

Sedimentación de pulpas minerales lateríticas en la tecnología de lixiviación ácida a presión: incidencia de la composición mineralógica

Pedro Beyris Mazar¹ / pbeyris@ismm.edu.cu
José Falcón Hernández² / falcon@uo.edu.cu

RESUMEN

La tecnología de lixiviación ácida a presión que utiliza la industria hidrometalúrgica cubana para la producción de níquel no alcanza a la salida del tanque espesador la concentración de sólidos según lo establecido en el diseño (48 %), lo que repercute negativamente en la economía nacional. Mediante difracción de rayos-x (DRX) se determinaron las fases mineralógicas existentes en la mena y con los ensayos de sedimentación se estudió el comportamiento de éstas en las pulpas lateríticas. Se concluye que la presencia de hematita, magnetita y maghemita (fases minerales de metales pesados) favorece el proceso de sedimentación de la pulpa mientras que la presencia de fases de metales ligeros como la gibbsita, cuarzo, antigorita y hematita, producen el efecto contrario.

PALABRAS CLAVE

Sedimentación, pulpas lateríticas, composición mineralógica, fases minerales.

Sedimentation of lateritic mineral pulp in acid leaching pressure technology: incidence of mineralogical composition

ABSTRACT

The acid leaching pressure technology used in Cuban nickel hydrometallurgical industry do not reach the mass concentration settled down by design (48 %) at the end of the thickening process, so national economy is affected. By means of X-ray diffraction analysis (XRD) mineralogical phases were determined in the mineral ore. With the sedimentation essays the behaviour of them was studied in the lateritic pulps. It is concluded that the presence of heavy metals phases (hematite, loadstone and maghemite) in the pulp, favors the sedimentation process, whereas the presence of light metals phases as gibbsite, quartz, antigorite and hematite produces the opposite effect.

KEY WORDS

Sedimentatio, Lateritic pulp, Mineral phases, Mineralogical composition.

INTRODUCCIÓN

La tecnología de lixiviación ácida a presión que utiliza la industria hidrometalúrgica cubana para la producción de níquel no alcanza a la salida del tanque espesador la concentración de sólidos según lo establecido en el diseño (48 %), lo que repercute negativamente en la economía nacional.

La mena extraída de la mina se somete a preparación mecánica para obtener una pulpa acuosa con 25 % de sólido y tamaño de la partícula menor de 0,833mm. Esta pulpa es enviada a los tanques espesadores para incrementar la concentración de sólido hasta 48 %, sin embargo el valor promedio obtenido es de 45%.

Diferentes investigaciones han sido desarrolladas para determinar las causas que afectan la sedimentación de las pulpas. Beyris (1996, 2000) explica que el comportamiento de la sedimentación de la pulpa varía en función de su composición granulométrica, observándose que al aumentar el contenido de la clase gruesa disminuye la zona de caída libre de la pulpa y se obtienen sólidos más concentrados, sin embargo, con el aumento de partículas finas ocurre todo lo contrario, se retarda la sedimentación y la concentración de sólido durante el espesamiento es menor.

La composición iónica de la pulpa es otro parámetro a tener en cuenta al estudiar la sedimentación. La presencia de determinados iones en pequeñas concentraciones influye en los fenómenos de dispersión y coagulación de las partículas pequeñas durante la sedimentación, lo cual se puede lograr con el uso de sustancias químicas electrolíticas (Beyris, 1996; Falcón, 1997).

Valdés (1983) estudia la influencia del pH en la sedimentación, determinando un rango óptimo de pH= 6,6 - 7,6 cercano al punto

isoeléctrico lo que más tarde fue corroborado en otras investigaciones (Beyris, 1985; Falcón y Beyris, 1997; Beyris y Falcón, 1984).

Nebot (1969) estudia el efecto del magnetismo en la sedimentación aplicando un campo magnético con intensidad desde 0 hasta 4 000 Gauss, pero los resultados no fueron favorables.

Ponce (1983) analiza muestras de pulpa del proceso industrial cuando la concentración de sólido es de 45 %, logrando explicar la relación entre la composición mineralógica y química y la posibilidad de que sus variaciones influyan en la sedimentación de la pulpa laterítica, sin embargo no establece comparaciones con otros valores de concentración que permitieran detectar y explicar las diferencias.

