

ONDA A COLOR

La Calculadora del color ONDA, está orientada a las aplicaciones físicas y geológicas.

Aplicación

- Cómputo de las longitudes de onda pureza del color y capacidad de reflejo, conocidas sus coordenadas.
- Confección del gráfico Internacional del color (pantalla papel)

Facilidades

- Interacción directa con el gráfico (usuarios VSA)
- Cálculo de la longitud de onda del color conocidas sus coordenadas
- Cálculo de la pureza del color
- Cálculo de la capacidad de reflejo

Se puede utilizar para:

- Piedras preciosas y semipreciosas
- Metales
- Líquidos coloreados
- Minerales y rocas
- Y en tantos objetos como matices existen después de analizados con el espectrofotómetro de luz visible

Especificaciones Técnicas

Nombre: ONDA

Versión: 3.0

Sistemas operativos: PC-DOS (MS-DOS) 3.30 o posterior

Sistema de cómputo: IBM PC, XT, AT

Memoria RAM: 512 KB o ms

Monitor: CGA, VGA, EGA (VGA es el óptimo)

Moose: Compatible Microsoft



¡Contacte con nosotros!

Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM)
Las Coloradas, Moa
Holguín, Cuba
CP. 83320
© Copyright 1991, 1992. Todos los derechos reservados

APLICACION DE LOS METODOS DE CORRELACION ESTADISTICA AL ESTUDIO DE LA CUENCA DEL CAUTO

Dr. Guillermo Miró Pagés

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría
Departamento de Geofísica

RESUMEN: Es investigada la correlación estadística existente entre los datos de anomalías gravimétricas (g) y las profundidades (H) hasta tres fronteras geofísicas calculadas por el Método de Correlación de Ondas Refractadas (MCOF) en la cuenca del Cauto, a fin de establecer ecuaciones de regresión que permitieran cartografiar estas últimas, sobre la base de los datos del método gravimétrico.

Fueron obtenidos elevados valores del coeficiente de correlación múltiple ($r > 0,80$) entre los datos de H y g a lo largo de dos perfiles sísmicos regionales de refracción, mutuamente transversales, siendo calculadas las ecuaciones de regresión estadística multivariada que vinculan estas variables.

Se concluye la efectividad de la técnica empleada, en la región objeto de estudio en el orden informativo, porque permite obtener nuevos datos sobre su constitución profunda, y en el orden económico permite disminuir el volumen de los costosos trabajos sísmicos de refracción que deben ser realizados.

ABSTRACT: This paper shows the statistic correlation that exists between the gravity anomalies (g) and the depths (H) of up to three geophysical boundaries estimated by means of the Seismic Method of Refraction at the Cauto basin, with the aim of establishing regression equations so as to estimate such depths based on the data provided by the gravimetric method.

It was possible to obtain high values of the statistic correlation coefficient ($r > 0,80$) from the data of H and g along two regional seismic profiles which were mutually transversed in the area under study. Then multivariate statistical regression equations linking those variables were estimated.

To sum up, it can be said that the method used proved its effectiveness in providing important information about new depth sections and in reducing the high cost of the seismic works to be done.

La cuenca superpuesta del Cauto, situada en la región suroriental de Cuba (Figura 1), constituye un área que presenta ciertas premisas geológicas favorables para la presencia y acumulación de hidrocarburos. Sin embargo, algunas características de su constitución que son importantes para realizar una evaluación más confiable de las potencialidades del área en este sentido, como el espesor del prisma sedimentario que la rellena, no han sido debidamente aclaradas.

El grado de estudio geofísico que se dispone actualmente sobre la región es insuficiente y heterogéneo, ya que si bien toda el área ha sido abarcada por el levantamiento

gravimétrico y electromagnético, el grado de recubrimiento sísmico es pobre, contándose solamente con varios cortes de profundidad, obtenidos a lo largo de perfiles mediante los métodos de refracción y reflexión.

A partir de lo anterior, en el presente trabajo se aborda, el estudio del grado de correlación estadística existente entre los distintos datos geofísicos, medidos a lo largo de dos perfiles sísmicos regionales de refracción, a fin de establecer ecuaciones de regresión, que permitan calcular las profundidades hasta las fronteras geofísicas, tomando en cuenta los datos de las mediciones de los campos potenciales realizados en el área.

