunas partes del área -- recorriéndose durante las marchas rutas un total de 180 kms, además se recopilaron los análisis químicos de 42 pozos de observaciones del régimen, y con el procesamiento de dichos datos se confeccionaron los anexos gráficos.

Esta información fué procesada a partir del día 9 de Enero -- hasta el 30 de Abril y la confección del informe, los anexos gráficos y las tablas en su conjunto se extendió desde el 2 de Mayo -- hasta el 28 de junio del presente, constando dicho trabajo de 7 ca pítulos, 14 anexos gráficos y 4 tablas.

En el capítulo Nº1: Características Geográficas y Económicas de la región se trata sobre la situación geográfica, orohidrografía, clima, vegetación, además de la economía de la provincia.

En el capítulo Nº2, que se refiere a las características geológicas, se da una breve reseña histórica de los trabajos anteriores. Se realizó un levantamiento geológico a escala 1:100,000 con

el propósito de limitar las formaciones existentes en el área, así como se tomaron muestras para realizar análisis paleontológico a determinadas formaciones.

En el Capítulo №3: Características hidrogeológicas, se da una ligera descripción histórica de los trabajos realizados.

Se describen las principales características de los complejos acuíferos existentes en el área de trabajo, se confirma la existencia del complejo acuífero de la "Fm Güines" perteneciente al Mioceno Medio. Además se hace un análisis de los materiales gráficos para establecer dichas características hidrogeológicas.

En el Capítulo №4: Quimismo de las aguas subterráneas, se tomaron datos de análisis químicos a 42 pozos con observaciones del régimen, y con el procesamiento de éstos datos se confeccionaron los Mapas Hidrogeológicos, y el Mapa Esquemático sobre composición química y mineralización. A partir de los cuales se llegó a la conclusión sobre las características químicas de las aguas.

En el Capítulo №5: pronóstico de las reservas de las aguas subterráneas se realizó el cálculo de las reservas existentes por el método de balance, teniendo en cuenta las condiciones geológicas é hidrogeológicas existentes en el área de trabajo.

En el Capítulo №6: volumen y Metodología de los trabajos realizados, se da una descripción de la metodología empleada para la confección de los anexos gráficos, así como su volumen.

En el Capítulo №7: Conclusiones y Recomendaciones, se da una enumeración de las conclusiones a que llegaron los autores sobre las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del Cauto y se hacen algunas recomendaciones con el fin de enriquecer los trabajos futuros.

Expresamos nuestro agradecimiento a los Ingenieros Guías --

Eduardo Dominguez y José Sanjurjo, con cuya dirección se realizó -
éste trabajo.

A los Ingenieros Juan Romero y Manuel Hernández, profesores
consultantes que mantuvieron la disposición de enriquecer éste tra-
bajo con sus orientaciones y sugerencias.

Al Ingeniero Orlando Morales, al Técnico Nelson González, a
los estudiantes Arturo Casas y José Ramón Frías, los que de forma -
muy espontánea nos prestaron cooperación durante el desarrollo de
éste trabajo.

También a los compañeros del Archivo de la E.P.O.I. N° 14
de Holguín, y a todos aquellos que de una forma ú otra han contri-
buido con nuestra formación técnica.-

C A P I T U L O I

CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS-ECONOMICAS DEL AREA.

1.1 Situacion geográfica.

Ubicada en la provincia granma se encuentra el área objeto de trabajo, la cual presenta una forma aproximadamente rectangular y ocupa la parte occidental del valle del río Cauto. Limita al norte con el río Cauto, al sur con la Sierra Maestra, al este con el río Cautillo y al oeste con el golfo de Guacanayabo.

Esta área, según se muestra en las Hojas Cartográficas N°4776, N°4777, N°4876 y N°4877 del Mapa 1:100,000, reimpreso por el I.C.G.C. en el año 1969, responde a las Coordenadas Lambert N 175,000-200,000 E 450,000-535,000 y a las Coordenadas Geográficas 20°-30' - 20°-15' longitud oeste y 77°-17' - 76°-30' latitud norte, ocupando un área aproximada de 2600 kms² (Gráfico N°1).

1.2 Orohidrografía.

Esta provincia está conformada en casi toda su extensión por las regiones naturales siguientes:

La llanura del Cauto-Guacanayabo, una de las más vastas del país, a la cual divide en dos porciones, norte y sur, el río Cauto, el más largo de toda la isla y que tiene la peculiaridad de ser uno de los pocos de Cuba que corre de este a oeste en casi toda su extensión.

En su porción más occidental dicha llanura tiene por límite el Golfo de Guacanayabo, que en el vértice del ángulo que forma, presenta una extensa ciénaga litoral, a través de la cual desemboca el río Cauto.

El territorio estudiado se presenta como un ancho valle de muy

poco relieve,excediendo sólo a los 255 mts. sobre el nivel del mar, hacia el extremo sureste de la zona,y constituyendo la parte más - baja el área situada al noroeste que vá desde la desembocadura del río Cauto hasta 30 Km. río arriba (aproximadamente 5.0 mts. de altura sobre el nivel del mar).

Conformando la red.hidrográfica se presentan numerosos ríos y arroyos,con abundantes lagunas en la costa oeste,al norte de --- Manzanillo,siendo las más grandes del área: La Corona,Las Playas y Jutía. Entre los ríos se destaca el Cauto,corriendo en dirección - este-oeste con varios meandros abandonados y numerosos afluentes.

Entre los afluentes más importantes provenientes del sur,tenemos el Bayamo y el Cautillo y entre los provenientes del norte - El Salado.

Existen ríos más pequeños,con una dirección aproximada de -- Sur-sureste a norte-noroeste,que desembocan directamente en el Golfo de Guacanayabo,entre los cuales se encuentran El Buey,Mabay,Yara, Jibacoa,Limonar,Macaca,Gua y sus afluentes. Entre los arroyos más - importantes se encuentran el Cañada,Bermeja,Babatuaba,Palmas Altas, etc.

1.3 Condiciones climáticas y vegetación.

Por estar alejado de la costa norte y separado de la costa - sur por la Sierra Maestra,el valle del Cauto presenta caracterís - ticas climáticas continentales(hay amplitud en la temperatura entre los períodos de verano a invierno y entre el día y la noche) la -- cual determina que durante el verano haya excesivo calor y durante el invierno fríos intensos.

Los vientos característicos de ésta zona son los alisios del nordeste,que llegan algo debilitados al ser perturbados por el relie-

ve en su curso hacia el interior.

En ésta zona se producen entre otros tipos de lluvia convectiva, producto del ascenso de masas de aire caliente que a cierta altura se enfrían, condensándose el vapor de agua que se precipita con posterioridad a otros procesos en forma de lluvia.

Además de la lluvia convectiva, contribuyen al aumento de las precipitaciones, los ciclones, así como los nortes en época de invierno.

La dirección principal del viento es hacia el este en la parte central, más hacia el interior el régimen de brisas se deja sentir con menos intensidad.

La porción de la vertiente sur de la Sierra Maestra se caracteriza por un clima bastante seco, contribuyendo a ésto los vientos secos que bajan de la montaña Foch, así como la fuerte radiación solar que recibe.

Como consecuencia encontramos una vegetación que se ha empobrecido en numerosos puntos, a causa también de la tala a que en -- ocasiones ha sido sometida.

El clima de la región, al igual que el de toda Cuba, es de tipo tropical y está sometido a la acción de los vientos alisios del -- noreste en invierno y del este-noreste en verano. Debido a que la -- temperatura anual de Cuba varía muy poco y a que la red de estaciones meteorológicas que llevan a cabo la observación durante muchos años era muy escasa, los índices de la temperatura no abarcan un período de larga duración, a pesar de lo cual se puede dar una caracterización por los datos existentes en la Estación de Babiney, cuyas Coordenadas Lambert son N 206,500 y E 535,000.

Las temperaturas medias de mayor magnitud corresponden a los -- meses de Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto, y las temperaturas máximas

menor al resto del año (Tabla Nº 1). Además, se puede observar como las mínimas de menor magnitud corresponden a los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

Por la distribución de las precipitaciones en el año se determinan dos períodos, uno de seca y otro de lluvia. En el primero, de acuerdo con los datos registrados en los pluviómetros de Mabay, Malvango y La Bayamesa cuyas Coordenadas Lambert respectivamente son: N 188,500-E 506,000, N 190,600-E 512,100 y N 196,400-E 517,600 incluye los meses de Noviembre a Abril y el segundo de Mayo a Octubre.

Las precipitaciones se presentan de una forma intensiva, registrándose máximas en el mes de Mayo y mínimas en el mes de Diciembre (Tabla Nº 2).

El área de estudio se vé sometida a diferentes valores de evaporación media anual, así, hacia el noreste se distingue la isolínea de 2000 milímetros, cuyo valor va decreciendo hacia el sur hasta -- llegar a los 1800 milímetros. Según puede observarse, los valores de la evaporación disminuyen hacia el sur mientras el de las precipitaciones aumentan en ésta dirección, pero por carecer de datos no se puede comparar cuantitativamente.

Los valores de las precipitaciones alcanzadas hacia el centro y noreste del área están recogidas en las estaciones de Babiney, Malvango, Mabay y La Bayamesa y las mismas no exceden a los valores medios de la evaporación para la misma zona, lo que se justifica porque éstas incluyen la evaporación de las aguas superficiales -- represadas y naturales, así como la evapotranspiración.

Los cultivos del área son la caña de azúcar y el arroz, abundando también el cultivo de frutos menores y el pasto, ya que por

sus características de valle con abundantes ríos es intensa la cría de ganado vacuno, constituyendo una zona lechera de gran importancia el área circundante a la Ciudad de Bayamo.

1.4 Economía de la Región.

Al incluir la región de estudio las cualidades de Bayamo y Manzanillo, es preciso destacar cuales son los renglones económicos fundamentales de cada una.

La economía de Bayamo es principalmente agropecuaria, predominando el cultivo del arroz y el de la caña de azúcar y alcanzando gran desarrollo la ganadería. El desarrollo principal de la industria está representado por la fábrica de productos de Cerámica Roja, la fábrica de productos lácteos "Nestlé" y la pasteurizadora "El Alba", la industria Sakenaf II procesadora de la fibra de Kenaf. Además se encuentra el Central "Arquímides Colina" (antiguo Mabay).

En el área correspondiente a la Ciudad de Manzanillo, el renglón fundamental en la economía lo constituye la agricultura (caña de azúcar, arroz, planes vianderos, etc.) el complejo de queso, existe además una fábrica de calzado, una fábrica de acumuladores y una de tubos de aspersión.

La red de comunicaciones en el área de trabajo es la Carretera Central y que la une con las ciudades de Holguín y Santiago de Cuba. La carretera Bayamo-Manzanillo-Niquero y la carretera Bayamo-Tunas.

Además hay una red ferroviaria que une a Manzanillo con Bayamo, Tunas, Camaguey y Santiago de Cuba.

La provincia cuenta con un aeropuerto en la Ciudad de Manzanillo, el cual se enlaza mediante vuelos diarios con Santiago de

Cuba y Camaguey.

El auge de las comunicaciones ha sido constantemente expresado en las instalaciones de plantas radiales, construcción de vías, ampliación de la red telefónica, y la adquisición de equipos é instalación de todo tipo, lo que ha conducido a un desarrollo notable, que se manifiesta en el análisis de los distintos medios de transportación y comunicación.

C A P I T U L O I I

E S T R A T I G R A F I A .

2.1 Breve reseña histórica de los trabajos realizados.

Dentro del área de trabajo se han hecho algunas investigaciones geológicas con fines de búsqueda de yacimientos de petróleo y gas, todas realizadas por compañías extranjeras entre los años -- 1956-1959.

En dichas investigaciones se emplearon, además de los reconocimientos a gran escala, algunos métodos geofísicos tales como Gravimetría y la exploración sísmica, teniendo éstos trabajos características regionales. Además se realizaron algunas perforaciones profundas diseminadas por toda el área de trabajo, como son: Manzanillo I al este de la Ciudad de Manzanillo, Oruita I al norte-noreste de la Ciudad de Manzanillo y Embarcadero I que se encuentra en la margen izquierda del río Cauto, muy cercana al poblado de Cauto Embarcadero (Anexo N°3).

Cronológicamente se enumerarán los trabajos geológicos que se han realizado:

En el año 1944 Woodring, W.P. y Daviess, S.N. publicaron "Geology and Manganese Deposits of Guisa-Los Negros área Oriente" en el Bullitin of The United States Geological Survey N° 9356.

En el año 1950 el Dr. P. Beckwanm realizó el trabajo "Bioestratigraphic Report on Samples collected by Mt Kozary in the Bayamo -- área".

En el año 1950 G.K. Serrien realizó el trabajo "Geology of - Bayamo área".

En el año 1955 Kozary realizó el trabajo "Stratigrafic Report"

También en el año 1955 Harry Wassall "Report over the Conce -

sion Pozos Bayamo Oriente".

En el año 1973 el equipo soviético formado por Alexeev N., - Somagulov N., Popov V. y Kursij realizó el trabajo "Informe Técnico Económico del desarrollo del riego en la zona Bayamo-Manzanillo".

En el año 1975 el graduando Rolando Corratge realizó su trabajo de diploma "Evaluación hidrogeológica del interfluvio Bayamo-Mabay".

