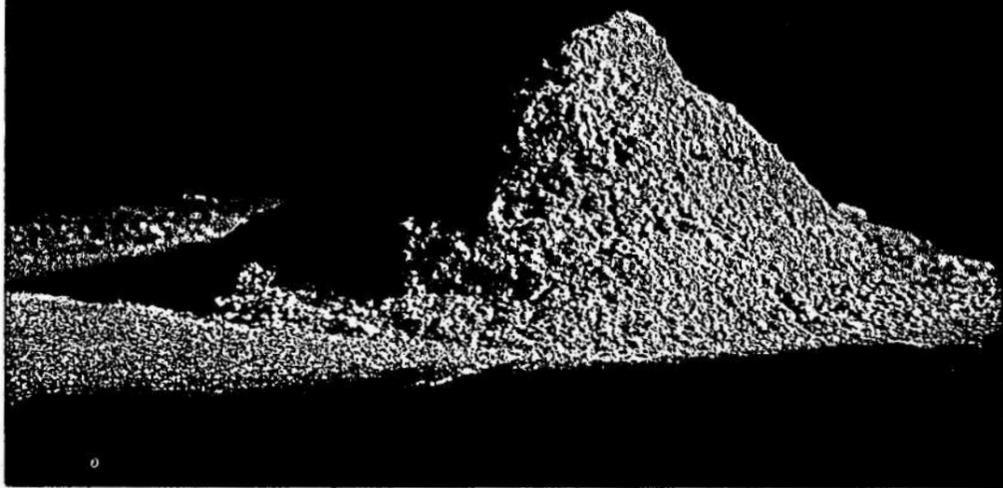


MOA

La ciudad del níquel



Visítenos

ESTABLECIMIENTO DE CLASES DE MENAS SEGUN INDICES TECNOLOGICOS EN LOS YACIMIENTOS LATERITICOS DE MOA

Ing. Ramón Polanco Almanza

Instituto Superior Minero Metalúrgico. Facultad de Minería

RESUMEN

Se describe la metodología utilizada para la clasificación cualitativa de las menas lateríticas en base a los contenidos químicos (en %) de cuatro de los elementos más importantes que componen este mineral, Ni, Co, Fe y Mg, con vistas a realizar la zonificación del yacimiento atendiendo a este índice y facilitar la tarea de homogenización del flujo de mineral enviado al proceso de beneficio. Se exponen las fórmulas utilizadas y los resultados obtenidos durante el establecimiento de la clasificación. Los datos usados han sido modificados mediante un índice arbitrario.

La zonificación geologo-tecnológica (ZGT) de los yacimientos minerales surge como respuesta a las exigencias crecientes de la industria metalúrgica. La mayor parte de la masa mineral extraída, requiere un beneficio previo, y la efectividad de este proceso depende de las particularidades de textura, estructura y mineralógicas de la mena. Por ello, la ZGT surge para asegurar los intereses de las empresas beneficiadoras.

La ZGT puede influir en la tecnología de extracción de la materia prima mineral, ya que en muchos casos la efectividad del trabajo de las plantas de beneficio, depende de la estabilidad en la composición y propiedades del mineral que se procesa. La estabilidad de la calidad de la masa mineral puede ser mejorada luego de ejecutada la ZGT, seleccionando los sectores de extracción u homogenizando el mineral.

La ZGT abarca un conjunto de trabajos que se realizan para determinar la variación espacial del estado sustancial de las propiedades físico-mecánicas y tecnológicas del mineral útil, con el objetivo de aumentar la efectividad de su extracción y beneficio. La tarea principal de la misma consiste en la separación y geometrización (contorneo) de las menas, diferenciadas por sus propiedades tecnológicas. En dependencia del grado de diferenciación se establecen clases y tipos tecnológicos de éstas.

Los diferentes tipos tecnológicos de menas exigen diversos procesos de beneficio, y las distintas clases tecnológicas se distinguen por los disímiles índices de beneficio dentro de un mismo esquema.

La ZGT puede ser cualitativa, cuando se señala la presencia o ausencia de minerales o de sus propiedades, y cuantitativa, cuando se refleja el contenido de los minerales o de sus índices cuantitativos.

