

En el sector nororiental de la cuenca Los Palacios se manifiestan tres FSE, las cuales se corresponden con los siguientes intervalos litoestratigráficos:

- FSE-1 : Eoceno Superior-Mioceno
- FSE-2 : Eoceno Medio
- FSE-3 : Cretácico-Eoceno Inferior

La FSE-1 se caracteriza por presentar una gran saturación de ejes cofásicos, subparalelos, extensos y estables. Dentro de estas FSE se observan algunos sectores en los que se aprecia la pérdida de ejes cofásicos y zonas mudas que pudieran estar asociadas a cambios faciales laterales, no excluyéndose la presencia de arrecifes.

La FSE-2 se caracteriza por ser relativamente transparente, es decir, presentar pocos ejes cofásicos. La misma está constituida por rocas de naturaleza terrígena que se acuñan al norte contra la FSE-1, lo que pudiera ser objeto de interés.

El análisis sismoestratigráfico de la FSE-3 es mucho más limitado con respecto a las anteriores FSE, ya que aquí predominan deformaciones que dan lugar a numerosos ruidos de diferente naturaleza, enmascarando considerablemente el estudio de las características estructurales de la misma. Hacia el extremo norte de los perfiles se aprecia un incremento gradual de la caotización de sus ejes cofásicos.

BIBLIOGRAFIA

- ABALLI, P. y otros: "Trabajos sísmicos (PCP) en la depresión Los Palacios", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1926, 1946.
- ANDRIESSAN, R.: "Reporte final del reconocimiento sísmico en el área de San Cristóbal", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1921, 1947.
- ANKUDINOV, S. y otros: "Informe sobre investigaciones sísmicas del MCOR en la depresión Los Palacios", Archivo Nacional del Fondo Geológico, 1976.
- ARRIAZA, G. y otros: "Informe final sobre los resultados de los trabajos sísmicos regionales de refracción en la parte oriental de la provincia de Pinar del Río (perfiles 86, 88 y 89)", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 3270, 1984.

- EGOROV, V.: "Mapa gravimétrico a escala 1:100 000 de Pinar del Río, La Habana y Matanzas, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 606, 1973.
- GARCIA, R.: "Notas sobre la constitución geólogo-estructural de la depresión Los Palacios", *La Minería en Cuba*, no. 3, pp. 3036, Julio/Sept., 1978.
- HALL, C. S.: "Estudio sísmico de reflexión en la cuenca Baños, Pinar del Río. Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1916, 1957.
- KUNIN, N. Y. y otros: "Sismoestratigrafía en la solución de problemas en la búsqueda y exploración de yacimientos de petróleo y gas", Ciencias Generales, t. 3.
- LAZAREV, M. y otros: "Informe sobre los resultados de los trabajos de prospección sísmica (MCOR) en la parte oriental de la depresión Los Palacios, Archivo Nacional del Fondo Geológico, 1978.
- LIVINSTON, E. C.: "Reporte geofísico sobre revisión sísmica del área de la cuenca de los Baños, Los Palacios, Pinar del Río", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1924, 1959.
- LOPEZ, J. G. y otros: "Algunas consideraciones sobre el potencial de hidrocarburos de la cuenca Los Palacios", V Encuentro Científico de la Sociedad Cubana de Geología, Filial Habana, pp.9-10, Ciudad de La Habana, 1993.
- MIRO, G.: "Elaboración integrada de datos geofísicos, morfométricos y de teledetección para el estudio de la cuenca del Cauto", Tesis doctoral, ISPJAE, 1993.
- MISHINOV, B. y otros: "Informe parcial sobre los trabajos regionales del MCOR en Cuba occidental, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 2727, 1974.
- MORALES, I. y otros: "Informe sobre los resultados de los trabajos regionales por el MPCP, MCOR y Gravimetría realizados en la parte oriental de la provincia de Pinar del Río, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 3573, 1986.
- MORGAN, W. H. y otros: "Compañía Standart Oil de Cuba en la exploración de San Cristóbal, provincia de Pinar del Río", Archivo Nacional del Fondo Geológico, 1947.
- NECHASOV, Y. y otros: "Informe preliminar sobre los resultados de los trabajos de prospección sísmica en la depresión de Los Palacios realizados por la brigada GF-13", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 2821, 1978.
- PAYTON, C. E.: *Estratigrafía Sísmica*, Ed. Mir, Moscú, 1982.
- SORA, A. y otros: "Informe sobre los trabajos sísmicos de reflexión por el MPCP a lo largo de los perfiles curvilíneos en los escalones Los Palacios, Pinar del Río y Esperanza, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 3544, 1987.
- TUCKER, P. M.: "Resultados de la investigación sísmica en la cuenca Los Palacios", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1926, 1946.

REGULARIDADES HIDROQUIMICAS DEL YACIMIENTO DE AGUAS MINERO-MEDICINALES Y TERMALES "MENENDEZ"

Ing. José Batista Rodríguez
Ing. Jesús Blanco Moreno
Ing. Roberto Rodríguez Pacheco

Instituto Superior Minero Metalúrgico. Facultad de Geología

RESUMEN

La utilización de técnicas estadísticas multivariadas (análisis de componentes principales, análisis de factores) se ha convertido en una herramienta habitual de los estudios hidroquímicos. Un ejemplo ilustrativo es la aplicación de esta técnica al estudio de las regularidades hidroquímicas del yacimiento Menéndez. En este trabajo se establecen las principales regularidades desde el punto de vista hidroquímico a partir de los resultados del análisis de componentes principales, análisis de factores y técnicas de clasificación que no requieren información *a priori* (análisis euclidiano de agrupaciones). Se logró establecer la distribución areal de la mineralización, el contenido de yodo, el grado de acidez del yacimiento, así como las posibles zonas de movimiento de aguas fósiles y de apertura de sellos.

En investigaciones realizadas en el yacimiento de aguas minero-medicinales y termales "Menéndez" se determinaron las condiciones hidrogeológicas, los parámetros físicos, químicos, las características balneológicas, las condiciones de yacencia y génesis de estas aguas. Teniendo en cuenta la variabilidad de estos parámetros se hizo necesario utilizar técnicas que permitieran, por una parte, corroborar los resultados alcanzados anteriormente y por otra, llegar a obtener información adicional estableciendo determinadas regularidades, que no fueron posibles conocer por los métodos estadísticos tradicionales.

