

## REGIONALIZACION HIDROGEOLOGICA DE LA PROVINCIA DE HOLGUIN, REPUBLICA DE CUBA

### *Hydro geological regionalization of the Holguin province, Republic of Cuba*

Constantino DE MIGUEL-FERNANDEZ<sup>1</sup>, Yaniel M. VAZQUEZ-TASET

(1) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Email: [cdemiguel@ismm.edu.cu](mailto:cdemiguel@ismm.edu.cu)

**RESUMEN-** Por primera vez en la provincia de Holguín se ejecuta un análisis de las macroestructuras hidrogeológicas y sus características regionales en todo el territorio de la provincia (9105 km<sup>2</sup>). Se caracterizan las propiedades hidrogeológicas de cada estructura y se presentan los resultados de una evaluación regional de los recursos de explotación de los distintos yacimientos de aguas subterráneas útiles (mineralización menor de 2 g/L.) existentes en las distintas estructuras (regiones hidrogeológicas).

**Palabras clave:** Regionalización hidrogeológica, macroestructuras, microestructuras, aguas subterráneas.

**ABSTRACT-** For the first time in the province of Holguín is executed an analysis of the macrostructure hidrogeological and their regional characteristics in the whole territory of the province (9105 km<sup>2</sup>). The hydro geological properties of each structure are characterized and a regional evaluation of the resources of exploitation of the different locations of useful underground waters is executed (mineralization smaller than 2 g/L.) existent in the different structures (regions hidrogeological).

**Key words:** Hidrogeological regionalisation, macrostructure, microstructure, underground waters

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Holguín, ubicada en el extremo nororiental de la Isla, cuenta con un área de 9105 km<sup>2</sup>. En la misma hasta la ejecución del presente trabajo, se contaba con pocos materiales que caracterizaran la hidrogeología del territorio a escala regional considerando las macroestructuras hidrogeológicas presentes. La regionalización hidrogeológica está basada en las estructuras geológicas regionales. Dentro de estas estructuras se definen los distintos yacimientos de aguas subterráneas y tramos perspectivas, considerando para ello la acuosidad, permeabilidad y quimismo de las aguas, ejecutándose la evaluación de las reservas de explotación para todos los territorios con mineralización de las aguas menor de 2 g/L.

Se analizaron y procesaron los datos siguientes:

- 1- Columnas litológicas de calas y pozos.....1500
- 2- Aforos de pozos.....520
- 3- Registros de pozos con observación de niveles.....980
- 4- Análisis químico de agua.....4000
- 5- Otros datos de estudios hidrogeológicos, geofísicos, ingeniero geológicos y climáticos.

Tomando como base el mapa geológico de la provincia a escala 1:250 000, se elaboraron a esa misma escala los siguientes mapas:

- 1-Mapa de regiones hidrogeológicas y yacimientos de aguas subterráneas.
- 2-Mapa de profundidad de yacencia de las aguas subterráneas
- 3-Mapa de hidroisohipsas
- 4-Mapa de trasmisividad
- 5-Mapa de quimismo de las aguas subterráneas

En este artículo solo se presenta el mapa de regiones hidrogeológicas y yacimientos a escala 1:1 000 000 (Figura 1).

## ARGUMENTACIÓN DE LA REGIONALIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

La definición de las estructuras (regiones) hidrogeológicas responde al objetivo principal del trabajo: distribución, volumen y calidad de las aguas subterráneas, considerando para ello las condiciones geo-hidrodinámicas de las distintas formaciones geológicas del territorio de estudio y las características geoestructurales de las mismas.

Basado en los conceptos de Estructuras Hidrogeológicas de 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> Orden, se ha podido fundamentar y realizar la regionalización hidrogeológica de la provincia, determinando por estructuras las leyes que rigen la existencia y desarrollo de las aguas subterráneas, sus reservas y zonalidades hidroquímicas.

### Estructuras de 1<sup>er</sup> Orden.

Macizos Hidrogeológicos ( M. H. )- Representan la salida de las rocas del fundamento (o basamento ) a la superficie , los mismos pueden estar cubiertos por rocas de cuaternario ( Kiriúxin y Tolstíxin, 1987) y se encuentran en la provincia formando las distintas regiones montañosas presentes en la misma, representados por rocas de distinta composición y origen, agrietadas y falladas, en algunas zonas con desarrollo de carst en rocas carbonatadas.

Las rocas que forman estos macizos en la provincia predominantemente corresponden al Paleógeno Inferior ( P<sub>1</sub> ) y Cretácio ( K ). Cuencas Artesianas (C. A.)- Representan estructuras

hidrogeológicas formadas por un fundamento (o basamento) y por una cubierta generalmente acuífera. En la cubierta se encuentran desarrolladas principalmente aguas de estratos, freáticas y aguas de grietas relacionadas con fallas, así como estratos con aguas artesianas.

En las C. A. existen sistemas acuíferos compuestos por uno, dos o varios estratos o complejos acuíferos. Los complejos acuíferos pueden estar formados por estratos de distinta composición litológica, a veces de una misma composición, pero de diferentes edades geológicas, también pueden encontrarse estratificaciones compuestas por estratos permeables, relativamente impermeables o impermeables (Kiriúxin y Tolstíxin, 1987).