CORRELACION ENTRE LOS CAMPOS FISICOS EN LA REGION DE LA CUENCA DEL CAUTO

La teoría relativa al análisis de regresión multivariada, así como, su actualidad en geofísica aplicada, ha sido ampliamente abordada en la literatura especializada en los últimos años (Alfonso, J.R., 1989; Dimitriev, V.I., 1990).

En nuestro caso nos propusimos explorar en la región de la cuenca del Cauto las posibilidades de estos métodos, reportados como muy eficientes por la experiencia interna-

cional, para tratar de solucionar las siguientes tareas: reconstruir los cortes de profundidades a lo largo de los perfiles regionales de refracción VIII y IXa, investigados por la Empresa Nacional de Geofísica de Cuba (ENG) (Kokoshko, A., 1975) hace varios años (Figura 2) y calcular los cortes de profundidades a lo largo de otros dos perfiles gravimétricos ubicados en el área.

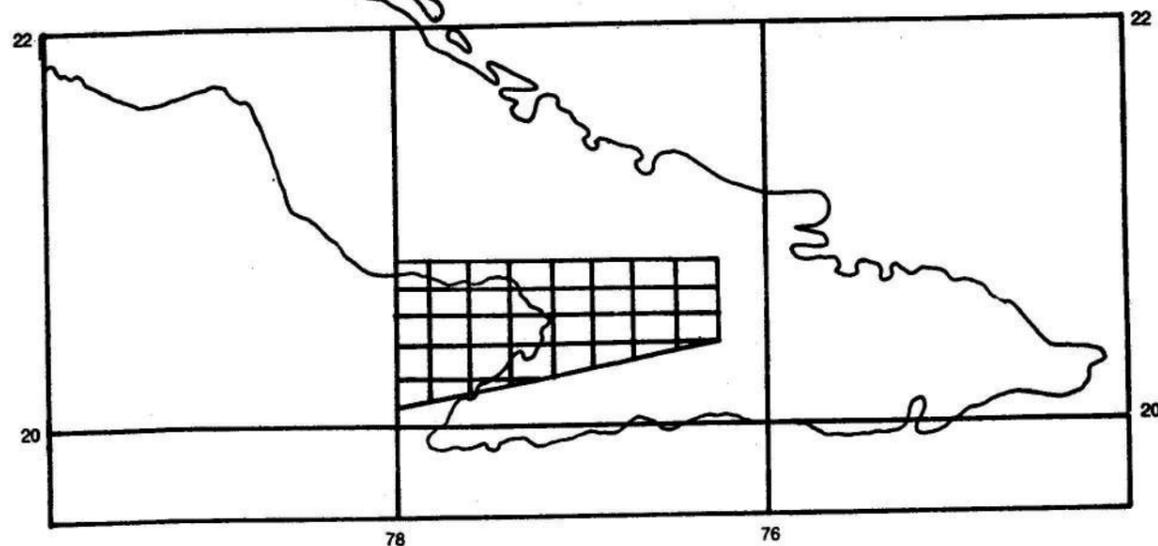


FIGURA 1. Ubicación de la cuenca del Cauto

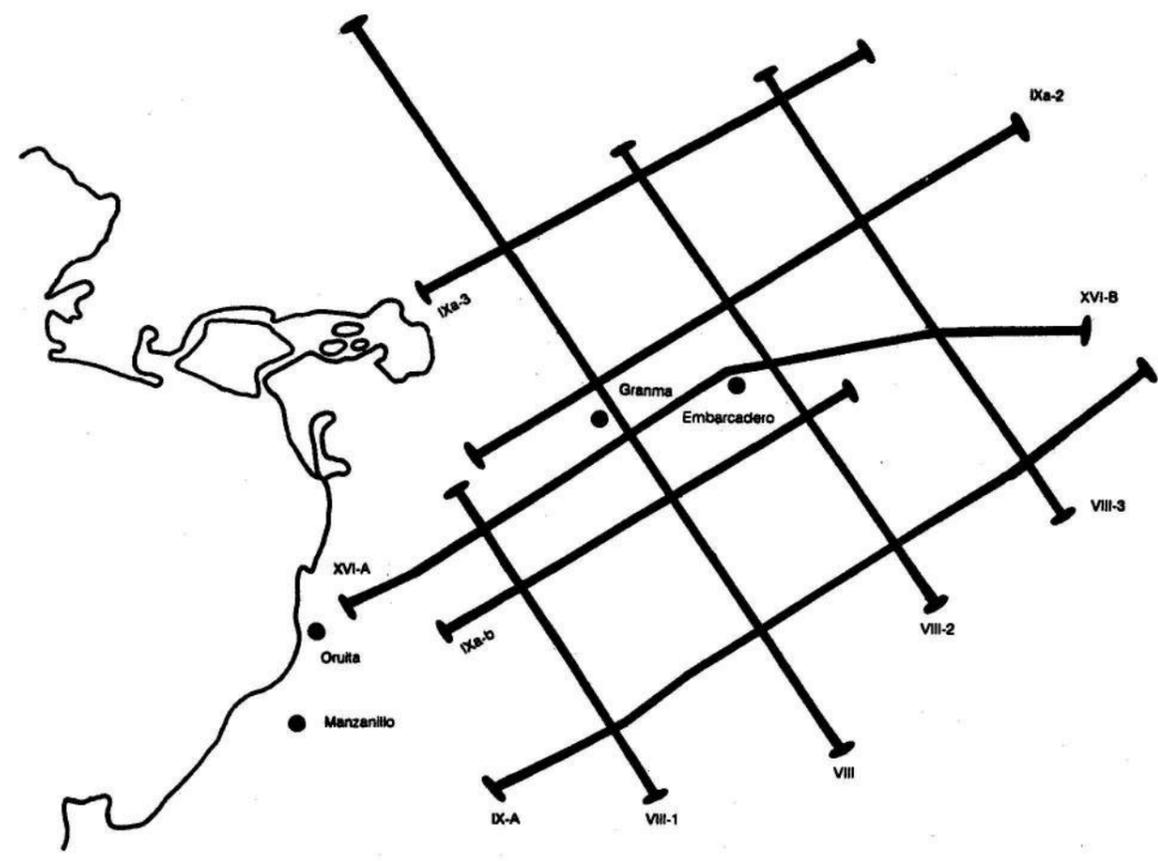


FIGURA 2. Ubicación de los perfiles en la región de la cuenca del Cauto. Escala 1:250 000

Es de significar que mediante el método de refracción, se ponen de manifiesto en esta región tres fronteras sísmicas identificadas desde arriba hacia abajo como B1, B2 y C2 que han sido referidas geológicamente como sigue:

B1: contacto entre rocas sedimentarias del Mioceno inferior y del Oligoceno Superior.

B2: complejos vulcanógenos del basamento de posible edad Paleoceno o Eoceno inferior.

C2: su referencia geológica es insegura, se supone que está asociada al fundamento de probable naturaleza básica-ultrabásica que subyace a la cuenca del Cauto de edad supuesta Cretácico.