Los métodos estadísticos multivariados constituyen una herramienta necesaria en el estudio de las regularidades de los complejos acuíferos. Esto obedece no sólo a la necesidad de gestionar una cantidad urgente de datos, condensándolos y expresándolos de forma que permitan una aproximación más racional a los resultados finales del estudio de los complejos acuíferos, sino también al grado de información adicional que estos métodos proporcionan.

El yacimiento se encuentra ubicado a 1,5 km de la playa del mismo nombre, en la costa norte de la provincia de Matanzas. Este yacimiento es de gran interés para el turismo de salud por la calidad de sus aguas en diferentes tratamientos.

Características hidrogeológicas

En el área que ocupa el yacimiento, se desarrollan distintos horizontes y complejos acuíferos e impermeables. De acuerdo con estudios realizados estas unidades pueden dividirse en:

1. **Horizonte acuífero del Neógeno (N¹⁻²):** se desarrolla en la parte periférica noreste y está representado por calizas organógenas agrietadas.

ABSTRACT

The use of statistic multivariate techniques it's been becoming in habitual tool for hydrochemical studies. An illustrative example is the application of these techniques in the study of hydrochemical regularities of the Menéndez medical-mining and thermal water deposit. In this work it's been established the main regularities from the hydrochemical point of view based on the analysis results of the main components, factor analysis and classification techniques which do not require a prior information. With these methods we reached to establish the area distribution of mineralization, of the yodo content, the acid grade of deposit in the possible zones of fossil water movements and the opening of seals.

2. **Complejo acuífero del Paleógeno (P):** se desarrolla por debajo del horizonte acuífero del Neógeno. Atendiendo a las propiedades acuíferas de las rocas que lo componen, este complejo se ha subdividido en dos unidades:

- a) horizonte acuífero de agrietamiento (P₂²⁻³);
- b) horizonte impermeable (P₂²⁻³).

La primera unidad está compuesta por areniscas y calizas arenosas, agrietadas y fracturadas por los movimientos tectónicos. La segunda está compuesta por brechas calcáreas cementadas, no afectadas por el agrietamiento que ocupa la parte del complejo acuífero del Paleógeno.

3. **Complejo acuífero Jurásico-Cretácico (J-K):**

- a) horizonte acuífero del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (J₃th-K₁^{Ne});
- b) horizonte acuífero de agrietamiento del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (J₃th-K₁^{Ne}).

Se desarrolla en la parte central y sur de la mayor concentración de pozos muestreados que se localiza al este, se subdivide en las siguientes unidades acuíferas:

- a) horizonte acuífero Cretácico Inferior Aptiano-Cretácico Superior Cenomaniano K₁^{apt}-K₂^{cm};
- b) horizonte acuífero Jurásico Superior Tithoniano-Cretácico Inferior Neocomiano J₃th-K₁^{Ne};
- c) horizonte acuífero de agrietamiento del Jurásico Superior Tithoniano-Cretácico Inferior Neocomiano J₃th-K₁^{Ne}.

La primera se localiza en la parte sureste del yacimiento, está compuesta por calizas politomórficas con intercalaciones de silicitas y pedernales.

La segunda se localiza al sureste del yacimiento discordantemente a la secuencia del P-N₁¹⁻². En el norte yacen discordantemente por debajo del hori-

CUBANIQUEL

¡PÓNGASE EN CONTACTO CON CUBANIQUEL!



**MÁS NÍQUEL
MÁS CERCA
DE USTED**



7-8460

CUBANIQUEL



P. O. BOX
6128

Oficina Central
Calle 23 No. 88. Vedado.
La Habana, Cuba.

zonte acuífero del K₁-K₂. Esta unidad está compuesta por calizas politomórficas microcristalinas, detríticas y poco agrietadas.

La tercera unidad acuífera es la que controla las aguas minero-medicinales y termales del yacimiento, encontrándose desarrollada la misma en la parte central. Está compuesta por calizas agrietadas que sirven como zonas de acumulación y circulación de las aguas profundas, enriquecidas con algunos elementos químicos y con temperaturas elevadas que surgen a través de los sistemas de fallas.

Las aguas de esta unidad son del tipo fisuro-filoneanas de macizos carbonatados agrietados. La dirección del movimiento de las aguas subterráneas es

sureste-suroeste. La potencia de esta zona sobrepasa los 200 m.

Características hidroquímicas de las aguas del yacimiento

Las aguas minero-medicinales y termales de este yacimiento son del tipo brómica, débilmente sulfurosas, de composición química clorurada-sódica, con mineralización de 55-75 g/L y contenido de Sr de 40-60 mg/L que las colocan, desde el punto de vista balneológico, en una de las mejores aguas del país.

Se estudió un conjunto de pozos perforados en la zona (Figura 1).

