

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION TECNICA

DPTO. INGENIERIA GEOLOGICA

Breve reseña sobre el Período Jurásico en la provincia de Pinar del Río, Cuba. M. R. Gutiérrez Domech.

Principales problemas de Ingeniería Geológica en Cuba. V. V. Bamberg.

Determinación de los coeficientes de escurrimiento máximo de los suelos en la provincia de Camagüey, Cuba. V. D. Glazcov, G. Z. Cinchenko, A. Vallé y A. I. Panteleymonov.

La evaporación de la superficie libre de agua en Cuba. I. Kisin, E. Semeonov y A. Izquierdo.

División en regiones hidrogeológicas de la zona Guane-Mantua, provincia de Pinar del Río, Cuba. N. N. Lapshin, M. A. Iturralde y A. M. Oscotski.

PUBLICACION ESPECIAL No. 5

LA HABANA, CUBA

1968

AÑO DEL GUERRILLERO HEROICO

PUBLICACIONES ESPECIALES
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS
DEPTO. INGENIERIA GEOLOGICA

Publicación Especial No. 1 (1963) 10 páginas, 1 tabla.

Torre de la, A. *Notas sobre algunos foraminíferos de interés estratigráfico del terciario superior de Cuba.*

Publicación Especial No. 2 (1966) 32 páginas, 5 figuras, 3 láminas.

Iturralde Vinent, M. A. *Cassigerinella regularis nueva especie de foraminífero planctónico de la formación tinguaro del oligoceno cubano.*

Gutiérrez Domech, M. R. *Globigerina haoi nuevo foraminífero planctónico del eoceno superior de Cuba.*

Publicación Especial No. 3 (1967) 32 páginas, 2 figuras, 5 láminas.

Gutiérrez Domech, M. R. *Nueva especie de foraminífero planctónico del eoceno superior de la provincia de Matanzas, Cuba.*

Iturralde Vinent, M. A. *Estudio sistemático de los foraminíferos planctónicos del pozo Souvenir 2-25 del oligoceno cubano.*

Publicación Especial No. 4 (1967) 64 páginas, 18 figuras, 1 lámina, 2 mapas, 1 tabla.

Iturralde Vinent, M. A. *Foraminíferos planctónicos del oligoceno superior en la provincia de Pinar del Río, Cuba.*

Iturralde Vinent, M. A. *Estudio geológico preliminar del municipio de Manguito, provincia de Matanzas, Cuba.*

Gutiérrez Domech, M. R. y Farrah Pascual, F. *Observaciones generales sobre el carso del macizo del Guaso, Guantánamo, Oriente.*

Acevedo González, M. J. *Clasificación general y descripción del carso cubano.*

Publicación Especial No. 5 (1968) 56 páginas, 12 figuras, 3 láminas, 3 mapas.

Gutiérrez Domech, M. R. *Breve reseña sobre el período jurásico en la provincia de Pinar del Río, Cuba.*

Bamberg, V. V. *Principales problemas de ingeniería geológica en Cuba.*

Glazcov, V. D.; Cinchenko, G. Z.; Vallé, A. y Panteleymonov, A. I. *Determinación de los coeficientes de escurrimiento máximo de los suelos en la provincia de Camagüey, Cuba.*

Kisin, I., Semeonov, E. y Izquierdo, A. *La evaporación de la superficie de agua en Cuba.*

Lapshin, N. N., Iturralde Vinent, M. A. y Oscotski, A. M. *División en regiones hidrogeológicas de la zona Guane-Mantua, provincia de Pinar del Río, Cuba.*

DIVISION EN REGIONES HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA GUANE-MANTUA, PROVINCIA DE PINAR DEL RIO, CUBA

POR

N. N. LAPSHIN*

M. A. ITURRALDE VINENT**

A. M. OSCOTSKI*

S U M A R I O

En el presente trabajo se estudian las características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de la zona Guane-Mantua, situada al occidente de la provincia de Pinar del Río, con el fin de elaborar el esquema de aprovechamiento de las aguas subterráneas. Se ilustran, en tres mapas, los resultados de dichas investigaciones y se hacen las recomendaciones pertinentes con vista a la utilización de los recursos hidráulicos de la región.

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

El Gobierno Revolucionario de Cuba presta atención a los planes de desarrollo de la agricultura del país. Para estos fines, juega un gran papel el desarrollo de la construcción hidrotécnica y el mejoramiento de los terrenos a base de la elaboración de proyectos de mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Durante los dos años pasados, se ha prestado gran atención al aprovechamiento de las aguas subterráneas para el regadío y abastecimiento de agua.

En un futuro próximo, en la zona Guane-Mantua se preveen plantaciones de café, tabaco y cítricos. Con vista a la estimación general de las condiciones hidrogeológicas de la zona y a la elección de las fuentes de abasto de agua, a base de lo cual serán elaborados los proyectos de las obras hidrotécnicas, el Departamento de Ingeniería Geológica del I.N.R.H. realizó las investigaciones necesarias en la zona antes mencionada.

En el presente artículo, los autores brindan los resultados de estas investigaciones, en lo referente a las condiciones hidrogeológicas, geológicas y geomorfológicas del territorio y proponen una división preliminar en regiones hidrogeológicas, según las condiciones del abastecimiento de agua. Es posible que, en el futuro, a la luz de nuevas investigaciones hidrogeológicas en los límites de la zona estudiada, puedan introducirse algunas modificaciones en el esquema que hemos elaborado.

* Ingenieros Hidrogeólogos.

** Paleontólogo.

DIVISION GEOMORFOLOGICA DE LA REGION GUANE — MANTUA

Cartografía: manuel iturraide . v

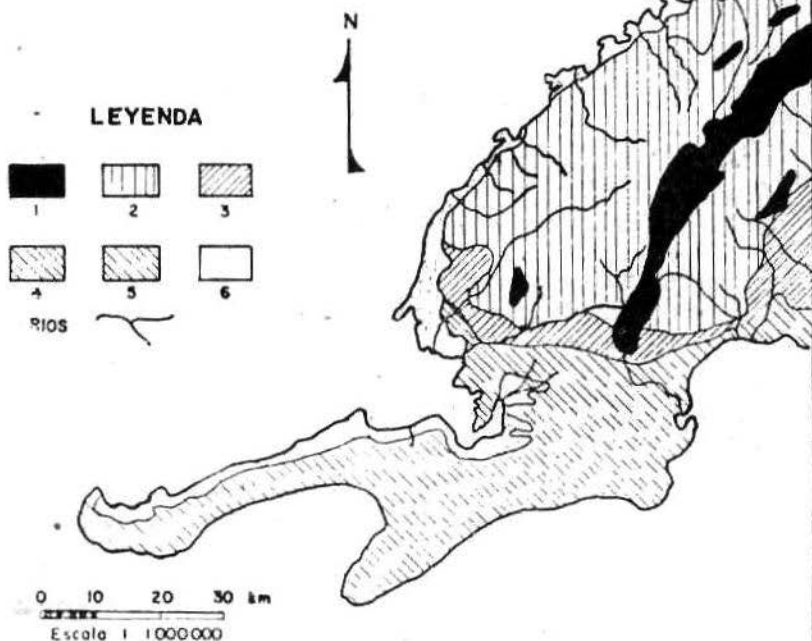


Figura I. — 1) Sistema montañoso cársico; 2) Sistema montañoso no cársico; 3) Llanura premontañosa ondulada cársica; 4) Llanura erosivo-cársica; 5) Llanura acumulativa; 6) Banda cársica costera sumergida en pantanos.