* En el año 1977 los graduandos Nalia Escalona y Manuel Hernández, realizaron su trabajo de diploma "Análisis preliminar de las condiciones hidrogeológicas en gran parte de la provincia Granma".

Clifford L. Bunc y G.K. Serrien realizaron el trabajo "Estratigrafía de la porción occidental del valle del Cauto".

2.2 Estratigrafía.

Dentro del área de trabajo las rocas más antiguas afloradas son las del paleógeno inferior (Pg_1) y se encuentran en la parte -- sur y sureste de la región y además ellas han sido cortadas a diferentes profundidades por los pozos Embarcadero I, Oruita I y Manzanillo I (Anexo №3).

2.2.3 Sistema Paleógeno.

Estas rocas del paleógeno están representadas por las facies vulcanógena sedimentaria y las facies carbonatadas terrígenas, las rocas vulcanógenas sedimentarias están representadas en el área -- por la "Fm El Cobre" ($Pg_1-Pg_2^2$) y las rocas carbonatadas por la "Fm Charco Redondo" (Pg_2^2) y las rocas terrígenas por la "Fm San Luis (Pg_2^{2-3})".

2.2.3.1 Formación El Cobre ($Pg_1 - Pg_2^2$).

La Formación El Cobre fué definida por Taber en 1931, siendo su localidad tipo el poblado El Cobre. Ella tiene una amplia distribución geográfica en la antigua provincia de Oriente, en el área

de trabajo fúé posible mapearla en la parte sur-este, en el poblado de Guisa y además en la porción sur en el poblado de Bueycito, además existe evidencia de ella en los cortes hechos en los Pozos - Manzanillo I, en el intervalo (1618-2019)mts. de profundidad, en el Embarcadero I, en el intervalo (2290-2563)mts. de profundidad y en el Oruita I, en el intervalo (1966-2214)mts. de profundidad.

X Dentro de la Litología presente se hallan rocas como - aglomerados de materiales andesíticos los cuales presentan colores rojizos y negruscos, material tobáceo de diferentes colores y densidad, existen pequeñas proporciones de caliza tobácea y lavas volcánicas.

Por el Levantamiento realizado se pudo precisar hasta - donde se extendía la Formación El Cobre (Gráfico N° 3) por lo que podemos decir que éstos sedimentos no afloran en el lugar precisado por el Mapa de Yacimientos Minerales de Cuba a escala 1:500,000 que fija su límite a unos 7 ó 8 km. al sur-sureste de la Ciudad de Bayamo y tampoco presenta la forma expuesta en el Mapa Esquemático 1:100,000 dado por los graduandos Nalia Escalona y Manuel Hernández en su trabajo de diploma "Análisis Preliminar de las condiciones Hidrogeológicas de gran parte de la Provincia Granma", pues como se observa, sus contornos son irregulares y afloran a unos 14-16 km. al sur-sureste de la Ciudad de Bayamo. Además en el area planteada inicialmente no aparecen sedimentos de ésta Fm en los pozos N° 72, N° 78, N° 79, N° 82 y N° 83, corroborando su ausencia en dicho lugar (gráfico N° 8).

Según el libro de Formaciones Geológicas de Cuba de P. Bermudez, la fauna que contiene ésta Fm son las siguientes:

Discocyclina Crassa (Cushman)

Discocyclina Cubensis (Cushman)

Asterocyclina Subtaremelli (Cushman)

Sulcopercyclina Dickersoni (Palmer)

Truncorotalia Velascoensi (Cushman)

Truncorotalia Aragonensis (Nuttall)

Otros foraminíferos, radiolarios y fragmentos de rudistas.

2.2.3.2 Formación Charco Redondo (Pg₂²).

La Formación Charco Redondo fué definida por Woodring y Davies en 1944, siendo su localidad tipo el poblado de Charco Redondo. Ella descansa concordantemente sobre la "Fm El Cobre" y aflora al sur y sureste del área de trabajo, también ha sido cortada por los Pozos Manzanillo I, en los intervalos (695-1018) mts. el Embarcadero I, en el intervalo (1934-2290) metros y Oruita I en los intervalos comprendidos entre (1869-1966) metros de profundidad.

X La litología de ésta formación son las rocas carbonatadas entre ellas se pudo mapear: calizas, calizas margosas, margas y calcarenitas. Estas rocas se presentan en el área de diferentes formas y colores, en ocasiones masiva, estando éstas presentes en la porción sur del área, en las márgenes del río Bayamo aparece la topografía cársica, presentándose rugosa y que se conoce vulgarmente como "diente de perro", el color es blanco crema, para la parte oeste éstas rocas aparecen con una buena estratificación y las capas presentan variación en el espesor, entre 50 cms. hasta llegar a 1-1.5 metros, también la estratificación se puede notar más al norte de la zona de trabajo, éstas rocas se presentan agrietadas en su mayor parte y su buzamiento es de (20-30°) con dirección norte.

Podemos decir que el límite de éstas rocas es variable, -

hacia la porción sureste alcanza de (13-15) Km. y hacia la por --
ción sur puede alcanzar hasta 16 Km. al sur de la Ciudad de Baya-
mo, es decir, más al sur de los límites precisados en el Mapa de Ya-
cimientos Minerales de Cuba a escala 1:500,000 (Gráfico Nº3).

Diremos que la configuración de ellas no coincide tam-
co con el Mapa Esquemático 1:100,000 expuesto anteriormente, más --
bien ellas presentan formas de coronas al contacto con la "Fm El -
Cobre en la porción sureste de la región y cerca del poblado de --
guisa, no siendo así en la localidad de Bueycito. Al oeste del po-
blado de Santa Bárbara no se halló el contacto con la Formación --
El Cobre de éstos sedimentos.

Según el libro Formaciones geológicas de Cuba de P. Ber-
múdez, Woodring y Davies, mencionaron como formas típicas de la "Fm
Charco Redondo" las siguientes especies:

- Dictyoconus Americanus (Cushman)
- Lepidocyclina pustulosa (Douvillé)
- Discocyclina Grassa (Cushman)
- Discocyclina perkinsi (Vanghan)
- Discocyclina Asterica (Guppy)
- Operculinoides (Keijzer)

La microfauna de foraminíferos pequeños es muy rica y variada.

2.2.3.3 Formación San Luis (Pg²⁻³₂)

La Formación San Luis fué definida por Taber en el año -
1931, estando la localidad tipo en las cercanías de San Luis.
Esta descansa concordantemente sobre la "Fm Charco Redondo" y --
aflora al sur-sureste del área de trabajo, siendo cortada por el -
Pozo Embarcadero I a los 1722 metros de profundidad. Los aflora -
mientos de dichas rocas se encuentran situados hacia el norte del

arroyo Cupeinicú, norte de La Caridad, al norte del camino Tíñima-San Antonio (Anexo N°3).

Su litología la componen, margas, arcillas calcáreas que poseen una alta plasticidad, la potencia que posee la formación no sobrepasa los 1000 metros, disminuyendo en dirección norte y oeste hasta alcanzar los 100 metros.

Según análisis preliminar de las condiciones hidrogeológicas de gran parte de la provincia Granma, dicha formación puede presentar sus límites muy variables, extendiéndose hacia el norte en algunos casos y disminuyendo hacia el sur en otros.

Según el libro "Formaciones geológicas de Cuba" de P. Bermúdez, Woodring y Davies, reportaron los siguientes fósiles:

Lepidocyclina pustulosa (Douvillé)

Lepidocyclina pustulosa (Douvillé) var *Tobleri* (Douvillé)

Y otros foraminíferos pequeños.

2.2.3.4 Oligoceno (Pg₃)

Estos sedimentos no se encuentran agrupados en unidades litoestratigráficas y afloran al sur del área de trabajo, según el Mapa de Yacimientos Minerales de Cuba escala 1:500,000, además han sido cortados por los pozos Gruita I, Manzanillo I y Embarcadero I. La presencia en éstos de una fauna abundante ha permitido la división de éstos en tres grupos, que son:

Oligoceno inferior (Pg₃¹). Representados éstos por las facies terrígenas y carbonatadas, entre ellas tenemos aleurolitas - arcillas argilíticas, calizas, margas y areniscas. Estos sedimentos aparecen en el pozo Gruita I con una potencia de 500 metros, al -- igual que el Embarcadero I, y con 76 metros en el Manzanillo I.

Oligoceno medio (Pg₃²). Estos sedimentos se encuentran representados por calizas de distintas densidades, aleurolitas com-

pactas y poco compactas, frecuentemente margosas y areniscas finamente estratificadas. También son cortados éstos sedimentos por los pozos Gruita I y Manzanillo I.

Oligoceno superior (pg_3^3). Estos se hallan cubiertos por sedimentos más jóvenes, ellos se encuentran representados principalmente por aleurolitas calcáreas con intercalaciones de margas, areniscas y calizas.

2.2.4 Sedimentos del Neógeno (N). *

Estas rocas afloran al suroeste del área de trabajo y la componen calizas, margas, areniscas calcáreas y aleurolitas en menor proporción. En ella tendremos las rocas del Mioceno (N_1) y las del Plioceno (N_2), las primeras están representadas en el área por la Formación Manzanillo y la Formación guines, los segundos no se encuentran bien datados.

2.2.4.1 Formación Manzanillo (N_1). *

La Formación Manzanillo fué definida por Taber en 1934, siendo la localidad tipo una cantera situada al este-sureste de la Ciudad de Manzanillo.

Esta aflora en la parte oeste de la zona de trabajo a lo largo de la costa por toda la península de Cabo Cruz, con elevaciones litorales de 180-200 metros. La componen rocas tales como margas calcáreas de color amarillo a gris claro, calizas de color rosado y algunas carsificadas y calizas organógenas, las que se transforman en tierras rojas bajo condiciones de intemperismo intenso.

Sobre los sedimentos del Oligoceno (pg_3) yacen calizas cristalinas, calizas margosas, calizas arenosas y margas en las partes adyacentes a la Ciudad de Manzanillo. Al sureste y noreste de la Ciudad de Manzanillo no se encuentran hasta los 50 metros de

profundidad. En el pozo Gruita I éstas calizas miocénicas alcan-
zan una potencia de 500 metros. En las calas hacia las direcciones
sureste y noreste de la ciudad de Manzanillo existen cambios brus-
cos de facies, sustituyéndose las calizas por aleurolitas abigarra-
das con intercalaciones de areniscas y luego por capas interestra-
tificadas de areniscas, lutitas y margas.

Según el libro "Formaciones geológicas de Cuba" de P. Ber-
múdez, plantea que Taber recogió fósiles procedentes de ésta Forma-
ción, los cuales fueron identificados por W.C. Mansfield, lo que in-
dica la presencia de especies como moluscos y equinodermos.

2.2.4.2 Formación Güines (N₁).

Fue definida por Humboldt, su localidad tipo no ha sido -
designada con exactitud, pero es probable que ésta se halle en las
capas al sur de Güines.

Litológicamente ésta formación está compuesta por cali-
zas duras, blanca, ó rosada muy cársica, en algunos lugares las ca-
lizas son muy resistentes a los procesos de erosión formando co-
linas. Ella se encuentra extendida por toda la Isla y es fácil de
reconocer, ya que al intemperizarse forma tierras rojas, las cuales
son ricas en hierro y favorables para el cultivo.

La descripción se tomó del libro "Formaciones geológicas
de Cuba" de P. Bermúdez, para plantear que los sedimentos aflorados
en la colina La Candelaria y sus alrededores, al sur-suroeste de la
ciudad de Bayamo, son testigos de la "Fm Güines" por su similitud -
con éstos, además, se recogieron muestras de éstas rocas haciéndose
un análisis paleontológico que arroja una edad Mioceno medio y mi-
crofósiles pertenecientes a los ostrácodos, como:

Trachyleberidea Hammidentata (V.d.Bold)

Bairdia Aff. Oblongata (V.d. Bold)

Bairdia Sp. Juu

Krithe Sp.

Globigerinoides Quadrilobatus Trilobus

Globorotalia Ct. Mayeri

Globigerina Sp.

Globorotalia Sp.

Planulina Sp.

Uvigerina Sp.

Siphonina Sp.

Otros foraminíferos bentónicos pequeños.

Todos ellos característicos de aguas poco profundas de la plataforma insular.

Las rocas en que se hallan están representadas por calizas fosilíferas que, producto de la meteorización forman tierras -- roja ricas en hierro y existiendo indicios que en profundidad sean cavernosas y descansen sobre los sedimentos del oligoceno anteriormente descrito.

Al igual que el informe "Análisis preliminar de las Condiciones Hidrogeológicas en gran parte de la provincia Granma", no estamos entonces de acuerdo con la "Fm Candelaria" propuesta por el Ing. Rolando Corratge en su trabajo de grado.

La limitación de la formación se realizó con el Levantamiento Geológico escala 1:100,000, pues no aparecen en el Mapa Geológico de Cuba escala 1:1,000,000 confeccionado por Nuñez Jiménez, Bogtyrev A.S., Novojatski J.R., Judoley S.M. en 1962, ni en el Mapa Geológico Esquemático 1:250,000 realizado por Alexeev, Somagulov, D. Popov V. y Kunsij Y. en 1972.