A continuación se expone la metodología seguida para solucionar las tareas referidas y el grado en que las mismas fueron resueltas.

DETERMINACION DE LA CORRELACION ENTRE LOS CAMPOS FISICOS A LO LARGO DE LOS PERFILES VIII Y IXa

Para abordar esta tarea se tuvo en cuenta la información geofísica obtenida a lo largo de los perfiles regionales VIII y IXa. Prácticamente se procedió del modo siguiente:

1. Fueron determinados los valores de las profundidades hasta las fronteras de refracción B1, B2 y C2 a lo largo de estos perfiles en escala 1: 250 000 con un intervalo de 1 cm entre puntos (es decir 2,5 km), como resultado de esto fue confeccionada una tabla con datos de profundidades en 36 puntos (perfil VIII) y 35 puntos (perfil IXa).
2. Fueron determinados los valores de Δg_B y ΔT en los puntos referidos anteriormente, para lo cual los perfiles VIII y IXa fueron trazados sobre los mapas gravimétricos y magnetométricos (Rodríguez, M., 1983 ; Brodovol V, V., 1987) obtenidos en la región a escala 1:100 000, determinándose los valores de estos campos físicos en los mismos puntos en los que ya se habían calculado las profundidades hasta las fronteras refractoras.
3. Empleando programas de computación, basados en algoritmos de ajuste mínimo cuadrático, fue analizada inicialmente la correlación estadística existente entre los datos de ΔT y H , Δg y H , obteniéndose valores superiores de los coeficientes en este último caso ($r \geq -0,66$) por lo que, en lo adelante, se le prestó mayor atención a los datos gravimétricos y sísmicos.

