

GEOLOGIA Y MINERIA'98

MEMORIAS

II



La Habana, 1998



GEOLOGIA Y MINERIA '98

MEMORIAS

GEOLOGIA Y MINERIA '98 – Memorias - Volumen II - Versiones Resumidas.

© Sociedad Cubana de Geología, 1998

Editado por:

Centro Nacional de Información Geológica. Instituto de Geología y Paleontología.

Vía Blanca s/n e/ Línea del Ferrocarril y Carretera Central.

San Miguel del Padrón . Ciudad de La Habana. CP 11 000.

Telef: (537) 55 7232, 55 7079

Fax: (537) 33 3833 (Gominera S.A)

E-mail: igpcnig@ceniai.inf.cu

2 Volúmenes

ISBN 959-7117-02-9 Volumen II

PROSPECCION HIDROGEOLOGICA EN ROCAS DE BAJA PERMEABILIDAD A PARTIR DE TECNICAS GEOMATEMATICAS Y GEOMETRIA FRACTAL

Leslie F. Molerio León⁽¹⁾, Ernesto Rocamora Alvarez⁽¹⁾, Mario Guerra Oliva⁽¹⁾, Ernesto Flores Valdés⁽¹⁾, Martha Suárez Acuña⁽²⁾ y Olbis Antón Suárez⁽³⁾; ⁽¹⁾Oficina Nacional de Hidrogeología del Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas (CENHICA) del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Apartado 23, General Peraza 19210, Ciudad de la Habana, Cuba. ⁽²⁾Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Camagüey. ⁽³⁾Centro Provincial de Proyectos e Investigaciones Hidráulicas de Camagüey

INTRODUCCION

La prospección hidrogeológica es una actividad costosa contra la cual las probabilidades de éxito deben ser cuidadosamente balanceadas. La búsqueda de aguas subterráneas en cantidad y calidad suficientes para satisfacer la demanda creciente de la población, comercio, industria, turismo, agricultura y recreación es la etapa previa que requiere cualquier programa de desarrollo económico y social. Por ello, la prospección y monitoreo de las aguas subterráneas son tareas indisolublemente ligadas y su costo debe garantizar la máxima eficiencia en la información que se deriva de estos trabajos.

TERMINOS DE REFERENCIA

Las rocas de baja permeabilidad -RBP- (rocas duras, de acuosidad de grietas, rocas fracturadas, no cársicas, tectonitas, etc) constituyen el 30% de la superficie de Cuba. Los menores rendimientos acuíferos del país se encuentran en estas rocas, donde localizar pozos con caudales superiores a los 10 litros por segundo representa una probabilidad muy baja, en general, inferior al 10%; de manera que los caudales se encuentran fuertemente agrupados en el rango de 0 a 4 lps. Por otra parte, estos territorios coinciden con áreas de extensas llanuras aptas para el desarrollo ganadero, que se limita fuertemente por la escasa disponibilidad de agua subterránea y superficial.

Las posibilidades acuíferas de las RBP se reducen a: 1/ la corteza de intemperismo de las rocas (en cuyo caso el tratamiento hidrogeológico es semejante al de acuíferos en medios porosos y 2/ a las grietas que dislocan el macizo de tectonitas.

El índice de efectividad de la perforación de pozos en este tipo de rocas, es del orden del 60%, como promedio nacional. El índice se define como la relación de pozos con caudales superiores a cero litros por segundo, de manera que -como promedio- el 40% de los pozos que se perforan no satisfacen los objetivos de demanda para los cuales fueron diseñados y construidos.

Las técnicas que, a escala mundial, han permitido mejorar la efectividad de la perforación en las RBP son muy costosas implicando el levantamiento hidrogeológico y geológico, investigaciones geofísicas, mapeo geomorfológico, caracterización físico-química e isotópica y perforación a riesgo con equipos autopropulsados de alto rendimiento y elevada movilidad. En Cuba, los autores que laboran en la Vicedirección de Hidrogeología del CENHICA-INRH, han desarrollado un conjunto de métodos geomatemáticos para orientar la perforación de pozos para agua en las RBP. Tales técnicas han permitido definir los factores de diseño, de geología estructural, hidrogeológicos y de rendimiento que controlan la acuosidad de las RBP, conduciendo a la elaboración de mapas de pronóstico que precisen la distribución de las zonas de búsqueda para caudales determinados y con diseños específicos de los pozos.

ESTRUCTURA DEL MÉTODO

Los datos base son de dos tipos: 1/la base georeferencial y 2/ los datos de los pozos. La base georeferencial es de dos tipos genéricos: a/ las imágenes aerospaciales y b/ la base cartográfica. El método aprovecha, al máximo, la información disponible en archivo, lo que no requiere de reinversión de tiempo y fondos para la adquisición de ésta.