SITUACION GEOGRAFICA Y GEOMORFOLOGIA

El territorio estudiado en el presente trabajo, ocupa un área aproximada de 7000 km² y constituye la porción más occidental de la isla de Cuba y, por ende, de la provincia de Pinar del Río. Abarca la región situada al Oeste del meridiano 83° 40' W.

Es una de las regiones más bellas del archipiélago cubano, donde las hermosas elevaciones y valles de la zona septentrional contrastan con las llanuras y arenales del Sur. Numerosas corrientes fluviales de regular importancia riegan sus terrenos, y muchas, después de extensos recorridos subterráneos, van a verter sus aguas en el golfo de México o en el mar Caribe. El Cuyaguaje, conocido como "el gigante del occidente", es el río más importante de la región.

La geomorfología de esta zona, ha sido estudiada desde un punto de vista general por algunos autores. A continuación nos concretaremos a describir los fenómenos morfológicos más importantes con un criterio algo más particular.

Después de un análisis cuidadoso de las particularidades morfológicas del territorio, podemos distinguir cuatro tipos geomorfológicos principales, que son los siguientes:

1. *Sistema montañoso no cársico*, constituido por las Alturas de Pizarra.
2. *Sistema montañoso cársico*, modelado en la Sierra de los Organos.
3. *Llanura premontañosa ondulada cársica*, que corresponde al afloramiento de las rocas carbonatadas del Mioceno.
4. *Llanura litoral meridional*, que comprende lo que es la península de Guanahacabibes. A su vez, ella puede dividirse en dos regiones completamente distintas, que son: a) *Llanura acumulativa* y b) *Llanura erosivo-cársica*.

Además de estos cuatro tipos fundamentales, como un elemento de segundo orden podemos mencionar la "banda cársica costera sumergida en pantanos", que está desarrollada principalmente en la margen septentrional del territorio, con una anchura promedio de 1.5 km, con una cota aproximada de cero y que aparece generalmente cubierta por manglares.

Antes de comenzar a caracterizar cada uno de estos tipos geomorfológicos, debemos hacer notar que estas unidades morfológicas están estrechamente relacionadas con la constitución geológica y las condiciones hidrogeológicas del territorio que ocupan.

1. *Sistema montañoso no cársico* (figura I). Como puede observarse, éste ocupa un área bastante grande y se extiende por ambos lados del sistema montañoso cársico. Geológicamente coincide con el Meganticlinorio de Pinar del Río y, a la vez, son estructuras anticlinales, en lo que el sistema montañoso cársico es sinclinal.

Las rocas que componen este sistema montañoso, pertenecen al complejo metamórfico del Jurásico Inferior y Medio, conocido como formación Cayetano. Esas rocas están representadas por esquistos, areniscas y filitas muy dislocadas y tectonizadas que forman colinas lineales de laderas suaves y simas punteagudas o en algunos casos redondeadas. Tienen una cota promedio de 250 metros, con suelos y vegetación escasos. El drenaje de esta región está muy desarrollado y reviste bastante importancia. Es de carácter eminentemente superficial y en pocos casos los ríos forman terrazas.

2. *Sistema montañoso cársico*. Por su fisonomía, este sistema se diferencia fuertemente del ya descrito y constituye la "columna vertebral" de las alturas situadas en este territorio. Ocupa la parte central de la zona montañoso y presenta gran interés el grado elevado de desarrollo del carso aquí, pudiendo considerarse una de las regiones cársicas más interesantes de la isla de Cuba. En general, la zona está constituida por calizas negras y grises, a menudo estratificadas, algo metamorizadas, atravesadas por vetas de calcita e intercaladas con series arenociliosas. Su edad se considera Jurásico Superior. En este complejo se reconocen

tres formaciones geológicas que tienen importancia desde el punto de vista geomorfológico. Estas son Jagua, Viñales y Artemisa. El contacto entre Jagua y Viñales está marcado por una línea sinuosa en los mogotes, producto de una discordancia, que origina una zona de debilidad entre ambas. Además, las rocas del Jurásico Superior están muy tectonizadas, formando infinidad de fallas y diaclasas que la fragmentan en dirección longitudinal y transversal.

Todos estos fenómenos han llevado a la formación de un aparato cársico muy complicado, donde los mogotes, poljes, sumideros, dolinas, cauces subterráneos actuales y cavernas desecadas del mismo origen, constituyen rasgos característicos de esta región de carso cónico. Los mogotes se encuentran aislados, o agrupados linealmente pero, en general, formados por rocas de las formaciones Jagua en la base y Viñales en la porción superior. Por el contacto entre estas formaciones, en muchos casos han penetrado las corrientes fluviales, que originaron sistemas cavernarios de gran extensión. Existen algunos mogotes desarrollados en las calizas de la formación Artemisa, que difieren morfológicamente de los anteriores.

Las cavernas de esta región, se han formado también debido a los movimientos tectónicos de carácter de bloque, que separaron el macizo en bloques aislados, luego empezaron a penetrar por las rupturas y por las zonas de rocas trituradas, las aguas vadosas y fluviales que, bajo la influencia de los procesos de lixiviación y otros procesos geoquímicos, originaron las formas características del carso.

La presencia de varios niveles de cavernas en todo este territorio puede sugerir movimientos recientes de ascensión. Es interesante subrayar que a pesar de que estas alturas presentan estructura sinclinal, y el sistema montañoso no cársico constituye regiones anticlinales, las primeras tienen una cota promedio (400 m) mayor que las segundas. Este fenómeno puede explicarse por la compresión de las calizas hacia arriba por los movimientos tectónicos que originaron los pliegues disarmonicos de la serie terrígena del Jurásico Inferior y Medio. También puede ser que como las Alturas de Pizarra son de constitución más suave, unido a su alto grado de tectonismo, se aceleró el proceso de erosión. El drenaje superficial, en la región de carso cónico, está poco desarrollado y la mayoría de las corrientes fluviales tienen una parte de su curso subterráneo.

3. *Llanura premontañosas ondulada cársica.* Esta llanura está separada de la zona montañosa, por una terraza bastante bien definida, con una inclinación de 5-10° y más. Es una faja más larga que ancha, formada por las rocas carbonatadas del Mioceno, que a su vez están cubiertas por depósitos eluviales, deluviales y aluviales, cuyo espesor varía de 1-2 a 5-6 metros. Es una llanura cársica activa, aunque por estar cubierta superficialmente por sedimentos cuaternarios, puede considerarse merofósil. El carso se manifiesta en la superficie formando embudos, barrancos, valles secos y depresiones. El relieve de esta llanura es poco accidentado, con cotas absolutas de 20-30 metros. Se caracteriza por las pendientes suaves y los valles poco erosionados. Aquí se desarrolla una red bastante amplia de corrientes fluviales, pero dependen mucho de las estaciones del año.