2.2.4.3 Sedimentos pliocénicos-Cuaternario (N₂-Q).

Estos sedimentos, según el I.T.E. para el desarrollo del riego en la zona Bayamo-Manzanillo, el cual atendió la composición litológica de las rocas y el carácter de la capa, son de origen mixto, es decir, aluviales y marinos, explicándose esto por el hundimiento gradual del valle actual del río Cauto que trajo como consecuencia la acumulación tanto de los sedimentos arcillosos marinos como areno-gravoso fluviales (de delta). También se acumuló material anguloso y fragmentos en las arcillas, lo que hace pensar en la influencia de procesos deluviales-proluviales en la cuenca de posición.

En cuanto a la edad de la capa plioceno-Cuaternario (N₂-Q) ésta no está bien establecida, pues aunque la parte superior del corte pertenece al sistema Cuaternario, la parte inferior podría incluirse en los sedimentos del Neógeno, ya que su piso no presenta mucha diferencia con el Mioceno (N₁).

La capa mencionada fué encontrada en los pozos N°117, N°118 y N° 95, situados en la margen izquierda del río Cauto, en los pozos N°16, N°33 y N°24 al oeste del río Bayamo, en los pozos N°39, N°47 y N°44 en el sur del valle del río Cauto, y en los pozos N°161, N°72 y N°162 en las estribaciones de la Sierra Maestra. Fuera de ésta región no se ha podido determinar con precisión el área de desarrollo de éstos sedimentos, pero por algunos índices geomorfológicos y geológicos se supone que existen capas potentes de éstos sedimentos en la margen derecha del río Cauto y en la porción oriental de la ciudad de Bayamo, hasta la desembocadura del río Cautillo, disminuyendo bruscamente hacia el sur y oeste. En la parte superior del corte, generalmente aparece un paquete de arcillas

cármelita claro, la cual es muy plástica y en ocasiones arenosa y - } no
 cuya potencia es de 8-10 metros, formando una cubierta continua en
 toda la depresión del cauto. Seguidamente aparece una interestrati-
 ficación de arcillas y arenas, las cuales presentan una variabili-
 dad anormal (0.5-1.5) metros, siendo más característico en el curso
 medio del río Bayamo.

Estas arcillas se presentan muy variables, tanto en sus -
 colores como en sus características propias. Así tenemos arcillas
 de color crema claro con manchas verdes y que poseen una alta plás-
 ticidad, otras tienen manchas de material carbonatado. Estas arci-
 llas se encuentran formando intercalaciones ó lentes de potencia -
 (0.5-1.0) metros entre las arenas, así como en forma de paquetes de
 (8.0-12.0) metros de espesor.

En éstas intercalaciones también se pueden encontrar gra-
 vas dispersas, guijarros y gravillas angulosas.

Las arenas presentan igualmente distintas variedades li-
 tológicas, entre ellas encontraremos arenas de grano grueso, medio y
 fino. Las primeras se pueden hallar en el curso del río Bayamo y -
 las últimas en la parte restante del territorio, las cuales a menu-
 do transicionan a arcillas arenosas. La potencia que presentan és-
 tos sedimentos es variable, generalmente (4-8) metros, pero existen -
 zonas donde alcanzan hasta 20 metros, coincidiendo éstas con aque-
 llos lugares donde existen cambios faciales bruscos.

El espesor total de los depósitos de sedimentos alu-
 viales-marinos, en las calas alcanza los 90 mts. aproximadamente, -
 (pozo N° 118). Existe una zona donde no está aclarada ésta litolo-
 gía, que es la margen izquierda del río cauto y su delta. Este cor-
 te, según algunos informes, está representado por arcillas marinas -

algo compactas, las cuales presentan lentes de arenas é intercalaciones de diferente composición.

por último diremos que éstos sedimentos del plioceno--- Cuaternario (N_2-Q), se encuentran muy extendidos en la zona de trabajo, ocupando alrededor del 90% de ella, pero por carecer de un alto grado de estudio no se han podido limitar en los mapas, ni tampoco dar una extensión de sus facies más características.

2.2.5 Sedimentos Cuaternarios (Q). *Francisco*

Ellos se representan por diferentes variedades genéticas: aluviales, eluviales, deluviales y palustre-lacustre. Estos aparecen en proporciones insignificantes en el área de trabajo, por lo que no se precisa su extensión en los mapas. Tampoco por sus edades pueden ser sub-divididas, ya que carecen de fósiles tanto de la fauna como de la flora y su división sólo podría realizarse siguiendo los índices geomorfológicos.

2.2.5.1 Sedimentos palustres-lacustres.

Estos aparecen en la parte noroeste del área de trabajo, se encuentran bastante extendidos en la desembocadura de los ríos - al Golfo de Guacanayabo y en la parte baja del río Cauto. El grado de estudio de éstos sedimentos es muy poco, sin embargo sus límites se encuentran bien definidos.

Litológicamente están compuestos por turbas, arcillas y limos.

2.2.5.2 Sedimentos Fluviales.

Los sedimentos fluviales en el área se desarrollan en los ríos más caudalosos de ella, así tenemos al río Cauto, el Bayamo, el Buey del Yag y Bueycito. Estos sedimentos se van a localizar en sus terrazas y en los estrechos rectos de las cuatro terrazas - - -

del cauce de los ríos Bayamo y Gauto.

Litológicamente están representados por arenas arcillosas con intercalaciones de gravas, arcillas arenosas y su potencia máxima es de (10.0-15.0) metros.

2.2.5.3 Sedimentos deluviales.

Los sedimentos deluviales no se presentan en forma continua a través del cauce, ellos se encuentran muy localizados, es decir, en algunos tramos y situados en el pie de los taludes, litológicamente están formados los sedimentos arcillosos con intercalaciones de gravas de diferentes tamaños, su potencia oscila en una gran escala de (2.0-10.0) metros.

2.2.5.4 Sedimentos fluviales.

Estos sedimentos la mayoría de las veces se presentan formando capas vegetales y se desarrollan sobre rocas originarias, su extensión es bastante grande, la potencia de ellos alcanza hasta decenas de centímetros. La composición de éstos sedimentos es muy variable, dependiendo ésta de la roca que le dió origen.

2.3 Historia del desarrollo geológico en la Región.

Para el análisis de la historia del desarrollo geológico de la región se toman como base los datos del Mapa de Yacimientos Minerales a escala 1:500,000, el cual fue confeccionado por Krosnov V., Judoley S.M. y Novojatsky I. en 1963 y el Informe Técnico Económico del desarrollo de riego en la zona de Bayamo-Manzanillo, el cual fue realizado por Alexeev N., Somagulov D., Popov V. y Kursij Y. en 1972.

Durante el paleoceno en la provincia granma se sucedieron movimientos descendentes acumulándose en la cuenca material -

vulcanógeno, compuesto por lavas eruptivas de composición media y básica, ocurriendo la erupción bajo la superficie del agua.

En la zona del gauto existía un mar abierto, depositándose en la cuenca sedimentos vulcanógenos y terrígenos.

En el paleoceno temprano é inicio del Eoceno, ocurren los procesos de plegamiento y elevación de la corteza terrestre, transformándose parte de la cuenca en una tierra firme. Durante el Eoceno medio (Pg_2^2) se va a producir la más intensa fase de plegamiento -- que va a ser la orogénesis cubana.

Todos éstos procesos disyuntivos y plicativos van a afectar toda el área, tanto las depresiones como las tierras que habían emergido. Acompañado con éstos movimientos van a estar relacionados -- los cuerpos intrusivos de composición básica y media, ocurriendo -- finalmente movimientos ascendentes.

A finales del Eoceno medio (Pg_2^2) empezaron a manifestarse nuevos movimientos de subsidencia, lo que viene acompañado con la entrada del mar a la cuenca, pero sin ocupar éste gran profundidad, -- trayendo como consecuencia que sólo se acumularan sedimentos carbonatados con material arcilloso y arenoso.

Durante el Oligoceno (Pg_3), continúa la subsidencia de la cuenca, acumulándose más material arcilloso y carbonatado, ocupando el material clástico grueso, las partes de las tierras emergidas.

En el Mioceno inferior (N_1) el material que se acumula es calcáreo y terrígeno, estando éstos representados por margas calizas, -- areniscas y lutitas, llegando ellos a tener un espesor de 1000 mts. por lo que se aprecia en el pozo Embarcadero I (Gráfico No 3).

Durante el Mioceno medio (N_1^2) se produjeron levantamientos, los cuales no influyeron demasiado en cuanto a las dislocaciones de --

las rocas y formaron pequeñas elevaciones.

En el plioceno-guaternario (N₂-Q) aunque se puede evidenciar la existencia de movimientos de ascensos y descensos de la corteza terrestre y la acumulación de sedimentos en condiciones continentales y marinas, la historia de su desarrollo geológico no está clara.

Entre los sedimentos de origen aluvial podemos encontrar gravas y guijarros y entre los de origen marino las arcillas montmorilloníticas.

Durante el guaternario tardío no se produjeron movimientos tectónicos estando éstos sedimentos representados por varios tipos - genéticos, predominando los depósitos eluviales.

C A P I T U L O I I I

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS.

3.1 Introducción.

Con el fin de describir las condiciones hidrogeológicas del -- área de trabajo se realizó un estudio conjunto de todos los mate -- riales gráficos confeccionados sobre el área de estudio que abar -- ca 2600 km² correspondiendo éstos a gran parte de la Provincia --- Granma.

Además de la base planteada anteriormente para el análisis de -- las condiciones hidrogeológicas, los autores de éste trabajo se apo -- yaran en el informe realizado en 1977, "Análisis preliminar de las -- condiciones hidrogeológicas de la mayor parte de la Provincia Gran -- ma" realizado a escala 1:100,000 y que corresponde al área anterior -- mente mencionada.

Lo anteriormente planteado se toma como base para tratar de dar un mayor detalle sobre las condiciones hidrogeológicas del área de -- estudio que constituye el objetivo principal de éste capítulo..

Para la confección del Mapa Hidrogeológico se tomaron datos de -- observaciones del régimen de las aguas subterráneas y se realizó un -- levantamiento a escala 1:100,000 que refleja con mayor exactitud --- las limitaciones entre los diferentes complejos acuíferos. Por consi -- guiente los autores de éste informe plantean la existencia de 7 com -- plejos acuíferos, coincidiendo con los autores del informe (Nº 8)

Estos complejos acuíferos son los siguientes:.

- Complejo acuífero de las rocas vulcanógenas sedimentarias del Palzo -- ceno-Eoceno (Pg₁ - Pg₂²)
- Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados del Eoceno medio (Pg₂²)
- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Eoceno-Oligoceno -- (Pg₂²⁻³ - Pg₃) ?

- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Mioceno (N_1) -
- Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Manzanillo"
- Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Güines"
- Complejo acuífero de los sedimentos aluviales-marinos del Plioceno - Cuaternario ($N_2 - Q$)

Debido a que éstos acuíferos presentan un grado de estudio bajo ha sido necesario denominarlos con el término complejo, siendo -- imposible dividirlos en horizontes.

3.2 Complejo acuífero de los sedimentos vulcanógenos sedimentarios Paliocono-Eoceno "Fm El Cobre"

Este complejo acuífero está localmente desarrollado al sur-sureste del área de trabajo en la región "pre-montañosa". Las aguas --- subterráneas son del tipo de estrato fisural con un comportamiento - freático.

Entre las rocas acuíferas tenemos tobas, aglomerados tobáceos, - areniscas tobáceas y lava volcánica.

La acuosidad de éstas rocas depende del grado de agrietamiento a que se vean sometidas éstas, los coeficientes de filtración osci - lan entre 1-3 metros por día.

Como puede observarse en los Mapas Hidrogeológicos las aguas de éste complejo mantienen interrelación hidráulica con las aguas - superficiales representadas por una densa red de ríos y arroyos --- (Gráficos N° 9 y N° 10)

La alimentación de éste acuífero se produce por la infiltra - ción de las aguas superficiales, siendo frecuentes y muy abundantes - las precipitaciones en ésta zona.

La descarga se produce principalmente hacia el complejo acuí -

fero carbonatado del Eoceno medio (Pg_2^2) con un gradiente hidráulico que oscila entre 0.0038-0.0010, en épocas de estiaje la descarga se produce hacia los ríos.

Del análisis del Mapa Esquemático de mineralización y composición química se observa que la mineralización es de 1.0 g/l y las aguas corresponden al tipo hidrocarbonatada clorurada magnesiana - (Gráfico N° 11)

La profundidad de las aguas subterráneas depende del relieve, siendo los valores 10-20 mts. en las cotas más elevadas, mientras que en el descenso del relieve la profundidad de yacencia es 5-10 mts. En ambos casos las aguas subterráneas se encuentran muy relacionadas con la corteza de meteorización, esto se muestra en los perfiles geologo-hidrogeológicos confeccionados (Gráficos N°4, N°5 - N°6 y N°7)

3.3 Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados Eoceno medio- "Fm Charco Redondo". *trayer - **

Está localizado al sur-sureste del área de estudios, siendo su comportamiento freático para toda el área ya que no se detectaron presiones locales en ninguno de los pozos.

Las rocas de éste complejo acuífero se encuentran representadas por calizas muy agrietadas, calizas cársticas y calizas estratificadas muy acuíferas, con un coeficiente de filtración que oscila entre 10-30 mts. por día.