ABSTRACT

A qualitative methodology is described for classifying the lateritic ores based in the chemical contents (%) of their main four elements: Ni, Co, Fe and Mg. This methodology facilitates the homogenization process. Exposed are the results obtained in the classification. The data used have been modified by an arbitrary index.

Zonificación de los yacimientos lateríticos de Moa

La zonificación de estos yacimientos se propone con el objetivo de determinar diferentes tipos o clases tecnológicas de menas, y conocer el comportamiento de éstas ante los procesos de beneficio utilizados en las diferentes plantas activas en la actualidad.

Para este primer intento de clasificación de las menas se decidió tomar como índice principal el contenido geológico de los componentes básicos de la laterita controlados durante la exploración del yacimiento, o sea, Ni, Co, Fe y Mg.

Con este fin se analizó el comportamiento estadístico de un conjunto de datos pertenecientes a los yacimientos Punta Gorda y Atlantic.

Las clases teóricas se han establecido en dependencia del valor de los contenidos geológicos de los elementos mencionados. La cantidad de éstas depende, del número de intervalos en que se dividen los contenidos y del número de elementos analizados. Se determina por la siguiente expresión:

$$N_c = (N_i)^{N_e} \quad (1)$$

donde:

- N_c : cantidad de clases teóricas,
- N_i : cantidad de intervalos en que se dividen los contenidos,
- N_e : cantidad de elementos analizados.

Para determinar la cantidad de intervalos se analizan los rangos de variación de los elementos geológicos de cada uno de éstos. A través de la expresión (2) se determina el valor medio aritmético de los mismos y la desviación estandar muestral para los diferentes componentes en cada uno de los bloques.

$$V_m = \frac{\sum^n C_p}{n} \quad (2)$$

donde:

V_m : valor medio de los contenidos de los elementos en cada bloque,

C_p : contenido de los elementos del pozo,
 n : cantidad de pozos en el bloque.

En la Tabla 1 se muestran parcialmente, los resultados obtenidos conjuntamente, con los contenidos máximo y mínimo de cada bloque.

TABLA 1. Contenidos de los elementos por bloques

| Bloque | Cantidad de pozos | Yacimiento Punta Gorda | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | | Ni | | | | Co | | | | Fe | | | | Mg | | | |
| | | máx. | med. | mín. | d.s | máx. | med. | mín. | d.s | máx. | med. | mín. | d.s | máx. | med. | mín. | d.s |
| L-47 | 79 | 7,43 | 5,74 | 3,80 | 0,86 | 1,36 | 0,53 | 0,16 | 0,53 | 17,85 | 16,9 | 14,22 | 0,80 | 14,8 | 2,43 | 0,90 | 2,39 |
| L-48 | 62 | 7,56 | 5,24 | 4,13 | 0,82 | 1,44 | 0,66 | 0,20 | 0,24 | 18,14 | 16,5 | 14,41 | 0,84 | 11,2 | 2,25 | 0,78 | 2,39 |
| M-6 | 46 | 5,94 | 4,66 | 3,80 | 0,45 | 1,32 | 0,66 | 0,28 | 0,20 | 18,14 | 16,2 | 11,80 | 0,97 | 14,8 | 1,90 | 0,90 | 1,9 |
| M-47 | 77 | 6,85 | 4,83 | 3,71 | 0,78 | 1,07 | 0,57 | 0,28 | 0,12 | 18,07 | 16,7 | 14,58 | 0,69 | 6,94 | 1,77 | 0,78 | 1,07 |
| M-48 | 79 | 7,97 | 5,45 | 3,71 | 0,95 | 1,03 | 0,53 | 0,16 | 0,16 | 17,92 | 16,8 | 13,82 | 0,97 | 14,8 | 2,60 | 0,99 | 2,60 |
| Yacimiento Atlantic | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-21 | 55 | 6,44 | 5,61 | 4,25 | 0,45 | 0,74 | 4,66 | 0,37 | 0,04 | 18,03 | 16,0 | 14,76 | 0,57 | 3,71 | 1,32 | 0,82 | 0,53 |
| C-21 | 53 | 6,52 | 5,32 | 4,00 | 0,45 | 0,74 | 4,66 | 0,33 | 0,08 | 17,60 | 16,8 | 14,90 | 0,66 | 7,43 | 1,69 | 0,90 | 0,99 |
| C-22 | 57 | 7,27 | 5,57 | 4,50 | 0,99 | 0,57 | 0,28 | 0,12 | 17,28 | 16,0 | 13,46 | 0,69 | 9,50 | 2,02 | 1,03 | 1,23 | |
| Y-21 | 46 | 6,15 | 4,95 | 4,13 | 0,49 | 0,82 | 0,45 | 0,16 | 0,12 | 18,03 | 16,1 | 15,12 | 0,58 | 11,2 | 2,02 | 3,14 | 1,57 |
| Y-22 | 75 | 6,40 | 4,95 | 4,13 | 0,53 | 1,23 | 0,41 | 0,04 | 0,12 | 18,46 | 16,3 | 13,24 | 0,95 | 8,18 | 2,23 | 0,95 | 1,19 |