Los horizontes acuíferos pueden estar formados por rocas agrietadas, agrietado-carstica, agrietado-carstico-porosas y porosas, por lo que dentro de un mismo complejo acuífero pueden existir estratos con diferentes características hidrodinámicas (Kiriúxin y Tolstíxin, 1987). En la provincia las cubiertas de las C. A. están representadas por rocas de edades Paleógeno Medio ( $P_2$ ), Neogeno, predominantemente el Mioceno ( $N_1$ ) y Cuaternario ( $Q$ ). En este artículo las estructuras de 1<sup>er</sup> Orden se han denominado en correspondencia con los macro elementos orográficos y geográficos con que se relacionan (De Miguel, 1992).

#### **Estructuras de 2<sup>do</sup> Orden.**

Con estas estructuras se relacionaron los yacimientos (o tramos), que responden a determinadas condiciones geológicas, litológicas, hidrodinámicas y de quimismo en determinadas estructuras a escala zonal o local, por lo que en una misma cuenca artesiana o macizo hidrogeológico, pueden existir varios yacimientos, incluso con diferente génesis entre sí (Kiriúxin y Tolstíxin, 1987).

Se consideró el siguiente concepto de yacimiento: estructura geológica con almacenamiento de aguas subterráneas (naturales), que tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, puede ser utilizado bajo determinadas condiciones de tecnología para su explotación y determinadas condiciones económicas (Antonov, 1984). En este caso se consideran como aguas útiles para su utilización en abasto potable, social y en distintas ramas de la economía las de mineralización menor de 2 g/L.

### **CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS REGIONALES**

Desde el punto de vista hidrogeológico, la provincia de Holguín ocupa territorios de cinco estructuras hidrogeológicas de 1<sup>er</sup> Orden, las cuales se reflejan en el Esquema de Regiones Hidrogeológicas (Figura 1), las mismas han sido definidas en base a las estructuras geológicas regionales presentes en la provincia.

Los límites entre las estructuras hidrogeológicas definidas responden a las características geoestructurales, hidrodinámicas y de relieve del territorio.

**C. A. Tunas Norte**– Esta cuenca tiene su mayor desarrollo en la provincia Las Tunas extendiéndose bajo las aguas del Océano Atlántico en dirección Norte, el área total de esta cuenca sobrepasa los 10 000 km<sup>2</sup>.

En la provincia de Holguín esta cuenca ocupa una franja costera que se extiende desde los límites con la provincia Las Tunas hasta la bahía Naranjo, en un área de unos 150 km<sup>2</sup>. La cubierta de esta cuenca en la provincia, se encuentra representada por rocas del Cuaternario y del Neógeno. En la mayor parte del territorio las rocas del Neógeno yacen discordantemente sobre rocas del Cretácico y del Paleógeno Inferior que representan el basamento de esta cuenca (De Miguel, 1991). Las rocas más permeables de la cubierta de esta cuenca son las calizas agrietadas y en partes cavernosas del Mioceno (N<sup>1</sup><sub>1-2</sub>) en la Formación Vázquez y del Cuaternario medio-superior, Formación Jaimanitas (Q<sub>2-3</sub>) calizas órgano-detriticas, organógenas y calcarenitas débilmente consolidadas, así como los sedimentos aluviales de relleno en terrazas de ríos (3).

Estas últimas son las más perspectivas debido a que en las mismas predominan las aguas de baja mineralización relacionadas con el escurrimiento superficial de los ríos. La profundidad de los niveles de las aguas subterráneas en territorios de esta cuenca, varía en dependencia del relieve del terreno desde menos de un metro en zonas próximas al mar y en terrazas de ríos hasta más de 10 m. en zonas elevadas con rocas del Neógeno.

La dirección del flujo subterráneo en general es hacia el Norte y Noreste, aunque existen pequeñas áreas con desviaciones locales de la dirección del flujo en zonas de terrazas y desniveles del terreno. La acuosidad de las rocas que forman la cubierta de esta cuenca es muy variada, con trasmisividades desde menos de 100m<sup>2</sup>/día (q menor de 1 l/seg. m.), hasta unos 1000 m<sup>2</sup>/día (q-10 l/seg.m.), en acuíferos del Cuaternario de composición arenosa en terrazas de ríos (terrazas Gibara-Yabazon y Guabajaney-Bariay) (Colectivo de autores, 1986).

La potencia acuífera de los principales acuíferos es muy variada, desde 0 m en zonas de acuñamiento con las rocas del Paleógeno y Cretácico, hasta más de 30 m en zonas donde están desarrolladas las calizas del Mioceno (Colectivo de autores, 1986). En las zonas costeras, en la cubierta pueden existir varios acuíferos formando complejos con rocas del Cuaternario y del Neógeno (Formación Jaimanitas y Vázquez). En esta cuenca los acuíferos de mayor desarrollo son los de rocas agrietadas y sedimentos porosos con menor desarrollo de las rocas carsticas, existen también acuíferos del tipo agrietado-carstico-poroso en las

biocalcarenititas y algunas calizas y porosos en terrazas de ríos. Dentro del área que ocupa esta cuenca en la provincia, las aguas predominantes son freáticas, pudiendo existir aguas con pequeñas presiones donde en la parte superior del corte yacen arcillas con potencias considerables (más de 10m.) ( De Miguel, 1991).