Según se observa en el Mapa Hidrogeológico el complejo acuífero mantiene interrelación hidráulica directa con las aguas superficiales alimentándose principalmente en épocas de lluvia por la infiltración, y parcialmente por la filtración de las aguas subterráneas contenidas en el complejo acuífero vulcanógeno sedimentario de la "Fm El Cobre" el cual se encuentra topográficamente en

cotas más elevadas (Gráficos Nº 9 y Nº 10)

La descarga se produce principalmente al complejo acuífero del plioceno-Guaternario con un gradiente que oscila entre 0.009-0.00-25 y parcialmente a los ríos Bayamo, Guisa y Cautillo en épocas de seca (estiaje)

Del análisis del Mapa Esquemático sobre la mineralización y -- composición química, se aprecia que la mineralización oscila entre 0-1.0 g/l y las aguas presentan una composición de hidrocarbonatadas cloruradas sódicas y cloruradas hidrocarbonatadas sódicas.

Según se observa en el Mapa de profundidad de yacencia, en las cotas más elevadas las aguas yacen entre 10-20 mts. y en las cotas menores oscila entre 5-10 mts. (Gráfico Nº 14)

3.4 Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Eoceno medio superior-Oligoceno.

Este complejo acuífero está localizado al sur del área de estudio, al noroeste del poblado de Bueycito.

Las rocas acuíferas están constituidas por calizas, calizas arcillosas y areniscas cuya potencia oscila entre 120-250 mts. según el informe (Nº 1) aunque en el levantamiento se observó que sólo -- afloraban varios metros, con un coeficiente de filtración que oscila entre 1-5 metros por día.

Por los Mapas Hidrogeológicos se puede observar que las aguas subterráneas de dicho complejo acuífero tienen interrelación directa con las aguas superficiales principalmente con el río Buey a -- quien alimentan en épocas de estiaje, y del cual se alimentan en -- épocas de lluvia. Además éste complejo acuífero es alimentado por los horizontes acuíferos que están topográficamente situados en -- cotas más elevadas, por medio de la filtración. (Gráficos Nº 9 y Nº 10)

El drenaje de dicho complejo se produce tanto hacia los ríos como hacia el complejo acuífero plioceno-Guaternario situado topográficamente más bajo, oscilando su gradiente hidráulico entre 0.025-0.010.

En éste acuífero cabe la posibilidad de que existan aguas de grietas filóneas, producto de que éstos sedimentos son cortados por un sistema de fallas con dirección noroeste, pero por el poco grado de estudio con que se cuenta, no es posible hacer un comentario más amplio al respecto.

Del análisis del Mapa Esquemático, sobre la mineralización y composición química, tenemos que la mineralización oscila entre 0.6-1.0 g/l (gráfico Nº 11)

La composición química de dicho complejo no se pudo determinar por la carencia de datos en el trabajo, pues éste informe sólo atendió pozos con observaciones del régimen.

Por el Mapa de profundidad de yacencia se puede observar que la yacencia de las aguas subterráneas contenidas en los sedimentos situados en las cotas topográficas más elevadas es de 10-20 mts. de profundidad, mientras que donde el relieve es más bajo yacen entre 5-10 mts.

3.5 Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Mioceno(N₁)

Este complejo acuífero no se ha encontrado aflorando en el área de estudio, pero si se ha determinado su existencia en el pozo Nº 118 donde fueron cortadas a una profundidad de 95 mts. y con una potencia de 6 mts. unas areniscas del Mioceno(N₁) por tanto ellos se encuentran bordeando por el este a los sedimentos carbonatados del Mioceno(N₁) extendiéndose hasta la margen izquierda del río Bayamo, según el informe (Nº 2)

Las rocas acuíferas de dicho complejo se encuentran compuestas-

por areniscas calcáreas poco cimentadas, margas y arenas con gravas.

Este complejo como se dijo anteriormente ha sido cubierto - por una gran potencia de sedimentos del plioceno-Guaternario la cual tiene un espesor variable y está constituido por rocas poco permeables, esto impide que la alimentación del acuífero ocurra fundamentalmente por la infiltración de las aguas superficiales, por lo que su alimentación ocurre a través de las aguas que provienen de los complejos acuíferos carbonatados del Mioceno y del complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Eoceno medio superior-Oligoceno, los cuales topográficamente se encuentran en una cota más elevada (Gráficos N° 9 y N° 10)

Por su composición química, las aguas son cloruradas hidrocarbonatadas sódicas y cloruradas sulfatadas sódicas. La mineralización oscila entre 0.5-1.0 g/l.

3.6 Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Manzanillo".

Este complejo se encuentra localizado en la parte suroeste del área de estudio, yaciendo directamente sobre los sedimentos del Oligoceno (Pg₃).

En ésta Formación se pueden apreciar tres facies predominantes: una facies arcillosa, una facies arenosa y otra facies cristalina.

Las rocas acuíferas están constituidas por calizas arenosas y calizas cristalinas algo cársicas cuyo coeficiente de filtración oscila entre 3-5 mts/día. Estas rocas acuíferas presentan una distribución y potencia variable (210 metros).

La mayor parte del acuífero se comporta como freático debido a que no se manifiestan presiones en los pozos, aunque en los pozos --

Nº 185,204 y 197 que se encuentran situados en la periferia, se manifiestan presiones locales que oscilan entre 2-19 metros.

No se deba excluir la posibilidad de que el acuífero esté representado por un horizonte superior y un horizonte inferior con un comportamiento artesiano, pero la insuficiencia en los datos -- que presentan algunos trabajos realizados y la carencia de información no permiten dividir dicho complejo.

El lecho impermeable del complejo acuífero está formado por margas y lutitas que corresponden al Mioceno inferior (N_1) mostradas en el pozo Manzanillo 1 y Oruita 1, los cuales fueron tomados como pozos estructurales al describir éstos sedimentos.

La alimentación fundamental para éste complejo son las precipitaciones atmosféricas, realizándose la infiltración de éstos a través de la red de grietas y cavidades desarrolladas en la superficie.

El drenaje es, fundamentalmente, hacia el Golfo de Guacanayabo con un gradiente que oscila entre 0.004-0.005 y parcialmente hacia el complejo acuífero terrígeno del Mioceno y el complejo acuífero del plioceno-Cuaternario (N_2-Q) con un gradiente que oscila entre 0.003-0.004 (gráficos Nº 9 y Nº 10)

La mineralización de las aguas subterráneas de éste complejo acuífero oscila entre 0.9-1.0 g/l. Observándose que debido a los gradientes sumamente elevados, porque el acuífero descarga al mar, no existe intrusión salina en dicho acuífero.

Por su composición química las aguas se pueden clasificar como cloruradas hidrocarbonatadas magnesianas, a lo largo de la costa (Gráfico Nº 11).

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas de éste --

050
perfil III

0-3
5-10
720

complejo acuífero es muy variable debido a que ésta depende del relieve, siendo la profundidad de yacencia de 20 mts. en la cota topográfica más elevada, la que disminuye progresivamente hacia la periferia, alcanzando cerca de la costa, valores que fluctúan entre 0-3 metros.

3.7 Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Güines (N₁)"

Estos sedimentos carbonatados están localizados en la loma "La Candelaria" al sur-suroeste de la ciudad de Bayamo.

Estos sedimentos aparecen señalados en el Mapa Esquemático --- 1:100,000 realizado en 1977 en el informe (Nº8) donde fueron identificados como testigos de la "Fm Güines". Los autores de éste trabajo lo consideran como tal, señalándolo en el Capítulo II.

Las rocas acuíferas están constituidas por calizas cársicas agrietadas.

La descripción del acuífero, debido a la carencia de información hidrogeológica en ésta zona, ha sido establecida por analogía, desde el punto de vista litológico, así como por la presencia de rocas acuíferas pertenecientes en ésta formación, que se encuentran en otras partes de Cuba.

La alimentación del complejo se produce a expensas de las precipitaciones atmosféricas fundamentalmente y la filtración de los acuíferos precedentes situados en cotas topográficas más elevadas.

La descarga se efectúa hacia el complejo acuífero plioceno - Cuaternario situado topográficamente más bajo con un gradiente -- aproximado de 0.010.

Este complejo presenta una mineralización de 0.6 g/l y por su composición química se pueden clasificar como cloruradas hidrocarbonatadas sódicas (Gráfico Nº 11).

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas es generalmente de 10-20 mts. en las cotas topográficas más elevadas y 5-10 mts. en la parte más baja (Gráfico Nº 14).

3.8 Complejo acuífero de los sedimentos aluviales-marinos del Plioceno-Cuaternario.

Este complejo acuífero es el más extendido de toda la región, abarcando aproximadamente el 90% del área de estudio. Coincidiendo con las capas de sedimentos friables de un amplio valle acumulativo.

Los sedimentos que constituyen éste complejo acuífero están representados por intercalaciones y lentes de arena de diferente granulometría y arenas arcillosas con inclusiones de gravas y guijarros, los cuales tienen una potencia y extensión variable y yacen entre las arcillas y arcillas arenosas que son capas poco permeables.

Este complejo acuífero presenta un comportamiento freático, estando las capas acuíferas generalmente relacionadas entre sí, hecho que se comprueba por los valores cercanos de los niveles estáticos en los pozos.

Los pozos Nº 129, 125, 102 y 86 tienen presiones locales cuyos valores oscilan entre 2-5 mts. (Gráfico Nº 8)

Por la elaboración de los datos existentes de las columnas litológicas y la interpretación de los gráficos obtenidos, se observa que la potencia de éstos sedimentos es variable, siendo mínima hacia el sur y máxima hacia el norte, las variaciones de este a oeste no se pueden precisar por la carencia de datos.

Señalándose una potencia máxima de 90 mts. en la margen izquierda del río Cauto, según se puede apreciar en los perfiles geológicos - hidrogeológicos.

De acuerdo con los gráficos confeccionados se observa que en la mayor parte de la región las rocas acuíferas están cubiertas por una

capa de arcilla y arcilla arenosa la cual presenta una potencia de 5-10 mts. la que en ocasiones puede aumentar. Esta capa, como es de suponer, produce un retardamiento en la infiltración de las aguas superficiales por la baja permeabilidad que dichos sedimentos presentan.

Esto además se ve reflejado por la no correspondencia existente entre los máximos de las precipitaciones y el nivel de las aguas subterráneas, explicando esto también que no se manifiesten diferencias notables en las hidroisohipsas confeccionadas para el período de seca y el período de lluvia en la mayor parte del complejo (Gráficos N°2, N°9 y N°10).

Sin embargo existen zonas donde hay pozos que presentan en la capa superior un predominio de la facie arenosa como es el caso de los pozos N°32, 31, 29 y 28, los cuales pueden tener una potencia entre 7 y 29 mts. caracterizándose entonces ésta zona por una interrelación directa entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas, apreciándose esto en los Mapas de Hidroisohipsas. Además por la carencia de datos sobre las observaciones del régimen de dichos pozos no se pudo obtener un gráfico que conjuga a éstos con las precipitaciones atmosféricas.

→ Como es natural dicha zona constituye un medio fundamental para la alimentación del acuífero por vía de la infiltración.

→ Como lecho impermeable del complejo acuífero se adopta una capa de color abigarrado (verde azulado) de aleurolitas y margas del Mioceno, la cual yace a una profundidad de 20 mts. hacia la parte central, alcanzando su máxima profundidad hacia la margen izquierda del río - Cauto donde alcanza los 90 mts.

Además dicha capa impermeable presenta evidencias de discontinuidad, así en el extremo sureste el complejo acuífero de éstos sedimentos yace directamente sobre las rocas carbonatadas de la "Fm Charco Redondo" (Pg₂) y las areniscas de la "Fm San Luis" (Pg₂₋₃) (Gráfico N° 3).

En el extremo suroeste éstos sedimentos descansan directamente sobre los sedimentos terrígenos del Mioceno (N_1) y sobre los sedimentos carbonatados de la "Fm Manzanillo" (Gráfico N° 3).

Al sur del área los sedimentos del complejo acuífero yacen sobre los sedimentos carbonatados de la "Fm Guines" del Mioceno medio y sobre los sedimentos del Oligoceno (Pg_3).

Por todo lo dicho anteriormente se puede observar como todo el complejo acuífero del plioceno-Cuaternario yace sobre los sedimentos del Mioceno y paleógeno, los cuales poseen una alta permeabilidad dadas sus características litológicas presentes en las zonas de afloramiento, permitiendo esto que las aguas contenidas en ellas mantengan una interrelación hidráulica con las aguas superficiales, lo que conjuntamente al hecho de ocupar una posición geográfica donde son abundantes las precipitaciones atmosféricas, además que poseen cotas topográficas más elevadas se coincide con los autores del informe (N° 8) donde se plantea que la alimentación fundamental del complejo acuífero plioceno-Cuaternario ($N_2 - Q$) es producida a través de la filtración de las aguas contenidas en éstos sedimentos y parcialmente a través de la infiltración (Gráficos N° 3, N° 9 y N° 10).

La descarga de éste complejo acuífero se produce a los ríos, mar, pantanos y lagunas, con una dirección norte-noroeste.

La mineralización y composición química de estas aguas va a estar en dependencia de las condiciones de renovación de las aguas. Por lo general son características las aguas hidrocarbonatadas cloruradas sódicas y más raramente cloruradas hidrocarbonatadas sódicas, en los pozos N° 807, N° 148, N° 419 y N° 376, oscilando la mineralización entre 0.5-2.3 g/l con excepción de algunos casos donde la mineralización es de 4.8 g/l como en el pozo N° 419 (Gráfico N° 11)

+ La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas de este complejo acuífero disminuye gradualmente de sur a norte alcanzándose de 10-20 mts. de profundidad hacia el sur y de 3-5 mts. de profundidad hacia la parte norte.