Los valores medio-aritméticos calculados en (2) fueron promediados para todo el yacimiento, considerando la influencia que ejerce cada bloque, debido a la cantidad diferente de pozos en cada uno de ellos. A través de la expresión (3) se calcularon los valores medios ponderados de los contenidos medios de los elementos básicos, de laterita y sus respectivas desviaciones estándares.

$$V_{mp} = \frac{\sum^m C_{mj} \cdot N_{pj}}{\sum^m N_{pj}} \quad (3)$$

donde:

V_{mp} : valor medio ponderado de los contenidos medios de los diferentes elementos,

C_{mj} : valores de los contenidos medios para un bloque j ,

N_{pj} : cantidad de pozos en el bloque j ,

m : cantidad de bloques en el yacimiento.

TABLA 2. Valores medio-ponderados de los contenidos por elementos para cada yacimiento y en total

| Yacimiento | Valores por elementos | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| | Ni | | | | Co | | | | Fe | | | | Mg | | | |
| | máx. | med. | mín. | d.s | máx. | med. | mín. | d.s | máx. | med. | mín. | d.s | máx. | med. | mín. | d.s |
| Punta-Gorda | 7,60 | 5,49 | 4,00 | 0,78 | 1,11 | 0,42 | 0,16 | 0,16 | 17,62 | 14,3 | 9,02 | 1,96 | 12,7 | 4,95 | 1,07 | 3,26 |
| Atlantic | 7,14 | 5,45 | 4,66 | 0,90 | 0,95 | 0,61 | 0,24 | 0,12 | 17,18 | 16,4 | 14,19 | 0,74 | 6,61 | 1,94 | 1,03 | 1,07 |
| Ambos | 7,39 | 5,49 | 4,33 | 0,80 | 1,03 | 0,45 | 0,20 | 0,14 | 17,70 | 14,7 | 11,61 | 1,75 | 9,66 | 4,42 | 1,05 | 2,85 |

Los valores de los contenidos máximo y mínimo de cada bloque fueron llevados hasta su expresión medio-aritmética para todo el yacimiento. Todos los valores calculados para un yacimiento se promediaron para ambos, teniendo en cuenta que la clasificación de las menas fue única. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Luego de analizar los intervalos descritos se tomaron tres intervalos de variación para cada uno de los elementos, considerando el amplio margen de oscilación de los contenidos geológicos (ver tablas). Para la creación de los intervalos se establecieron dos valores límites para cada elemento. Ellos fueron determinados analizando el contenido medio y la desviación estándar muestral de cada uno de los elementos en ambos yacimientos y en su conjunto. Para obtener el

límite superior se suma al contenido medio, la desviación estándar, y para el inferior se resta.

Los valores obtenidos coinciden con los valores medio-aritméticos de los contenidos máximo y mínimo. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3. Valores límites de los intervalos de clasificación

| Yacimiento | Ni | Co | Fe | Mg |
|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| Punta-Gorda | 6,44-4,71 | 0,66-0,28 | 16,18-13,86 | 8,55-2,35 |
| Atlantic | 6,32-4,79 | 0,61-0,45 | 17,17-15,53 | 3,63-1,15 |
| Ambos | 6,36-4,79 | 0,61-0,31 | 16,38-11,54 | 7,14-2,14 |

Mediante la expresión (1) se determinó un total de 81 clases teóricas para la zonificación de los yacimientos.