**M. H. Holguín-** Se encuentra al Sur del territorio ocupado por la C.A, Tunas Norte, abarcando un área de 1430 km<sup>2</sup>. Dentro de la provincia este macizo se extiende desde los límites con la provincia Las Tunas al Oeste, con su límite al Este en las denominadas Alturas de Maniabón, a unos 24 km. al Oeste de la ciudad de Banes. Su límite Sur está definido paralelo a la carretera Holguín –Las Tunas, pasando a unos 3km. Al Sur de la ciudad de Holguín ( De Miguel, 1992).

El macizo está formado por rocas del Cretácico y en su extremo Norte también por rocas del Paleógeno Inferior (Formación Vigía). Las rocas del Cretácico están representadas por las Formaciones Yaguajay (bloques de serpentinitas, gabros, calizas, vulcanitas, tobas, margas y areniscas) Formación Jiquima (areniscas), Formación Tinajita (calizas), Formación Jobal (dolomitas y calizas), Formación Gibara (calizas cristalinas arrecifales), Formación Iberia (andesitas, diabasas ,tobas, calizas y otras rocas clásticas), también forman este macizo rocas de la asociación ofiolítica mesozoica de las que presentan gran desarrollo las serpentinitas y dunitas serpentinizadas (Colectivo de autores, 1985 b).

El M.H. Holguín forma un macizo montañoso con elevaciones de pequeñas y medianas alturas, desarticulado. Predominan rocas de poca permeabilidad, con trasmisividad menor de 100m<sup>2</sup>/día, aunque dentro del contorno del mismo existen pequeñas zonas donde la permeabilidad aumenta, alcanzando en partes hasta 1000m<sup>2</sup>/día, como lo representa el yacimiento Holguín, ubicado en la ciudad de este nombre y sus alrededores, donde existen pozos con caudales que sobrepasan los 10 L/s ( Colectivo de autores, 1985 a). Estas zonas generalmente están relacionadas con áreas de alto agrietamiento, fallas y rocas fuertemente alteradas por los procesos de meteorización.

Gastos considerables pueden encontrarse también en zonas donde yacen calizas agrietadas por causas del plegamiento de las mismas. Generalmente en las rocas acuíferas se acumulan volúmenes considerables de agua, depositadas por la infiltración de las aguas de lluvias que luego lentamente son drenadas por los ríos y otras rocas acuíferas que tienen su drenaje hacia el Sur, Norte y Este del macizo, en el cual las aguas subterráneas son de grietas, filoneanas y en menor grado de poros (en areniscas y otras rocas porosas).

El flujo subterráneo presenta distintas direcciones, hacia los desniveles del terreno y ríos, pero en general, existen tres direcciones predominantes a partir del parte aguas regional que se encuentra ubicado próximo a sus extremos Sur y Este. Las direcciones predominantes del flujo son hacia el Norte, en dirección a la C.A. Tunas Norte (Océano Atlántico), hacia el Sur en dirección al Valle del Cauto y al Este en dirección de la Llanura de Nipe (y Océano Atlántico). La profundidad de yacencia del nivel de las aguas subterráneas y gradiente del mismo, son muy variados, principalmente en dependencia del relieve del terreno (De Miguel, 1992)

**C. A. Del Caribe Oriental-** Esta cuenca ocupa un área superior a los 30 000 km<sup>2</sup> y se extiende por el Sur de la Isla de Cuba, desde el Cabo Cruz hasta aproximadamente los límites entre las provincias Sancti Spiritus y Cienfuegos, aunque puede ser que se extienda más al Oeste de la Isla. De tal forma esta cuenca ocupa territorios de las provincias Granma, Santiago de Cuba, Holguín, Las Tunas, Camagüey, Ciego de Avila y Sancti Spiritus, presentando su mayor desarrollo bajo las aguas del Mar Caribe. Las dimensiones reales de esta cuenca deben ser definidas por un estudio que abarque toda el área del Mar Caribe ( De Miguel, 1992).

Dentro de la provincia Holguín esta cuenca ocupa un área de unos 4000 km<sup>2</sup>, el territorio que abarca en su totalidad esta representado por el Valle del Cauto y zonas premontañosas periféricas de este valle. Esta cuenca limita al Norte con el M.H. Holguín y al Este con la C. A. Nipe. Su basamento está formado por rocas del Cretacio y Paleógeno, que afloran a la superficie en territorios ocupados por el M. H. Holguín y los M.H. Nipe-Baracoa y Sierra Maestra con buzamiento hacia el Sur en dirección al mar Caribe.