Haciendo un resumen sobre las condiciones hidrogeológicas del área de estudio y analizando las condiciones hidrogeológicas del área las cuales muestran una densa red de arroyos y ríos se puede deducir que éstos no mantienen interrelación hidráulica con las aguas subterráneas en la mayor parte del territorio, esto se puede observar en las hidroisohipsas confeccionadas, tanto para épocas de lluvia como para épocas de estiaje, principalmente esto sucede a consecuencia de que las aguas superficiales corren por encima de sedimentos arcillosos que presentan un bajo coeficiente de filtración que puede oscilar entre 0.016-0.090 m/día ó aún más, los cuales pertenecen al complejo acuífero del plioceno-Cuaternario.

Esto claramente no sucede así al sur y suroeste del área donde están localizados los complejos acuíferos del Paleógeno (Pg) donde existe diferencia en el comportamiento de las hidroisohipsas, observándose una interrelación directa entre las aguas superficiales y subterráneas, es decir que los ríos Buey, Bayamo y Mabay son alimentados por las aguas subterráneas en las épocas de estiaje -- mientras que éstos alimentan a los complejos acuíferos en las épocas de lluvia. Al suroeste, como ya mencionamos se encuentra el complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Manzanillo" el cual presenta un comportamiento con características particulares que lo diferencian del resto del área. En él se puede observar una divisoria de las aguas subterráneas la cual coincide con la divisoria de las aguas superficiales, permitiendo esto que las aguas subterráneas, además de ir a parar al mar alimenten también a los ríos

Yara y Jibacoa.

En el Mapa Hidrogeológico se puede apreciar como el movimiento de las aguas subterráneas se realiza hacia el noroeste en dirección principal hacia el río Cauto, el Golfo de Guacanayabo y la zona pantanosa de éste y parcialmente hacia los ríos Buey, Bayamo y Mabay en épocas de seca y de éstos hacia los complejos acuíferos en épocas de lluvia.

X La alimentación principalmente se produce por la infiltración de las aguas superficiales y subterráneas de los complejos acuíferos aflorados en las estribaciones de la Sierra Maestra donde como se dijo anteriormente son abundantes las precipitaciones atmosféricas, pero dicho complejo aflora en su mayoría fuera del área de trabajo.

X La descarga de las aguas subterráneas se produce al río Cauto, Golfo de Guacanayabo y a la zona pantanosa de éste, tanto en épocas de lluvia como en épocas de seca, con gradientes hidráulicos que oscilan entre 0.004-0.0022 en épocas de seca y entre 0.0033-0.001 en épocas de lluvia, en las zonas más elevadas situadas al sur se realiza la descarga parcialmente a las corrientes superficiales en épocas de seca.

X Según el análisis del Mapa de profundidad de Yacencia de las aguas subterráneas se plantea que éste no responde a cada acuífero por separado sino que muestra en general a que profundidad se puede esperar la presencia del agua, de ahí su importancia práctica. De él se desprende que hacia el sureste del área los niveles están en el rango de 5-20 mts. manifestándose los máximos en las zonas con mayores cotas topográficas.

En la parte central, donde según se plantea en la descripción

del complejo acuífero de los sedimentos aluviales-marinos del plioceno-Guaternario(N₂-Q) existe un espesor de 5-10 mts. y a veces más de rocas arcillosas, las aguas subterráneas yacen a una profundidad de 10-20 mts. y más al oeste de 5-10 mts(Gráfico N° 14).

Un excepcional caso lo constituyen los altos valores que alcanza el nivel del agua subterránea en el sureste del área, lo que se puede fundamentar por la presencia de una divisoria de las aguas superficiales con cotas de 90 y 96 mts. y a la gran acuosidad de las rocas presentes que provocan una rápida descarga del acuífero (Gráfico N° 14).

Las áreas más perspectivas para la búsqueda de agua desde éste punto de vista estan localizadas hacia el oeste y localmente hacia el Norte y el centro de la zona por presentar valores del nivel de las aguas entre 0.0-3.0 mts. de profundidad; aunque se sabe que esto analizado aisladamente de la mineralización no tiene sentido práctico, pero como esto último solo representa una magnitud promedio de los complejos acuíferos, no muestra el valor real que se debía encontrar a una profundidad determinada, lo que impide dar áreas perspectivas que contemplen ambos factores.

C A P I T U L O I V

QUIMISMO DE LAS AGUAS SUBTERRANEas.

En el presente capítulo se hará una descripción de la composición química y la mineralización de las aguas subterráneas de nuestra área de estudio.

La composición química de las aguas subterráneas se ha establecido mediante la elaboración de los datos recopilados sobre Análisis químicos de los pozos existentes, con observaciones del régimen, tomados éstos, tanto en épocas de estiaje, como de lluvia y reflejados en la Tabla Nº 4.

En el área de trabajo que comprende unos 2600 Km² existen un total de 42 pozos de observaciones del régimen correspondiendo a éstos en épocas de seca un total de 225 análisis químicos y en épocas de lluvia 203 análisis. Estos pozos carecen de la profundidad de toma de muestra y debido a que son tan pocos en comparación con la gran superficie de la zona de estudio, se prescinde de una interpretación detallada sobre la composición química y su variabilidad para cada complejo acuífero anteriormente descrito.

No obstante del análisis del Mapa Esquemático de mineralización y composición química se observa lo siguiente:

En el complejo acuífero de los sedimentos vulcanógenos sedimentarios paleoceno-Eoceno (Fm El Cobre) la mineralización existente se presupone que es de 1.0 g/l y la composición química de las aguas corresponde al tipo hidrocarbonatada clorurada magnesiana (Gráfico Nº 11).

La profundidad de las aguas subterráneas va a depender del relieve siendo los valores de 10-20 mts. en las cotas más elevadas mientras en el descenso del relieve la profundidad de yacencia es -

de 5-10 mts. En ambos casos las aguas subterráneas se encuentran muy relacionadas con la corteza de meteorización, esto se muestra en los perfiles geologo-Hidrogeológicos confeccionados (Gráficos N°4, N°5, N°6 y N°7).

Además en el complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Guines" se observa que la mineralización es de 0.6 g/l y por su composición química las aguas se pueden clasificar del tipo clorurada hidrocarbonatada sódica (Gráfico N° 11).

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas generalmente es de 10-20 mts. en las cotas topográficas más elevadas y de 5-10 mts. en las partes más bajas. (Gráfico N° 14).

Por otra parte en el complejo acuífero de los sedimentos carbonatados de la "Fm Manzanillo" la mineralización oscila entre -- 0.9-1.0 g/l y por su composición química las aguas se pueden clasificar como clorurada hidrocarbonatada magnesiana (Gráfico N° 11).

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas de éste complejo acuífero es muy variable debido a que ésta depende del relieve, siendo la profundidad de yacencia de 20 mts. en las cotas topográficas más elevadas, disminuyendo progresivamente hacia la periferia, alcanzando valores de 0-3 mts. cerca de la costa.

En el complejo acuífero de los sedimentos aluviales-marinos del plioceno-Cuaternario, son características las aguas hidrocarbonatadas cloruradas sódicas y más raramente cloruradas hidrocarbonatadas sódicas (Pozos N°807, N°148, N°419 y N°376) oscilando la mineralización de 0.5-2.3 g/l. (Gráfico N° 11).

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas disminuye gradualmente de sur a norte, alcanzándose de 10-20 mts. de profundidad hacia el sur y de 3-5 mts. de profundidad hacia el norte.

De la fórmula de Kurllov puede observarse que las aguas predominantes tanto en épocas de lluvia como de seca son hidrocarbonatadas cloruradas sódicas (Tabla Nº 4) en general hidrocarbonatadas cloruradas, contandose para la realización de dicha tabla con 170 análisis químico en épocas de seca y con 145 análisis químico en épocas de lluvia. En ocasiones, en algunos pozos predomina el ión Cl (Pozos Nº376, Nº807, Nº233, Nº419, Nº197, Nº148, Nº813 y Nº698) en lugar del ión hidrocarbonato, teniéndose en épocas de lluvia un total de 30 análisis químico que corresponde al tipo de agua clorurada y a épocas de seca 45 análisis químico.

Del Mapa Esquemático de Composición Química y Mineralización (Gráfico Nº 11) se observa que existen tres zonas limitadas por la mineralización que oscilan entre 0.3-0.5 g/l, 0.5-1.0 g/l, y 1.0-2.0 g/l. Presentándose la mayor mineralización hacia los pozos -- cercanos a la zona pantanosa, es decir que la mineralización aumenta paulatinamente hacia la costa desde 0.1 g/l hasta 4.8 g/l, esto último puede observarse en el pozo Nº419 (Tabla Nº 4). Para la confección de este Mapa Esquemático se tomó una mineralización promedio en los pozos, ya que no existían grandes diferencias entre la mineralización de éstos en épocas de lluvia y épocas de seca, además por ser tan insignificante la cantidad de pozos con observación del régimen en un área tan extensa, no se puede plantear la existencia hacia la costa de valores mayores de la mineralización, como tampoco se ha podido establecer la composición química de las aguas hacia esa zona por la carencia de datos de análisis químico que permitan caracterizar dichas aguas.

Por debajo de la isolínea 1.0 g/l que limita una zona con mineralización menor que este valor, se tiene una zona de mineraliza-

ción anómala de 1.0 g/l.

podemos ver en el plano que la línea que une los pozos №91, №99, №162, №123, №752, №72, №85, №69....etc. con dirección norte-noroeste-sureste presenta valores de la mineralización que oscila entre 0.3-2.3 g/l (Gráficos № 8 y № 11).

De la fórmula de Kurllov tenemos que a lo largo de ésta línea las aguas son predominantemente hidrocarbonatadas cloruradas.

Según la línea que une los pozos №64, №65, №46, №43, №41, - №48, №35, №61, №50, №77 y №79 que sigue aproximadamente la --- misma dirección de la línea anteriormente descrita se tiene una mineralización que oscila entre 0.6-1.0 g/l pero predominando la mineralización de 1.0 g/l a diferencia de la línea anteriormente descrita (Gráfico № 11) tenemos que a lo largo de ésta línea se le asigna una composición química de las hidrocarbonatadas cloruradas, pero no está basado en la existencia de datos suficientes -- sino al hecho de que en general en el área de trabajo las aguas -- que predominan son las hidrocarbonatadas cloruradas y que los pocos pozos con observaciones del régimen encontrados en el área -- de ésta línea corresponde a éste tipo de composición química según la fórmula de Kurllov.

Hacia el noroeste la información que se posee es tan reducida que no permite establecer los límites de la mineralización con -- precisión, según lo requiere la escala de éste trabajo. La composición química de las aguas de ésta zona se ha omitido por la no existencia de análisis químicos que la caractericen.

En posición central y al sur del área se encuentra la línea -- que une los pozos №166, №215 y №145 y que se extiende de este a oeste, en dicha línea sólo existen datos de tres pozos relaciona-

dos entre los pozos con observaciones del régimen y los cuales -- se encuentran localizados a lo largo de unos 7 Km. Estos pozos -- poseen una mineralización de 1.1 g/l, 1.2 g/l y 0.9 g/l respectivamente (Gráfico Nº 11) y según la fórmula de Kurlov presentan -- una composición química hidrocarbonatada clorurada sódica magnesiana (Tabla Nº 4).

En el extremo suroeste del área la mineralización alcanza -- valores que oscilan entre 0.6-2.3 g/l predominando los cercanos a éste último hacia la costa. Las aguas son hidrocarbonatadas -- cloruradas sódicas y raras veces cloruradas hidrocarbonatadas -- sódicas.

En el Mapa Esquemático sobre composición química y mineralización no se ha permitido la división en zonas, según la composición química de las aguas subterráneas, por la insuficiencia de -- los datos existentes y la presencia en zonas donde predomina una composición química de las aguas de pozos con diferente composición química de las aguas que no permiten la zonación de la composición química de las aguas.

De todo lo anteriormente planteado sobre el Mapa Esquemático de la composición química y la mineralización, se corrobora que no se manifiesta una regularidad en la variación de la mineralización ni de la composición química del agua, aunque puede observarse la tendencia hacia un determinado comportamiento de dichos factores. Así tenemos que en general, hay un predominio de la mineralización de 1.0 g/l y una composición química de las aguas hidrocarbonatadas cloruradas.

Según el informe (Nº 8) hacia el noreste existe una distribución local de agua con media y alta mineralización 3.0-5.0 g/l ésta última menos localizada, esto no se puede corroborar por la fal-

ta de datos y la poca cantidad de pozos con observaciones del régimen. Tales magnitudes de la mineralización se pueden atribuir a la presencia de sales solubles en los pozos de las rocas acuíferas lo que hasta cierto punto es fundamentado por la existencia de sedimentos marinos en el complejo acuífero plioceno-Cuaternario(N₂-Q) que evidencia la etapa en que el área constituyó una cuenca de sedimentación marina.

La alta mineralización también es provocada por la lenta infiltración de las aguas superficiales producto de las características litológicas de los sedimentos que cubren la mayor parte del área, lo que impide la disminución de la concentración de los iones presentes en las aguas subterráneas.

La mayor concentración de zonas con alta mineralización es hacia el norte lo que está de acuerdo con el recorrido efectuado por las aguas y los bajos valores del gradiente(0.0005-0.0011) que permite un prolongado contacto agua-roca permitiendo la disolución de los mismos.(Gráficos N°9 y N°10).