4. *Llanura litoral meridional.* Esta llanura abarca los depósitos marinos emergidos que forman la península de Guanahacabibes. Puede dividirse en dos regiones completamente distintas, que son:

a) *Llanura acumulativa* que se encuentra desarrollada al Norte del pantano Los Remates. Es una llanura arenosa algo accidentada debido a la existencia de ríos y lagunas. Sus costas son de 2-3 a 20-22 metros. Se considera que las partes más elevadas son los restos de terrazas marinas emergidas del Pleistoceno. Desde el punto de vista cársico puede considerarse como una llanura merofósil, o de carso enmascarado.

b) *Llanura erosivo-cársica* que está desarrollada al Sur-Oeste del mismo pantano. Es la superficie de un arrecife cuaternario emergido, ausente completamente de ríos. La falta casi total de suelos condicionó la formación de abundante lenar. El desarrollo del carso subterráneo llevó a la formación de cavernas de origen vadoso y freático, a consecuencia de lo cual probablemente se formaron las lagunas que presenta. A lo largo de la costa meridional la llanura se interrumpe a veces hacia el mar, formando un escalón abrasivo de 5-6 metros de altura, y eventualmente mucho más.

La presencia de terrazas marinas antiguas sumergidas en los alrededores de la península de Guanahacabibes, puede sugerir que durante el Cuaternario (?) ella ocupaba una cota más alta que en la actualidad. Como posibles argumentos podemos indicar las cotas negativas del cauce del río Cuyaguatete y el aumento de los macizos arrecifales a gran distancia de la costa.

CONSTITUCION GEOLOGICA

En la región Guane-Mantua afloran los depósitos de edad Mesozoico, Cenozoico y Cuaternario. Además relacionadas con las fallas profundas se encuentran intrusiones de serpentinitas, gabros y diabasas, de composición básica y edad Cretácico Superior.

El complejo de las rocas del Jurásico y Eoceno Inferior dan lugar al Meganticlinorio Pinar del Río, donde en las estructuras anticlinales afloran las rocas del Jurásico Inferior y Medio, y en el sinclinal central (Sinclinorio de Viñales), estratos del Jurásico Superior y Eoceno Inferior. Por otra parte, en la Depresión Neógeno-Cuaternaria están presentes las rocas del Mioceno y Cuaternario.

A continuación describiremos brevemente los distintos complejos sedimentarios que componen esta región. (Ver mapa geológico pp. 44-45.)

Jurásico Inferior y Medio (J_{1-2}). Las rocas más antiguas de la zona pertenecen a la formación Cayetano, cuya edad se acepta actualmente como Jurásico Inferior y Medio, en base a la presencia en las capas de *Phlebopteris cubensis* y *Trigonia krommelbeini*. Estos depósitos se extienden al Sudeste en forma de arco bastante ancho, hasta las alturas del pueblo Guane y están representados por areniscas cuarcíferas y espatocuarzíferas de grano fino, medio y grueso, intercaladas con esquistos arcillosos y filitizados. Una importancia secundaria la tienen algunos lentes de calizas recristalizadas, gravelitas y conglomerados. El espesor total de la formación Cayetano, se estima en 5250-5500 metros. Son sedimentos terrígenos, correspondientes a mares de escasa profundidad, casi continentales en algunos casos, como lo demuestra la presencia de restos vegetales, entre otras cosas.

Jurásico Superior (J^3). El complejo eminentemente calcáreo del Jurásico Superior yace discordantemente sobre la form. Cayetano, aunque el origen de esta discordancia

dancia es muy discutido. Algunos investigadores (Khudoley, 1967, y otros) señalan la existencia de una discordancia erosional, y otros (Hatten, 1967; y otros) consideran que es el resultado del mismo fenómeno tectónico que plegó y falló las rocas menos competentes del Jurásico Superior. Un hecho que parece contradecir esta última opinión, es que la serie areno-arcillosa de la parte media de la formación Jagua, que litológicamente es similar a Cayetano, no está tan plegada. No obstante, la presencia o no de la Orogenia Nevada en Cuba, queda por aclarar.

Los depósitos del Jurásico Superior están extendidos por los límites del "Sinclinorio de Viñales" y forman una cadena montañosa que se extiende hasta la porción más oriental del Meganticlinorio. Las rocas de esta edad están divididas en tres formaciones distintas por Judoley & Furrázola (1965), criterio que estamos adoptando. Ellas son: Jagua (Oxfordiano Superior), Viñales (Kimmeridgiano-Tithoniano Inferior) y Artemisa (Tithoniano Inferior y Medio). Las formaciones Jagua y Viñales están separadas por una discordancia que se observa muy bien en los mogotes, marcada por una brecha conglomerática de fragmentos angulares y subangulares, de distintas dimensiones y que constituye la base de la formación Viñales. El origen de esta brecha conglomerática, así como la discordancia entre ambas formaciones es también motivo de controversias. Existen dos opiniones contradictorias, una supone una etapa de erosión entre ambas formaciones, y otra señala que se trata de un contacto tectónico. Las formaciones Viñales y Artemisa pertenecen a un mismo período ininterrumpido de sedimentación y, por tanto, están unidas concordantemente.

La formación Jagua presenta una secuencia dividida en tres partes, con un espesor total de 300 metros. La parte inferior está constituida por calizas oscuras (grises y negras), estratificadas en capas finas de 4-5 cm o menos. La parte media es una secuencia areno-arcillosa de color rojizo con concreciones calcáreas intercaladas. La porción superior consiste de calizas similares a las de la base, pero puede contener lentes de horsteno. La secuencia calcárea inferior contiene una fauna escasa representada por *Conicospirillina* sp., mientras que en la parte media, en las concreciones calcáreas encontramos abundantes ammonites perisphinctidos, peces y reptiles que permiten identificar correctamente su edad.

La formación Viñales es una caliza negra o gris oscura, fétida, recristalizada, con estratificación gruesa o masiva y la fauna que contiene no es identificable. En su base encontramos la brecha conglomerática a la que ya nos hemos referido. El espesor total de la formación se estima en unos 1 000 metros, de los cuales sólo 10-15 pertenecen a la brecha conglomerática. La edad de esta formación se determina en base a su posición estratigráfica, pues como señalamos anteriormente no contiene fauna identificable.

En su parte superior la formación Viñales pasa a unas calizas estratificadas en capas finas de 5-6 cms. intercaladas con esquistos calcáreo-arcillosos que conocemos como formación Artemisa. Esta secuencia se caracteriza por la abundancia de lentes de horsteno, así como de una rica fauna de ammonites, tintínidos y *Nannoconus* que apuntan una edad Tithoniano Inferior a Medio. Según Hatten (1967) esta formación llega hasta el Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano). Esta opinión se basa principalmente en estudios realizados en la Sierra del Rosario

y por lo tanto no afecta nuestra región. El espesor de esta formación no sobrepasa al parecer los 300 metros.

Eoceno Inferior (Pg_2^1). En concordancia estructural sobre la formación Artemisa, muchas veces encontramos unas calizas violáceas, grises o verdosas que pasan hacia arriba a una serie areno-arcillosa, y que conocemos como formación Ancón. La parte calcárea contiene gran cantidad de globigerínidos y nannofósiles que establecen su edad como Eoceno Inferior. La serie areno-arcillosa carece de fauna. Tiene un espesor aproximado de 500 metros y muchas veces podemos encontrarla sobre los mogotes constituidos por la formación Artemisa. Está confinada al Sinclinorio de Viñales, y es de carácter secundario a los fines del presente trabajo.

