

# RELACION ENTRE SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA Y CONTENIDO DE MINERALES PESADOS EN UN DEPOSITO ALUVIAL

**RAMIRO L. DIAZ C.**

Profesor Asociado

Departamento de Geociencias-Facultad de Ciencias-Universidad Nacional de Colombia

**Díaz, R.:** Relación entre susceptibilidad magnética y contenido de minerales pesados en un depósito aluvial. Geofis. Colomb. 2:31-36, 1993. ISSN 0121-2974

## RESUMEN

A partir de observaciones realizadas en una perforación a orillas del río Nechí en el Noreste Antioqueño, se muestra la relación directa que existe entre el contenido de minerales en el depósito aluvial y la susceptibilidad magnética, relación que se explica por la semejanza en algunas propiedades físicas de dichos minerales. Mediante un análisis del Espectro de Energía, se verifican estas relaciones.

## ABSTRACT

A direct relationship between heavy minerals contents and magnetic susceptibility in an alluvial deposit has been observed in samples taken in a bore hole made at the shore of the Nechi river in NE of the Antioquia Department. These results are explained by the similarity of physical properties of these minerals. Analysis of energy spectrum has verified these relations.

## 1. INTRODUCCION

La formación de depósitos aluviales tiene su origen en la meteorización de rocas, cuyos fragmentos y minerales, son arrastrados por el agua hacia los valles. Se producen altas concentraciones de minerales en las bases del depósito, dependiendo entre otros factores de la velocidad de transporte, ya que la corriente y el movimiento de las aguas se comportan como un vibrador que propicia el acomodamiento de granos pesados en el fondo o en espacios entre cantos de rocas.

La densidad juega un papel importante en la formación de esta clase de depósitos; es común que los granos que tienen una densidad parecida se localicen en sitios muy cercanos, debido a la fuerza de la gravedad y otras fuerzas que actúan sobre ellos, por ejemplo el oro, plata, platino, magnetita, etc. se encuentran

en sitios próximos, cuando el proceso de deposición se realizó bajo las mismas condiciones. Otra propiedad física que caracteriza a gran parte de estos minerales pesados es la susceptibilidad magnética, ya que estos minerales provienen generalmente de rocas ígneas y/o metamórficas.

## 2. CONSIDERACIONES ANALITICAS

La susceptibilidad magnética es un parámetro importante en prospección y de gran uso para la interpretación en el estudio de las rocas, ya sea directamente en el laboratorio o indirectamente en el estudio de campos magnéticos para deducir estructuras y litologías en el subsuelo. La susceptibilidad en un muestreo puede variar dependiendo de factores como la mineralogía, el tamaño y forma del grano, la magnitud del campo externo y la magnitud de la

magnetización remanente. En general la susceptibilidad crece con el tamaño de grano y la magnitud de la saturación magnética, esta relacionada inversamente con la magnetización remanente y la fuerza coercitiva, estos últimos son parámetros del ciclo de histéresis.

Algunas denominaciones que se le dan a la susceptibilidad al efectuar su medida son las siguientes:

$\chi_m$ : Susceptibilidad verdadera del material;  
 $\chi$ : Susceptibilidad efectiva, depende de la forma y tamaño del grano que constituye el material. (Depende del factor de demagnetización  $N$ );

$\chi_{app}$ : Susceptibilidad aparente, medida cuando el material de muestreo posee magnetización remanente y magnetización inducida.

La magnetización inducida para un campo externo pequeño  $H_{ex}$ , como el campo magnético de la tierra ( $H_E$ ), es proporcional al campo,

$$J_{ind} = \chi \cdot H_{ex}$$

Si se considera el efecto de demagnetización para un material magnético

$J_{ind} = [\chi_m / (1 + N \cdot \chi_m)] \cdot H_{ex}$   
 en donde  $\chi_m$ , es la susceptibilidad magnética verdadera del mineral.