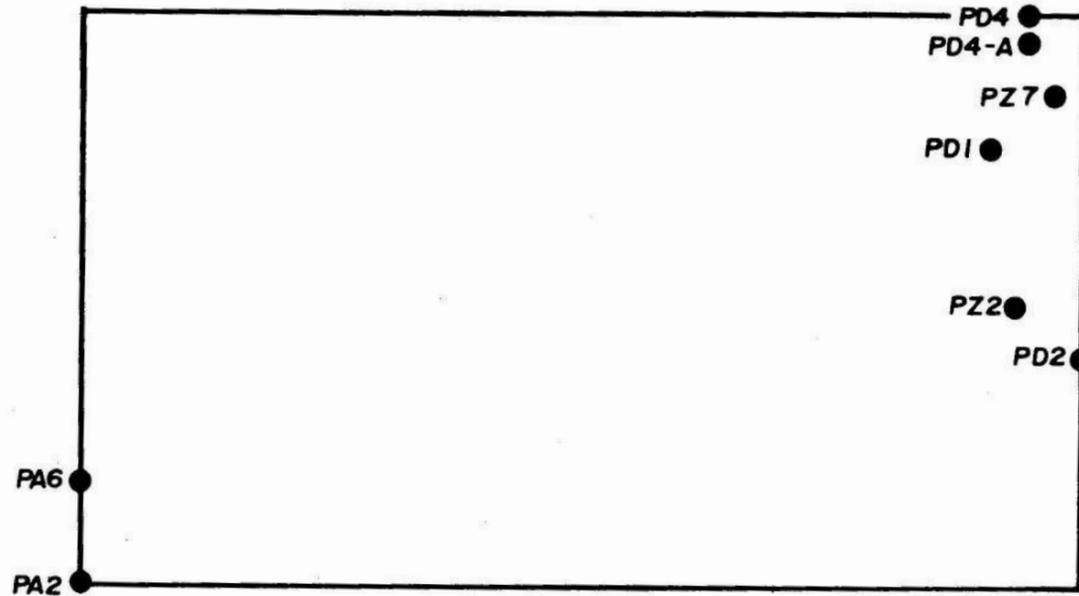


FIGURA 1. Mapa de ubicación de los pozos muestreados.

El contenido de Cl en el área aumenta hacia el norte-noroeste (Figura 2). Comportamiento similar lo presentan la mineralización y el contenido de Na, Ca y SO₄. El contenido de estos elementos en los pozos

PA2 y PA6, situados al suroeste, es muy parecido al de los localizados al noreste. Se observa una ligera disminución del contenido de estos elementos químicos hacia los pozos situados más al suroeste (PZ2 y PD2).

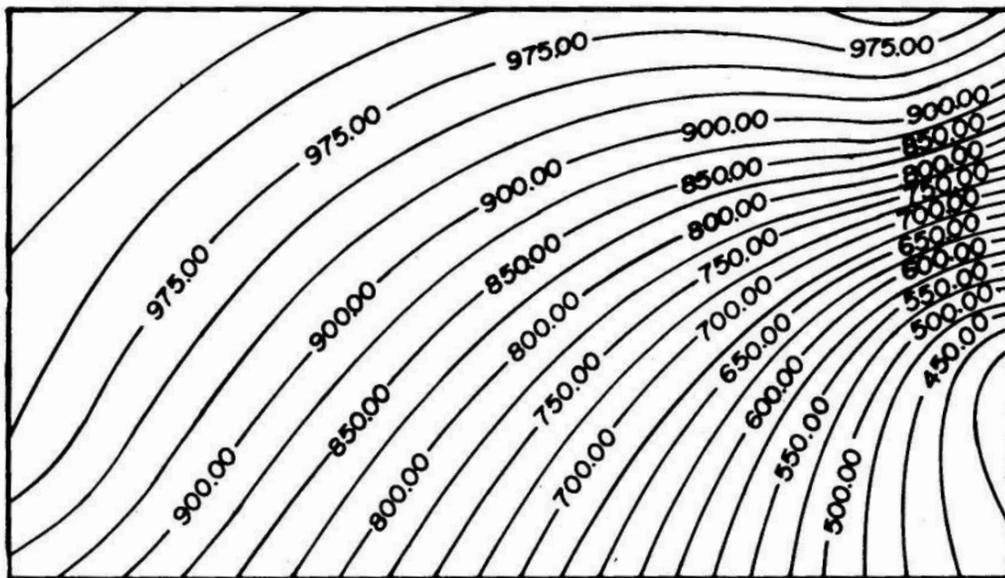


FIGURA 2. Mapa de contenido de Cl.

El contenido de Br aumenta hacia el oeste (Figura 3), alcanzando sus mayores valores en los pozos PA2 y PA6.

Los mayores contenidos de Sr se localizan hacia la parte norte, particularmente en el pozo PD1 y en los muestreados al noreste de éste (Figura 4). El pH y el I se comportan de forma similar.

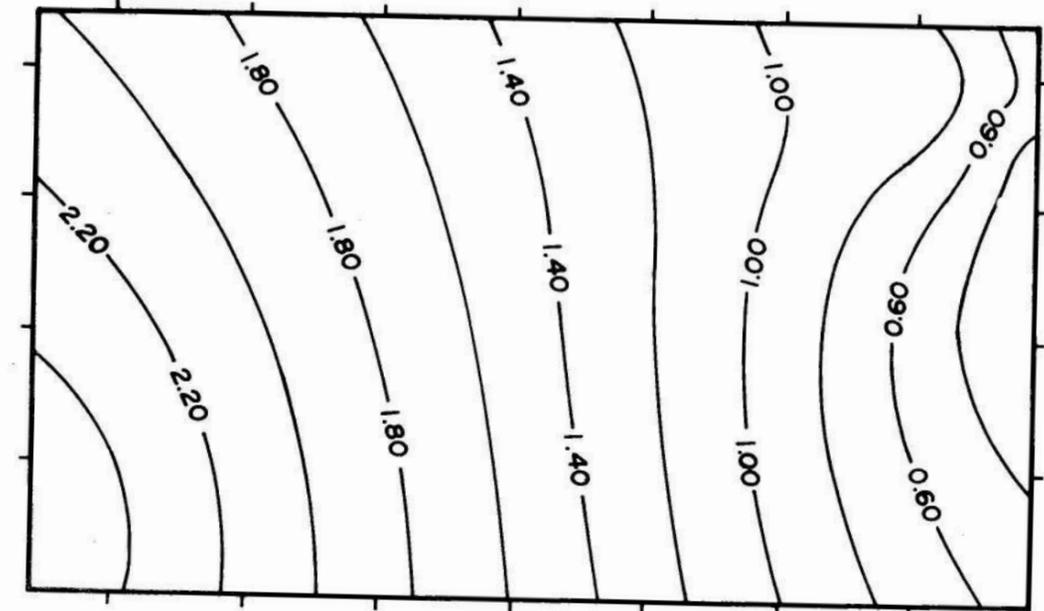


FIGURA 3. Mapa de contenido de Br.