Otro hecho que favorece a la alta mineralización según el informe(N°1) es la presencia de rocas muy solubles en las capas pre-Cuaternario como las evaporitas, pero que por la falta de datos y a veces la insuficiente documentación de las calas no se puede asegurar.

Según el I.T.E. se plantea como una vía de alimentación al complejo acuífero de los sedimentos aluviales-marinos del plioceno-Cuaternario(N₂-Q) por presión desde los sedimentos subyacentes del Mioceno a través de las ventanas hidrogeológicas. Partiendo de ésta idea se podría aceptar el aumento de la mineralización en las zonas donde ocurriese tal fenómeno debido a la mayor mine-

realización que debe poseer el agua encontrada a mayor profundidad.

El aumento de la mineralización planteada en el noroeste - del área, a pesar de no poseerse datos, es de esperar por la pantanoidad allí presente y el flujo y reflujo de las aguas marinas.

Otro hecho al que puede atribuirse la variabilidad de la -- mineralización es a la presencia de distintos sistemas de riego -- que utilizan tanto aguas superficiales como subterráneas y que -- pueden provocar la variación de la mineralización de las aguas -- contenidas en los diferentes acuíferos.

Los bajos valores de la mineralización (0.2-1.0 g/l) en el sur del área se atribuyen a los altos gradientes que se alcanzan en ésta (0.0021-0.007) que provoca una gran velocidad al flujo de las aguas y por tanto un contacto fugaz agua-roca, además de la interrelación hidráulica anteriormente planteada para ésta zona.

C A P I T U L O V

PRONOSTICO DE LAS RESERVAS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

5.1 Introducción:

El pronóstico de las reservas de las aguas subterráneas es de una gran importancia en todo trabajo hidrogeológico pues el mismo cuantifica las reservas de que se dispone en una zona determinada, además nos indica el volumen de agua que se debe extraer y nos ayuda a prevenir la sobre-explotación de la cuenca.

En éste caso concreto también es de gran utilidad práctica conocer las reservas de explotación del área de trabajo, máxime cuando la provincia granma es una provincia agrícola y una gran parte del riego se efectúa a expensas de éstas aguas.

Este pronóstico de las reservas no se hizo para toda el área como un caso único, ya que ésta es muy extensa y las condiciones naturales no son las mismas en toda ella, además si tomamos toda el área de trabajo como un todo único para el cálculo, no se tendría la posibilidad de conocer como varía la acuosidad en toda esa zona. Sin embargo dividiendo la provincia en varias zonas tenemos la posibilidad de homogenizar las condiciones y de obtener información de cual será la porción más perspectiva para la explotación.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se divide el área de trabajo en varios interfluvios para realizar los cálculos, teniendo en cuenta las condiciones límites, de alimentación, geológicas é hidrogeológicas.

En el desarrollo de éste trabajo se han presentado varias limitantes como son: lo poco densificada que se encuentra la red de pozos de perforación, la escasez de pozos de observación del ré-

gimen, la falta de trabajos experimentales y por otra parte el tiempo con que se ha contado para desarrollar este trabajo, no pudiéndose utilizar varios métodos de comparación en la mayoría de los casos para poder elevar la veracidad de este pronóstico en algunos interfluvios.

También es necesario aclarar que este cálculo se va a realizar en el complejo acuífero plioceno-guaternario por ser éste el más extendido en el área.

para el cálculo del pronóstico de las reservas de agua subterránea se empleó el método de Balance donde se plantean las siguientes fórmulas:

$$Q_{exp} = Q_n + \frac{\alpha}{t} V_e$$

Q_{exp} - Reservas de explotación $m^3/día$

Q_n - Reservas dinámicas $m^3/día$

V_e - Reservas estáticas de aguas subterráneas m^3

α - Coeficiente de utilización de las reservas naturales 40%(0.4)

t - Tiempo para el que se calculan las reservas de explotación (días).

Cálculo de las reservas dinámicas:

a) - por la fórmula de Darcy

$$Q_n = K H_m B_m I_m$$

K - Coeficiente de filtración $m/día$

H_m - Espesor promedio del acuífero en metros

B_m - Ancho de la sección transversal del flujo en metros

I_m - Gradiente hidráulico promedio

b) - Mediante la magnitud de la alimentación del manto acuífero - por las precipitaciones atmosféricas

$$Q_n = W F$$

W - Infiltración de las precipitaciones atmosféricas en la uni -

dad del área del espejo del complejo acuífero durante la unidad - de tiempo.

F - Área de la zona de alimentación del acuífero (m^2).

c) - Mediante el cálculo del Módulo de Esgurrimiento Subterráneo.

$$Q_n = M_s F$$

M_s - Módulo de escurrimiento subterráneo (l/seg/ Km^2)

F - Área de la zona de alimentación del acuífero (Km^2)

Cálculo de las reservas estáticas

$$V_e = \mu V_o = \mu F H_m$$

μ : Coeficiente de almacenamiento- 0.12

V_o : Volumen del acuífero (m^3)

F : Área de la zona evaluada (m^2)

H_m : Potencia media del acuífero en la zona (m)

5.2 Breve característica hidrogeológica de cada interfluvio.

Zona 1 Interfluvio Cautillo-Bayamo:

para el cálculo de las reservas en éste interfluvio se toma - como límite hacia la parte norte el río Cauto y hacia la porción -- sur las formaciones existentes, hacia el este el río Cautillo y ha - cia el oeste el río Bayamo.

El complejo acuífero se encuentra limitado en su parte infe - rior por aleurokitas abigarradas de color azul, arcillas plásticas - de color crema claro y margas.

Las rocas acuíferas la componen arenas de grano fino a grueso, gravas y guijarros siendo su potencia media de 22 metros, el coefi - ciente de filtración (K) es de 10 m/día.

También se puede decir que la profundidad de yacencia de las aguas subterráneas en éste interfluvio disminuye de sur a norte al - canzándose de 5 a 10 mts. de profundidad hacia el sur y de 10 a 20 .

Cojo

mta. hacia la parte norte.

Por los mapas de hidroisohipsas se observa que el agua corre hacia el noroeste no existiendo interrelación hidráulica en la ma yor parte del área que abarca éste complejo, aunque hacia el sur - del área donde está localizado el complejo acuífero del paleóge - no si existe dicha interrelación observándose como en el período de seca las aguas subterráneas alimentan a los ríos y en época de lluvia los ríos alimentan a las aguas subterráneas. Aquí el ancho de la sección transversal del flujo (B) promedio es de 16.8 kms - y su gradiente hidráulico es de 0.0031.

El drenaje de las aguas subterráneas se efectúa a través del río Cauto y la alimentación se realiza a expensas de la infiltración de las aguas superficiales y subterráneas de los complejos - acuíferos aflorados en las estribaciones de la Sierra Maestra.

Zona 2 Interfluvio Bayamo- Mabay:

En éste interfluvio, con el fin de calcular las reservas, se - ha tomado como límite norte una línea de alta mineralización don - de las aguas a partir de ésta línea no se utilizan con fines de a - basto pues se encuentran muy mineralizadas, por la parte sur se ha limitado por el contacto entre las formaciones y los sedimentos - Cuaternarios, hacia la parte este el complejo está limitado por el río Bayamo y hacia la parte oeste por el río Mabay.

El complejo acuífero en cuestión se encuentra limitado en su parte inferior por aleurolitas de color abigarrado y margas.

Las rocas acuíferas son las intercalaciones y lentes de dife - rentes granulometría y arenas arcillosas con inclusiones de gravas y guijarros, siendo su potencia promedio de 43 metros y el coefi - ciente de filtración (K) de 7.55 m/día. *arenas*

Diremos también que la profundidad de yacencia de las aguas subterráneas disminuye progresivamente de sur a norte alcanzando de 10-20 mts. hacia el sur y de 5-10 mts. hacia el norte.

En los mapas de hidroisohipsas se ve que el agua corre de norte-noroeste y la interrelación hidráulica tiene igual comportamiento que en la zona 1, el ancho de la sección transversal del flujo (B) es de 21.6 kms teniendo la zona un gradiente hidráulico de 0.0028.

El drenaje de las aguas subterráneas se produce hacia el río Cauto y la alimentación del complejo se realiza a expensas de la infiltración de las aguas superficiales y subterráneas de los complejos acuíferos aflorados en las cotas topográficas más elevadas. *situados estos al sur entre ambos ríos.*

Zona 3 Interfluvio Mabay-Buey:

Este complejo está limitado al norte por la línea de alta mineralización y hacia el sur se extiende hasta la Coordenada N 175,000 y el contacto entre las formaciones y el complejo del Cuaternario, hacia el este está limitado por el río Mabay y hacia el oeste hasta el río Buey.

En su parte inferior el complejo se encuentra limitado por una capa de arcilla plástica de color crema, margas y aleurolitas de color abigarrado.

Las rocas acuíferas están constituidas por arenas muy arcillosas, arenas con gravas, lentes de areniscas, arcillas con gravas y arena, areniscas y gravas, siendo la potencia media del acuífero de 27.07 m y el coeficiente de filtración de 0.6 m/día.

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas es variable alcanzándose de 5-10 mts. en las cotas más elevadas y -

de 0-5 mts. en las zonas bajas.

Por los mapas de hidroisohipsas se observa que el agua corre hacia el noroeste y la interrelación hidráulica se comporta de igual forma que en las zonas anteriormente descritas. Teniendo un ancho el flujo de 14.44 kms y el gradiente hidráulico en la zona es de 0.0031.

La alimentación del complejo acuífero ocurre de idéntica forma que en las zonas 1 y 2, y el drenaje de las aguas es a través de los ríos, mar, y pantanos con dirección noroeste.

Zona 4 Interfluvio Buey-Yara:

El complejo acuífero se extiende por la parte norte hasta la línea de alta mineralización, por la parte sur se encuentra limitado por la Coordenada N 175,000, hacia la porción este por el río Buey y hacia la porción oeste por el río Yara.

Este complejo acuífero se encuentra limitado en su parte inferior por la capa tomada como lecho de todo el complejo la cual está constituida por aleurolitas de color abigarrado, margas y arcillas plásticas de color crema.

Las rocas acuíferas son análogas a las de la zona 2, presentando una potencia media de 14 mts. y el coeficiente de filtración (K) es de 7.55 m/día.

La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas en éste interfluvio disminuye de sur a norte alcanzando de 3-10 mts. hacia la parte sur y de 0-3 mts. hacia la parte norte.

Los mapas de hidroisohipsas muestran que el agua corre hacia el noroeste comportándose la interrelación hidráulica semejante a otras zonas, el ancho de la sección transversal del flujo es de 11.3 kms. y el gradiente hidráulico presente es de 0.0065.

La alimentación del complejo acuífero se produce igual que las zonas anteriores y además por el complejo acuífero de la "Fm Manzanillo".

5.3 Cálculo de las reservas de explotación de las aguas subterráneas.

Zona 1 Interfluvio Cautillo-Bayamo:

Al calcularse los parámetros hidrogeológicos para ésta zona se utilizó el mapa de hidroisohipsas para época de seca extra-
yéndose de aquí el ancho de la sección transversal del flujo (B)-
medidos en la porción superior, media ó inferior del interfluvio -
en las curvas de hidroisohipsas 30,45 y 75, hallándose después una
B promedio ó representativa, y el gradiente hidráulico (I) entre -
las curvas de hidroisohipsa 20-30,45-55,65-75 (gráfico N°9) tomán-
dose un valor promedio que es más representativo.

Para tomar el coeficiente de filtración (K) se analizó el
Geológico- Hidrogeológico II-II existente en la zona (gráfico N°5)
y como se tenían pocos datos de aforos y de pozos satélites adop-
tamos un K 10 m/día lo cual es aceptado para el tipo de litología
presente.

1 - Cálculo de las reservas dinámicas:

$$Q_n = K \cdot I_m \cdot B_m \cdot H_m$$

$$K = 10 \text{ m/día}$$

$$I_m = 0.0031$$

$$B_m = 16.80 \text{ kms (16,800 mts)}$$

$$H_m = 22.0 \text{ mts}$$

$$Q_n = 10 \times 0.0031 \times 16,800 \times 22.0$$

$$Q_n = 11,458 \text{ m}^3/\text{día} = 11458$$

2 - Cálculo de las reservas estáticas de aguas subterráneas:

$$V_e = M V_o = M F H_m$$

$$M = 0.12$$

$$H_m = 22.00 \text{ mts.}$$

$$F = 378.7 \text{ kms}^2$$

$$V_e = 0.12 \times 22.00 \times 3787 \times 10^5$$

$$V_e = 1'000,000,000 \text{ m}^3$$

3 - Cálculo de las reservas de explotación:

$$Q_{exp} = Q_n + \frac{\alpha}{t} V_e$$

$$\alpha = 0.4 \text{ (40\%)}$$

$$t = 10 \text{ años (3650 días)}$$

$$Q_n = 11,458 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$V_e = 1'000,000,000 \text{ m}^3$$

$$Q_{exp} = 11,458 + \frac{0.4 \times 1'000,000,000}{3,650}$$

$$Q_{exp} = 121,047 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{exp} = 44,782,155 \text{ m}^3/\text{año}$$

Zona 2 Interfluvio Bayamo-Mabay:

Los parámetros hidrogeológicos (B é I) fueron extraídos del mismo modo que en la zona 1, el ancho de la sección transversal del flujo (B) se obtuvo de las curvas de hidroisohipsas 20 y 40 y el gradiente hidráulico (I) entre las curvas de hidroisohipsas 20-30 y 30-40.