Mioceno Inferior y Medio ($N_1^{1,2}$). Las rocas del Mioceno Inferior y Medio yacen discordantemente sobre la serie terrígena de la formación Cayetano a lo largo del margen septentrional de la Depresión Neógeno-Cuaternaria. Su espesor total no ha sido medido en esta región, pero en otras partes del Sur de la provincia de Pinar del Río alcanzó los 300-400 metros. Son rocas eminentemente carbonatadas, pero pueden observarse lentes de arcillas y arenas a distintas profundidades. Sin lugar a dudas, esta secuencia se depositó en un mar de poca profundidad, con salinidad normal y temperatura tibia, como lo demuestran los corales, moluscos, equinodermos y foraminíferos que contiene. Parcialmente, en diferentes épocas, la cuenca sufrió disminuciones de la salinidad, debido a la influencia de las aguas dulces que drenaban hacia el mar; a consecuencia de lo cual se depositaron las arenas y arcillas con fauna característica para este ambiente. La parte inferior de estos depósitos se caracteriza por la siguiente fauna: *Miogypsina* sp., *M. antillea*, *Amphistegina angulata*, *A. cf. rotundata*, *Archaias* sp., *Peneroplis* sp., *Sorites* sp., *Valvulina* sp., miliólidos, *Mesophyllum* sp., *Procythereis cf. deformis*, etc. y en la porción superior: *Marginopora* sp., *Peneroplis* sp., *Archaias angulatus*, *Amphistegina angulata*, *A. cf. lessonii*, *Ammonia beccarii*, *A. beccarii* sobrina, *Elphidium lens*, *E. lanieri*, *Clavulina tricarinata*, *Valvulinina cf. affinis*, *Gaudryina* sp., *Tritaxia* sp., *Discorbis* sp., *Gypsina globulus*, *G. cf. vesicularis*, *Planorbulinella* sp., miliólidos, globigerínidos, *Archeolithothamnium* sp., *Orthaulax* sp., etc. Estas biocenosis permiten identificar la edad como Aquitaniano Superior a Vindoboniano.

Litológicamente podemos dividir las rocas del Mioceno en dos complejos: uno abarca desde su límite superior norte, hasta la latitud del pantano Los Remates, compuesto de calizas organógeno-detríticas con cierta mezcla de arcilla; otro al Sur del propio pantano que lo componen calizas intensamente dolomitizadas y dolomitas con fauna de moluscos, y otros macrofósiles.

Depósitos Cuaternarios (Q). La estratigrafía de los depósitos cuaternarios hasta el presente ha sido muy poco estudiada en Cuba, por eso a continuación sólo describimos los distintos tipos genéticos que están desarrollados entre los límites de la zona estudiada.

1. *Depósitos eluvio-deluviales*. Están extendidos principalmente en la parte montañosa, precisamente en las pendientes de las montañas, barrancos y en los espacios divisorios. Están representados por los productos de la descomposición de las rocas de la formación Cayetano, y en escala menor de las calizas y las rocas ígneas.

2. *Depósitos aluviales*. Se encuentran en los valles de los ríos más grandes de la zona, tales como el Cuyaguaje, Mantua, Brazo de San Juan, Malas Aguas y otros. Debido a que la mayoría de los valles de los ríos parecen cañones, aquí están sólo desarrollados los sedimentos aluviales de cauce, representados por aluvión con cemento arenoso-gravoso. En las partes llanas de los valles de los ríos están desarrollados los depósitos apropiados de las terrazas de los cauces; bajas y altas, donde predomina el material arenoso mezclado con grava silícea y cantos rodados pequeños. El espesor del aluvión en el Valle del Cuyaguaje alcanza aproximadamente unos 40 metros.

3. *Sedimentos aluviales de cavernas desecadas*. Que están desarrollados en las cavernas de origen fluvial de la Sierra de los Organos. Consisten en sedimentos arcillosos y eventualmente gravosos de espesores variados que contienen en muchos casos osamentas fósiles de vertebrados terrestres del Pleistoceno.

4. *Sedimentos terrígenos marinos*. Yacen en la superficie erosionada y cavernosa de las rocas carbonatadas del Mioceno, más al Norte de la latitud del pantano Los Remates.

Están representados por el material redepositado por los ríos en la zona nerítica del mar y forman una llanura extensa acumulativa. Se presentan arcillas y arenas arcillosas. Se observa claramente la división del corte en dos partes: la parte inferior compuesta de arcillas y arcillas arenosas pesadas de color gris, rojo y carmelita, y la parte superior que está representada por arenas de cuarzo de grano fino. El espesor total alcanza hasta 25 metros, donde la capa de arena es de 2-3 metros y sólo por partes en las depresiones en forma de bolsa, en el techo de calizas cavernosas alcanza 20-24 metros.

5. *Depósitos de los pantanos costeros*. Están extendidos en forma de una faja continua a lo largo de la costa del Golfo de México y en algunos lugares de la costa del Mar Caribe. Están representados por limos y turbas.

6. *Calizas arrecifales*. Se encuentran en todas las partes hacia el Sur de la latitud del pantano Los Remates. Componen la llanura extensa de la península de Guanahacabibes. Las rocas están muy lixiviadas y carsificadas. Casi en todas partes se observa dolomitización secundaria de las calizas. Su espesor alcanza 18-20 metros. Su biocenosis la componen principalmente corales, moluscos y foraminíferos bentónicos: *Archaias* sp., *Amphistegina* sp., miliólidos, etc., así como algas.

TECTONICA

En el territorio cubano, Puscharovsky, Knipper & Puig (1967) han distinguido tres pisos tectónicos, que se diferencian considerablemente entre sí, por el complejo de sus estructuras tectónicas, y por tener sus propias particularidades en este sentido. Ellos son:

1. Estructuras geosinclinales plegadas del Preneógeno.
2. Formas estructurales impuestas del Mioceno y Oligoceno (?).
3. Estructuras contemporáneas Plioceno-Cuaternarias.

En la zona estudiada se presentan estructuras de los tres tipos. Con el primer piso están relacionadas la parte sudoeste del Meganticlinorio Pinar del Río. Es una estructura grande, anticlinal, que se compone de las zonas levantadas del Norte y Sur, y de la parte central (Sinclinorio Viñales) que divide las dos primeras. Las zonas anticlinales están formadas por las rocas metamorfoseadas de la formación Cayetano, intensamente plegadas en pliegues disarmónicos, incluyendo pliegues isoclinales e invertidos. Como regla, estos pliegues están complicados por fallas y fallas inversas pequeñas.

La zona sinclinal central está compuesta por las rocas del Jurásico Superior y Eoceno Inferior, debajo de las cuales, en las estructuras anticlinales afloran las rocas subyacentes del Jurásico Inferior y Medio.

Por los bordes septentrional y meridional del sinclinorio pasan las rupturas regionales, con las cuales están relacionadas los macizos de serpentinitas. El Meganticlinorio Pinar del Río en el Sudeste está cortado por la ruptura regional tectónica homónima, con la cual también están relacionadas macizos de serpentinitas.

La depresión impuesta miocénica coincide con el área de extensión de las calizas del Mioceno, las cuales cubren discordantemente las formaciones geosinclinales antiguas. La constitución geológica todavía no está bien estudiada.