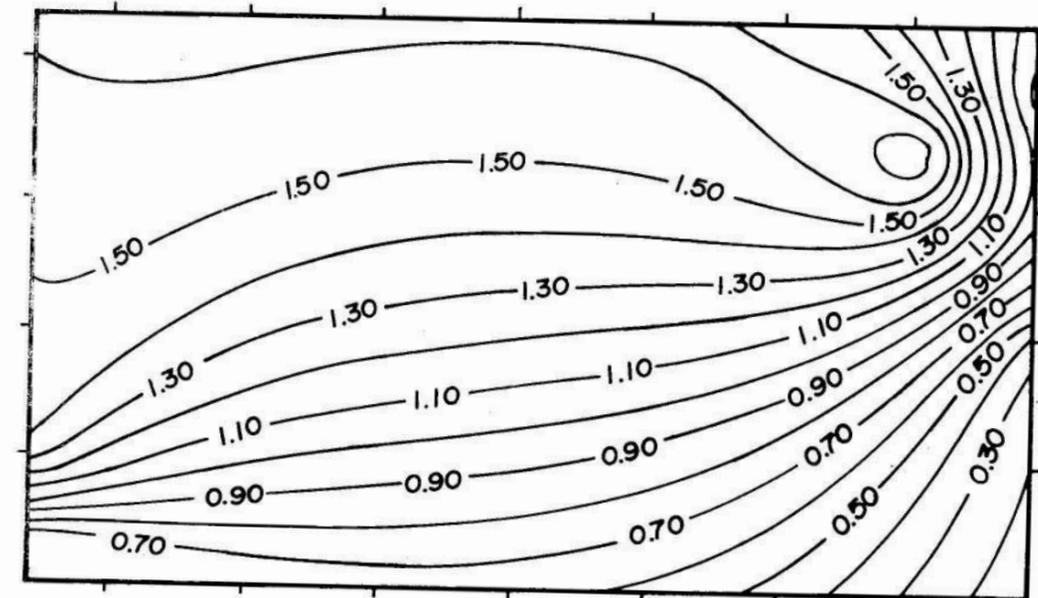


FIGURA 4. Mapa de contenido de Sr.

Hacia el noroeste se observan los mayores valores de contenido de Mg (Figura 5). Los pozos muestreados con valores más altos son el PA6 y PA2, y el de menor valor el PD1. Comportamiento similar presentan los contenidos de K y H₂S, con la particularidad de que el pozo con menor valor es el PD2.

El contenido de HCO₃ se hace mayor en el área hacia el oeste, particularmente en los pozos PA2 y PA6. Sus valores mínimos se localizan al sureste (Figura 6).

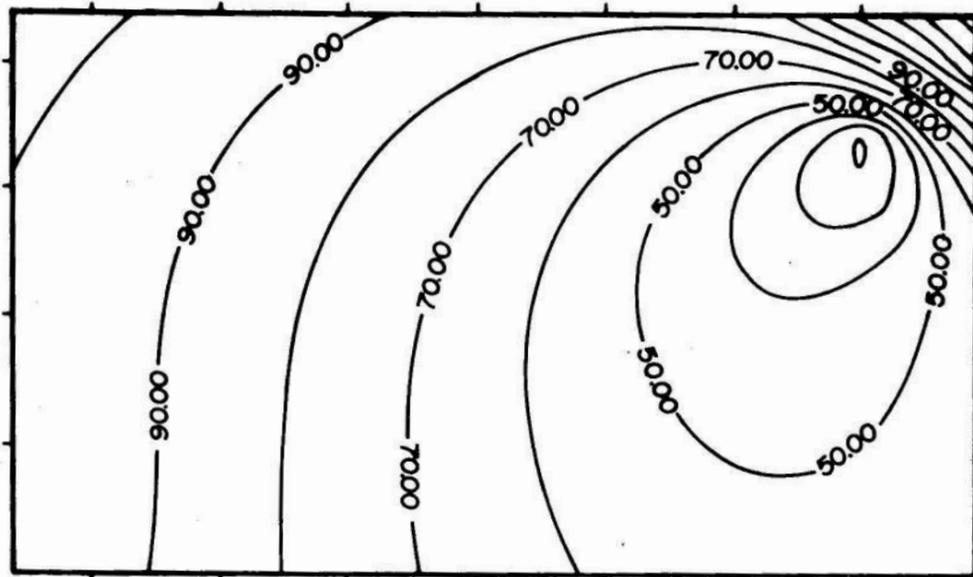


FIGURA 5. Mapa de contenido de Mg.

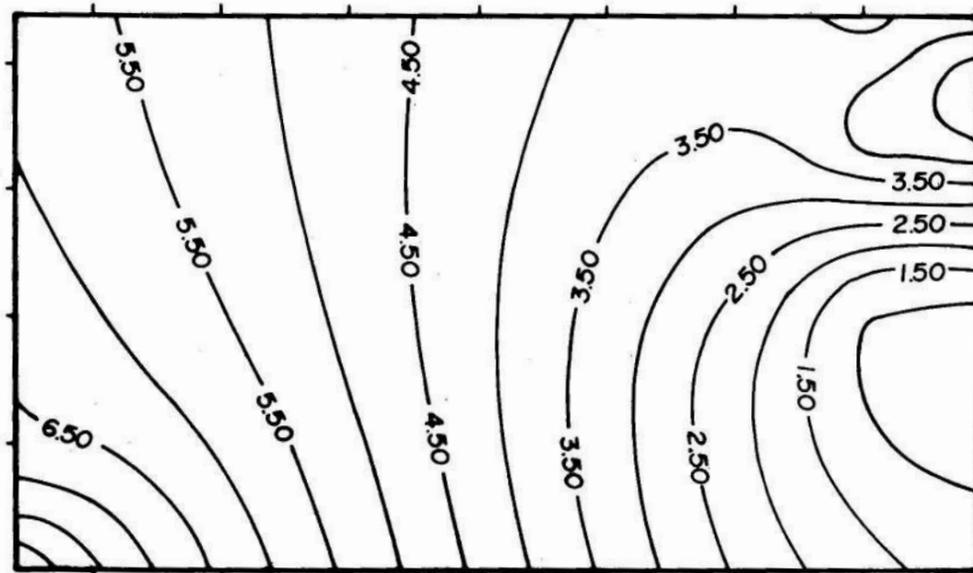


FIGURA 6. Mapa de contenido de HCO₃.