Posteriormente, a fin de tratar de superar los coeficientes de correlación anteriormente obtenidos, con el objetivo de propiciar una mayor precisión en el pronóstico de los valores de profundidad mediante las ecuaciones obtenidas, fue probado el análisis de correlación multivariada empleando un modelo del tipo:

$$H_i = a_0 + a_{i-2} \Delta g_{i-2} + a_{i-1} \Delta g_{i-1} + a_i \Delta g_i + a_{i+1} \Delta g_{i+1} + a_{i+2} \Delta g_{i+2}$$

PERFIL VIII (ecuaciones 1)

$$a - H_{B1} = 2,464 - 0,767 \Delta g_{i-2} + 0,010 \Delta g_i - 0,589 \Delta g_{i+1} + 0,021 \Delta g_{i+2}$$

$$r = 0,80$$

$$b - H_{B2} = 5,050 - 0,053 \Delta g_{i-2} + 0,052 \Delta g_{i-1} - 0,008 \Delta g_i - 0,067 \Delta g_{i+1} + 0,032 \Delta g_{i+2}$$

$$r = 0,89$$

$$c - H_{C2} = 6,824 - 0,763 \Delta g_{i-2} + 0,040 \Delta g_{i-1} - 0,020 \Delta g_i - 0,055 \Delta g_{i+1} + 0,053 \Delta g_{i+2}$$

$$r = 0,92$$

Este método ha sido empleado con éxito en otras regiones del mundo, para resolver tareas similares a las abordadas en el presente trabajo. En el modelo descrito, los coeficientes a se comportan teóricamente como los coeficientes ponderados de un filtro convolutivo (Alfonso, J.R., 1989).

Desde el punto de vista práctico (Estévez, A. y D. Hernández, 1988) a fin de establecer el grado de correlación existente entre los datos muestreados y valorar cuantitativamente los coeficientes a que aparecen en la ecuación anterior, se precisa tomar tres valores de h para cada punto de los cortes de profundidades dados por refracción. A cada valor de h se asocian dos valores de Δg a la izquierda del punto cuyas profundidades se analizan (Δg_{i-2} ; Δg_{i-1}); se toma también el valor de Δg que cae sobre el punto en cuestión (Δg_i) así como los valores a la derecha (Δg_{i+1} ; Δg_{i+2}). Este proceso se repite para cada una de las profundidades de las tres fronteras de refracción conocidas. Entre los valores que se toman a la derecha e izquierda del punto que se analiza, deben mantenerse intervalos constantes, y esos mismos intervalos deben ser empleados para cada una de las profundidades h con que se trabaja.

Como resultado de todo este trabajo para una frontera dada y un punto del perfil, se obtiene un grupo de seis variables; de igual modo tal conjunto de variables se obtiene para los restantes puntos del perfil, analizándose posteriormente la correlación estadística existente entre estos datos, a lo largo de los perfiles, a través del comportamiento cuantitativo del coeficiente de correlación multivariada (r) para cada frontera por separado. De esa forma, al final se obtuvieron seis dependencias estadísticas de h en función de Δg , para todas las fronteras sobre ambos perfiles las cuales quedan expresadas de la siguiente forma:

PERFIL IXa (ecuaciones 2)

$$a - H_{B1} = 1,737 + 0,003 \Delta g_{l-2} + 0,021 \Delta g_{l-1} + 0,008 \Delta g - 0,114 \Delta g_{l+1} + 0,076 \Delta g_{l+2}$$

$$r = 0,93$$

$$b - H_{B2} = 3,477 + 0,081 \Delta g_{l-2} + 0,095 \Delta g_{l-1} + 0,008 \Delta g - 0,031 \Delta g_{l+1} + 0,027 \Delta g_{l+2}$$

$$r = 0,95$$

$$c - H_{C2} = 5,879 - 0,031 \Delta g_{l-2} - 0,075 \Delta g_{l-1} - 0,006 \Delta g - 0,169 \Delta g_{l+1} + 0,098 \Delta g_{l+2}$$

$$r = 0,96$$

Como se observa, el coeficiente de correlación múltiple alcanzó el valor de $r \geq 0,80$ lo que fue estimado como un resultado satisfactorio.