Dentro de la provincia Holguín, la cubierta de la C.A. Caribe Oriental esta formada por las siguientes formaciones geológicas : Hatico (P<sub>1</sub>) con bloques de serpentinitas, calizas e intercalaciones de toba, Vigía (P<sub>1-2</sub>) areniscas, tobas y margas, Charco Redondo (P<sub>2</sub>) calizas, Pedernales (P<sub>3</sub>) conglomerados, Camazán (P<sub>3</sub>-N<sub>1</sub><sup>1</sup>) calizas, calizas arcillosas, arcillas y margas, Yayal (N<sub>1</sub><sup>2</sup>) arcillas, calizas arcillosas y margas, Cauto(Q<sub>2-3</sub> m- al ) arcillas, arcillas arenosas, arenas arcillosas, arenas y guijarros con intercalaciones de limo, gravas y gravas guijarrosas. Las principales rocas acuíferas de estos complejos litológicos son las calizas de la formación Camazán, en aquellos tramos donde las mismas son poco arcillosas, muy agrietadas y con desarrollo de carst (tramos Arroyo Blanco y Mir ), en orden le siguen las calizas agrietadas de la formación Yayal (tramos La Yolanda, Cristino- Cacocun y La Barrigona ), formación Charco Redondo con calizas agrietadas (tramos La Felicia y Coto ), Formación Pedernales ( tramos Cabezuela y Pedernales ), formación Cauto con arenas y

arenas arcillosas con lentes de gravas (terrazas del río Cauto ) (De Miguel, 1986). Las aguas subterráneas en esta cuenca son de grietas, cavernas y poros, predominando las aguas freáticas, aunque en áreas considerables existen aguas artesianas principalmente en áreas de desarrollo de las formaciones Camazán, Yayal y Cauto, donde las rocas acuíferas se acuñan bajo estratos arcillosos o de margas y donde en la parte superior del corte existen estratos con potencias considerables de arcillas y otras rocas de matriz arcillosa.

En el territorio de la C. A. Caribe Oriental, la profundidad de yacencia de las aguas subterráneas es muy variada, desde menos de 1m. en hondonadas, terrazas bajas y zona pre-montañosa, hasta más de 20 m. en territorios próximos al río Cauto, donde la base de drenaje regional se encuentra próxima y profunda (cauce del río Cauto). En aquellos territorios donde existe agua con presión los niveles en los pozos generalmente se encuentran a profundidades menores de 1m. y en muchos casos los pozos vierten sus aguas, lo que significa que las presiones llegan a ser considerables (zonas Levinston, Cristino, Maceo y Mir) ( De Miguel, 1993).

En el extremo Norte de esta cuenca en la provincia, la dirección del flujo subterráneo es hacia el Sur, desde el parte aguas regional hacia la zona llana del Valle del Cauto. En su extremo Este la dirección del flujo es variado hacia el Oeste, Sudoeste y Sur, a partir del parte aguas regional existente y que representa el límite entre las C. A. Caribe Oriental y Nipe. En el resto del territorio de esta cuenca, el flujo es con dirección Sudoeste, hacia el río Cauto y repitiendo la dirección de pendiente del terreno.

En las proximidades del río Cauto, el flujo de las aguas subterráneas es paralelo al cauce del río, hacia el Oeste ( De Miguel, 1993). El río Cauto representa un drenaje regional de las aguas subterráneas en gran parte del valle del Cauto, tanto dentro de los límites de la provincia Holguín como fuera de ellos. La potencia de los distintos complejos acuíferos presentes en la cubierta de la C. A. Caribe Oriental (en la parte superior del perfil) es muy variada, desde menos de 1m. en zonas de acuñamiento de calizas hasta más de 80 m. donde están desarrollados los sedimentos de la formación Cauto ( De Miguel, 1993).

La acuosidad de los acuíferos también es muy variada, incluso dentro de una misma formación. De tal forma se han desarrollado zonas (yacimientos ) de alta acuosidad en calizas carsticas (tramo Los Arroyos, La Felicia, La Barrigona, Cristino-Cacocun y Mir-La Yolanda ) donde la trasmisividad en algunos lugares alcanza valores muy superiores a los 1 000 m<sup>2</sup>/día. En los sedimentos arenosos de la formación Cauto predominan trasmisividades entre 100 y 1 000 m<sup>2</sup>/día, existiendo tramos con valores superiores (De Miguel, 1992).

La posibilidad de aguas subterráneas artesianas profundas en esta cuenca no está excluida pero las mismas no están estudiadas. **C. A. Nipe-** Esta cuenca se encuentra en territorios periféricos de las Bahías de Nipe y Banes, extendiéndose por tierra firme al Norte y Este de las mismas y bajo las aguas del Océano Atlántico, por lo que puede ser que esta cuenca junto con la C.A. Tunas Norte sean parte de una cuenca artesianas de mayores magnitudes, vinculada con tierra firme en el Continente Americano. El área de desarrollo de esta cuenca en territorios de la provincia Holguín es de unos 1 200 km<sup>2</sup>.