Para la determinación de la potencia media (H_m) del acuífero se utilizó el perfil geológico-hidrogeológico I-I (Gráfico N°4) siendo ésta de 43 mts.

El coeficiente de filtración (K) fué extraído del informe N°3 - por considerar los autores del presente informe como satisfac-

torios sus resultados, debido a que éste toma como base el valor de éste parámetro en 44 aflores unitarios. *Igualmente se hizo con el valor de la infiltración (w).*

Cálculo de las reservas dinámicas:

a - Por la fórmula de Darcy

$$Q_n = K I_m B_m H_m$$

$$K = 7.55 \text{ m/día}$$

$$I_m = 0.0028$$

$$B_m = 21.6 \text{ Kms} (21,600 \text{ mts})$$

$$H_m = 43 \text{ mts.}$$

$$Q_n = 7.55 \times 0.0028 \times 21,600 \times 43$$

$$Q_n = 19,635 \text{ m}^3/\text{día}$$

b - Por la magnitud de la infiltración:

$$Q_n = W F$$

$$W = 0.0011$$

$$F = 287 \times 10^5 \text{ m}^2$$

$$Q_n = 0.0011 \times 287 \times 10^5$$

$$Q_n = 31,570 \text{ m}^3/\text{día}$$

c - Por el módulo de escurrimiento subterráneo:

$$Q_n = M_s F$$

$$Y_s = 920,923 \text{ mm}$$

$$F = 28.7 \text{ Kms}^2$$

$$M_s = 0.0317 Y_s$$

$$M_s = 29.1933 \text{ l/seg/Km}^2$$

$$Q_n = 29.1933 \times 28.7 \text{ Kms}^2$$

$$Q_n = 837,753 \text{ l/seg}$$

$$Q_n = 72,382 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{np} = 41,196 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo de las reservas estáticas de aguas subterráneas:

$$V_e = M V_o = M F H_m$$

$$M = 0.12$$

$$H_m = 43.0 \text{ mts.}$$

$$F = 438.7 \text{ Kms}^2$$

$$V_e = 0.12 \times 438.7 \times 10^6 \times 43.0$$

$$V_e = 2'263,692,000 \text{ m}^3$$

Cálculo de las reservas de explotación:

$$Q_{exp} = Q_n + \frac{\alpha V_e}{t}$$

$$\alpha = 0.4 \text{ (40\%)}$$

$$t = 10 \text{ años (3650 días)}$$

$$Q_n = 41,196 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$V_e = 2'263,692,000$$

$$Q_{exp} = 41,196 + \frac{0.4 \times 2'263,692,000}{3650}$$

$$Q_{exp} = 289,236 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{exp} = 105,571,140 \text{ m}^3/\text{año}$$

Zona 3 Interfluvio Mabay-Buey:

En éste interfluvio los parámetros hidrogeológicos (B é I) son calculados de igual forma que en las zonas 1 y 2.

El ancho de la sección transversal del flujo(B) fué tomado en las curvas de hidroisohipsas 10,25 y 55 sacándose luego un promedio,y el gradiente hidráulico (I) entre las curvas de hidroisohipsas 10-20,45-55 y 20-30 obteniéndose un I promedio.

para la determinación de la potencia media del acuífero se utilizó el método estadístico por no contarse con suficientes pozos con columnas litológicas para trazar un perfil transversal al movimiento de las aguas subterráneas en dicho acuífero,siendo és-

ta potencia de 27.07 mts.

Sobre el coeficiente de filtración (K) se puede decir que fué obtenido a partir de la fórmula de Dupoy empleando los datos de aforos de los pozos N°68, N°110, N°170 y N°179, tomándose el coe ficiente de filtración (K) más característico para la realiza -- ción de los cálculos. El radio de influencia fué obtenido por ta blas en la literatura, obteniéndose un K 0.6 m/día.

Cálculo de las reservas dinámicas:

$$Q_n = K I_m B_m H_m$$

$$K = 0.6 \text{ m/día}$$

$$I_m = 0.0031$$

$$B_m = 14.44 \text{ Kms.}$$

$$H_m = 27.07 \text{ mts.}$$

$$Q_n = 0.6 \times 0.0031 \times 14,440 \times 27.07$$

$$Q_n = 727.06 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo de las reservas estáticas de agua subterránea:

$$V_e = \mu V_o = \mu F H_m$$

$$\mu = 0.12$$

$$H_m = 27.07$$

$$F = 356.6 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$V_e = 0.12 \times 3566 \times 10^5 \times 27.07$$

$$V_e = 1'158,379,440 \text{ m}^3$$

Cálculo de las reservas de explotación por el método de Ba
lance:

$$Q_{\text{exp}} = Q_n + \frac{\infty V_e}{t}$$

$$\infty = 0.4 \text{ (40\%)}$$

$$t = 10 \text{ años (3650 días)}$$

$$Q_n = 727.06 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{exp} = 727.06 + \frac{0.4 \times 1'158,379,440}{3650}$$

$$Q_{exp} = 126,946 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{exp} = 46,335,290 \text{ m}^3/\text{año}$$

Zona 4 Interfluvio Buey-Yara:

Los parámetros hidrogeológicos (B é I) para ésta zona se calcularon al igual que en las zonas anteriormente -- descritas. El ancho de la sección transversal del flujo se obtuvo de las curvas de hidroisohipsas 10 y 30, obteniéndose un valor promedio para ésta, el gradiente hidráulico (I) se calculó entre las curvas de hidroisohipsas 10-15 y 25-30 -- teniéndose su valor promedio.

La determinación de la potencia media (H) del acuífero se realizó a partir del perfil III-III, siendo ésta de 14 mts (Gráfico Nº6).

El coeficiente de filtración (K) se determinó por analogías geológicas é hidrogeológicas, con la zona 2.

Cálculo de las reservas dinámicas:

$$Q_n = K I_m B_m H_m$$

$$I_m = 0.0065$$

$$B_m = 11.3 \text{ km}^2.$$

$$H_m = 14 \text{ mts.}$$

$$K = 7.55 \text{ m/día}$$

$$Q_n = 7.55 \times 14 \times 0.0065 \times 11,300$$

$$Q_n = 7763.7 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo de las reservas estáticas de agua subterránea:

$$V_e = M \quad V_o = M \quad F \quad H_m$$

$$M = 0.12$$

$$H_m = 14 \text{ mts.}$$

$$F = 212.9 \text{ kms}^2$$

$$V_e = 14 \times 0.12 \times 212.9 \times 10^6$$

$$V_e = 357,672,000$$

Cálculo de las reservas de explotación:

$$Q_{\text{exp}} = Q_n + \frac{\alpha}{t} V_e$$

$$\alpha = 0.4 \text{ (40\%)}$$

$$t = 10 \text{ años (3650 días)}$$

$$Q_n = 7763.7 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{exp}} = 7763.7 + \frac{0.4 \times 357,672 \times 10^3}{3650}$$

$$Q_{\text{exp}} = 7763.7 + 39197 = 46,961 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{exp}} = 17,140,765 \text{ m}^3/\text{año}$$

COMENTARIO:

El método empleado para el cálculo de las reservas pronóstico de explotación de las aguas subterráneas fué el de Balance observándose que la zona de mayor perspectiva es la comprendida en el interfluvio Bayamo-Mabay, el cual presenta una reserva de explotación de $289,236 \text{ m}^3/\text{día}$, siendo la de menor perspectiva la zona comprendida entre los ríos Buey y Yara que presenta una reserva de explotación de $46,961 \text{ m}^3/\text{día}$. Esto se ve corroborado por la presencia en ésta última zona de sedimentos arcillosos y arcillo-arenosos los cuales tienen un bajo coeficiente de filtración, no sucediendo así en el interfluvio Bayamo-Mabay donde existen arenas y gravas las cuales poseen un alto coeficiente de filtración.

Las reservas totales calculadas para el área de trabajo excluyendo el interfluvio Yara-Jibacoa es de $584,190 \text{ m}^3/\text{día}$, destacándose que en éste interfluvio no fué posible hacer el cálculo de reservas -- de explotación de las aguas subterráneas ya que la alimentación de dicha zona se presenta de forma muy compleja.--

C A P I T U L O VIVOLUMEN Y METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Con el fin de cumplimentar los objetivos planteados se hizo indispensable realizar un laborioso trabajo de campo y de gabinete, - para los cuales fué necesario invertir un tiempo de cuatro meses y medio.

El trabajo de campo consta de una marcha de apoyo y 18 marchas - rutas. La marcha de apoyo se realizó para obtener una idea general del área de trabajo y con las marchas rutas delimitar a escala 1:100,000, los contactos de las diferentes formaciones existentes en la zona. Dichas rutas tuvieron como punto de partida Guisa, Bueycito, Peralejo y la ciudad de Payamo, recorriéndose un total de 180 kms.

La distribución de las marchas es como sigue: la marcha de apoyo se inició desde el parque granma en la ciudad de Payamo a través de un terraplén que une éste con los poblados de Santa Bárbara y Guisa donde culminó la marcha.

Después se hicieron varias marchas partiendo del camino de Guisa a Santa Bárbara y atravesando las estructuras con dirección sur-norte.

Otras marchas fueron realizadas a partir del camino Loma de Piedra hasta el Cimarrón, atravesando las estructuras en la misma dirección anterior.

También se hicieron marchas desde la carretera de Peralejo a Payamo siguiendo la dirección sur-norte. Una de éstas marchas atravesó el arroyo Babatuaba por tres partes. Otra cortó dos veces el arroyo Babatuaba hasta caer más tarde en el río Buey del Yao.

A partir del poblado de Bueycito se realizaron varias marchas -

siguiendo la dirección sur-norte y atravesando las estructuras geológicas existentes. una de ellas comprendió en parte el río Buey.

Otra el terraplén de Bueycito a Barrancas, a través de la carretera que une a Bueycito con el poblado denominado Entronque de --- Bueycito.

Estas marchas comprendieron las zonas "pre-montañas" de la parte norte de la Sierra Maestra, donde se pueden localizar algunos afloramientos naturales y otros artificiales (carreteras, ríos, terraplenes) además ésta parte es la que presenta mayores cotas topográficas.

Las marchas se realizaron con dirección sur-norte en su mayoría, con el fin de atravesar las estructuras geológicas para de ésta forma cumplir con su objetivo de determinar con mayor exactitud los contactos de las diferentes formaciones existentes en la zona, éstas se espaciaron a 1 km. aproximadamente.

Estas marchas fueron acompañadas con observaciones hidrogeológicas de los diferentes pozos encontrados, y otros puntos acuíferos de interés.

También se midieron algunos buzamientos de las rocas y se señalaron las zonas de agrietamiento y pequeñas fallas detectadas, -- así como se tomaron unas muestras para análisis paleontológico.

Por último diremos que para efectuar éste Levantamiento se invirtieron 18 días en los cuales se recorrieron un total de 180 kms. cubriéndose un área de 300 kms^2 aproximadamente.

Después se efectuó el trabajo de gabinete, donde se realizó la revisión de los trabajos existentes de la provincia Granma, para hacer una selección de aquellos materiales necesarios para cumplir -- con el objetivo del trabajo.

Dicha revisión se realizó en el Archivo de la Sección de Pro-

yectos de la E. P. O. I. N°14, antiguo DAP provincial de Oriente, en la provincia Holguín.

La densidad de los estudios realizados se hizo atendiendo al área de trabajo que comprendía la zona de coordenadas Lambert -- N 175,000-215,000 y E 460,000-535,000, que aproximadamente ocupa una superficie de 2600 kms² (gráfico N°1).

Se revisaron 45 informes, los cuales contenían diferentes datos y materiales gráficos del área de estudio. De dichos informes se seleccionaron 35 los cuales se desglosan en 16 de abasto, 8 de riego, 6 de presas, 4 de canales y el I.T.E. del desarrollo del riego en la zona Bayamo-Manzanillo.

Se tomaron datos de pozos con observaciones del régimen de las aguas subterráneas, y de dichos pozos se tomaron los análisis químicos, además se tomaron las precipitaciones atmosféricas registradas desde 1972 hasta 1977 en los pluviómetros de Babiney, La Bayamesa, Mabay y Malvango.

De los archivos se extrajeron datos de 42 pozos de observaciones del régimen de las aguas subterráneas con 427 análisis químicos, 215 pozos con columna litológica, 576 pozos con mineralización y 294 pozos con aforos.

Seguidamente se comenzó la elaboración de los datos recopilados para lo cual se confeccionaron 14 anexos gráficos y 4 tablas.

Mapa de ubicación geográfica

Gráfico de las precipitaciones atmosféricas y variaciones del nivel de las aguas subterráneas.

Mapa Geológico Esquemático 1:100,000

perfiles geológicos-hidrogeológicos (4)

Mapa de Materiales reales

Mapas Hidrogeológicos

Mapa Esquemático sobre composición química y mineralización

Esquema pronóstico de la explotación de las aguas subterráneas

Esquema pronóstico de la utilización de las aguas subterráneas con fines de riego

Mapa de profundidad de yacencia

Tablas:

Tabla de temperatura

Tabla de precipitaciones atmosféricas

Tabla de volumen de los trabajos

Tabla de análisis químicos

para confeccionar el Mapa de ubicación geográfica se tomó como base el Mapa Geográfico de Cuba escala 1:750,000, ampliándose la zona de estudio a escala 1:250,000 (gráfico N°1).