Análisis de los resultados

En el yacimiento Punta Gorda, de un total de 81 clases teóricas establecidas, aparecen realmente 62, es decir, a 19 clases no le correspondió ni un solo pozo, y otras 19 presentaron solamente entre 1 y 5 pozos, cantidad que no es representativa para considerar la clase como válida. El 47 % de las clases teóricas establecidas no está presente en el yacimiento.

La mayor cantidad de pozos para una clase correspondió a la número 41 con 650 pozos (20 %), los contenidos de los cuatro elementos analizados corresponden a sus valores medios, le sigue la número 39 con 489 pozos (15 %), aquí los contenidos de Ni y Co pertenecen a los valores medios, el Fe al valor máximo y el Mg al valor mínimo. La clase número 42 posee 304 pozos (9 %), los contenidos de Ni, Co, Fe pertenecen a los valores medios y el Mg al mínimo.

Puede notarse que sólo tres clases teóricas absorben el 44 % de los pozos analizados, otras 5 clases presentan más de 100 pozos para un total de 741 pozos, que sumados a los 1 443 de las tres primeras clases alcanzan la cifra de 2 184, es decir, aproximadamente el 70 % del total de pozos analizados pertenecen a 8 clases teóricas de 81 posibles.

En el yacimiento Atlantic se analizaron 637 pozos. Estos mostraron el siguiente resultado: de las 81 clases teóricas establecidas se encuentran en el yacimiento 30 (37 %), 51 clases no presentaron pozos y 14 de ellas presentaron 5 o menos, o sea, 65 clases (80 %) presentaron 5 pozos o menos.

Solamente 16 clases presentaron una cantidad considerable de pozos, de ellas sobresale la número 50 con 206 para el 32 % del total de pozos. Los contenidos de los elementos corresponden a los valores medios del Ni, Fe y Mg, y mínimo para el Co. Otras clases con elevado número de pozos son la 51 con 85 (13 %) y la 77 con 80 (12 %). El 57 % de los pozos pertenece a 3 clases teóricas de las 81 previstas.

De este primer análisis se puede apreciar que la mayor parte de las 81 clases teóricas establecidas no está representada en los yacimientos; la mayor cantidad de pozos se encuentra en las clases donde los contenidos de los elementos pertenecen a los valores medios; un por ciento elevado de pozos pertenece a un número limitado de clases (8 para el yacimiento Punta Gorda y 3 para Atlantic); la mayor parte de las clases sin pozos se concentra en los valores máximos y mínimos de los elementos; la clasificación establecida de 81 clases teóricas no resuelve el problema de la zonificación del yacimiento, aunque sirve de base para un segundo intento.

La primera clasificación realizada demuestra que la división de los contenidos en tres intervalos no es factible, y origina un número considerable de clases teóricas (81), la mayoría de las cuales no está representada realmente en los yacimientos. Sobre esta base se realizó una nueva clasificación, utilizando sólo dos intervalos de variación de los contenidos de los elementos básicos. El siguiente paso fue determinar el valor del límite para cada elemento.

La segunda clasificación se realizó con los siguientes límites por elemento para cada yacimiento:

| | Ni | Co | Fe | Mg |
|-------------|------|------|-------|------|
| Punta Gorda | 4,71 | 0,29 | 12,09 | 2,40 |
| Atlantic | 4,96 | 0,70 | 15,51 | 1,29 |

De esta forma se obtuvieron 16 clases teóricas por la expresión (1) ver Tabla 4.