Con los datos de los pozos se prepara una matriz de evidencias (ME) primaria, y se procede al análisis estadístico de esta considerando el siguiente procesamiento, encaminado a depurar el dato base y proceder a la conformación de la ME de trabajo

- Estadística sumaria de todas las variables

- Ajuste a las funciones de probabilidad de cada variable
- Tests de validación y representatividad (análisis de colas y Kolmogorov-Smirnov, t de Student)
- Ajuste a la función de variable regionalizada (kriging, cokriging, fuzzy)
- Mapeo probabilístico
- Mapeo de kriging, cokriging y conjuntos fuzzy
- Análisis discriminante
- Regresión sencilla y múltiple
- Verificación de la invertibilidad de la ME
- Cálculo de informatividad
- Análisis de fractalidad

Posteriormente se procede al análisis estadístico multivariado de la ME y comprende:

- Matrices de covarianza y de los coeficientes de correlación
- Cálculo de los valores y vectores propios
- Definición automatizada de los factores a extraer
- Análisis factorial en modos R y Q
- Definición de los factores y sus variables, coherencia y comunalidad de las variables

Se define la Funcional de Discriminación (FD) de acuerdo con el problema a resolver y se prepara el conjunto de gráficos $FD=f(var)$, siendo var la variable asociada derivada del AF-R. Se precisarán los rangos $FD=f(var)$ que se emplearán para preparar el mapa base para probabilidades dadas de la FD. Por último se resume todo el proceso anterior en la preparación de un Mapa de Zonas Perspectivas para diferentes probabilidades de caudal, diseño de las obras de toma y posición espacial

APLICACIONES DE LA METODOLOGIA

Esta es una de las tareas más importantes que ha desarrollado nuestro equipo de trabajo, toda vez que la búsqueda de aguas en zonas de baja permeabilidad es un problema acuciante y de carácter universal. El problema se explica porque las rocas de baja permeabilidad (RBP) ocupan casi el 40% de las tierras emergidas del planeta y, en particular, una parte importante de la población del Tercer Mundo vive en esos territorios. En las RBP, las aguas subterráneas se encuentran en grietas o en la corteza de meteorización de las rocas (alteritas) y las limitaciones de la prospección son las siguientes: 1- No todas las grietas del mismo episodio tectónico poseen la misma acuosidad potencial, 2- Grietas de la misma o distinta generación, con idéntica evolución geológica o geomorfológica, no presentan acuosidades comparables y 3- Obras de captación (pozos o trincheras) próximas, no necesariamente interceptan el mismo número de grietas acuíferas.

Ello ha limitado tanto la efectividad de los pozos perforados para abasto de agua en tales regiones, que a escala mundial, el índice de efectividad, es decir, la relación entre pozos perforados/pozos efectivos con caudales mayores a cero litros por segundo, es del 45%.

En Cuba se asocian, fundamentalmente, a zonas de desarrollo ganadero de la Cuenca Central (Villa Clara, Ciego de Avila, sobre todo Camagüey, Tunas y Holguín). El índice de efectividad para el período 1984-1991 está alrededor del 60% pero, en Camagüey baja al 40%, lo que representa, en términos de demanda no satisfecha no sólo un problema social o económico (al requerirse alternativas de abastecimiento que no siempre pueden acometerse con agua superficial), sino un costo millonario de perforación infructuosa.

Por tal razón, se aplicó esta metodología para la identificación de áreas perspectivas en las zonas de Vertientes y Vidot, provincia de Camagüey.

Solución y Resultados

La metodología permitió identificar:

1. Los factores de diseño (construcción) de los pozos que influyen en su mayor o menor efectividad en el abasto de agua, en particular, la profundidad total, la profundidad de aparición del nivel de las aguas subterráneas, la distancia a las estructuras tectónicas más acuíferas y el abatimiento óptimo para caudales determinados.

2. Los **factores geológicos y estructurales** (tectónicos) que controlan la acuosidad de las tectonitas (RBP) de estas zonas, en términos de identificar el tipo y geometría (longitud mínima y máxima, zona de influencia, distancia al eje de las grietas, orientación de las grietas) de las estructuras más favorables y los caudales que deben esperarse de ellas.
3. Los **índices del campo de propiedades físicas** más importantes para caracterizar la acuosidad de las RBP y, en particular, la definición -como resultado complementario- de una metodología sencilla para que el perforador identifique la profundidad óptima del pozo durante el proceso de perforación.