Para una roca que tiene una fracción de volumen " $V$ ", de un material magnético, la magnetización inducida se representa por:

$$J_{ind,roca} = V \cdot J_{ind}$$

La susceptibilidad medida será:

$$\chi = J / H_{ex} = V \cdot J_{ind} / H_{ex}$$

$$\chi = V \cdot \chi_m / [1 + N \cdot \chi_m] = V \chi'$$

En el caso de que exista también magnetización remanente:  $J_{total} = J_{ind} + J_{rem}$

Cuando la roca está solamente bajo los efectos del campo magnético de la tierra, la magnetización total es:

$$J_{total} = \chi \cdot H_E + Q_n \cdot \chi \cdot H_E = \chi_{app} \cdot H_E$$

en donde  $Q_n = J_{rem} / \chi \cdot H_E$ , llamada relación de Koenigsberger y  $\chi_{app}$  es la susceptibilidad aparente.

Por ejemplo, para rocas cuyo principal componente es la magnetita la susceptibilidad aparente está dada por:

$$\chi_{app} = V \cdot \chi_m / [1 + N \cdot \chi_m (1 - \lambda/V)]$$

Como ésta, existen relaciones, algunas empíricas, que dependen de la clase de roca y de su ubicación (Carmichael, 1986).

Para calcular la magnetización efectiva y la magnetización aparente es necesario tener un buen conocimiento de los minerales presentes en la muestra, para lo cual es necesario realizar una separación magnética de minerales, lo que será tema de un próximo estudio.

### 3. DATOS DE CAMPO

Los datos se adquirieron en una perforación de 20 m de profundidad con intervalo de muestreo de 20 cm. En cada muestra se separó el oro del resto de arenas negras mediante el método tradicional de la batea, se usó un susceptímetro portátil Kappameter modelo Kt-5 con una precisión de 0.01 en el sistema SI, para medir la susceptibilidad magnética (Franco & Martínez, 1989).

### 4. METODOLOGIA

Con los datos obtenidos en la perforación, se cuantificaron variables como la cantidad de minerales contenidos en las arenas negras (en forma global, sin especificar los minerales componentes), llamados también minerales pesados debido a su alto valor de densidad, el contenido de oro, la susceptibilidad magnética y la ubicación en profundidad.

Las gráficas que se presentan, permiten observar la relación que existe entre estas variables.

En la Fig.1 se superponen las curvas de contenido de minerales pesados y contenido de oro contra profundidad. Se observa que en los rasgos generales, las dos, tienen una gran semejanza en cuanto al contenido en frecuencia, pero no en amplitud, debido a que la proporción en el contenido no es constante, en este caso particular se puede observar que el oro en el depósito está asociado con minerales pesados en las arenas negras.

En la Fig.2, se presentan las curvas de la susceptibilidad magnética ( $m$ ) y el contenido de minerales pesados contra profundidad, en esta gráfica se tiene una muy buena correlación por razones bien conocidas.

La Fig.3, presenta las curvas de contenido de oro y susceptibilidad magnética contra profundidad. Se observa una gran relación en el comportamiento de las dos variables, no porque el oro sea un mineral magnético, sino porque se asoció con minerales que tienen una densidad del mismo orden y susceptibilidad magnética apreciable, como efecto del proceso de deposición (Schwarz & Wright, 1988).

Para tener una mayor certeza de las observaciones cualitativas anteriores, es necesario analizar el Espectro de Energía de las señales, el cual determina el comportamiento real de cada una en el dominio de la frecuencia (Nezihc & Davras, 1983).

En las Fig.4-6, se muestran los espectros de energía para cada una de las señales, calculados usando el algoritmo de la Transformada rápida de Fourier (FFT) (Cooley & Tukey, 1965).

Al comparar y analizar los espectros correspondientes a las señales de contenido de minerales pesados y susceptibilidad magnética en las Figs.4 y 6, se observa que presentan una clara correlación, debido a que la susceptibilidad es una propiedad física con valores apreciables para estos minerales (Bosum & Eberle, 1988). En la Fig.5 se muestra el espectro de energía de la señal contenido de oro en la perforación, su relación con los otros espectros se puede apreciar al observar los máximos relativos comunes en los tres espectros, por ejemplo, para las frecuencias 2.25, 1.8, 1.57, 1.0, 0.8, 0.55 y 0.2  $m^{-1}$ .