Se ha llegado a establecer que sobre los procesos de sedimentación de estas pulpas influyen varios factores, entre los que se encuentran: la composición granulométrica, composición iónica, pH y la composición mineralógica. Sin embargo, la mayoría de los trabajos referidos a la influencia de la composición mineralógica, analiza la pulpa alimentada al proceso sin tener en cuenta el origen y las características del mineral que la compone. Este trabajo tiene como objetivo explicar la influencia que tiene la composición mineralógica de la mena en el proceso de sedimentación de las pulpas de mineral laterítico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras analizadas proceden tanto del proceso industrial como del laboratorio del Instituto Superior Minero Metalúrgico donde fueron preparadas a tal efecto. Para su mejor estudio se separaron en tres grupos:

1. Muestras de pulpas preparadas en el laboratorio a partir tanto de muestras totales o compósito de los diferentes frentes de explotación (D-1, D-2, D-3 y D-4) como de mezclas de dos, tres y cuatro frentes.
2. Muestras de pulpas alimentadas al proceso de espesamiento.
3. Muestras de pulpas de transverso de los tanques espesadores.

Las muestras de origen industrial se tomaron en dos momentos diferentes, uno cuando se obtuvieron resultados de sedimentación buenos y otro cuando estos fueron malos. En este artículo debe entenderse que la sedimentación es buena cuando en la descarga del tanque las pulpas tienen una concentración de sólido superior a 46 % y velocidades de sedimentación superior a 45 mm/h, y mala sedimentación cuando la concentración de sólido es inferior a 45 % y la velocidad de sedimentación inferior a 45 mm/h.

Las muestras industriales se separaron granulométricamente en clases de tamaño [0,074 y 0,044 mm] y las de laboratorio fueron separadas en las clases de tamaño; [- 0,833 + 0,4; -0,4 + 0,074 y - 0,074] mm. Posteriormente se les realizó análisis mineralógico. Todas se secaron a una temperatura de 60° C.

El análisis mineralógico se realizó mediante técnica de difracción de rayos-X (DRX). Se empleó la metodología propuesta por Grim (1953) con goniómetro alemán del tipo HZG-4 según el régimen siguiente:

- Generador de alto voltaje, tur-62M,V; 30-40Kv
 - Amperaje 20 mA
 - Radiación Co k-alfa.
-

Las pulpas de laboratorio se prepararon de forma similar a lo explicado en 1985 por Beyris y Falcón (Figura 1) y se sometieron a estudio de sedimentación.

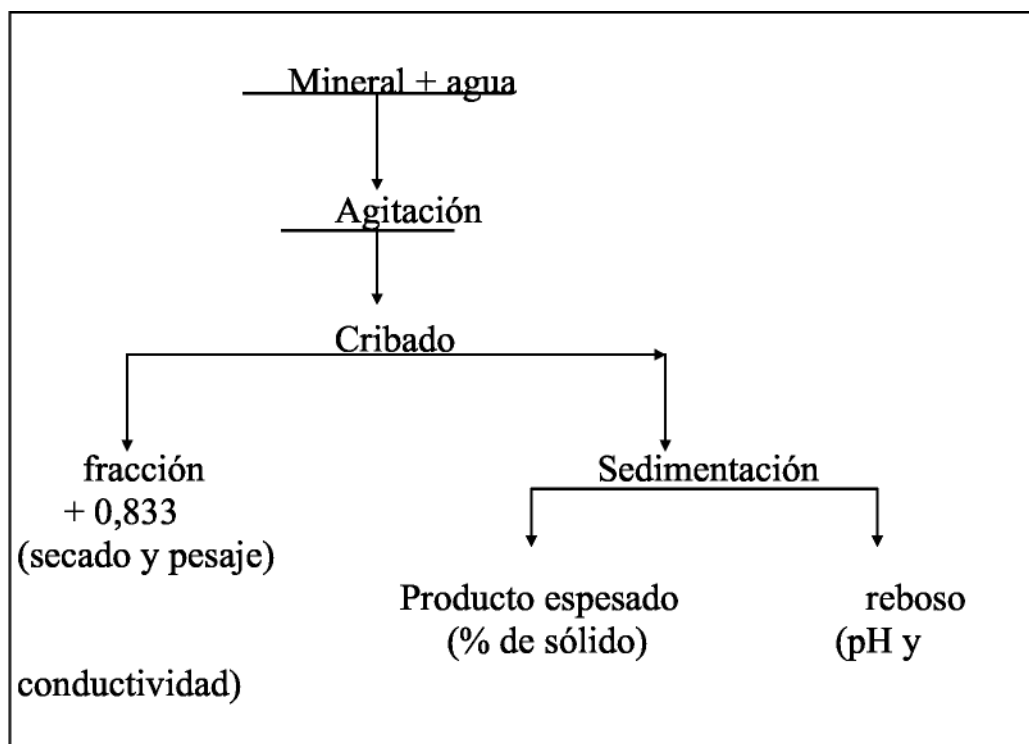


Figura 1. Esquema de preparación de pulpas.

