

CONCEPTO PRELIMINAR

Sobre los yacimientos de mineral de hierro de Ubalá

por Benjamín Alvarado, Geólogo

(Nueva York, Septiembre 10, 1971)

I - Introducción

El doctor Dario Vallejo Jaramillo, Presidente de Acerías Paz del Río, S. A., solicitó mi concepto confidencial sobre la adaptabilidad que pudiese tener el yacimiento de hierro de Ubalá con fines de abasto de otra posible planta siderúrgica en Colombia, capaz de producir alrededor de 500.000 toneladas anuales de arrabio durante un lapso aproximado de 40 a 50 años.

El día 7 de los corrientes me suministró los siguientes documentos de base:

- a. Páginas 4 a 13 del informe preparado por Geocolombia en 1968;
- b. Informe de Ingeominas de Febrero de 1971; y
- c. Memorándums del geólogo de Acerías, doctor Italo Reyes, fechados en Abril y Agosto de 1971, los cuales fueron redactados como resultado de sus dos visitas a los yacimientos.

Se advierte que el presente concepto debe considerarse como enteramente preliminar y como el fruto de una primera impresión basada en el estudio de los anteriores documentos. Las principales limitaciones que he tenido para cumplir el encargo a cabalidad han sido la falta de conocimiento del terreno donde están ubicados los yacimientos, las deficiencias de que adolecen los documentos suministrados, y el corto tiempo disponible para interpretarlos y analizarlos adecuadamente.

En caso de que se logre conseguir la información adicional que se mencionará en el aparte siguiente, podría revisar y ampliar el presente concepto, si fuese el caso.

II - Análisis de la Documentación

Las hojas 4 a 13 del informe de Geocolombia solo contienen la descripción geológica general del yacimiento y su origen pero no incluye los datos básicos sobre tipo de mineral, características del banco mineralizado, espesor, continuidad, trabajos de prospección, composición química del mineral y cálculos sobre cubicación. El mapa anexo se refiere únicamente a un sector del yacimiento.

En parte, esa deficiencia se subsanó con la información verbal que me suministró Geocolombia en 1968 y con un pequeño extracto que me facilitó cuando estaba haciendo la investigación sobre los yacimientos de hierro de Sudamerica.

(Véase: Survey of World Iron Ore Resources, United Nations 1970, Página 342). Por otra parte, el informe de Ingeominas hace bastante referencia al trabajo de Geocolombia y menciona algunos de los datos anotados atrás. Con todo, sería muy útil revisar el texto completo del informe, así como los planos y gráficos anexos.

La investigación que hizo Ingeominas parece que tuvo por objeto ejecutar nuevos trabajos de prospección, incluyendo perforaciones con taladro, a fin de establecer la verdadera potencialidad del yacimiento. Empero, el informe no refleja claramente ni los trabajos ejecutados, ni los resultados obtenidos para sustentar la conclusión sobre el valor económico del yacimiento y el programa adicional de perforación que esboza al final. El informe se dedica esencialmente a descripciones y discusiones esencialmente académicas sobre la litología, la petrografía, la paleontología y la estructura de la región, rebatiendo varios conceptos de Geocolombia, pero contiene muy poca información clara y concreta sobre la geología económica del yacimiento, la calidad del mineral, su volumen -definido o potencial- y su explotabilidad.

Por vía de ejemplo, se citan algunas de sus principales deficiencias:

- a. No se establece siquiera cuantos pozos se perforaron. En la página 4 se mencionan tres pozos con una profundidad total de 653'. Sin embargo, en el texto, mapas y perfiles solo se localiza uno (el PI), y de ningún pozo se da su registro gráfico, o los datos pertinentes sobre equipo usado, recobre obtenido, calidad y análisis de las muestras, etc.;