TABLA 4. Clases teóricas para 2 intervalos

| Clase | Ni | | Co | | Fe | | Mg | |
|-------|----|---|----|---|----|---|----|---|
| | > | < | > | < | > | < | > | < |
| 1 | * | | * | | * | | * | |
| 2 | * | | * | | * | | * | |
| 3 | * | | * | | * | | * | |
| 4 | * | | * | | * | | * | |
| 5 | * | | * | | * | | * | |
| 6 | * | | * | | * | | * | |
| 7 | * | | * | | * | | * | |
| 8 | * | | * | | * | | * | |
| 9 | | * | | * | | * | | * |
| 10 | | * | | * | | * | | * |
| 11 | | * | | * | | * | | * |
| 12 | | * | | * | | * | | * |
| 13 | | * | | * | | * | | * |
| 14 | | * | | * | | * | | * |
| 15 | | * | | * | | * | | * |
| 16 | | * | | * | | * | | * |

Yacimiento Atlantic
 Aquí se analizaron 18 bloques de exploración con más de 600 pozos, la distribución obtenida de pozos por clases es la siguiente:

| Clase | Pozos | Clase | Pozos |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 43 | 8 | 1 |
| 2 | 7 | 9 | 7 |
| 3 | 2 | 13 | 110 |
| 5 | 256 | 14 | 15 |
| 6 | 128 | 15 | 26 |
| 7 | 40 | | |

Yacimiento Punta Gorda

En este yacimiento se procesaron 50 bloques de exploración con más de 3 000 pozos geológicos, la distribución por clases se comportó de la siguiente manera:

| Clase | Pozos | Clase | Pozos |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 998 | 9 | 225 |
| 2 | 900 | 10 | 243 |
| 3 | 170 | 11 | 22 |
| 5 | 132 | 13 | 37 |
| 6 | 13 | 14 | 11 |
| 7 | 285 | 15 | 55 |

De las 16 clases teóricas establecidas se encontraron en el yacimiento, solamente 11, de éstas la 1 y la 2 absorbieron el 61 % de los pozos, la primera posee altos contenidos de los 4 elementos, y en la segunda todos son altos excepto el Mg. Las clases 4, 8, 12 y 16 no presentaron ni un solo pozo, resultado lógico y esperado.

Yacimiento Atlantic

Aquí se analizaron 18 bloques de exploración con más de 600 pozos. La distribución de pozos por clase es la siguiente:

| Clase | Pozos | Clase | Pozos |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 43 | 8 | 1 |
| 2 | 7 | 9 | 7 |
| 3 | 2 | 13 | 110 |
| 5 | 256 | 14 | 15 |
| 6 | 128 | 15 | 26 |
| 7 | 40 | | |

Las clases 5 y 6 asumieron el 60 % de los pozos. La primera posee el Ni, Fe y Mg con valores altos, y el Co con valores bajos. La segunda presenta el Ni y el Fe con valores altos, y el Co y Mg con valores bajos.

En este yacimiento las clases 4, 10, 11, 12 y 16 no presentaron pozos. Esto pudo ocurrir debido a la pequeña cantidad de bloques analizados, no obstante, es evidente, que estas clases serán las de menor frecuencia en el yacimiento.

CONCLUSIONES

Aunque este segundo intento de clasificación no se puede considerar definitivo es mucho más factible que el primero, y permite realizar la zonificación del yacimiento según los contenidos de los elementos mencionados. Además, permite corroborar la validez de algunas hipótesis planteadas con anterioridad como es la correlación inversa entre el hierro y el magnesio.

Las clases 4, 8, 12 y 16, que poseen estos dos elementos con contenidos bajos, sólo poseen 1 pozo de los 4 000 analizados en ambos yacimientos, lo que representa el 0,02 % del total, o sea, se demuestra la ausencia casi total de pozos en donde los contenidos de Fe y Mg sean bajos.

BIBLIOGRAFIA

- POLANCO A. R. y A. F. TSEJOVOY: "Establecimiento de la función de distribución de los contenidos de los componentes útiles de los yacimientos lateríticos de Cuba", Instituto de Investigaciones Científicas de Información Científico Técnica e Investigaciones Técnico Económicas, Alma-Ata, 1991.
- TSEJOVOY, A. F.: "Creación de las concepciones de la dirección del sistema de canteras", Tesis para la obtención del grado científico de doctor, Instituto Politécnico de Kasajstán, 1982.