Las muestras de transverso se tomaron por capas o niveles como indica la Figura 2.

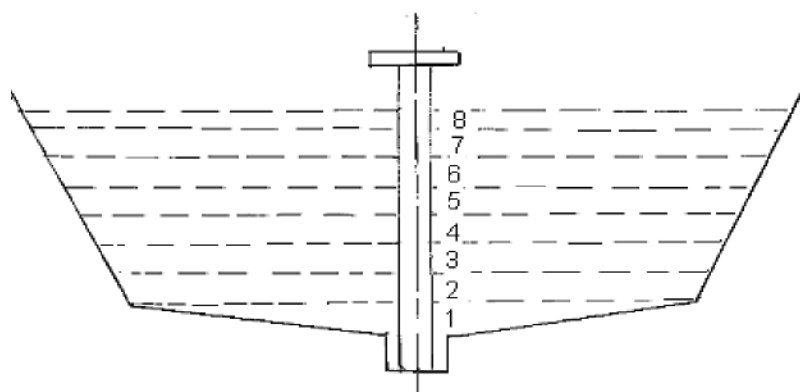


Figura 2. Representación esquemática del espesador industrial para la toma de transversos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de sólido obtenidos por niveles dentro del tanque espesador (transverso), en condiciones de mala y buena sedimentación, aparecen en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Resultados del porcentaje de sólido por transverso para mala sedimentación

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8
nivel (m)	0,0	2,35	3,125	3,425	4,925	6,425	7,925	8,525
% sólido	44,2	42,43	41,62	40,7	32,56	27,32	23,6	21,4

Tabla 2. Resultados del porcentaje de sólidos por transverso para buena sedimentación

Muestra	1	2	3	4	5	6	7
Nivel (m)	0,0	2,35	3,125	3,42	4,923	6,425	7,925
% sólido	46,43	46,0	42,97	42,63	40,86	33,61	25,05

Obsérvese que para los transversos en buena sedimentación los niveles muestreados son menores, lo que indica que existe una mayor zona de clarificación.

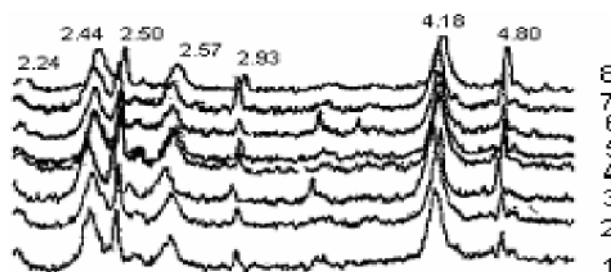


Figura 3. Difractogramas de las muestras de transverso del tanque espesador en momentos de mala sedimentación.

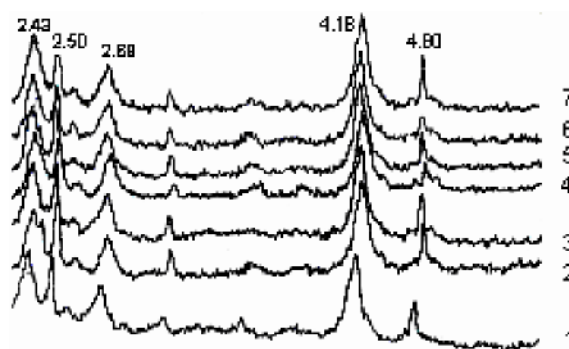


Figura 4. Difractogramas de muestras de transverso del tanque espesador en momentos de buena sedimentación.

Los resultados de DRX de las muestras tomadas en el transverso del tanque espesador para ambas condiciones de sedimentación se reflejan en las Figuras 3 y 4. Se observa que en ambos casos la composición mineralógica similar. Es evidente que la fase principal determinada en cada muestra es la goethita, delatada por la presencia del pico 4,18. Sin embargo existen diferencias en cuanto a las fases secundarias en cada caso. En las muestras de pulpas con mala sedimentación (Figura 3), las fases minerales secundarias que se destacan son la gibbsita, clorita, cuarzo y antigorita, silicatos de aluminio y magnesio de baja densidad, lo cual pudiera ser la causa de la mala sedimentación, provocando la obtención de un producto espesado con baja concentración de sólido (44,2 %,) como muestra la Tabla 1.