El territorio que se encuentra más al Sur del área de desarrollo de las rocas miocénicas se considera como la depresión nueva Plioceno-Cuaternaria. Se considera que debido a los movimientos recientes por las fallas, se observan solamente algunas partes de la depresión, que aparecen en forma de penínsulas. Las estructuras tectónicas recientes de dicha depresión se extienden bastante lejos más abajo del nivel del mar (Puscharovsky et al. 1967).

HIDROGEOLOGIA

ACUOSIDAD DE LOS SEDIMENTOS Y CARACTERISTICAS DE LOS MANTOS ACUIFEROS PRINCIPALES

La combinación de las particularidades tectónico-estructurales con el carácter de los movimientos neotectónicos condicionan la originalidad de las condiciones hidrogeológicas en la zona Guane-Mantua.

El sentido del flujo de las aguas subterráneas principalmente depende de los factores siguientes: a) carácter del relieve, b) propiedades de filtración de las rocas que forman las cuencas hidrogeológicas.

En la parte central de la provincia de Pinar del Río, la dirección del escurrimiento de las aguas subterráneas es bilateral, es decir, al Norte inmediatamente en el Golfo de México, y al Sur, en el Mar Caribe. Pero la situación de la región estudiada en la península, ha condicionado la triple dirección del escurrimiento de las aguas subterráneas.

Los ejemplos característicos de la originalidad de las condiciones hidrogeológicas del territorio descrito, lo muestra la parte meridional de la zona, y la península de Guanahacabibes.

La parte sur de la zona estudiada presenta un arrecife emergido, formado por las calizas relativamente compactas, dolomitizadas y dolomitas, las cuales son

obstáculo para la descarga al Mar Caribe del manto acuífero del Mioceno. En base a los datos preliminares es posible admitir, que su descarga parcial, se efectúa en la zona de ruptura joven, reflejada en el relieve en forma de una depresión (Pantano Los Remates). Una cala de 100 metros de profundidad, perforada en la orilla meridional del mar en la región del poblado La Furnia, no encontró ni rocas análogas a las que están extendidas más al Norte del Pantano, ni aguas subterráneas idénticas a las aguas del manto acuífero del Mioceno.

Más al Sur del pantano están desarrolladas las aguas cársicas, prácticamente sin presión, en calizas y dolomitas del Neógeno-Cuaternario. Su litología, estructura, carácter de cavernosidad y de lixiviación la diferencian mucho de las calizas del Mioceno, extendidas más al Norte del pantano.

Además, hay una diferencia en la composición química de los mantos acuíferos antes mencionados. El manto acuífero del Mioceno en su parte superior (espesor de 20-40 metros) se caracteriza por aguas dulces con mineralización de 0.4-0.5 g/litro y por el aumento fuerte de la mineralización a la profundidad de 60-70 metros. Pero las aguas subterráneas en las calizas del Neógeno-Cuaternario en el techo del manto acuífero tienen una mineralización igual a 0.8-2.0 g/litro. La mineralización aumenta gradualmente con la profundidad.

El pantano Los Remates durante el período de lluvias, y a comienzos del período seco, siempre está cubierto de una lámina de agua con espesor promedio de 0.5-1.0 metros. Pero, a fines del período seco (abril-mayo), este pantano por todas sus partes se seca a excepción de algunas lagunas de origen cársico.

En el período seco, con la capa de material organógeno del pantano, coincide un manto freático de aguas salobres con mineralización de 3-9 g/litro. Las oscilaciones de niveles de agua en el pantano se componen de 1-1.5 metros, y en las lagunas cársicas no pasan de 0.5-1.0 metros.

El desarrollo de las lagunas cársicas en particular por la parte occidental del pantano, oscilaciones pequeñas de niveles de agua, así como los manantiales ascendentes existentes, que funcionan constantemente, nos permiten admitir que, el pantano, es el lugar de descarga del manto acuífero del Mioceno. Todavía es temprano para afirmar que el pantano es la región de descarga total o parcial del manto acuífero, pero no es posible negar el hecho de descarga.

La mineralización elevada (1.5-2.5 g/litro) del agua de las fuentes nos muestra que en el pantano se descargan, no sólo las aguas dulces de la parte superior del manto acuífero, sino también las aguas salinas más profundas.

La falta del manto acuífero del Mioceno más al Sur del pantano Los Remates, la diferente litología y el carácter del cárso, nos indica directamente que en la región del pantano están en contacto diferentes paquetes de rocas carbonatadas. El grado menor de lixiviación de las calizas del Neógeno-Cuaternario y su pureza, nos indica que las últimas afloraron más tarde que las calizas del Mioceno extendidas más al Norte del pantano Los Remates.

Además, hay razones para suponer que la depresión ocupada por el pantano, coincide con una ruptura (o serie de rupturas) tectónica joven, de dirección latitudinal, a lo largo de la cual el bloque meridional se elevó. Como consecuencia de esta elevación emergió sobre el nivel del mar la península de Guanahacabibes. La

última fue separada de la Isla por un estrecho profundo que luego se rellenó con material terrígeno. Es posible que esta ruptura se prolongue hasta Isla de Pinos, porque en su parte meridional se observa una situación análoga.

Por todas las razones antes expuestas, se puede admitir que una parte de las aguas subterráneas del manto acuífero del Mioceno, se descargan al pantano Los Remates y otra por medio de la ruptura, que representa un drenaje que se evacúa en la Bahía de Guadiana, por lo visto más al Oeste de la población La Fe.

Entre los límites de la zona Guane-Mantua están desarrollados los complejos de los mantos acuíferos, los principales de arriba hacia abajo son:

1. *Complejo acuífero de las rocas terrígenas del Jurásico Inferior y Medio.*
2. *Manto acuífero de las aguas cársicas del Jurásico Superior.*
3. *Manto acuífero de las aguas estrato-cársicas del Mioceno.*
4. *Manto acuífero de las aguas cársicas en las rocas del Mioceno-Cuaternario.*
5. *Aguas freáticas de pantanos.*
6. *Aguas subterráneas de extensión esporádica en depósitos marinos terrígenos del Cuaternario.*

A continuación describimos brevemente los complejos y mantos acuíferos antes mencionados:

1. *Complejo acuífero de las rocas terrígenas del Jurásico Inferior y Medio.*

Este complejo acuífero tiene más amplia extensión en la zona estudiada que todos los otros, y ocupa casi el 50% de su área. Las rocas de la formación Cayetano forman el fundamento del macizo montañoso denominado Alturas de Pizarras del Norte y Sur. Se extiende hacia el Sudeste en forma de un arco ancho y están representadas por una secuencia de areniscas y esquistos, que no nos permiten dividir dentro de la secuencia algunos mantos acuíferos. Las aguas subterráneas en las intercalaciones de areniscas se acumulan en las grietas de distintos orígenes, debido a lo cual podemos clasificarlas como de estrato-fisurales. Su alimentación es por medio de la infiltración de las precipitaciones atmosféricas, y por lo visto, a costa de la infiltración parcial de las aguas subterráneas que yacen más arriba en las calizas. En el período seco la alimentación se realiza por medio del drenaje de la zona de meteorización. Según la composición química, las aguas se relacionan al tipo hidrocarbonatadas, con mineralización baja. Las aguas son dulces.