### 5. CONCLUSIONES

Existe una buena correlación entre las señales "Contenido de minerales pesados" y "Susceptibilidad magnética", debido a que estos minerales poseen una magnetización con

valores apreciables, directamente proporcional a la susceptibilidad magnética medida en la muestra y al campo magnético de la tierra. Las señales "contenido de oro" y "contenido de minerales pesados", tienen una relación directa, ya que por tener densidades del mismo orden las condiciones de depositación fueron similares, a pesar que la relación magnética es casi nula. Se puede apreciar la buena relación que existe entre las tres señales analizadas para esta clase de depósitos, al observar las curvas de "contenido de oro", "susceptibilidad magnética", "minerales pesados" y sus correspondientes espectros. Esta clase de observaciones permite tener otros criterios en labores de prospección para ésta clase de yacimientos.

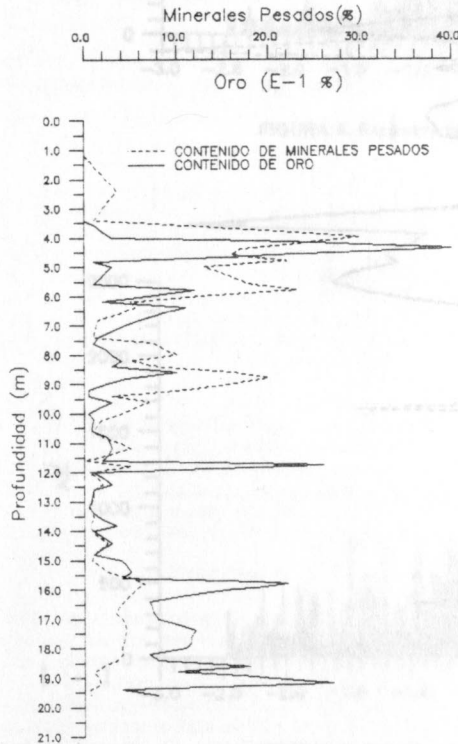


FIGURA 1. Contenido de minerales pesados y oro en un depósito aluvial

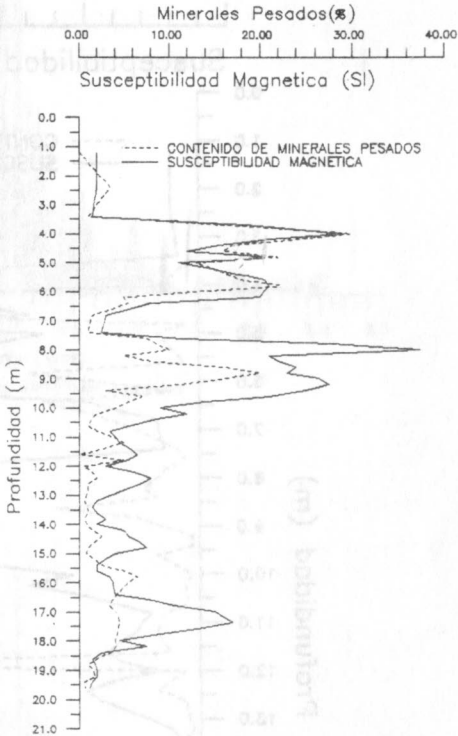


FIGURA 2. Susceptibilidad magnética y contenido de minerales pesados en un depósito aluvial

magnetización remanente. En general la susceptibilidad crece con el tamaño de grano y la magnitud de la saturación magnética, esta relación inversamente con la magnetización remanente y la fuerza coercitiva, estos son los parámetros del ciclo de histéresis.

Algunas denominaciones que se le dan a la susceptibilidad al efectuar su medida son las siguientes:

1. Susceptibilidad inicial  $\chi_i$   
2. Susceptibilidad remanente  $\chi_r$   
3. Susceptibilidad inducida  $\chi_{ind}$

La magnetización externa pequeña  $H_e$  de la tierra  $H_e = 0.5 \text{ Gauss}$ .