La cubierta de la C. A. Nipe está compuesta por las formaciones y rocas siguientes: Charco Redondo (P<sub>2</sub><sup>2</sup>)- calizas, Sagua (P<sub>2</sub><sup>2-3</sup>)- calizas y margas, Bitiri calizas, Pedernales (P<sub>3</sub>)- conglomerados, Camazán (P<sub>3</sub>-N<sub>1</sub><sup>1</sup>)- calizas, calizas arcillosas, arcillas y margas, Jagüeyes (N<sub>1</sub><sup>2</sup>)- calizas biógenas, calizas arcillosas y margas, Jucaro (N<sub>1</sub><sup>3</sup>-N<sub>2</sub>)- calizas, calcarenitas y margas, Jaimanitas (m Q<sub>2-3</sub>)- calizas órgano-detriticas, organógenas y calcarenitas, Depósitos Palustres (p Q<sub>4</sub>)- carbonatados, terrígenos y turbosos de pantano y mangle, Depósitos Aluviales (al Q<sub>4</sub>)- arenas, arenas con gravas, arenas arcillosas, arcillas y limos ( De Miguel, 1992). El basamento de la C. A. Nipe está formado por rocas del Cretácico y del Paleógeno que afloran a la superficie, formando los M.H. Holguín y Nipe- Baracoa.

En el territorio ocupado por esta cuenca predominan las rocas y sedimentos arcillosos, muy poco perspectivas para la explotación de las aguas subterráneas, en cuanto a acuosidad y calidad. Las áreas más acuíferas se encuentran de forma aislada formando pequeños yacimientos o tramos compuestos por calizas agrietadas con algo de carst (tramos: Banes, Sta. Justa, El Negro y Cano 12) y franja de calizas organógenas que bordea la costa pero con aguas de mala calidad (De Miguel, 1992). También son perspectivas los sedimentos aluviales depositados en terrazas de los principales ríos del territorio (terrazas: Cañadón, Mayarí, Levisa, Cabonico, Téneme, Río Grande y Sagua).

En el territorio donde predominan las arcillas, la trasmisividad es muy baja, en los yacimientos de calizas agrietadas predominan las trasmisividades entre 100 y 1 000 m<sup>2</sup>/día y alcanza valores muy superiores en yacimientos con calizas cavernosas (Cano 12). En los sedimentos aluviales la acuosidad es muy variable, desde menos de 100m<sup>2</sup>/día, hasta más de 5 000 m<sup>2</sup>/día (terrazas Mayarí, Levisa, Cabonico y Sagua).La potencia acuífera tanto en las rocas carbonatadas como en los sedimentos aluviales también es muy variada, desde algunos centímetros, hasta unos 30 m. Alcanzando hasta 50 m. en calizas agrietado-carstica (Colectivo de autores, 1986).

Debido al predominio de sedimentos arcillosos en territorios llanos de esta cuenca (llanura de Nipe), en sus límites con los M.H. Holguín y Nipe-Baracoa, existen manantiales con gastos que oscilan entre 0.2 y 5 l/seg. y más en dependencia del periodo del año seco o húmedo. En toda el área de la cuenca predominan las aguas freáticas, existiendo en la zona llana arcillosa presiones locales de pequeñas y medianas magnitudes. La profundidad de yacencia de las aguas subterráneas es muy variada, desde menos de 1m. en zonas próximo a la costa, terrazas y zonas de manantiales, hasta más de 20 m. en zonas premontañas.

La dirección del flujo subterránea es variado, en dependencia del relieve del terreno. En el extremo Norte (zona costera al Norte de Banes) la dirección del flujo es en dirección Norte hacia el Océano Atlántico. En el centro de la cuenca, la dirección es en dirección Sudeste, Este y Noreste, hacia el Océano Atlántico (Bahías de Banes y Nipe). Desde el río Mayarí hasta el extremo Este de la cuenca en la Bahía de Yaguaneque, la dirección del flujo es hacia el Norte en dirección al Océano Atlántico.

**M. H. Nipe-Baracoa-** Este macizo se encuentra al Este de la parte central de la C.A. Nipe y al Sur del extremo Este de esta cuenca, ocupando un área de unos 2 300 km<sup>2</sup>. Está formado por rocas del Cretácico y Paleógeno, muy plegado y representado por un macizo montañoso muy desarticulado. En el complejo de rocas que forman este macizo se encuentran rocas de la asociación ofiolítica mesozoica, donde predominan las serpentinitas, harzburgitas y dunitas serpentinizadas, gran desarrollo tiene también las tobas y calizas.

En este tipo de rocas predominan las aguas de grietas y filoneas, con mayor desarrollo en la corteza de intemperismo y en zonas de fallas y sus proximidades, predominando las aguas freáticas, con presiones locales en zonas de fallas (De Miguel, 1992). En el extremo Noreste del macizo en territorio de desarrollo de lateritas ferro-niquelífero-cobalticas (zona Mayarí-Moa-Baracoa), se desarrolla con amplias proporciones un acuífero con potencia que varía desde algunos centímetros hasta más de 20m. con trasmisividades menores de 1m<sup>2</sup>/día, originado principalmente por las altas propiedades de ascenso capilar de las lateritas, que en partes alcanza magnitudes superiores a los 15 metros que son saturadas por aguas de grietas de las rocas subyacentes.