El resultado, validado sobre el terreno (Polígono de prueba) mediante inspección y solución del problema inverso, tuvo una efectividad del 85%. Actualmente, la metodología se encuentra **en proceso de generalización**, por la Empresa Nacional de Perforación y Construcción del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, en la provincia de Camagüey y se crean las bases de datos para Ciego de Avila, Holguín y Las Tunas.

Fig.1- Imagen resultante de la interpretación digital de las fotos aéreas.

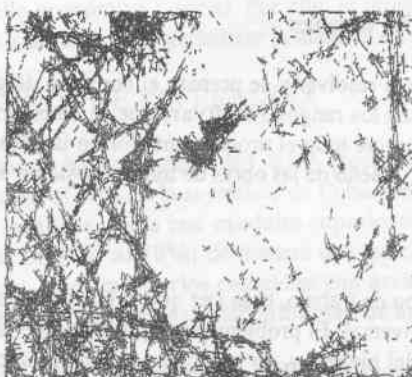
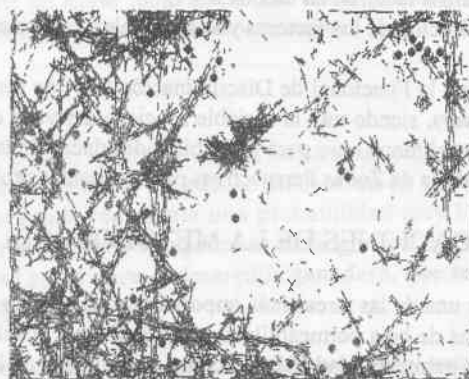


Fig.2- Imagen de la fracturación zonal con ubicación de pozos caracterizados en la región.



RESUMEN Y CONCLUSIONES

La aplicación de este grupo de avanzadas técnicas matemáticas y físicas en una metodología única para la prospección y el manejo de los recursos de agua subterránea, aún cuando necesita perfeccionarse en el futuro inmediato, ha mostrado su validez en un amplio rango de aplicación, al tratar problemas tan diferentes como la orientación de la perforación de pozos de agua en rocas de baja permeabilidad y la prospección hidrogeológica.

Entre las limitaciones más importantes se destacan: 1- **La inaplicabilidad de la lógica matemática formal a la descripción e identificación de las rocas, que aún cuando se trata de un problema no resuelto internacionalmente, no por ello es menos importante y, en nuestra metodología es tratado -y resuelto con cierta aproximación- por asociación,** 2- **En el futuro inmediato, algunas de las salidas individuales de la metodología, debe elaborarse como un cuerpo metodológico independiente.**

BIBLIOGRAFIA

- Guerra, M. G. (1994). "Un modelo matemático, lógico, combinatorio, booleano, bivalente para el reconocimiento de patrones morfoestructurales del relieve". Archivo CENHICA- INRH.
- Dijon, R. (1985). "Groundwater in Hard Rocks". Nature and Resources, XXI(3) July-Sept., Unesco, Paris. 2-11.
- Molerio, L.F.; Guerra, M.; Flores, E.; Rocamora, E.; Núñez, M.; Portuondo, Y.; Batista, J.C. (1996) "Técnicas geomatemáticas en hidrogeología: aplicaciones en Cuba". Taller Cubano de Hidrogeología, Sancti Spiritus, Cuba. (En Prensa).

Borewskii, B; Samsonov, B; Yazvin, L. (1982) "**Metódica para la determinación de los parámetros de los acuíferos por datos de aforos**". (en ruso). Edit. Nedra, Moscú. 328.

Davis J.C. (1973) "**Statistics and data analysis in geology**". John Wiley and Sons. New York, 550.

Krasny, J (1975) "**Variation in transmissivity of crystalline rocks in Southern Bohemia**". Vist. Ustred. Ustov. Geol. Praga 50. pp 207-216.

Larsson, I (1985) "**Aguas subterráneas en rocas duras**". Ent. y Rep. Hidrol. UNESCO. París, 298.

Molerio León, Leslie F.; M. Núñez Laffitte; M. Guerra Oliva (1992) "**Índices de Acuosidad de las Tectonitas de la Cuenca Central de Cuba**". 1er Taller Iberoamericano de Informática y Geociencias, Acad. Cienc. Cuba, La Habana, : 30

Núñez Laffitte, Manuel; L.F. Molerio León & M. Guerra Oliva (1995) "**Risk Analysis in Low-Permeability-Rock Well Drilling**". Internatl. Geogr. Union (IGU) Conf. of Latin America and Caribbean Countries, La Habana,:191

Núñez, M.A; Molerio, L; Guerra, M. (1993) "**Parámetros hidrogeológicos en rocas de baja permeabilidad**". XIV Asamblea y Eventos técnicos de la FMOI. Ing. Hidrogeol.