POSIBILIDADES DE LA SISMOESTRATIGRAFIA EN LA CUENCA LOS PALACIOS

Ing. Carlos Cortada Bravo
Ing. Guillermo Miró Pagés
Ing. Marina Vega Carreño

Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría". Departamento de Geofísica. Ciudad de La Habana

RESUMEN

Se exponen las posibilidades del método sismoestratigráfico para el estudio de las condiciones sismogeológicas existentes en la región de la cuenca Los Palacios, uno de los territorios prospectivos para la prospección gasopetrolífera de Cuba.

La cuenca Los Palacios es una región de Cuba donde las potencialidades gasopetrolíferas no están totalmente esclarecidas en la actualidad. Diferentes investigadores se han dedicado a su estudio desde la década del 20, destacándose los trabajos de Aballí, Andressan, Arriaza y otros.

En los límites de la cuenca han sido perforados alrededor de 16 pozos profundos, principalmente en su extremo norte, la mayoría realizados hasta 1959. En siete de ellos se han detectado manifestaciones de petróleo, gas o asfalto en distintos intervalos estratigráficos.

Numerosas campañas de exploración sísmica han sido realizadas en el área de la cuenca. Por la calidad de la información aportada resaltan los resultados del levantamiento efectuado en el extremo nororiental del área (período 1986-87) por la Empresa Nacional de

ABSTRACT

Exposed are the possibilities of sismostratigraphic method for studying sismology conditions in Los Palacios basin, that is one of the most prospective area for oil and gas prospection in Cuba.

Geofísica, mediante el Método del Punto Común de Profundidad (MPCP).

En este trabajo se expresan los resultados preliminares obtenidos gracias al trabajo conjunto de investigadores de la Empresa de Geofísica y del Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría" (ISPJAE) en el reanálisis de los cortes en tiempo de la cuenca, lo que ha permitido emitir algunos criterios acerca de las posibilidades de la sismoestratigrafía en la región.

Características geológicas de la cuenca Los Palacios

La cuenca está ubicada en el occidente del territorio cubano, en la porción centro-sur de la provincia de Pinar del Río. Tiene una longitud de 80 km y un ancho de 7-35 km y está orientada en dirección suroeste-noreste, ver Figura 1.

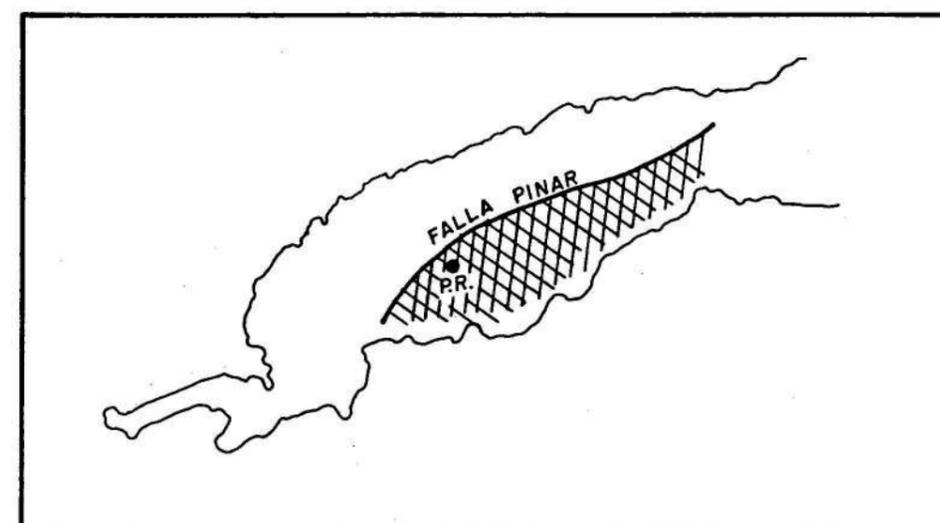


FIGURA 1. Ubicación de la Cuenca Los Palacios.

De acuerdo con la información aportada por los pozos profundos perforados en el área, los levantamientos geológicos de superficie y la interpretación de los materiales geofísicos, la cuenca está constituida

en su base por rocas ofiolíticas y del arco volcánico pertenecientes al terreno Zaza, recubiertas por una potente capa de sedimentos de edad Cretácico Superior-Reciente que alcanza espesores de más de 6 km.

NIQUEL PARA EL MUNDO