Posteriormente, a fin de probar la efectividad de los modelos establecidos mediante las ecuaciones 1 y 2,

fueron calculadas, a partir de ellas, las profundidades hasta las fronteras B1, B2 y C2 a lo largo de los perfiles VIII y IXa y estos resultados fueron comparados a su vez con los datos de profundidades de partida obtenidos a partir del MCOR (Figuras 3 y 4); la buena correspondencia obtenida entre estas fronteras resulta evidente

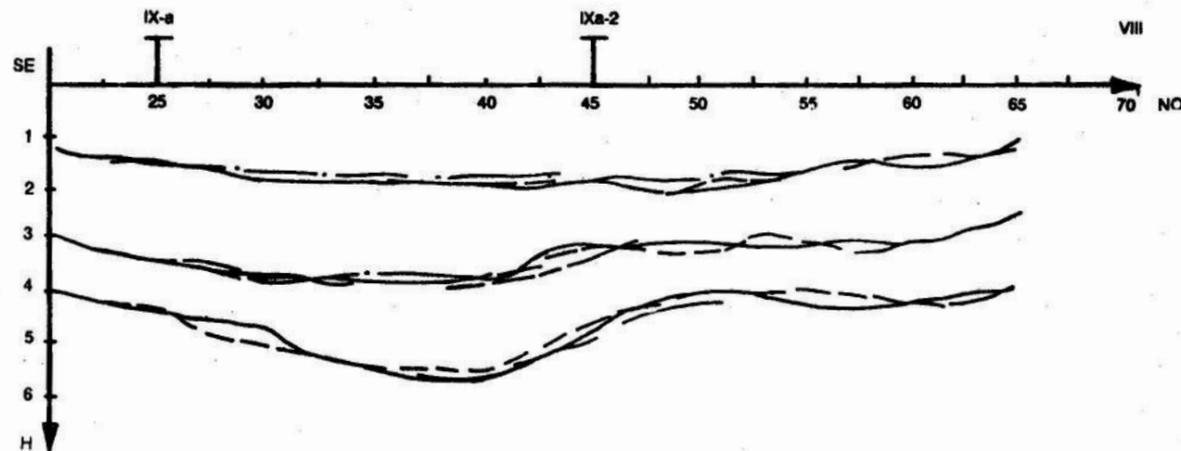


FIGURA 3. Reconstrucción de las fronteras sísmicas a lo largo del perfil regional VIII

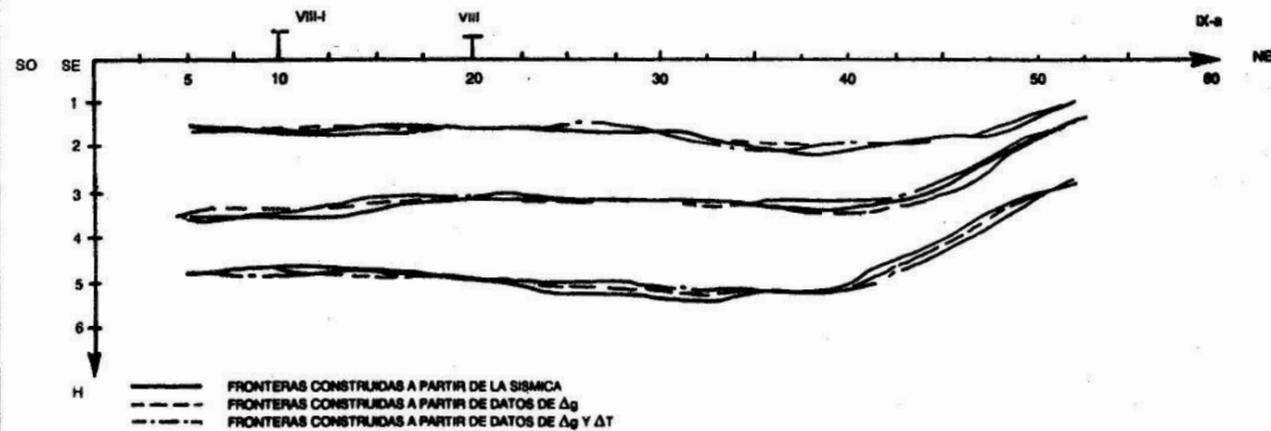


FIGURA 4. Reconstrucción de las fronteras sísmicas a lo largo del perfil regional IX-a

CALCULO DE NUEVOS CORTES DE PROFUNDIDADES

A partir de los resultados obtenidos, fue concebida la tarea de calcular los cortes de profundidades a lo largo de otros dos perfiles ubicados en el área VIII-1 y IXa-2, en

los que no se contaba con mediciones sísmicas de refracción, utilizando las ecuaciones determinadas anteriormente.