Si se considera el para un material  $M = \chi H$  en donde  $\chi$  es la susceptibilidad.

Para una roca  $V$  volumen  $V$  la magnetización inducida  $M_{ind} = \chi H_e$ .

La susceptibilidad inducida  $\chi_{ind} = \chi_i + \chi_r$  en donde  $\chi_i$  es la susceptibilidad inicial y  $\chi_r$  es la susceptibilidad remanente.

En el caso de la remanente: Cuando la roca  $H_e$  es cero, la magnetización  $M_r$  es la remanente.

Por ejemplo:  $M_r = \chi_r H_e$   $\chi_r = M_r / H_e$   $\chi_r = 10 / 0.5 = 20$   $\chi_r = 20$   $\chi_i = 10$   $\chi_{ind} = 30$

Como se ve, la susceptibilidad inducida es la suma de la susceptibilidad inicial y la remanente.

La susceptibilidad inducida  $\chi_{ind} = \chi_i + \chi_r$  en donde  $\chi_i$  es la susceptibilidad inicial y  $\chi_r$  es la susceptibilidad remanente.

En el caso de la remanente: Cuando la roca  $H_e$  es cero, la magnetización  $M_r$  es la remanente.

Por ejemplo:  $M_r = \chi_r H_e$   $\chi_r = M_r / H_e$   $\chi_r = 10 / 0.5 = 20$   $\chi_r = 20$   $\chi_i = 10$   $\chi_{ind} = 30$

Como se ve, la susceptibilidad inducida es la suma de la susceptibilidad inicial y la remanente.

La susceptibilidad inducida  $\chi_{ind} = \chi_i + \chi_r$  en donde  $\chi_i$  es la susceptibilidad inicial y  $\chi_r$  es la susceptibilidad remanente.

En el caso de la remanente: Cuando la roca  $H_e$  es cero, la magnetización  $M_r$  es la remanente.

Por ejemplo:  $M_r = \chi_r H_e$   $\chi_r = M_r / H_e$   $\chi_r = 10 / 0.5 = 20$   $\chi_r = 20$   $\chi_i = 10$   $\chi_{ind} = 30$

Como se ve, la susceptibilidad inducida es la suma de la susceptibilidad inicial y la remanente.

La susceptibilidad inducida  $\chi_{ind} = \chi_i + \chi_r$  en donde  $\chi_i$  es la susceptibilidad inicial y  $\chi_r$  es la susceptibilidad remanente.

En el caso de la remanente: Cuando la roca  $H_e$  es cero, la magnetización  $M_r$  es la remanente.

Por ejemplo:  $M_r = \chi_r H_e$   $\chi_r = M_r / H_e$   $\chi_r = 10 / 0.5 = 20$   $\chi_r = 20$   $\chi_i = 10$   $\chi_{ind} = 30$

Como se ve, la susceptibilidad inducida es la suma de la susceptibilidad inicial y la remanente.

La susceptibilidad inducida  $\chi_{ind} = \chi_i + \chi_r$  en donde  $\chi_i$  es la susceptibilidad inicial y  $\chi_r$  es la susceptibilidad remanente.

En el caso de la remanente: Cuando la roca  $H_e$  es cero, la magnetización  $M_r$  es la remanente.

Por ejemplo:  $M_r = \chi_r H_e$   $\chi_r = M_r / H_e$   $\chi_r = 10 / 0.5 = 20$   $\chi_r = 20$   $\chi_i = 10$   $\chi_{ind} = 30$

Oro (E-1 %)