El complejo de aniones de estas aguas está compuesto principalmente por el Cl, donde los valores oscilan entre 30 000 y 35 000 mg/L, obteniéndose entre un 89 y un 94 % mg equivalente. Después del cloro los valores más significativos en los aniones lo presentan el SO₄⁻² (2 800- 4 000 mg/L) para un 3-9 % mg equivalente y el HCO₃⁻ (200-400 mg/L) para un 0,4-0,6 % mg equivalente.

Dentro de los cationes predomina el Na⁺ (17 000-20 000 mg/L) con un 70-80 % mg equivalente,

el Ca²⁺ y el Mg²⁺ que se comportan de manera similar (1 000-2 000 mg/L) con un 8-10 % mg equivalente, también aparece el K⁺ (800-1 000) mg/L para un 3-5 mg equivalente.

No se debe pasar por alto el elevado contenido de Br que presentan estas aguas. Además de ser el bromo un elemento balneológico importante, tiene muchas aplicaciones industriales y es un indicador de la apertura de sellos en las acumulaciones de hidrocarburos.

Análisis multivariante. fundamento y aplicaciones

El análisis multivariante estudia, interpreta y elabora el material estadístico sobre la base de un conjunto de n1 variables (Cuadras, 1981).

El investigador de las Ciencias de la Tierra analiza e interpreta de forma integrada, un conjunto de variables que caracterizan los puntos estudiados en el área de interés. Es posible que algunas de estas variables sean redundantes por estar correlacionadas en menor o mayor grado entre sí, y ser portadoras de la misma información sobre los objetos geológicos. Precisamente por eso se utilizan varias técnicas estadísticas multivariantes, con el objetivo de lograr describir el objeto de estudio con un nuevo sistema de variables, calculadas a partir de las existentes.

El análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de factores (AF)

Ambos análisis son similares, su finalidad es extraer en forma condensada la mayoría de la información contenida en una población. El fundamento de la aplicación del ACP es reemplazar las variables iniciales correlacionadas, por nuevas variables independientes (factores o CP), que son combinación lineal de las variables originales. Los factores se determinan de modo que expliquen la mayor varianza de la población, calculándose también la contribución de cada variable antigua a cada nuevo factor.

Según Casas (1979), en una población de n muestras en la que se han determinado p variables las CP serán la combinación lineal de estas variables:

$$Y_i = a_{ij} \cdot X_j$$

Estos coeficientes a_{ij} se calculan de forma que la primera de las nuevas variables Y_i, tenga la máxima varianza, y así sucesivamente.

Cada una de las nuevas variables puede ser linealmente independiente y su varianza explicada progresivamente menor.

A partir de estas CP debemos reinterpretar la variabilidad de la población en términos de fenómenos o procesos naturales que expliquen la complejidad del conjunto estudiado.

Técnicas de clasificación que no requieren información a priori. análisis euclidiano de agrupaciones

Las técnicas de clasificación se utilizan con el objetivo de identificar dentro de la muestra de estudio, diferentes grupos de elementos de composición relativamente homogénea, correspondiente al conjunto de variables usadas para su descripción.

El análisis euclidiano de agrupaciones es un método de clasificación que no requiere información a

priori. Este método no jerárquico asume que puede existir un número finito de grupos discretos, los cuales serán caracterizados en el espacio P-dimensional de los atributos usados, por medio de sus centroides.

Tratamiento multivariado

Para el análisis se tomaron mediciones en 8 pozos distribuidos en el área (PD4, PD4-A, PZ7, PD1, PZ2, PD2, PA6 y PA2), en los cuales se valoraron las vías variables siguientes: HCO₃, Cl, SO₄, Br, Ca, I, Mg, Na, K, Sr, H₂S, pH y mineralización (Mi).

Con el objetivo de lograr una mayor densificación de la red de puntos de medición, lo que permite obtener una nueva matriz de datos con mayor información del área de estudio, se llevó a cabo un proceso de interpolación, utilizando la versión 5.00 del SURFER sobre Windows y el método de interpolación Krigging, teniendo en cuenta el modelo de variograma que más se ajusta a estos datos, el tipo Drift y el efecto Nugget, aumentando de esta forma a 100 el número de puntos a procesar.

Con este nuevo conjunto de datos se llevó a cabo el análisis multivariante, empleando el sistema MULVAR elaborado por profesores del Departamento de Geofísica del ISPJAE.

La Tabla 1 muestra las medias y dispersiones de cada una de las variables empleadas en el análisis. A partir de estos estadígrafos podemos inferir varias conclusiones, entre las más importantes se encuentran:

- el pH en el área es ligeramente ácido;
- el agua es altamente mineralizada, clorurada-sódica;
- el contenido de Ca y Mg es muy elevado;
- el Cl y el Na presentan los mayores valores de dispersión, indicando grandes diferencias de estos contenidos en el área y variaciones en las fuentes de suministro;
- el pH, Sr, H₂S y el Br son los menos dispersos, indicando poca diferencia del pH y el contenido de estos elementos en el área.

TABLA 1. Parámetros estadísticos

Variables	Media	Dispersión
HCO ₃	4,17	1,69
Cl	828,19	189,72
SO ₄	45,49	15,21
I	0,67	1,15
Br	1,41	0,64
Ca	84,26	20,97
Mg	73,88	22,31
Na	663,16	147,58
K	24,56	10,22
Sr	1,13	0,44
H ₂ S	1,35	0,50
pH	6,51	0,14
Mi	51,65	12,13

En la Tabla 2 se muestra la matriz de correlación. En ella podemos apreciar la buena correlación existente entre casi todas las variables que conforman

el sistema, lo que unido a una distribución normal de las variables analizadas justifica el empleo del ACP.