En la (Figura 2) aparecen ubicados, entre otros, los perfiles VIII-1 y IXa-2 desplazados paralelamente al VIII y al IXa; se supuso que las ecuaciones de regresión obtenidas anteriormente son válidas también a lo largo de ellos, ya que tales perfiles están ubicados dentro de la propia región de la cuenca del Cauto.

El perfil IXa-2, como se ve en la (Figura 2), fue ubicado en las proximidades del perfil XVIa investigado mediante el método del Punto Común de Profundidad en esta región en años anteriores (Mingasov, A., 1982). En las cercanías de este perfil se encuentran los dos pozos más profundos

perforados en la región: el Granma (H=3 017 m) y el Embarcadero (H=2 545 m).

Como se ve, los perfiles fueron ubicados de modo que se cruzan entre sí a fin de valorar el grado de coincidencia de las profundidades calculadas en los puntos de cruce. Se siguió el criterio de emplear las ecuaciones 1 para el cálculo de corte según el perfil XIII-1 y las ecuaciones 2 para el mismo proceso a lo largo del perfil IXa-2, ya que estas ecuaciones fueron inicialmente determinadas para los perfiles respectivamente paralelos a los anteriormente referidos. Los cortes de profundidades obtenidos a lo largo de los perfiles VIII-1 y IXa-2 aparecen en las figuras 5 y 6.