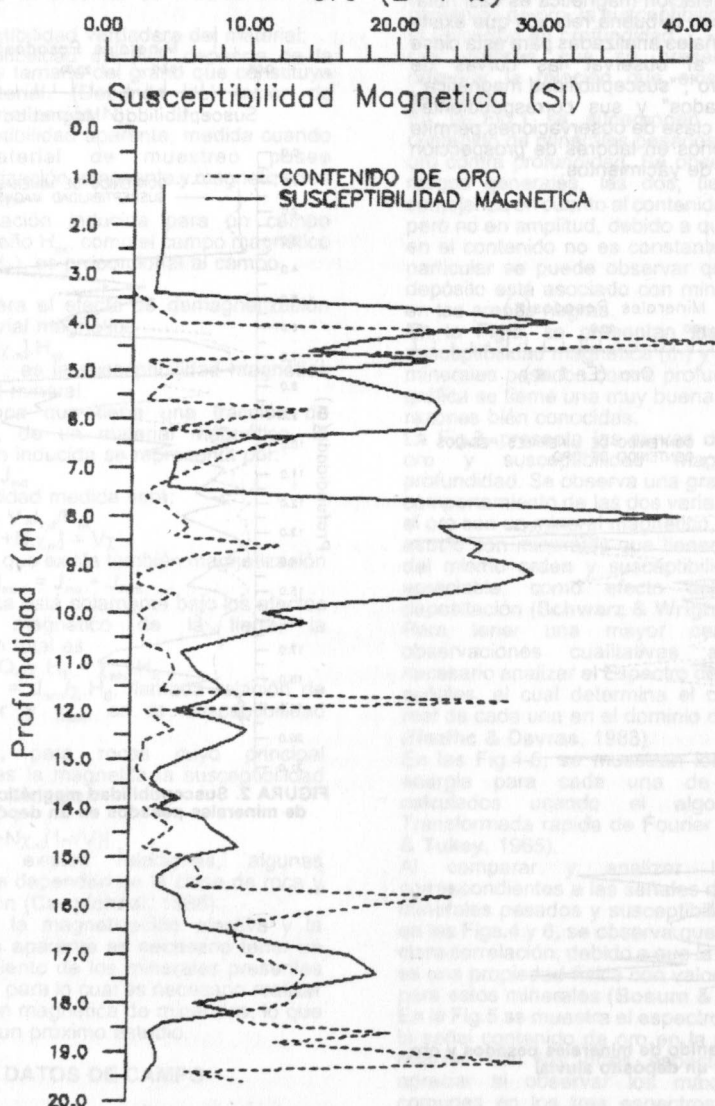


FIGURA 3. Susceptibilidad magnética y contenido de oro en un depósito aluvial

## CONCLUSIONES

Existe una buena correlación entre las señales "Contenido de minerales pesados" y "Susceptibilidad magnética", esto es que estos minerales poseen una magnetización con