TABLA 2. Matriz de correlación

	HCO ₃	Cl	SO ₄	I	Br	Ca	Mg	Na	K	Sr	H ₂ S	pH	Mi
HCO ₃	1,00												
Cl	0,82	1,00											
SO ₄	0,75	0,97	1,00										
I	0,24	-0,22	-0,36	1,00									
Br	0,91	0,69	0,56	0,26	1,00								
Ca	0,91	0,97	0,90	-0,07	0,83	1,00							
Mg	0,70	0,71	0,74	-0,06	0,58	0,68	1,00						
Na	0,85	0,99	0,96	-0,17	0,69	0,97	0,70	1,00					
K	0,86	0,88	0,89	-0,24	0,77	0,90	0,80	0,88	1,00				
Sr	0,42	0,81	0,81	-0,63	0,35	0,73	0,29	0,79	0,64	1,00			
H ₂ S	0,79	0,98	0,94	-0,29	0,70	0,95	0,62	0,97	0,87	0,86	1,00		
pH	0,69	0,95	0,95	-0,36	0,52	0,89	0,52	0,95	0,79	0,90	0,96	1,00	
Mi	0,84	0,99	0,97	-0,21	0,69	0,97	0,72	0,99	0,89	0,80	0,97	0,95	1,00

Resultado del ACP

Las CP calculadas son 13, sin embargo, las 8 primeras explican el 100 % de la varianza total de la población, y las dos primeras de éstas 8, el 91,7 % (Tabla 3), es decir, pueden reducirse las 13 variables originales a 2 nuevas componentes que explican casi toda la variabilidad de la población.

TABLA 3. Resultados del análisis de componentes principales

CP número	Valor propio	% que explica	% acumulativo
1	10,0828	77,5602	77,5602
2	1,8454	14,1957	91,7559
3	0,6377	4,9055	96,6613
4	0,3258	2,5063	99,1676
5	0,0868	0,6679	99,8356
6	0,0203	0,156	99,9916
7	0,0011	0,0082	99,9999
8	0	0,0001	100

TABLA 4. Matriz de ejes principales

Variables	CP 1	CP 2
HCO ₃	0,27	0,31
Cl	0,35	-0,03
SO ₄	-0,062	-0,047
I	-0,07	-0,15
Br	0,46	-0,18
Ca	0,048	-0,12
Mg	-0,37	0,026
Na	-0,38	0,17
K	-0,31	0,045
Sr	0,24	-0,17
H ₂ S	0,26	0,56
pH	0,0054	-0,66
Mi	0,23	0,04

Al realizar un análisis minucioso de la Tabla 4 podemos observar que las dos primeras CP están relacionadas con las variables primitivas de la siguiente forma: CP 1 se asocia al Br, Cl, K, y al Na y Mg en sentido contrario. Un aumento de Br, Cl, K, indica, desde el punto de vista estadístico, una disminución de Na y Mg en el área. Esta componente está asociada con el contenido de Br fundamentalmente, y puede ser considerada indicadora de zonas de apertura de sellos y movimiento de agua fósil (factor de apertura).

La CP 2 está asociada al pH e inversamente al H₂S y HCO₃. Un aumento en el área del pH debe indicar una disminución del H₂S y el HCO₃. Esta componente puede asociarse con la acidez del agua (factor de acidez).

Con estas dos CP se confeccionaron diferentes mapas. El mapa de CP 1 (Figura 7) indica un aumento de ésta hacia el sur-suroeste, es decir, en esa dirección aumenta el contenido de Br, Cl y K, y el de Na y Mg disminuye. Por lo tanto, la posible zona de apertura de sellos y de movimiento de aguas fósiles se localiza precisamente en esa dirección en que aumenta esta CP, norte-noroeste, coincidiendo con una de las direcciones principales de grietas y fallas que aparecen en la zona.

Los menores valores de esta CP se localizan en la zona de los pozos PD2 y PZ2, y los mayores, en el pozo PA6.

En el mapa de la CP 2 (Figura 8), se observa un aumento de ésta hacia el sur-suroeste, es decir, en esa dirección el agua se vuelve más ácida. Los pozos con valores más bajos de esta CP son el PA2 y el PA6. El pozo PD1 es el de más alto valor.

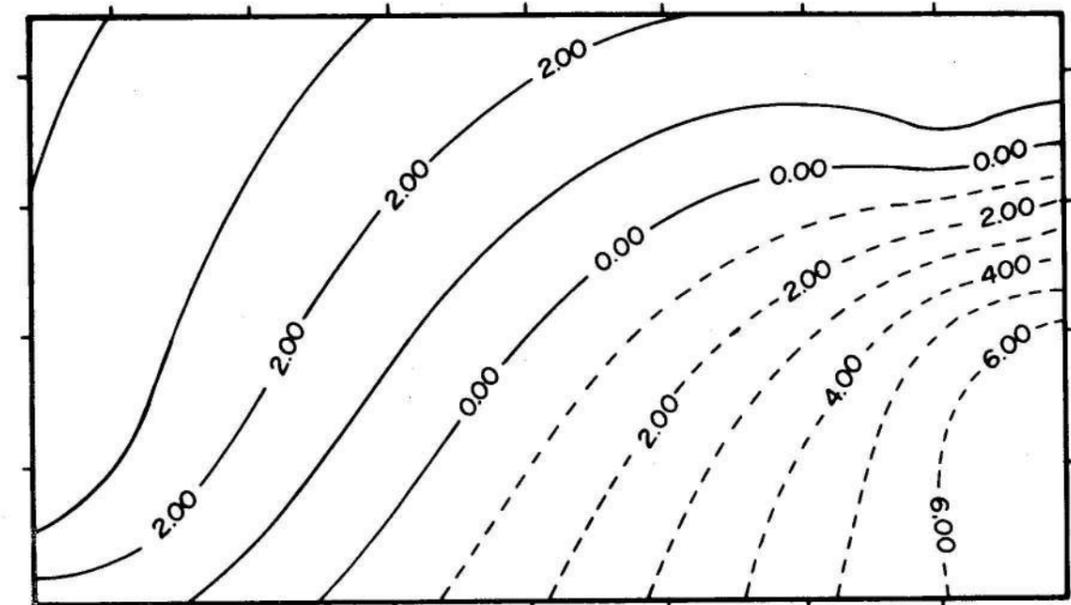


FIGURA 7. Mapa de la CP 1.