En todo el macizo predominan trasmisividades menores de 100m.<sup>2</sup>/día, teniéndose que solo en zonas de fallas, en zonas de calizas y en pequeñas terrazas de los ríos que surcan el macizo (por cauces de origen tectónico-ríos Levisa, Sagua, Moa, Yagrumaje y otros), pueden encontrarse rocas y sedimentos con trasmisividad superiores incluso a los 5000m<sup>2</sup>/día. Predominan también los acuíferos formados por las zonas de intemperismo, por lo que la

potencia de los mismos muy pocas veces supera los 20 metros. La dirección del flujo subterráneo de forma general es hacia el Norte, aunque debido al relieve del terreno existen desviaciones locales, principalmente hacia los cauces de los ríos, que sirven de drenaje a las rocas acuíferas de este macizo. Dentro del M.H. Nipe-Baracoa, existen yacimientos de aguas subterráneas, los cuales en proceso de explotación pueden aportar grandes volúmenes (gastos), estos yacimientos están relacionados con terrazas de ríos donde predominan sedimentos de fracciones gruesas- arenas, gravas y cantos rodados (ríos Moa y otros), esta condición la favorece el gran escurrimiento de estos ríos, ya que este territorio representa ser el de mayores precipitaciones (lluvias) en la Isla, superiores a 2500 mm/año (Maxímová y Fernández, 1992).

### **RESERVAS DE EXPLOTACION DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Las reservas de explotación de las aguas subterráneas de la provincia las presentamos para todas las aguas con mineralización menor de 2 gr./ l., considerando para ello que hasta esta mineralización las aguas subterráneas pueden ser utilizadas en el abasto a distintos objetivos incluyendo el de abasto de agua potable (Antonov, 1984) cuando en el territorio no existen aguas de menos mineralización.

Para la definición de las reservas de explotación totales de la provincia hemos tenido en cuenta los estudios con evaluaciones efectuadas hasta el año 1997, considerando los límites de las áreas evaluadas que corresponden con las más perspectivas de la provincia, las que hemos definido como tramos y yacimientos, en un total de 24 y que se encuentran enumerados en tabla de reservas anexa (Tabla 1).

El resto del área con mineralización menor de 2 gr. / l. que no presentaba evaluación de las reservas de explotación y en las que existen datos sobre litología, aforos de pozos y características de alimentación, las hemos evaluado con categoría de pronóstico (P) y con ello se ha cubierto toda el área de la provincia. Del total de reservas evaluadas  $722,34 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$ , en categoría "A" están evaluadas solo un 2,2 %, en categoría "B" el 10,4 % en categoría "C" el 6.4 % y por evaluación que hemos efectuado, en categoría "P" el 81 % En la provincia el control de explotación de las aguas subterráneas no está suficientemente desarrollado, controlándose principalmente la explotación de pozos que abastecen los principales objetivos económicos, poblaciones, instalaciones turísticas y otros de interés, existe un alto número de abastos dispersos y algunos de riego que no son controlados, a los que se suman miles de los llamados " pozos criollos " con los que se abastece la población rural y parte de la población

urbana, así como distintos objetivos agropecuarios y otros, por lo que la explotación real puede ser próxima a los  $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$ . Los volúmenes de explotación de las aguas subterráneas que son controlados en la provincia es de unos  $55 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$ , según plan de utilización de las aguas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en la provincia. Este volumen representa un 38% de las reservas evaluadas en categoría A, B y C y un 7% de todas las reservas.

### CONCLUSIONES

En el análisis regional de la provincia se establecen las principales estructuras hidrogeológicas, considerando para ello las denominaciones y clasificaciones que corresponden a unidades de grandes dimensiones (regionales). De tal forma la provincia Holguín se ha dividido en cinco grandes estructuras hidrogeológicas de 1<sup>er</sup> Orden y que representan Cuencas Artesianas (C.A.) y Macizos hidrogeológicos (M.H.), que son los siguientes: C.A. Tunas Norte, C.A. Nipe, C.A. Caribe Oriental; M.H. Holguín y M.H. Nipe-Baracoa, el nombre de las estructuras presentes se definió en correspondencia con denominaciones de unidades orográficas y geográficas de la provincia.

Dentro del territorio que ocupan las principales estructuras hidrogeológicas se establecieron los límites de las zonas de mayor perspectiva para la explotación de las aguas subterráneas por su acuosidad y calidad de las aguas, las que representan unidades hidrogeológicas pequeñas de 2<sup>do</sup> Orden y las que hemos denominados tramos o yacimientos (en total 24). Las características hidrogeológicas y de quimismo de las aguas subterráneas presentan una complejidad media, en dependencia principalmente del desarrollo histórico geológico del territorio (de la Paleohidrogeología), y de la composición mineralógica de las rocas que forman el territorio y acuíferos, así como de la alimentación de estos.