La acuosidad de las rocas es muy baja. Como regla los caudales de los pozos son menores de 1.0 litro/seg. y sólo a veces alcanzan 1.3 litros/seg. durante los aforos, cuando los abatimientos de los pozos componen algunos metros. En total, el área de extensión del complejo acuífero de las rocas acuíferas del Jurásico Inferior y Medio tiene poca agua en comparación con otras regiones de la provincia de Pinar del Río.

2. *Manto acuífero de las aguas cársicas del Jurásico Superior.*

Estas rocas, que forman pintorescos mogotes, están ampliamente extendidas entre los límites del Sinclinatorio Viñales y forman el macizo montañoso denominado

Sierra de los Organos, pasando al Este hacia la Sierra del Rosario. Las rocas están representadas por calizas muy carsificadas con intercalaciones de series areno-arcillosas y pedernales de diferentes tonos. Yacen discordantemente sobre la relativamente impermeable formación Cayetano. En el techo de calizas faltan casi por completo las rocas impermeables. Este manto acuífero puede ser caracterizado como acuífero con aguas cársicas sin presión. La fracturación y el carso juegan un papel predominante en la alimentación de este manto acuífero. Además de las precipitaciones atmosféricas, juega un gran papel la alimentación por medio de la absorción de una parte del escurrimiento de los ríos y arroyos grandes.

Debido al drenaje de la parte superior de las calizas, la secuencia de las rocas no tiene agua hasta los niveles de los ríos. Aquí las rocas se caracterizan por la presencia de grandes formas cársicas, es decir, cavernas, sumideros aislados y unidos entre sí, poljas, etc. Más abajo de los fondos de los valles de ríos siempre hay agua que corre en dirección del descenso de las rocas impermeables. Más abajo, al pie de los mogotes, el grado de carsificación y de acuosidad de las rocas se reduce considerablemente.

Por ejemplo, un pozo perforado en el valle del río Santo Tomás, al pie del mogote, tuvo un caudal igual a 1 litro/seg. En el mismo tiempo, en los lugares de descarga natural de las aguas subterráneas por los valles poco elaborados, existen manantiales con gastos mayores. El mayor de todos brota en el valle del Río Cuyaguaje y tiene un caudal de alrededor de 70 litros/seg. en el período seco. Las aguas del manto acuífero del Jurásico Superior son de composición hidrocarbonatado-calcíticas y se caracterizan por la estabilidad relativa de la mineralización, que es igual a 0.4-0.6 g/litro.

3. Manto acuífero de las aguas estrato-cársicas del Mioceno.

Los depósitos miocénicos están ampliamente desarrollados por el territorio estudiado. Con ellos coinciden las reservas fundamentales de las aguas subterráneas.

La frontera septentrional del manto acuífero del Mioceno coincide con el límite norte de extensión de las calizas miocénicas, y la frontera meridional, pasa, por lo visto, por el borde septentrional del pantano Los Remates. La región indicada en el mapa geológico (vea mapa pp. 44-45) como el área de afloramiento de los depósitos del Mioceno, prácticamente coincide con el área de alimentación del manto acuífero por precipitaciones atmosféricas. Más al Sur, el manto acuífero está cubierto por una secuencia potente de arcillas y arenas cuaternarias, que prácticamente excluyen alguna posibilidad de unión hidráulica con la superficie. Las aguas subterráneas aquí tienen una presión, cuyo valor a veces alcanza 15 metros. La descarga del manto acuífero se realiza más al Oeste de la laguna Algodonal y más al Este del poblado Cortés, inmediatamente al mar y, en la parte central, por lo visto, al pantano Los Remates.

Los depósitos del Mioceno tienen una acuosidad alta, pero no por todas partes. En la región de alimentación (la parte septentrional de la extensión del manto acuífero) los gastos de los pozos son iguales a 3-5, rara vez 10-15 litros/seg. Más al Sur, en la región de extensión de las aguas subterráneas con presión, los caudales

unitarios de los pozos varían de 10 a 200-300 litros/seg. con un valor promedio de 20-30 litros/seg.

La acuosidad máxima se observa en la cuenca del Río Sandino. Según los datos de Egorov (1967) las reservas dinámicas de las aguas dulces en el flanco de la corriente subterránea son de una anchura de 6 km y componen alrededor de $1\text{ m}^3/\text{seg.}$, es decir, el gasto de la corriente para 1 km de anchura es igual a 160 litros/seg. Más al Oeste del tramo antedicho, la acuosidad disminuye debido a la reducción del área del manto acuífero y correspondientemente de la región de alimentación. Además en la acuosidad influyen mucho las particularidades litológicas de las rocas y ante todo las capas de arcilla en la secuencia.

La parte superior del manto acuífero del Mioceno, de espesor de 25-40 metros contiene aguas dulces, hidrocarbonatadas-calcíticas, rara vez de composición hidrocarbonatada-clorhídricas con mineralización menor de 1 g/litro (el valor promedio varía entre 0.2-0.5 g/litro). En algunos casos el espesor de las aguas dulces alcanza 70-75 metros. En el intervalo de 15-20 metros tiene lugar el aumento gradual de la mineralización hasta 3-5 g/litro y luego se observa el aumento de la mineralización hasta 20-30 g/litro.

La extracción sumaria del manto acuífero del Mioceno en los límites de la zona estudiada, en el período seco puede, aproximadamente, ser de $2.0\text{ m}^3/\text{seg.}$; durante las condiciones de trabajo de los pozos en el transcurso de 8-10 horas al día regularmente.

4. Manto acuífero de las aguas cársicas en las rocas del Mioceno-Cuaternario.

Este manto se encuentra desarrollado en un amplio territorio en la parte meridional de la zona. La alimentación del mismo se produce mediante la infiltración de las precipitaciones atmosféricas. La descarga se efectúa en forma de pequeños arroyos con gastos hasta de 5-10 litros/seg., ya sea al mar o a los pantanos costeros y lagos cársicos.

Casi por ningún lugar existe la capa impermeable en la superficie de las rocas acuíferas, lo que provoca la falta de presión de las aguas cársicas y el fácil enturbamiento de las mismas.

El relieve determina la profundidad del yacimiento de las aguas subterráneas, la cual es frecuentemente de 3-6 metros, raramente 10. El espesor del manto es probablemente de no menos de 30 metros. La cantidad de agua es grande. El gasto de un pozo de prueba en la llanura de San Juan fue de 2.8 litros/seg., durante el descenso que fue de 0.27 metros.

La composición química del agua según el grado de mineralización es muy variada. En la parte superior del manto acuífero yacen aguas dulces y salobres de composición hidrocarbonatado-clorhídricas y clorhídricas con una mineralización desde 0.4 hasta 1.0 g/litro, a veces hasta 1.5-2.0 g/litro. Hacia la profundidad la mineralización aumenta. Es conveniente señalar que la capa de aguas dulces en una parte del manto se encuentra desarrollada por algunas partes y en algunos lugares el espesor de la capa de las aguas, con una mineralización inferior a 1 g/litro, alcanza de 2-3 metros.

Las aguas de este manto acuífero son la única fuente de abastecimiento de agua a Guanahacabibes, donde se tienen algunos pozos de explotación con un gasto de 40-50 litros/seg.

5. *Aguas freáticas de pantanos.*

Estas aguas prácticamente coinciden con formaciones pantanosas-turbales y tienen una amplia distribución en las costas norte y sur, así como en el pantano Los Remates de la zona Guane-Mantua. Estas formaciones están representadas por turbas, fangos, a veces con mezcla de material arcilloso o carbonatado.