- b. No se describe el sistema de muestreo seguido durante la investigación.
- c. Se mencionan 43 análisis de mineral y se acompaña una tabla que solo contiene los resultados de 29. Dicha tabla no indica la localidad de las muestras, por lo cual su valor es extremadamente limitado;
- d. Se establece con argumentos técnicos bien fundamentados que el mineral se originó mediante el reemplazo de sedimentos calcáreos por soluciones hidrotermales ascendentes que reemplazaron la caliza (CaCO_3) por siderita (38% Fe), la cual -cerca de la superficie- se transformó a óxidos estables (hematita y limonita con cerca de 50% de Fe). No obstante, en ninguna parte se discute la variación del tenor de hierro del mineral con la profundidad, lo cual debería ser el principal objetivo de las perforaciones;
- e. No se discuten los elementos básicos que se consideraron para establecer las cifras de cubicación, tales como la longitud, espesor y cuelga del banco mineralizado. Tampoco se explica si ellos fueron medidos o simplemente asumidos por consideraciones geológicas. En consecuencia, las mencionadas cifras deben considerarse como arbitrarias. Lo anterior quizás explica las marcadas diferencias con los datos dados por Geocolombia y por el geólogo Reyes;
- f. En ninguna parte se discuten las características físicas del mineral (tamaño, dureza, etc.), ni se da idea alguna sobre la explotabilidad del yacimiento.

Los memorandums del geólogo Reyes son muy concisos y suministran relativamente poca información sobre los puntos a), b), c), d), y e) mencionados en el aparte anterior. Desde luego, sus informes son mas explícitos en cuanto a la apreciación del yacimiento y a su posible explotación. Como considero que la finalidad de ellos no fué la misma que ahora se persigue, adjunto una copia de dichos memorandums, en la cual anoté a lapiz las principales interrogantes, a fin de aclarar los resultados de las investigaciones de Ingeominas y los propios conceptos del doctor Reyes. Espero que él, con las explicaciones que le suministró o pueda suministrarle Ingeominas, esté en mejor capacidad para mejorar el conocimiento del depósito.

III - Características de los Yacimientos

Con la información fragmentaria de que dispongo en el momento, a continuación se describen los principales rasgos de los yacimientos en cuanto se relacionan con su posible utilización para una explotación a considerable escala (aproximadamente 1.5 millones de toneladas por año).

a. Geología General

El banco mineralizado, con 10 a 30 m. de espesor, esta inter-estratificado en una serie de rocas sedimentarias, fuertemente plegadas y falladas que lo separan en dos bloques principales (Norte y Sur). Lo anterior significa que en realidad no se trata de un solo yacimiento, sino de dos diferentes. Esto puede implicar la necesidad de duplicar las instalaciones mineras, en caso de una explotación intensiva. Además, el banco esta inclinado con cerca de 30° lo cual obligaría a extraer la mayor parte del mineral por sistemas subterráneos, con la consiguiente pérdida de reservas y aumento en el costo de la minería. También debe anotarse que cada uno de los bloques en que esta subdividido el yacimiento también esta fallado, por lo cual los túneles de explotación necesariamente atravesarían rocas estériles al pasar de uno a otro de los sub-bloques formados por las fallas. Quizás algunas partes podrían extraerse a tajo abierto, pero ellas parecen ser relativamente pequeñas, a juzgar por lo que dice el doctor Reyes en sus memorandums.

b. Tipo de Yacimiento

Como ya se dijo, parece que el banco mineralizado se originó por un reemplazo secundario, o epigenético. Es decir, por procesos posteriores a la sedimentación de las rocas que lo contienen. Este tipo de depósitos es esencialmente irregular, ya que la mineralización depende del grado de agrietamiento que tuvieron las rocas en el momento en que circularon las soluciones mineralizadoras ascendentes.

Además, parece comprobado que el banco original era una caliza, que en la profundidad -o zona de reducción- se transformó en siderita y ella, a su vez, se convirtió en hematita y limonita en la vecindad de la superficie, o zona de oxidación. La delimitación de tales zonas es muy incierta, por lo cual la exploración de tal tipo de yaci-

mientos tendrá que hacerse en forma mucho mas detallada que en casi todos los demas tipos.