Gráfico de las precipitaciones atmosféricas y variaciones del nivel de las aguas subterráneas:

para la confección de este gráfico se utilizaron los valores en mm. de las precipitaciones atmosféricas registradas durante los años 1972-1977 en los pluviómetros La Bayamesa, Mabay, Malvango y Babiney, utilizándose para ello una escala horizontal 1:2 correspondiente al tiempo y una escala vertical 1:5 correspondiente a los mm. de precipitación.

El gráfico correspondiente de la variación del nivel de las aguas subterráneas en el tiempo se confeccionó tomando como base -- los niveles de 18 pozos que eran los que mejor caracterizaban los pluviómetros antes mencionados, y para su comparación con el gráfico de precipitaciones atmosféricas en el tiempo se emplearon las mismas escalas, tanto en la horizontal como en la vertical.

Mapa Geológico:

Tomando como base el Mapa Geológico Esquemático escala 1:100,000 planteado por los autores del informe (Nº8) y contando con los datos de las descripciones de los distintos afloramientos encontrados, los cuales permitieron determinar con mayor exactitud los contactos entre las diferentes formaciones existentes en la zona, se procedió a establecer la comparación entre ambos mapas.

Perfiles Geológicos-Hidrogeológicos:

Para la realización de dichos perfiles se ubicaron los pozos con columnas litológicas y nivel estático y se seleccionaron las áreas de mayor densificación de pozos, tratando que se interceptara a la vez las zonas que presentaban mayor complejidad geológica y después de esto se seleccionaron los pozos que serían llevados a los perfiles.

La escala se escogió atendiendo a la longitud que presentaba el perfil y la profundidad que alcanzaron los pozos; Escala horizontal 1:50,000-Escala vertical 1: 500.

Para terminar se realizaron las correlaciones estratigráficas entre los diferentes pozos los cuales adolecen de serias dificultades ya que las descripciones realizadas en los diferentes pozos presentan insuficiencias, por lo cual se hizo necesario recurrir a las descripciones contiguas con el fin de que se obtuviesen perfiles lógicos.

Mapa de Materiales reales:

Para su confección se ubicaron los diferentes pozos existentes señalándose aquellos que tienen observaciones del régimen de datos de análisis químicos, columnas litológicas y aforos. Se empleó para su confección la escala 1:100,000.

Mapas Hidrogeológicos:

Este fué realizado tanto para épocas de seca (Noviembre-Abril)

como para épocas de lluvia (Mayo-Octubre).

Para ello se tomaron los pozos con observaciones del régimen de las aguas subterráneas y dado el hecho de que la mayoría no poseían cota topográfica fué necesario su ubicación por sus -- coordenadas, para de ésta forma determinar aproximadamente dicha cota y poder determinar la profundidad de las aguas en dichos pozos.

Con el fin de cumplir los requisitos de un Mapa Hidrogeológico se incluyó la geología del área, siendo la escala utilizada 1:100,000 (Gráficos Nº9 y Nº10).

Mapa Esquemático sobre la composición química y mineralización de las aguas subterráneas:

En el Mapa sobre el quimismo de las aguas subterráneas se representa en el plano la mineralización que poseen éstas aguas de una forma aproximada, ya que no se tienen datos sobre la profundidad a que son tomadas las muestras de agua.

para ésto se emplearon 42 pozos cuyos valores aparecen expresados en la Tabla Nº 4.

Se realizaron interpolaciones entre éstos pozos con el fin de obtenerlas zonas mineralizadas de 0.3-0.5 g/l, 0.5-1.0 g/l y -- 1.0-2.0 g/l.

Además se señalaron por los resultados obtenidos según la fórmula de Kurllov, la composición química de las aguas en los pozos de observaciones del régimen. para dicho Mapa se empleó la escala 1:100,000.

Esquema pronóstico de la utilización de las aguas subterráneas con fines de riego.

Para la realización de dicho trabajo se calculó Ki por las

siguientes fórmulas:

para el predominio del ión cloro (Cl^-) y presencia de sodio (Na^+)

$$K_i = \frac{288}{5 \text{Cl}^-}$$

Cl^- : Cantidad de cloro en mg - eq/l

cuando el anión predominante es el sulfato $\text{SO}_4^{=}$ y hay presencia en los iones sodio (Na^+) y (Cl^-).

$$K_i = \frac{288}{\text{Na}^+ + 4\text{Cl}^-}$$

Na^+ : Cantidad de sodio en mg - eq/l

cuando el anión predominante es el carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y hay presencia de Na^+ , cloro (Cl^-) y sulfato ($\text{SO}_4^{=}$).

$$K_i = \frac{288}{10 \text{Na}^+ + 5\text{Cl}^- + 9\text{SO}_4^{=}}$$

$\text{SO}_4^{=}$: Cantidad de sulfato en mg - eq/l

calculados los K_i se ubicaron en los pozos, se interpoló y se obtuvieron zonas con K_i menores de 1.2, K_i 1.2 - 18 y K_i 18 lográndose diferenciar las zonas en que el agua es apta ó no.

Esquema de explotación de las aguas subterráneas:

En éste mapase representan las distintas áreas con posibilidades de explotación de las aguas subterráneas señalándose en cada una el gasto de explotación existente, éstas reservas se darán en forma de pronóstico por no contar con un estudio detallado de la zona y no poseer los parámetros hidrogeológicos por las deficiencias presentes en la documentación de pozos y en los bombeos, además de no poder determinarse exactamente la variabilidad de la profundidad en el complejo acuífero de los sedimentos plioceno-cuaternario ($\text{N}_2\text{-Q}$).

Dedido a la carencia de pozos con columnas litológicas que impide la confección de perfiles geológicos detallados.

Mapa de profundidad de yacencia de las aguas subterráneas:

Para su confección se sitúan los pozos en el Mapa escala - 1:100,000, con el valor de la profundidad de yacencia en cada uno de ellos. Luego se interpolan dichos valores obteniéndose diferentes zonas a las cuales le corresponden profundidades de yacencia, de las aguas subterráneas que oscilan entre 0-3 mts, 3-5 mts, 5-10 mts. y 10-20 mts. Teniendo éste Mapa una gran importancia práctica, pues por medio de él se detectan las zonas con mayor perspectiva para la explotación de las aguas subterráneas.

C A P I T U L O V I ICONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.7.1 Conclusiones:

Con el propósito de incrementar el grado de conocimiento hidrogeológico del área de trabajo, se dan en éste capítulo las conclusiones que los autores de éste informe consideran pertinentes.

- 1 - En general se puede plantear que el objetivo del trabajo fué cumplido.
- 2 - Las rocas más antiguas que afloran en el área de trabajo pertenecen a las rocas vulcanógenas sedimentarias de la "Fm El Cobre", de edad paleoceno-oceno Medio.
- 3 - Al sur-sureste de la ciudad de Payamo, en la colina "La Candelaria" se comprobó la existencia de la "Fm Güines" cuyos análisis paleontológicos arrojaron una edad Mioceno Medio.
- 4 - por medio de un levantamiento geológico a escala 1:100,000 se precisaron los contactos entre las diferentes formaciones.
- 5 - En el área de trabajo se limitan los siete complejos acuíferos existentes.
- 6 - En general no existe interrelación hidráulica entre las aguas subterráneas y superficiales, aunque en algunas zonas pre-montañas y zonas con predominio de facies arenosa, si existe.
- 7 - Las aguas subterráneas se mueven hacia el noroeste drenando sus aguas al río Cauto, golfo de Guacanayabo y la zona pantanosas de éste, con un gradiente hidráulico que fluctúa entre 0.004 y 0.0022 en épocas de seca y entre 0.0033 y 0.0010 en épocas de lluvia.
- 8 - La alimentación de los acuíferos se produce a expensas de los complejos acuíferos situados en zonas geomorfológicamente más

altas, y parcialmente a través de las aguas superficiales.

9 - Existe irregularidad en la distribución de la mineralización de las aguas subterráneas.

10- Las causas de la elevada mineralización son: la lenta infiltración de las aguas superficiales producto de las características litológicas de los sedimentos que cubren la mayor parte -- del área, lo que impide la disminución de la concentración de -- los iones presentes en las aguas subterráneas, el amplio recorrido efectuado por las aguas y los bajos valores del gradiente (0.0005-0.0011) que permite un prolongado contacto agua-roca, el flujo y reflujo de las aguas marinas, la presencia de distintos sistemas de riego, que utilizan tanto aguas superficiales como subterráneas, la composición de las rocas etc.

11- La composición química de las aguas en general es del tipo hidrocarbonatada sódica tanto en épocas de lluvia como en épocas de seca, aunque hacia la zona pantanosa y cercana al mar predominan las aguas del tipo clorurada hidrocarbonatada sódica.

12- para el cálculo de reserva se tomaron los sedimentos del plioceno-Cuaternario (N₂-Q) por ser éstos los más distribuidos en el área.

13- La zona con mayor perspectiva para la explotación de las aguas subterráneas es el interfluvio Bayamo-Mabay y la de menos perspectiva el interfluvio Buey-yara.

14- por la deficiencia existente en la información ha sido imposible la caracterización detallada de las condiciones hidrogeológicas en el área.

7.2 Recomendaciones:

1 - Realizar un estudio geomorfológico con el objetivo de separar -- los sedimentos aluviales, de los sedimentos marinos del Cuater --

nario.

- 2 - que exista uniformidad en la descripción de las columnas lito
lógicas existentes.
- 3 - que los aforos que se realicen cuenten con la calidad técnica
necesaria, con el fin de dar los gastos de explotación de las
aguas subterráneas, en categorías.
- 4 - que se establezca una observación del régimen de los pozos en
los perfiles geologo-hidrogeológicos realizados, además en los
pozos №95, №117, №116, №122, №127, №128, №132, №135, №66, №67,
№46 y №38 (gráfico № 8).
- 5 - que se realicen trabajos a escalas más detalladas.
- 6 - que se cumpla la metodología existente para la toma de muestras
de las aguas subterráneas, es decir: lugar, profundidad de la to
ma ó intervalo, longitud de la muestra, número de la muestra y -
fecha de toma.
- 7 - para trabajos futuros se subdivida el área de estudio, facilitan
do ésto un estudio detallado de las condiciones hidrogeológicas.
- 8 - que se tome el presente trabajo como un modesto aporte al cono-
cimiento hidrogeológico de la provincia granma.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Alexeev N, Samagulov D., Popov V., Kunsij Y., "Informe Técnico E-Económico para el desarrollo del riego en la zona de - Bayamo - Manzanillo, 1972.
- 2 - Bermúdez J. Pedro. Las Formaciones geológicas de Cuba, 1963.
- 3 - Corratge S. Rolando, Hidalgo A. José. Evaluación hidrogeológica del interfluvio Bayamo - Mabay, 1975
- 4 - Clifford L. Bruce, G. K. Surine. Estratigrafía de la porción - occidental del valle del Cauto.
- 5 - De Miguel Constantino. Sistema de riego Andrés Cueva, 1974.
- 6 - Deland Charles R., K. L. Edwards, Cauto Basin, 1959.
- 7 - Egorov S. V. Luege J. A. Mapa Hidrogeológico de Cuba a escala 1: 100,000.
- 8 - Escalona Nalia, Hernández Manuel. Análisis preliminar de las condiciones hidrogeológicas de la mayor parte de la - provincia Granma, 1977.
- 9 - Maximov S. Informe sobre las investigaciones hidrogeológicas - en la zona del canal principal Bayamo, para el riego - de arroz, 1971.
- 10 - Morales Orlando, De Miguel C., Sistema de riego de arroz "La - gabina", 1976.
- 11 - Shev S. Informe sobre las condiciones geológicas e hidrogeoló - gicas por el canal Bayamo, 1967.
- 12 - Vasiliev V. Condiciones geológicas e hidrogeológicas de la - zona entre los ríos Yara y Jibacoa, 1965.
- 13 - Woodring W. P., Daviess S. N., Informe geology and Manganese de - posits of Guisa - Los Negros, área Oriente, 1944.
- 14 - Wassall Henry. Reportes sobre la concesión pozos Bayamo Oríen - te, 1955.

RELACION DE ANEXOS GRAFICOS

Mapa de ubicación geográfica	Gráfico	No. 1
Gráfico de las precipitaciones atmosféricas y variación del nivel de las aguas subterráneas ..	Gráfico	No. 2
Mapa Geológico Esquemático	Gráfico	No. 3
Perfiles geológicos - Hidrogeológicos	Gráficos	No.4, No.5, No.6 y No.7
Mapa de Materiales Reales	Gráfico	No.8
Mapas Hidrogeológicos	Gráfico	No.9 y No.10
Mapa Esquemático sobre composición química y Mineralización	Gráfico	No.11
Aguas subterráneas con fines de Riego	Gráfico	No.12
Esquema pronóstico de la explotación de las Aguas subterráneas	Gráfico	No.13
Mapa de profundidad de yacencia	Gráfico	No.14

RELACION DE TABLAS

Tabla de la Temperatura
Tabla de las precipitaciones Atmosféricas
Tabla del volumen de los trabajos
Tabla de Análisis químico