La alimentación se produce como resultado de las precipitaciones atmosféricas y también por la descarga en la costa de las aguas subterráneas de otros mantos. Las formaciones pantanosas-turbales tienen poca cantidad de agua, aunque si yacen en calizas cavernosas o en otras rocas muy hidratadas, éstas obtendrán una abundante alimentación. El pantano Los Remates es de interés para ser estudiado, por ser la región de la posible descarga del manto miocénico.

En la faja litoral, los pantanos se alimentan por aguas del mar en el período de marea alta. Como ejemplo tenemos la región situada entre La Puerta de Catalina e Isabel Rubio. Aquí con frecuencia en el período seco del año, la oscilación del nivel del agua en el río Cuyaguatzeje, se debe a la marea alta. Las aguas llegan hasta el puente Molina, en la vía férrea Guane-Habana.

Según la composición química, las aguas de los pantanos son saladas, clorhídrico-sódicas. En los pueblecitos de Alvarez, García, La Laguna, El Matal, El Jagüey, Trinidad y otros, las aguas tenían concentración del ión Cl desde 0.1777 hasta 0.5922 g/litro, lo que significa un eminente peligro para el riego de la tierra. En el pantano Los Remates fueron hechas algunas calicatas con el fin de conocer las aguas subterráneas. La afluencia a las calicatas, con un tamaño de 1×1 metro, no fueron mayores de 0.1 litro/seg. La mineralización de las aguas del pantano, oscila entre 1.3 hasta 7.2 g/litro, en la parte norte del mismo las aguas son más dulces que en su porción meridional.

6. *Aguas subterráneas de extensión esporádica en depósitos marinos terrígenos del Cuaternario.*

Estas fueron encontradas mediante pozos hechos en las zonas de regadío (lagunas Alcatraz, Algodonal, etc.) y se encuentran distribuidas en los límites de la llanura acumulativa. Coinciden con la capa superior de las arenas, aunque a veces aparecen en las capas de arenas y de loam arenoso en las arcillas, teniendo frecuentemente una profundidad de yacimiento de 2-3, raramente 5-10 metros. En relación con que estas aguas se encuentran distribuidas relativamente cerca de las lagunas, es seguro que éstas se alimentan como resultado de su infiltración. Los gastos conocidos de pozos poco profundos, no sobrepasan de 0.5 litros/seg. Las aguas son dulces, hidrocarbonatadas, raramente hidrocarbonato-clorhídricas y clorhídricas con una mineralización en los límites de 0.15-0.3 g/litro, a veces 0.55.

DIVISION EN REGIONES HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA, SEGUN LAS CONDICIONES DE ABASTO DE AGUA

En el mapa hidrogeológico (vea mapa al final), está dado un esquema de la división en regiones del territorio Guane-Mantua, según las condiciones de abasto de agua. En base a la división en regiones, fueron propuestas las particularidades hidrogeológicas de algunas regiones de la zona. Estas particularidades se deben a las diferencias en el carácter de la constitución geológica y el relieve, constituciones estructural-tectónicas, particularidades litológicas de las rocas que absorben agua y carácter de abastecimiento.

Las investigaciones hidrogeológicas realizadas, que generalizan los materiales del Fondo Geólogo-Hidrogeológico del I.N.R.H., así como, que dieron lugar, por partes, a trabajos experimentales y perforaciones, permitieron distinguir las mayores divisiones en la zona Guane-Mantua.

- I. *Región de distribución del conjunto acuífero de las rocas jurásicas.*
- II. *Región de distribución del manto acuífero miocénico en aguas de estratos cársicos.*
- III. *Región de distribución de aguas cársicas en sedimentos Mioceno-Cuaternarios.*

Más abajo, se resumen las características de las distintas regiones:

- I. *Región de distribución del conjunto acuífero de las rocas jurásicas.*

Las rocas descritas anteriormente del Jurásico Inferior y Medio, yacen en los límites de la estructura anticlinal del Meganticlinorio Pinar del Río, y entran territorialmente a la región propuesta de distribución del conjunto acuífero de sedimentos terrígenos. Las aguas subterráneas coinciden aquí con capas de aleuro litas y areniscas en los esquitos. La cantidad de agua de las rocas es poca e irregular, con excepción de las zonas de fallas tectónicas en las areniscas, donde pueden encontrarse algunas fuentes abundantes en aguas, tanto dulces como saladas. Los gastos de los pozos varían desde centésimas hasta 0.1-0.5 litros/seg., alcanzando en algunos casos de 1-3 litros/seg. durante la disminución del nivel en 15-20 y más metros del estático.

Debido a la acuosidad baja de las rocas, la explotación de las aguas subterráneas aquí está muy limitada, y sólo consumidores pequeños por medio de pozos excavados, calas y con ayuda de la captación de las fuentes, extraen alguna cantidad de agua para uso doméstico. Según los cálculos preliminares, en esta zona es posible sólo abastecer con agua las poblaciones y centros industriales pequeños con consumo de agua no mayores de 100-200 m³/día, a través de la perforación complementaria de calas de explotación para cada consumidor. Resolviendo los problemas de la elaboración de proyectos de construcción de obras hidrotécnicas y de regadío, debemos tener en cuenta sólo la acumulación y regulación del escurrimiento superficial.

Dentro de la zona descrita, se puede dividir la región (I¹) de extensión de las aguas cársicas en las calizas del Jurásico Superior, que tienen particularidades

y condiciones hidrogeológicas especiales. La Sierra de los Organos está formada por calizas del Jurásico Superior, las cuales dentro de los límites de la región estudiada, están desarrolladas principalmente en el Sinclinorio Viñales. Gracias a la fracturación tectónica y abundancia de las precipitaciones atmosféricas, aquí se desarrollan procesos cárlicos y, por eso, tienen lugar cavernas, sumideros, poljas y otras formas del relieve cárlico.

Las aguas subterráneas de la región están poco estudiadas. A pesar de la acuosidad baja de las rocas, debido al drenaje casi completo, y gracias a la constancia de la secuencia de las rocas acuíferas, no se excluye la posibilidad de captación de algunos manantiales más grandes, con fines de abastecimiento de agua y para el regadío de pequeñas áreas de hasta 50 hectáreas. Como un ejemplo característico podemos citar los manantiales anteriormente descritos, que brotan en el valle del Río Cuyaguaje y tienen gastos de alrededor de 70 litros/seg. en el período seco. Sin duda alguna debemos realizar en esa región, la captación de las fuentes y manantiales, porque no es posible (o es muy difícil), construir embalses en las zonas muy carsificadas. Además, tropezamos con dificultades perforando las calas entre los límites de las partes centrales de los macizos cárlicos.

II. *Región de distribución del manto acuífero miocénico en aguas de estrato-cárlicas.*

A pesar de su pequeña dimensión, esta región ocupa el primer lugar por su acuosidad y por las reservas de aguas subterráneas, entre las tres regiones divididas en el sentido hidrogeológico. Los depósitos miocénicos ya descritos, están ampliamente distribuidos. Por entre los límites de la región, dada la acuosidad del manto acuífero, está distribuida irregularmente esta característica, debido a lo cual se divide en dos subregiones.