Las muestras de buena sedimentación se caracterizan por presentar en las fases minerales secundarias a la magnetita, maghemita y hematita, los cuales le aportan a los minerales lateríticos alta densidad y favorecen el proceso de sedimentación. En la Tabla 2 se observa que la concentración de sólido obtenido en el producto espesado es de 46,43 %, lo que corrobora esta suposición.

Las muestras de pulpas lateríticas alimentadas a la planta de espesadores en condiciones de buena y mala sedimentación,

muestran también resultados similares en cuanto a composición de fases (Figuras 5 y 6).

Al comparar las fases minerales de las pulpas alimentadas a los tanques espesadores y las de las muestras de transverso se observa que son similares para cada condición de sedimentación. Ello significa que bajo condiciones de mala sedimentación aparece la gibbsita como mineral de baja densidad, y algunas fases de minerales de hierro y minerales silicatados, como el cuarzo, caolinita, y lizardita tanto en los espesadores como en el transverso.

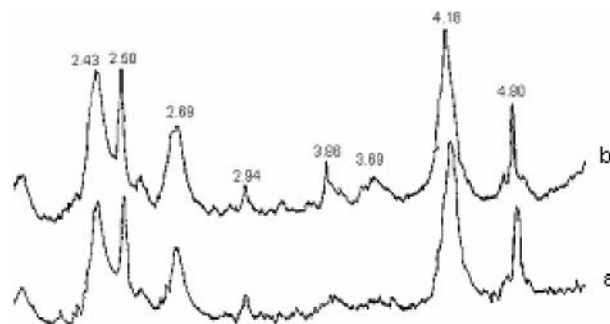


Figura 5. Diffractogramas de dos muestras de pulpas (a y b) alimentadas a espesadores en momentos de mala sedimentación.

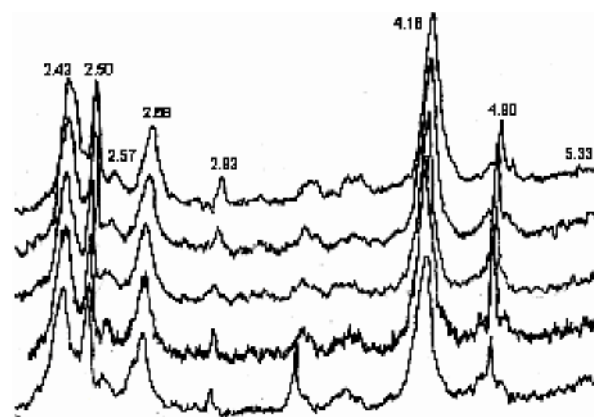


Figura 6. Diffractogramas de las pulpas alimentadas (a, b, c, d, e) a espesadores en momentos de buena sedimentación.

La Tabla 3 muestra la composición mineralógica por fracciones (gruesa, *Fg* y fina, *Ff*) de los diferentes frentes de minería y sus respectivas densidades.

Tabla 3. Resultados de DRX para las muestras procedentes de los frentes de explotación

Frentes, fracción	Fase principal	Fase secundaria	ρ (g/cm ³)
D-1 Fg Ff	Goethita, Goethita,	Hematita, Magnetita, Gibbsita, Clorita, Olivino Hematita, Magnetita, Gibbsita	3,51
D-2 Fg Ff	Goethita, Goethita,	Hematita, Magnetita, Gibbsita Hematita, Magnetita, Gibbsita	3,65
D-3 Fg Ff	Goethita, Cuarzo Goethita	Hematita, Magnetita, Gibbsita Clorita, Enstatita. Cromoespinelas Hematita, Magnetita, Gibbsita	3,35
D-4 Fg Ff	Goethita, Clorita Goethita	Olivino, Cuarzo Goethita, Hematita, Magnetita, Gibbsita, Enstatita. Hematita, Magnetita, Gibbsita,	3,28

Todo indica que la composición mineralógica de las menas lateríticas tiene una incidencia significativa en el comportamiento de la sedimentación de las pulpas. Los resultados expuestos en cada una de las experiencias permiten establecer el criterio de que la presencia de determinadas fases favorece el proceso de sedimentación o lo afecta.