Además, los cálculos sobre cubicación estan forzosamente afectados por un factor anormal de incertidumbre en cuanto al mineral dominante, y, en la explotación, se podrán afrontar serios problemas por las variaciones imprevisibles en la calidad del mineral. Lo anterior no sucede en yacimientos de origen primario, o singenético, como es el caso de los de Paz de Rio, donde el mineral presenta un alto grado de uniformidad.

Finalmente, debo advertir que, hasta donde llegan mis conocimientos, son muy escasos los yacimientos de este tipo que en la actualidad se explotan en escalas de consideración.

c. Calidad del Mineral

Para comenzar, conviene poner de presente que el lugar donde se tomaron las muestras cuyos análisis aparecen en el informe de Ingeominas es demasiado incierto. Lo mismo sucede con los promedios mencionados en los informes de Geocolombia y del geólogo doctor Reyes. No obstante, creo que la gran mayoría de los análisis disponibles provienen de muestras tomadas en la superficie, o muy cerca de ella, ya que Geocolombia solo construyó dos túneles de poca profundidad, e Ingeominas no menciona la calidad del mineral que se interceptó en la perforación, o perforaciones, que hizo dicha entidad.

Por consiguiente, tales análisis corresponden a la zona mas rica del yacimiento, es decir, a la zona ^{de} oxidación. En consecuencia, no pueden considerarse extrictamente hablando como verdaderamente representativos de la totalidad del yacimiento.

Según los informes mencionados la composición química en porcentaje de los principales elementos muestra las siguientes variaciones:

	<u>Fe</u>	<u>Insolubles</u>	<u>P</u>
Geocolombia (promedio)	54	6% (SiO ₂)	0.08
Ingeominas	40-61	3-27	0-4.0%
Reyes	52-56	Menos de 6	0.06-0.09

En general, se puede decir que el contenido de hierro es al rededor del 50%, la sílice está por debajo del 6% y el tenor

de fósforo es bajo (tipo Bessemer). No obstante, en cuanto a su contenido de metal, debe considerarse como una mena de calidad mediocre al compararla con la mayoría de las utilizadas en las plantas siderúrgicas modernas, y muy inferior a las que normalmente se cotizan en el mercado internacional.

El gran interrogante que queda pendiente es la variación de la calidad del mineral a la profundidad, donde debe lógicamente esperarse que vaya variando primero a siderita (teóricamente con 38% de hierro), hasta la caliza con cantidades ínfimas de este elemento. El único dato que encontré al respecto en la documentación estudiada es el dado por el doctor Reyes en su memorandum de Abril de 1971, según el cual a 56 metros de profundidad el pozo perforado por Ingeominas encontró 60% de siderita.

Una notable deficiencia del informe de Ingeominas es la falta absoluta de descripción y discusión sobre las características físicas del mineral. A ese respecto, lo más importante sería tener alguna idea de su dureza y grado de compactación para apreciar la cantidad de "finos" producidos durante las operaciones de extracción y preparación del mineral. Solo así podría conceptuarse sobre su adaptabilidad para ser utilizado directamente en la carga del alto horno después de ser sometido a las operaciones normales de trituración y trasego. A pesar de la falta de datos sobre un análisis granulométrico, estimamos preliminarmente que el mineral sea lo suficientemente duro para no producir más de un 15 a 25% de "finos". Es bien sabido que tal porcentaje representaría una pérdida que debe restarse de los estimativos sobre el mineral ^{grueso} que debe extraerse de la mina para obtener el material requerido para su reducción en un alto horno convencional.

d. Cubicación de los Yacimientos

Las cifras de reservas dadas por los tres investigadores y su clasificación en cuanto al grado de certidumbre difieren substancialmente, como puede verse en el siguiente resumen:

<u>Reservas</u>	<u>Millones de Toneladas</u>		
	<u>Geocolombia</u>	<u>Ingeominas</u>	<u>Reyes</u>
Probadas	4	-	1
Probables	17	-	7.4
Posibles	22	31.2	-
Total	43	31.2	8.4

Ya comenté que para mi es muy difícil conceptuar cual de las tres cifras es la que razonablemente puede considerarse como mejor fundamentada. No conozco las consideraciones que hizo Geocolombia para sustentar su apreciación, y tanto Ingeominas como Reyes, no explican claramente el fundamento geológico, ni las evidencias de terreno que justifican las suyas.