Región Septentrional (II¹). Esta región coincide con el afloramiento de las calizas del Mioceno. A veces estas calizas están cubiertas por una capa poco profunda de depósitos cuaternarios. En la región descrita, la alimentación es por medio de las precipitaciones atmosféricas. La acuosidad del manto acuífero no es alta. Los caudales unitarios no pasan de 3-5 litros/seg. y sólo en algunos pozos alcanzan 15-20.

Las condiciones hidrogeológicas de la región son bastante favorables para el abastecimiento de agua potable a las poblaciones y centros industriales, con un consumo de agua de alrededor de 500-800 m³/día. Pero hay que tener en cuenta que, en total, la extracción de agua debe ser controlada rigurosamente y limitada, porque aquí está situada la región de alimentación del manto acuífero del Mioceno. Pero los pozos de explotación principales están ubicados más arriba y más al Sur, por la dirección de la corriente de las aguas subterráneas. No se recomienda regar las áreas mayores de 20 hectáreas por medio de las aguas subterráneas. En esta región, merece atención la construcción de pozos de recarga (acumulativos), y de obras que faciliten la alimentación del manto acuífero por medio de las aguas de lluvia.

La región septentrional (II¹) está dividida por una prolongación de la estructura anticlinal Pinar del Río, en las dos subregiones siguientes: Subregión oriental

(II₁^b) y subregión occidental (II₁^a), las cuales se caracterizan por tener condiciones hidrogeológicas semejantes a las anteriormente descritas.

Región Meridional (II₂). La región meridional se extiende al Sur de la región anterior (I₁) hasta la orilla del mar al Oeste y al Este, y en el centro hasta el pantano Los Remates. Aquí están extendidas las aguas subterráneas esporádicas, que coinciden con los depósitos terrígeno-marinos cuaternarios, y las aguas estratocársicas del manto acuífero del Mioceno. Las primeras no merecen atención alguna como fuente de abastecimiento de agua. El manto acuífero del Mioceno se caracteriza por su acuosidad alta, y se utiliza ampliamente para el regadío y abastecimiento de agua.

La región meridional, según el grado de acuosidad, puede dividirse en cinco subregiones que son: (II₂^a), (II₂^b), (II₂^c), (II₂^d) y (II₂^e).

Subregión (II₂^a): Está situada más al Oeste de la desembocadura del Río Salado. El gasto dinámico de la corriente de las aguas dulces aproximadamente se evalúa en 10-15 litros/seg. por 1 km.* El valor máximo de extracción de agua por toda la superficie de la subregión en el período seco es igual a 150-200 litros/seg.

Subregión (II₂^b): Está ubicada más al Este de la laguna Blanquizal, hasta la desembocadura del Río Salado. De acuerdo con los cálculos preliminares, el gasto de la corriente se compone de 30-40 litros/seg. por 1 km. La extracción de agua máxima posible es 350-400 litros/seg.

Subregión (II₂^c): Está situada en la zona del Río Sandino, y abarca las lagunas más grandes de la provincia, que son: Laguna Jovero, Los Indios y otras. Esta subregión tiene una acuosidad más alta que la parte restante de la provincia de Pinar del Río. Como resultado de las observaciones en el campo se ha establecido que la extracción de agua alcanza 1000-1500 litros/seg.

Subregión (II₂^d): La frontera septentrional de la subregión pasa por la laguna El Pesquero, y la meridional baja suavemente hasta el Pantano Los Remates. Además la subregión abarca las grandes lagunas de Bufeó, Alcatraz Grande, Santa Bárbara y otras. El gasto supuesto de la corriente es igual a 20-25 litros/seg. por 1 km. La extracción de agua posible, alcanza 250-350 litros/seg.

Subregión (II₂^e): Se extiende desde el Río Cuyaguatije hasta la frontera oriental de la zona. El gasto supuesto es igual a 15-20 litros/seg. por 1 km de anchura de la corriente. La extracción de agua compone 300-350 litros/seg. Hay que notar que, con excepción de la subregión (II₂^e), la estimación de la acuosidad se ha hecho a base de los datos preliminares, obtenidos como resultado de las observaciones hidrogeológicas de la zona Guane-Mantua.

En el futuro, hay que efectuar, por las regiones meridionales de esta zona, estudios detallados de explotación y ensayos con el fin de precisar y calcular las reservas de explotación de las aguas subterráneas.

* Aquí y en lo adelante, estimando las reservas dinámicas, citamos el gasto en litros por segundo por 1 km de la anchura de la corriente.

III. Región de distribución de aguas cársicas en sedimentos Mioceno-Cuaternarios.

Esta región está ubicada en la península de Guanahacabibes, es decir, en el extremo occidental de la Isla de Cuba, y coincide perfectamente con el área de extensión de las aguas cársicas miocénico-cuaternarias.

Las condiciones geólogo-hidrogeológicas de la región son simples y homogéneas, y sus características detalladas, vienen dadas en la descripción de la constitución geológica, geomorfológica e hidrogeológica de la región Guane-Mantua. A pesar de que aquí hay gran cantidad de pozos de explotación en la región La Fe, donde el gasto en algunos (Granja Sandino), alcanza alrededor de 35-40 litros/seg., la extracción recomendable de aguas dulces con mineralización de 1 g/litro es posible sólo por partes, y en cantidad, que no pase de 1 litro/seg. desde 1 km² del manto acuífero.

Las reservas de agua salobre con mineralización de 1.0 a 3.0 g/litro entre los límites de la región dada, componen no menos de 300 millones de m³. Al mismo tiempo, en caso de que la explotación de las aguas antes mencionadas se realice durante todo el año, las precipitaciones caídas recuperarán todo el gasto.

Realizando los trabajos en esta región, hay que considerar la cercanía del mar y la posibilidad de intrusión de las aguas salinas, del mar hacia tierra, en el caso que los niveles dinámicos durante la explotación bajen más profundo que 1.0 metro. También debemos tener en cuenta, que las calizas no están cubiertas de una capa impermeable, lo que puede llevar a la contaminación del manto acuífero, a consecuencia de lo cual no será posible aprovechar sus aguas subterráneas como potables. La profundidad de los pozos, hay que elegirlos así, que sea posible tener en ellos una columna de agua de 1-2 metros y realizar aforos de ensayos de no menos de 2-3 días.

BIBLIOGRAFIA

- EGOROV, & LUEGE. 1967. *Hidrogeología de Cuba*. Instituto Nac. Recursos Hidráulicos e Inst. Cubano Rec. Minerales. La Habana, Cuba.
- HATTEN, C. W. 1967. *Principal Features of Cuban Geology: Discussion*. The American Ass. Petrol. Geol. Bull. Vol. 51, No. 5, pp. 780-789.
- JUDOLEY, C. & FURRAZOLA, G. 1965. *Estratigrafía del Jurásico Superior de Cuba*. Ministerio de Industrias, Inst. Cubano Rec. Minerales, Depto. Científico de Geología. Publicación Especial No. 3, 31 pp., tablas, figuras y fotos.
- KHUDOLEY, C. 1967. *Principal Features of Cuban Geology*. The American Ass. Petrol. Geologists. Bull. Vol. 51, No. 5, pp. 668-677, figuras.
- PUSCHAROVSKY, KNIPPER & PUIG. 1967. *Carta Tectónica de Cuba, escala 1:1 250 000*. Geología y Recursos Minerales de Cuba. Academia de Ciencias de la URSS. Moscú.