Existe una determinada regularidad en la composición física para condiciones de mala y de buena sedimentación. Se puede ver que en los cuatro frentes de explotación la goethita es la fase principal, sin embargo ésta aparece acompañada de cuarzo o clorita en las fracciones gruesas de los frentes que arrojaron malos resultados de sedimentación (D-3 y D-4). La fracción fina en estos dos frentes está compuesta por las fases secundarias hematita y magnetita

como minerales de hierro y la gibbsita como mineral de aluminio. Las fases secundarias en la fracción gruesa de estos frentes están representadas por olivino (silicatos de magnesio y aluminio) de baja densidad, hematita y magnetita (minerales de hierro) de alta densidad y gibbsita, clorita, enstatita (silicatos de aluminio y magnesio) de baja densidad. Puede decirse entonces que la existencia de minerales de baja densidad como fases principales y secundarias en la fracción gruesa de los frentes D-3 y D-4 provoca un empeoramiento del proceso de sedimentación, lo que se evidencia en los resultados aquí expuestos.

En las pulpas preparadas con material procedente de los frentes D-1 y D-2, la sedimentación arrojó buenos resultados. Esto parece encontrar explicación en el hecho de que en ellos no aparecen fases minerales principales de baja densidad (clorita y cuarzo) como sucede en D-3 y D-4 y en los casos que aparecen como fases secundarias, los reflejos son de muy poca intensidad, lo que es indicativo de que su cantidad no es significativa para incidir en la disminución de la densidad de la mena y por consiguiente no afecta la sedimentación de la pulpa.

Es conocido que las fases minerales de hierro se concentran preferentemente en las clases más finas y las de silicatos de magnesio y de aluminio, en las gruesas (Rojas y Beyris, 1994). En función de esto es posible predecir la calidad de la sedimentación atendiendo fundamentalmente a la composición mineralógica de la fracción gruesa, que es la que puede introducir componentes de baja densidad a la pulpa que afectarían la velocidad de sedimentación y los porcentajes de sólido en el producto espesado.

Las Figuras 7 y 8 exponen dos difractogramas de fracciones finas y gruesas, respectivamente. En el superior, que corresponde a pulpas

de mala sedimentación (MS), es evidente la presencia de gibbsita, reflejada por el pico 4.77, contrario al inferior, de pulpas de buena sedimentación (BS), en el cual este pico no se registra apenas.

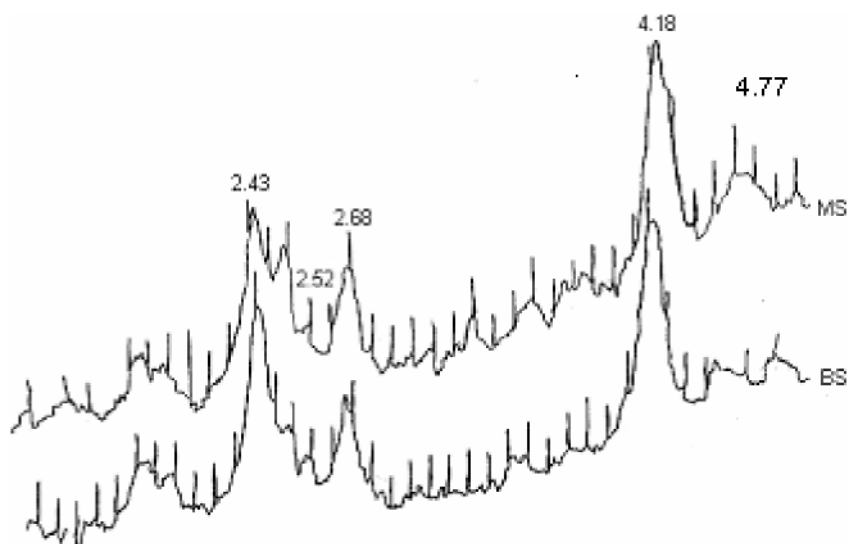


Figura 7. Diffractogramas de las fracciones finas. BS, buena sedimentación; MS, mala sedimentación.

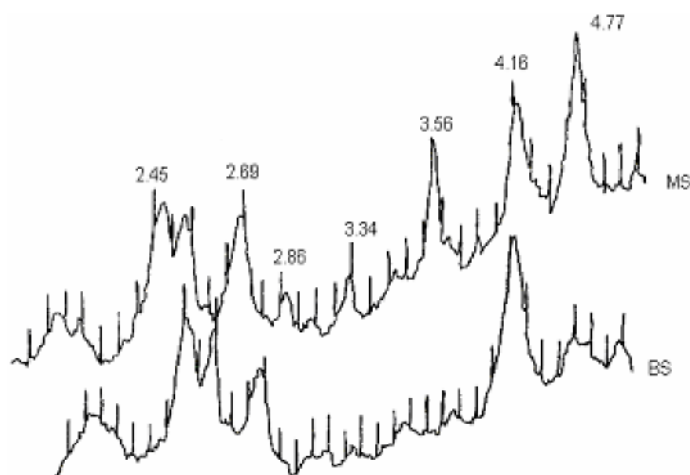


Figura 8. Diffractogramas de las fracciones gruesas. BS, buena sedimentación; MS, mala sedimentación.