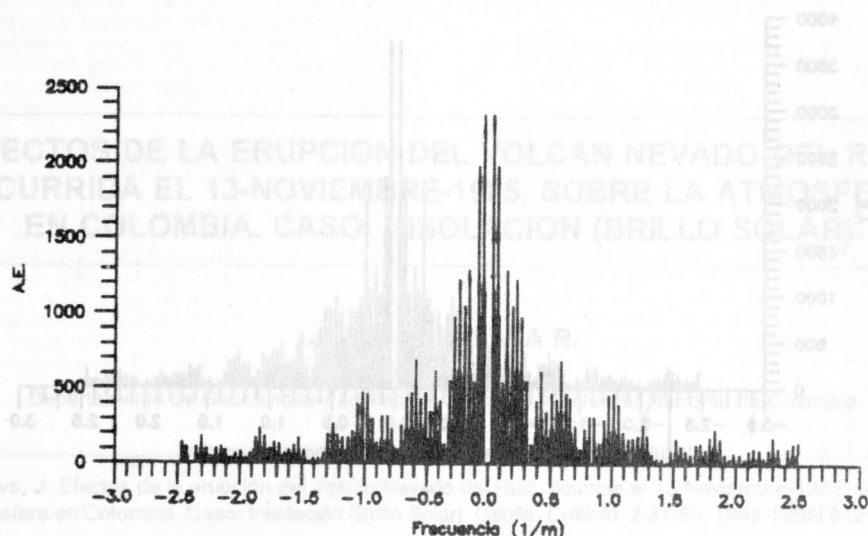


FIGURA 4. Espectro de energía. Minerales pesados

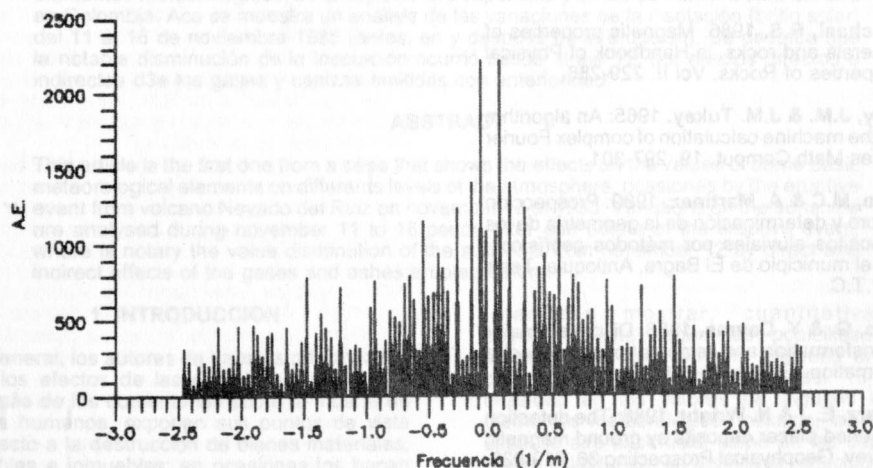


FIGURA 5. Espectro de energía. Contenido de oro

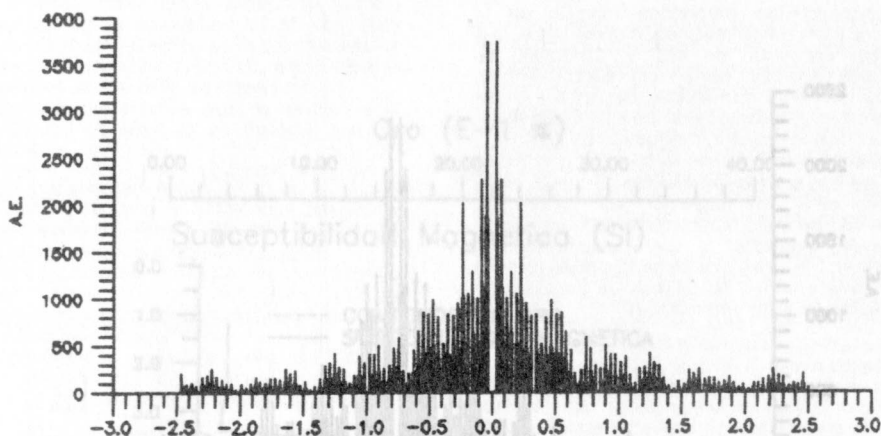


FIGURA 6. Espectro de energía. Susceptibilidad magnética.

#### BIBLIOGRAFIA

- Bosum, W., D. Eberle & H.J. Rehli. 1988: A gyro-oriented 3-component borehole magnetometer for mineral prospecting, with examples of its application. *Geophysical Prospecting* 36, 933-961.
- Carmichael, R.S. 1986: Magnetic properties of minerals and rocks, in *Handbook of Physical Properties of Rocks*. Vol II. 229-286.
- Cooley, J.M. & J.M. Tukey. 1965: An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Math. Comput.* 19, 297-301.
- Franco, M.C & A. Martinez. 1989: Prospección de oro y determinación de la geometría de los depósitos aluviales por métodos geofísicos, en el municipio de El Bagre, Antioquia. Tesis U.P.T.C.
- Nezihc, G. & Y. Davras. 1983: *Discrete Fourier Transformation and its applications to spectra estimation*. Elsevier Amsterdam.
- Schwarz, E. J & N. Wright. 1988: The detection of buried placer deposits by ground magnetic survey. *Geophysical Prospecting* 36, 919-932.