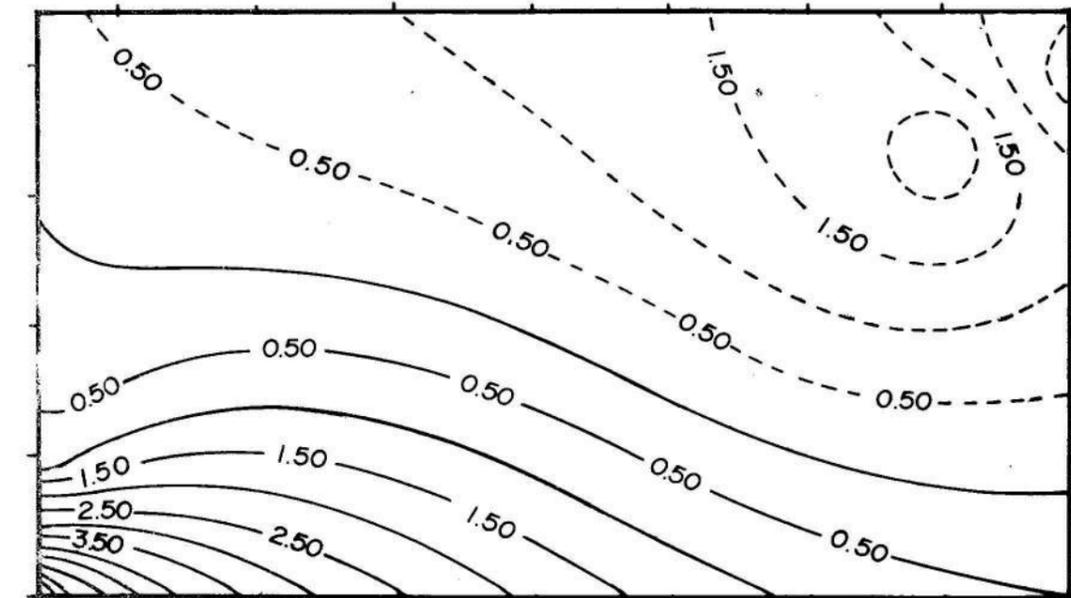


FIGURA 8. Mapa de la CP 2.

Resultado del análisis de factores

Al tener en cuenta que las dos primeras CP explican el 91 % de la varianza total de la población, se tomaron los dos primeros factores, los cuales están asociados con las variables primitivas de la siguiente forma:

El factor 1 presenta mayor influencia sobre las siguientes variables: Mi, Cl, Na, Ca, H₂S, SO₄, pH y K.

Por la relación que presenta con estas variables, se les puede denominar factor de mineralización.

El factor 2 presenta mayor influencia sobre las variables I, Br, HCO₃ y Sr en sentido contrario, por lo que un aumento del I, Br y HCO₃ en el área debe ir acompañado de una disminución del Sr. Teniendo en cuenta que la mayor influencia de este factor es sobre el I, y que en las otras variables mencionadas existe una influencia menor, se le puede denominar a este factor, contenido de I en el agua, ver Tabla 5.

TABLA 5. Matriz factorial reducida

Variables	Factor 1	Factor 2
HCO ₃	0,863	0,481
Cl	0,993	-0,042
SO ₄	0,967	-0,165
I	-0,225	0,904
Br	0,746	0,542
Ca	0,981	0,134
Mg	0,735	0,256
Na	0,99	-0,003
K	0,934	0,086
Sr	0,793	-0,553
H ₂ S	0,979	-0,107
pH	0,937	-0,256
Mi	0,995	-0,028

En el mapa del factor 1 (Figura 9) se observa el aumento de éste hacia el oeste, localizando los mayores valores en los pozos PA6 y PA2 y los menores valores en PD2 y PZ2.

El mapa del factor 2 (Figura 10) muestra una disminución del mismo hacia el norte-noreste, zona donde se encuentran la mayoría de los pozos muestreados utilizados en nuestro procesamiento, localizándose los menores valores en el pozo PD1. Este factor aumenta hacia el sur-suroeste, alcanzando los mayores valores en el pozo PA2.

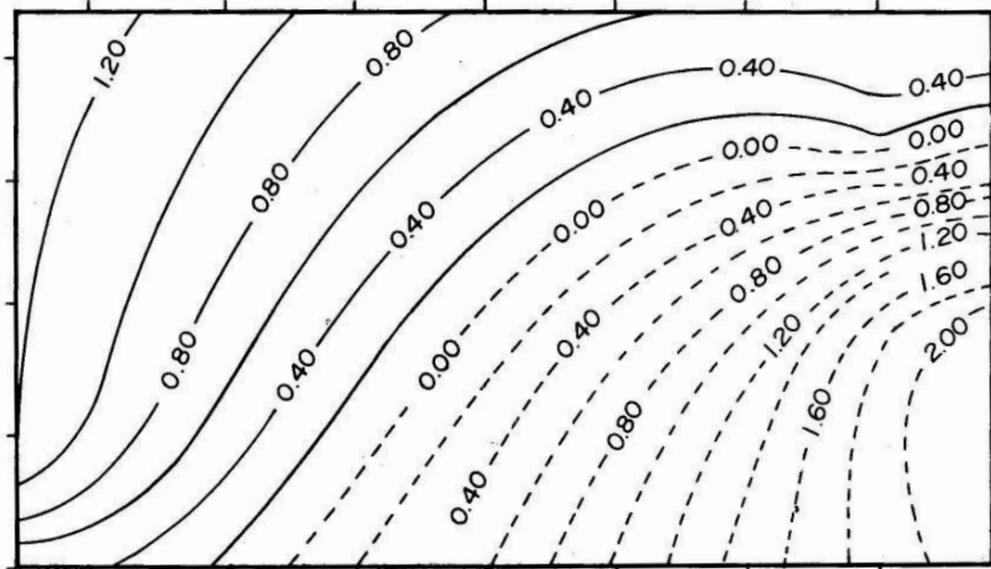


FIGURA 9. Mapa del factor 1.