Al analizar las mezclas de menas de los diferentes frentes de explotación se observó que las pulpas presentan una composición mineralógica como se refleja en la Figura 9, y su comportamiento en cuanto a la sedimentación es similar a las demás muestras, o sea,

que la composición mineralógica de la mena es la que decide la calidad de la sedimentación.

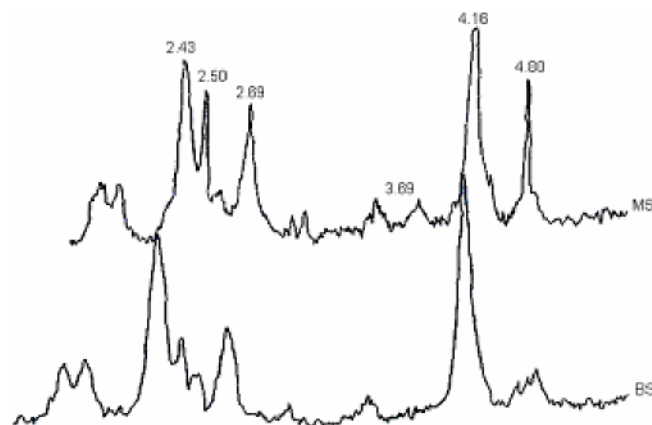


Figura 9. Diffractogramas de las mezclas de minerales de pulpas de mala y de buena sedimentación.

Valores de los picos característicos en los difractogramas

Goethita: 2.24, 2.44, 2.57, 2.68, 4.18

Magnetita: 2.50, 2.93

Cuarzo: 3.69

Gibbsita: 4.80

CONCLUSIONES

La composición mineralógica de la mena juega un papel importante en la sedimentación de las pulpas de minerales lateríticos. Cuando en estas se presentan como fases secundarias la gibbsita, cuarzo, antigorita, que son de bajas densidades se obtiene una mala calidad de sedimentación, en tanto que la presencia de fases minerales densas como la hematita, magnetita, maghemita, favorece la sedimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BEYRIS P.E. Y FERRER, E. 1996. Comportamiento de distintos tipos de iones durante el proceso de sedimentación de las pulpas lateríticas *Minería y Geología* XXIII (2) :75-77.
- Beyris M. P.E. y J. Falcón H. 2000: Consideraciones del efecto de la composición granulométrica en el proceso de sedimentación. Evento CINAREM'2000.
- Falcón J. Hernández A. 1987. Influencia de la composición iónica de la pulpa limonítica sobre la velocidad de sedimentación *Minería y Geología* V(3):67-80.
- Falcón J., Beyris P., Ferrer E. y Montero M. 1997. Sedimentación de las pulpas crudas de minerales lateríticos de la planta Moa Nickel S.A. *Minería y Geología* XIV (1) :31 - 36.
- Garcell, L.,A y Cerpa N. 1993. Caracterización reológica de las pulpas de limonita de Moa. *Tecnología Química*. XIII(2) : 30-41
- Nebot, Miguel. 1969. Prueba de sedimentación con pulpas sometidas a un campo magnético. Trabajo de investigación. E.C.P.S.A. Moa.
- Novoa Ortega, R. Influencia del pH y otros factores de la sedimentación de la pulpa mineral. *Revista Cenic*, 7, Feb1976.
- Quintana Puchol. 1984. Estudio de la pulpa cruda del mineral laterítico del yacimiento Moa.(I): Análisis granulométrico. *Minería y Geología*. II (3) :135-1461984.
- Quintana Puchol. 1985. Estudio de la pulpa cruda del mineral laterítico del yacimiento Moa (II): Análisis físico mineralógico. *Minería y Geología*. III(1) :95-104.
- Rojas Puron, L.A y P.E. Beyris. 1994. Influencia de la composición mineralógica en la sedimentación del material limonítico de frentes de explotación de la industria "Pedro Sotto Alba". *Minería y Geología*.XI(1) :13-17.
-