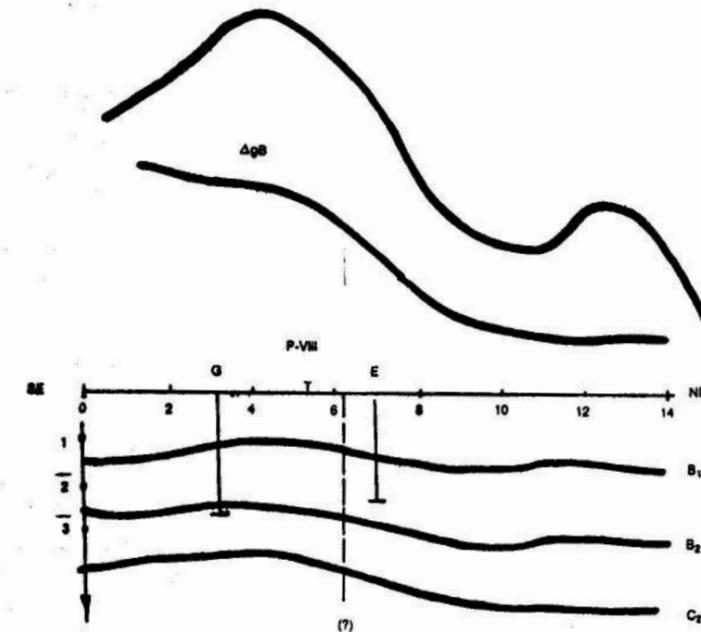


FIGURA 5. Corte de profundidad a lo largo del perfil IX-a2

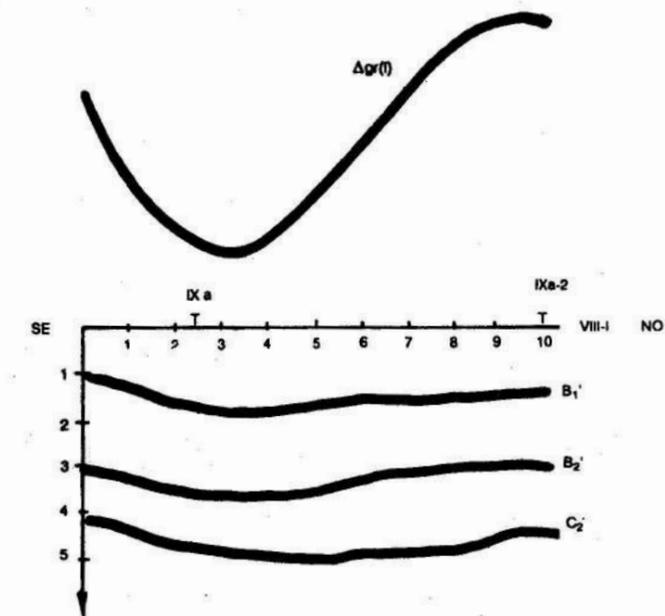


FIGURA 6. Corte de profundidad a lo largo del perfil VIII-1

Debe señalarse que la máxima diferencia entre los valores de profundidades en los puntos de cruce de los perfiles, se manifiestan para la frontera C2 ($\Delta H = 500$ m). Atendiendo a que la profundidad media aproximada de esta frontera es del orden de 5 km, la metodología empleada fue considerada válida a los efectos de cartografiar las

fronteras referidas en la escala regional asumida para la representación de los resultados.

Los nuevos cortes de profundidad obtenidos proporcionaron determinada información de interés sobre la constitución profunda de la región investigada y sobre el espesor del prisma sedimentario en la misma.

CONCLUSIONES

El presente trabajo introduce el estudio de la correlación estadística entre diferentes campos físicos en una región determinada, a fin de establecer ecuaciones de regresión que permitan calcular los datos correspondientes a un campo en función de los de otro.

El empleo de las técnicas de correlación estadística en la región de la cuenca del Cauto, ha permitido comprobar que entre las fronteras refractoras y el campo Δg existen elevados coeficientes de correlación.

Fueron obtenidas ecuaciones de regresión que han posibilitado en base a los valores de Δg , reconstruir las fronteras sísmicas a lo largo de los perfiles VIII y IXa, así como obtener nuevos datos sobre las mismas en otros perfiles cercanos, a lo largo de los cuales no se contaba con datos de refracción.

El empleo de las técnicas de correlación estadística entre datos de Δg y profundidades de fronteras sísmicas, posibilita una disminución de los trabajos sísmicos regionales a realizar en áreas con características similares a la investigada, lo que puede expresarse en un considerable ahorro de recursos.

Los resultados obtenidos son importantes desde el punto de vista metodológico, ya que indican que en otras regiones que tengan una constitución geológica similar a la que presenta la cuenca del Cauto, es posible extrapolar el estudio de las fronteras sísmicas refractoras hacia otros perfiles, a lo largo de los cuales no se cuente con datos de profundidades, y en su lugar se posean las mediciones del campo Δg , lo que posibilitará la obtención de mapas de isohipsas de los horizontes estudiados en la etapa inicial de las investigaciones regionales.

REFERENCIAS

1. ALFONSO, J.R.: Estadísticas en las ciencias geológicas, Ed. ISPJAE, 2 tomos, La Habana, 1989.
2. BRODOVOI, V.V.: *Aplicación compleja de los métodos de prospección geofísica* (en ruso), Ed. Nedra, 2da. edición, Moscú, 1987.
3. DIMITRIEV, V.I.: *Las matemáticas y técnicas de cálculo en la prospección geofísica* (en ruso). Ed. Nedra, Moscú, 1990.
4. ESTEVEZ, A. y D. HERNANDEZ: *Elaboración compleja de los datos geofísicos en el área de la cuenca del Cauto*, Trabajo de diploma, Departamento de Geofísica, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1988.
5. KOKOSHKO, A. y otros: *Informe sobre trabajos de KMPV, Oriente*, Centro de Investigación y Desarrollo del Petróleo, Ciudad de La Habana, 1974.
6. MINGASOV, A. y otros: *Resultados de los trabajos de MOGT en el período 76-81 en la cuenca del Cauto*, Empresa Nacional de Geofísica, Ciudad de La Habana, 1982.
7. RODRIGUEZ, M.: *Mapa Δg_B a escala 1:100 000*, Archivo ENG, 1983.