Por las características de acuosidad, tenemos que los principales acuíferos de la provincia están presentes en calizas (Formaciones: Vázquez, Camazán, Charco Redondo, Jagüeyes y Jaimanitas) y sedimentos aluviales y proluviales (Formaciones Cauto y Río). El quimismo de las aguas subterráneas es muy variado, existiendo el predominio de siete tipos de aguas por el anión y catión predominante, desde Bicarbonatadas-Cálcicas, hasta Cloricas-sódicas, en la composición y desarrollo de las aguas influyen distintos factores, siendo los principales la constitución mineralógica de las rocas acuíferas, la tectónica del territorio y en amplios territorios, donde predomina alta mineralización en sedimentos arcillosos la mayor influencia la ejercen las sales de origen marino aun presentes, incluso en cotas altas del territorio sin influencia de la línea de costa actual -(C.A. Nipe y Caribe Oriental). En los

macizos hidrogeológicos el quimismo es más uniforme, debido a la existencia de rocas duras y cristalizadas, donde predominan las aguas de baja mineralización. En la provincia existe un manantial de aguas sulfurosas medicinales (manantial La Morena) y vestigios de su existencia en otras zonas. La explotación de las aguas subterráneas se estiman en unos  $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , de los cuales se controlan unos  $55 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ .

Las reservas de explotación de las aguas subterráneas con mineralización menor de 2 g/L. Es de unos  $722,34 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , de ellos unos  $137,84 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , están evaluados en categorías A, B y C, por estudios detallados de las zonas más acuíferas y el resto, unos  $584,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , se evaluaron durante la ejecución del presente trabajo en categoría P (pronóstico). La disponibilidad de aguas subterráneas en la provincia es alta, aunque las mayores reservas disponibles se encuentran en territorios con desarrollo de acuíferos de poca acuosidad, en territorios predominantemente montañosos, por lo cual, la disponibilidad es relativa.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonov V.V., 1984. Búsqueda y Exploración de Aguas Subterráneas, Niedra, San Petersburgo, Rusia, 205 Páginas .
- Colectivo de Autores., 1985 a. "Elaboración de Métodos para la Utilización Óptima y Reposición Artificial de las Aguas Subterráneas. Informe del Tema IB-06, C.D.O.H. CAME. Minsk, Bielorrusia, 302 Páginas.
- Colectivo de Autores, 1985 b. Mapa Geológico de Cuba Escala 1:250 000, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba.
- Colectivo de Autores, 1986. Esquema Regional Precisado para la Utilización de los Recursos Hídricos y de Suelos de las Provincias Orientales. INRH, Holguín, Cuba. Informe Técnico. 250 Páginas.
- De Miguel F, C., 1986. Formación y Evaluación de las Reservas de Explotación de las Aguas Subterráneas del Valle del Cauto en la República de Cuba (Tesis de Doctorado), Edit. LGI, San Petersburgo, Rusia.
- De Miguel F., C., 1991. Regionalización Hidrogeológica de la Provincia Las Tunas- INRH, Las Tunas, Cuba, 36 Páginas.
- De Miguel F., C., 1992. Regionalización Hidrogeológica de la Provincia Holguín- INRH, Holguín, Cuba, 28 Páginas.
- De Miguel F., C., 1993. Estudio Hidrogeológico Preliminar para Argumentación de Esquema de Desalinización del Valle del Cauto, Informe INRH, Holguín, Cuba, 52 Páginas.
- Kiriúxin V. A., Tolstíxin N. I., 1987. *Hidrogeología Regional*, Edit. Niedra, Moscú, Rusia.
- Maxímov O. K., Fernández N. M., 1992. Mapa Isoyético de las Provincias Orientales- INRH, Holguín, Cuba.

## FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1. Reservas de explotación de aguas con mineralización menor de 2g/L. evaluadas en la provincia Holguín.