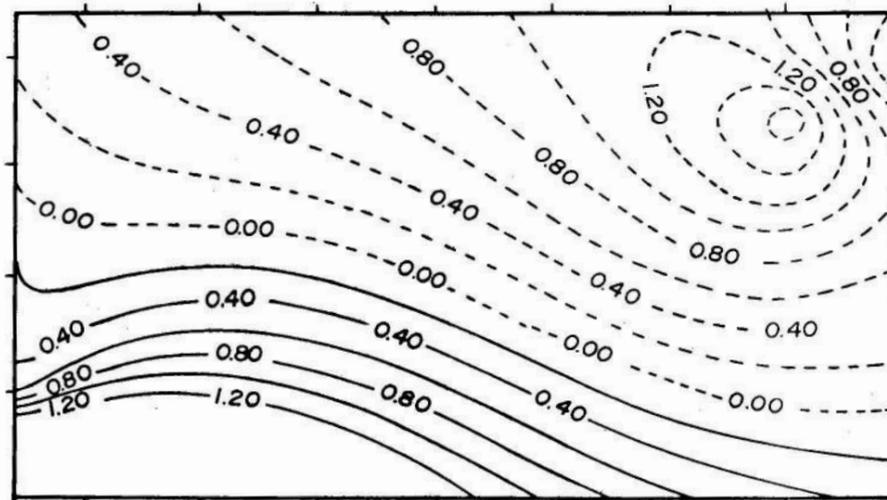


FIGURA 10. Mapa del factor 2.

Resultado del análisis euclidiano de agrupaciones

Con este análisis se logró separar en el área de estudio varios grupos que difieren por sus características hidroquímicas. Repitiendo el proceso tres veces, se separaron 4, 3 y 2 grupos respectivamente.

Resultado de la iteración con 4 grupos:

- Grupo 1: pozo PA2
- Grupo 2: pozos PA6, PD4, PD4-A y PZ7
- Grupo 3: pozo PD1
- Grupo 4: pozos PZ2 y PD2

Resultado de la iteración con 3 grupos:

- Grupo 1: pozos PA6, PD4, PD4-A y PZ7
- Grupo 2: pozos PA2 y PD1
- Grupo 3: pozos PZ7 y PD2

Resultado de la iteración con 2 grupos:

- Grupo 1: pozos PA6, PD4, PD4-A, PZ7, PA2 y PD1
- Grupo 2: PZ2 y PD2

En la Tabla 6 se expone la valoración de los modelos. Para nuestros objetivos podemos trabajar con 2 ó 3 grupos, obteniendo prácticamente igual resultado que en el caso de 3 ó 4 grupos.

TABLA 6. Valoración de los modelos
Hipótesis básica: Trabajos con N(l) grupos equivale a trabajar con N(l+1) grupos

N(l)	N(l+1)	F	GLN	GLD	Fcrit.5%
2	3	5,7205	13	1261	1,67
3	4	4,8383	13	1248	1,67

El grupo 1, del resultado de iteración con tres grupos, se caracteriza por estar ubicado en la posible zona de apertura de sellos y movimiento de aguas fósiles, y en la zona de mayor mineralización.

El grupo 1, de la iteración con 4 grupos, se caracteriza por encontrarse en la zona de mayor acidez y contenido de I, y el grupo 3 de esta iteración también se encuentra dentro de esta zona ácida, pero donde la CP 2 alcanza sus máximos valores el mismo coincide con la zona de menor contenido de I.

CONCLUSIONES

1. La utilización de las técnicas multivariantes en el estudio de las regularidades de los yacimientos de aguas minero-medicinales y termales, se han revelado como un instrumento eficaz que permite obtener una mayor cantidad de información que la obtenida durante el procesamiento tradicional de los datos.
2. Se caracterizó el área en base a la mineralización del agua utilizando el AF, factor 1, aumentando éste hacia el oeste y disminuyendo hacia el este.
3. Se caracterizó el área en base al contenido de I, utilizando el AF, factor 2, localizando los mayores valores hacia el sureste.
4. Se ubicó la posible zona de apertura de sello y de movimiento de aguas fósiles hacia el norte-noroeste con ayuda del ACP (CP 1).
5. Se caracterizó el área en base a la acidez del agua, empleando el ACP (CP 2). Esta aumenta hacia el sur-suroeste.

BIBLIOGRAFIA

- ALFONSO ROCHE, J.: *Estadística en las ciencias geológicas*, t. 11, IPSJAE, La Habana, 1989.
- FONT, X. y A. NAVARRO: "Aplicación de métodos estadísticos uni y multivariantes a estudios de contaminación. El caso de la cubeta de la Llagosta", *Boletín Geológico y Minero*, pp. 71-91, sept/oct., 1991.
- LOPEZ, A. y B. CALVO: "Aplicación de algunas técnicas estadísticas al estudio de la distribución de los elementos del grupo de las tierras raras en el macizo granítico del Lugo", *Boletín Geológico y Minero*, pp. 82-93, mayo/junio, 1990.
- NAVARRO, A.: "Contaminación y evaluación geoquímica del agua subterránea del acuífero aluvial del valle del Congost (Barcelona)", *Boletín Geológico y Minero*, pp. 111-133, enero/febrero, 1989.
- PAJON, J. y otros: "Caracterización geoquímica y geomatemática de formaciones geológicas y sedimentos de la cuenca del río Cuyaguaje. Relación con las características hidroquímicas de los acuíferos", *Voluntad Hidráulica*, (72), pp. 43-49, 1986.
- PROENZA, J. ; J. BATISTA y C. TERRERO: "Aplicación de técnicas estadísticas multivariadas al estudio de la contaminación. Su utilización en la valoración de la calidad de las aguas que abastecen a la población de Moa", *Revista Minería y Geología*, (2), pp. 29-34, 1994.
- RIAZA, A. y A. BEL-LAN: "Evaluación de una técnica de tratamiento digital de imágenes. Aplicación del análisis de componentes principales a una imagen TM en un área granítica del macizo Hespérico Central", *Boletín Geológico y Minero*, pp. 25-37, julio-agosto, 1987.

MINERIA y GEOLOGIA