ACERO PARA EL DESARROLLO ENTRE EN CONTACTO CON NOSOTROS

CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN LA BAHIA DE LEVISA, CUBA

Humberto González
Ivis Torres
Martha Ramírez

Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas

RESUMEN: En la bahía de Levisa, costa nororiental de Cuba, se encuentra enclavada una fábrica procesadora de Ni. El arrastre de ríos que drenan al área, el vertimiento de residuales industriales líquidos y sólidos sin tratar y las emisiones a la atmósfera, son factores que han contribuido a la degradación del ecosistema marino.

Para evaluar la contaminación por metales pesados se realizó un muestreo de 21 sedimentos superficiales y un testigo, distribuidos por toda la bahía. A la fracción menor de 63 μ de las muestras, se les realizó digestión con HNO₃/HCl y mediante espectrofotometría de absorción atómica, se determinaron los contenidos de Co, Fe, Ni, Mn, Cu, Pb y Zn.

Los clásicos indicadores de contaminación, Cu, Pb, y Zn, presentaron bajos contenidos y variabilidad en su distribución espacial, mientras que Ni, Co, Fe y Mn, componentes mayoritarios de las lateritas, exhibieron diferencias de hasta dos órdenes de magnitud entre los valores extremos, con los máximos en las desembocaduras del río Levisa y el arroyo Manatí, provocados por el arrastre fluvial, pero especialmente en la ensenada de Arroyo Blanco, donde son depositadas las colas residuales. La muestra testigo sólo mostró un incremento de níquel en las capas superiores y permitió corroborar la elevada contaminación que la actividad minera industrial ha causado al ecosistema, con niveles comparables sólo a los de la bahía de Moa.

ABSTRACT: A sampling in superficial sediments of Levisa bay was done in order to evaluate the contamination by heavy metals and the contents of Co, Fe, Ni, Mn, Cu, Pb and Zn were determined. The main contamination indicators, Cu, Pb and Zn revealed lower contents, however, Ni, Co Fe, and Mn presented higher contents, mainly in Levisa river and Manatí creek. Corroborated was the high contamination that mining activity has over the environment.

La bahía de Levisa en la costa nororiental de Cuba, es una típica bahía de bolsa. Con 40 km de extensión, en su zona sur sobresale la península de Lengua de Pájaro, donde hace medio siglo comenzó a operar una industria procesadora de níquel, abastecida de mineral laterítico proveniente de diferentes minas enclavadas en la zona montañosa cercana.

Las características a cielo abierto de esta minería provocan un arrastre considerable de mineral por las diversas corrientes fluviales que drenan el área, lo que unido al vertimiento de residuales industriales líquidos y sólidos sin tratar y a las emisiones a la atmósfera, han provocado que esta bahía, cuerpo receptor de la mayoría de estas cargas,

haya sufrido durante décadas un deterioro en su calidad ambiental.

Un trabajo previo (Croissiert, 1984), evidenció afectaciones no distribuidas uniformemente en el ecosistema, pero la principal causa de esta contaminación, los metales pesados, no fueron estudiados. Actualmente como parte del Proyecto "Estudio de Impacto ambiental derivado del desarrollo minero-metalúrgico en el litoral noreste de Cuba", en el marco del Programa CEPOL/PACPNUMA, se ha comenzado esta investigación, de la que se presentan los resultados obtenidos en la primera campaña de muestreo y que forman parte de estudios más complejos actualmente en curso, encaminados a realizar un balance de masa para los metales pesados en esta bahía.

MATERIALES Y METODOS

La metodología empleada en todo el proceso, desde la concepción del muestreo hasta la interpretación de los resultados, ha sido previamente descrita (González, 1989).

En mayo de 1992 fueron colectadas 21 muestras de sedimentos superficiales y un testigo (estación 23), mediante una red de muestreo distribuida por toda la bahía (Figura 1). La muestra testigo de 84 cm de longitud, fue seleccionada cada 3 cm desde la superficie hasta los 15 cm y después cada 5 cm, lo que proporcionó un total de

18 capas. Se seleccionó la fracción < 63 μ m previa liofiltración de las muestras y se determinaron los contenidos de Cu, Pb y Zn (clásicos indicadores de contaminación) y Fe, Ni, Mn y Co, metales pesados mayoritarios en las lateritas. La precisión (n=5), expresada como coeficiente de variación, fue menor de 5% excepto Pb (7%) y Cu (12%). Como variable normalizadora se prefirió la materia orgánica (m.o) sobre el Al, dada la abundancia de éste en los minerales lateríticos.