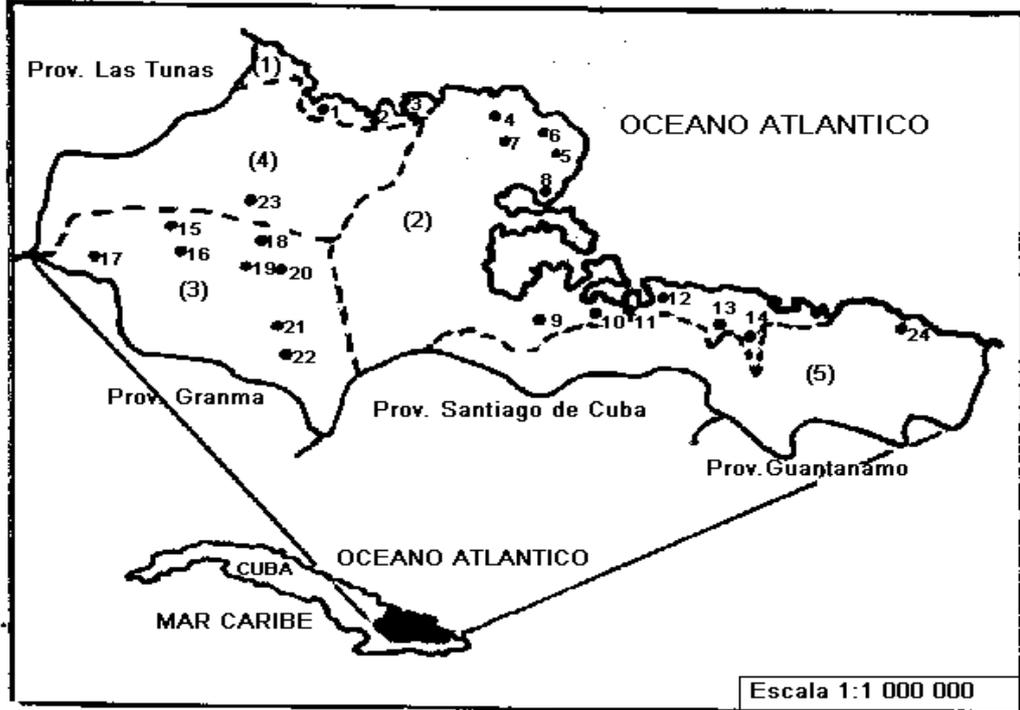
Estructuras Hidrogeológicas	Tramos o Yacimientos y Número de Orden	Área Km <sup>2</sup>	Categorías y Reservas Evaluadas (m <sup>3</sup> / año*10 <sup>6</sup> )					M <sub>e</sub>	
			A	B	C	P	Total		
C.A. Norte	Tunas								
	Gibara (1)*	9	-	3,37	-	-	3,37	11,87	
	Bariay (2)*	1	3,94	-	-	-	3,94	125,00	
	Naranjo (3)*	1	0,96	-	-	-	0,96	20,00	
	Área complem.	64	-	-	-	6,05	6,05	3,00	
	Sub. Total	75	4,90	3,37	-	6,05	14,32	5,90	
C.A. Nipe	Cañadón (4)*	6	1,40	-	-	-	1,40	7,50	
	Banes (5)	95	2,99	6,00	-	-	8,99	3,00	
	Tinajita (6)	14	1,40	0,54	-	-	1,94	4,39	
	El Negro (7)	4	0,36	-	-	-	0,36	2,85	
	Cano 12 (8)	5	-	-	0,82	-	0,82	5,20	
	Mayari (9)*	12	-	-	16,81	-	16,81	44,42	
	Levisa (10)*	6	1,89	7,95	2,36	-	12,20	64,48	
	Cabonico (11)*	3	-	7,80	-	-	7,80	82,45	
	Téneme (12)	6	-	-	-	1,13	1,13	5,97	
	Río Grande (13)*	4	-	-	-	1,01	1,01	8,00	
	Sagua (14)*	15	-	10,70	20,00	-	30,70	64,90	
	Area Complement.	766	-	-	-	48,31	48,31	2,00	
		Sub. Total	936	8,04	32,99	40,00	50,45	130,07	2,82
	C.A. Caribe Oriental	Cabezuela (15)	12	-	4,10	-	0,63	4,73	12,49
Los Arroyos (16)		61	-	26,00	-	-	26,00	13,51	
Mir (17)		20	-	-	-	3,78	3,78	6,00	
Pedernales (18)		22	-	-	-	2,08	2,08	3,00	
Cristino (19)		12	-	-	-	2,27	2,27	6,00	
La Barrigona (20)		5	-	1,60	-	-	1,60	10,14	
La Felicia (21)		10	-	3,94	-	-	3,94	12,49	
Coto (22)		2	-	1,20	-	-	1,20	19,02	
Area Complement.		815	-	-	-	102,81	102,81	4,00	
		Sub. Total	959	-	36,84	-	111,57	148,41	4,90
M.H. Holguín	Holguín (23)	25	-	-	-	4,73	4,73	6,00	
	Area Complement.	1404	-	-	-	131,31	131,31	3,00	
		Sub. Total	1429	-	-	-	136,04	3,02	
M.H.Nipe-Baracoa	Moa (24)*	2	3,10	3,10	6,30	-	12,50	198,18	
	Area Complement.	2227	-	-	-	281,00	281,00	4,00	
		Sub. Total	2229	3,10	3,10	6,30	281,00	293,50	4,17
PROVINCIA	Total	5628	16,04	75,50	46,30	585,11	722,34	4,63	

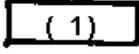
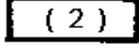
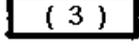
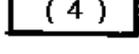
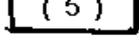
( ) - Número de Yacimiento según se refleja en mapa anexo.

( )\* - Yacimientos en los cuales en mas de un 70% las reservas de explotación corresponden a Recursos Atriables ( Inducidos ).

M<sub>e</sub> - Módulo de explotación de las reservas de aguas subterráneas, en valores medios ponderados para la regiones hidrogeológicas y la Provincia, en l/s.km<sup>2</sup>.

## REGIONES HIDROGEOLOGICAS Y YACIMIENTOS PROV. HOLGUIN



-  Limites entre estructuras hidrogeológicas.
-  Centros y número de orden de yacimientos de agua subterránea
-  Cuenca Artesiana Tunas Norte
-  Cuenca Artesiana Nipe
-  Cuenca Artesiana Caribe Oriental
-  Macizo Hidrogeológico Holguín
-  Macizo Hidrogeológico Nipe-Baracoa