Lo evidente es que el yacimiento no se ha explorado suficientemente para dar cifras sólidamente fundamentadas en cuanto a las reservas que corresponden a las categorías de probadas y probables. En especial, faltan perforaciones para comprobar la continuidad del banco mineralizado tanto hacia la profundidad, como en aquellos sectores donde no se puede perseguir su afloramiento. Pero lo mas importante de todo es la gran incertidumbre sobre las variaciones que existen en la calidad del mineral, tal como se discutió en el aparte anterior. A este factor aparentemente no se le ha dado la importancia vital que tiene en cuanto a la apreciación del valor económico de los yacimientos. Si la cubicación no se relaciona con la calidad del mineral, las cifras seguirán siendo bastante teóricas y muy poco significativas.

A juzgar por las descripciones de los yacimientos de Ubalá y por el origen de reemplazo que se le ha asignado, es claro que tienen características muy semejantes a los de La Pradera, Pacho, Tibitó y Tibirita. Por la experiencia personal que adquirí en la exploración de tales yacimientos, y con base en los estudios realizados por otros geólogos en yacimientos del mismo tipo situados en diversos países, tengo serias razones para sospechar que en los yacimientos de Ubalá, la zona de óxidos ricos en hierro (hematita y limonita) está restringida a la parte superficial relativamente angosta que corresponde a la zona de meteorización. Usualmente, tal zona tiene un espesor de 20 a 50 m. dependiendo de la topografía del terreno, la precipitación pluvial, el clima, etc. Por lo tanto, parece prudente suponer una cuelga media de mineral rico de unos 40 metros.

Con las premisas anteriores, a "grosso-modo" se puede hacer el siguiente cálculo de las reservas que razonablemente se pueden asumir en los dos yacimientos de Ubalá:

Bases:

Longitud máxima del banco mineralizado	5.000 m.
Espesor medio	20 m.
Cuelga Media	40 m.
Densidad del mineral	3

Reservas Totales: $5000 \times 20 \times 40 \times 3$ 12.000.000 T.

IV - Necesidades de Mineral

En el caso de que en el país se planea el montaje de una planta siderúrgica moderna con base únicamente en el yacimiento de Ubalá, parece igualmente razonable que ella debería producir al menos 500.000 toneladas anuales de arrabio y que su vida debería asegurarse al menos por 40 años. Ya se dijo que el tenor medio del mineral enriquecido superficialmente es de alrededor del 50% de hierro metálico. No se tiene ninguna información sobre los sistemas mineros que convenga emplear, ni sobre la cantidad de "finos" que se producirán durante las operaciones de extracción y trasiego del mineral. No obstante, tratándose de minerales sedimentarios no metamorfisados, parece lógico asumir que por los conceptos anteriores se produzca una pérdida total de cerca de 50% del mineral cubicado en el yacimiento.

Con estas bases, se puede estimar que las necesidades de mineral en el yacimiento serán del siguiente orden de magnitud:

Mineral necesario para producir una tonelada de arrabio (50% Fe)	2	tons.
Consumo de mineral en yacimiento por tonelada de arrabio (50% pérdidas)....	3	"
Consumo anual de mineral en yacimiento: 500.000 x 3	1.500.000	"
Necesidad de mineral en yacimiento para 40 años de explotación: 1.500.000 x 40.....	60.000.000	"

V - Conclusiones Preliminares

Resumiendo lo dicho hasta aquí, se puede concluir:

1. Los yacimientos de mineral de hierro de Ubalá han sido explorados apenas superficialmente y los informes que sobre ellos he podido estudiar adolecen de serias deficiencias para formarse un concepto claro de la posible magnitud de sus reservas y de la calidad de sus minerales.
2. No obstante, por los datos disponibles, estoy de acuerdo

do en que se trata de yacimientos sedimentarios originados por el reemplazamiento de calizas a carbonato de hierro (siderita), el cual cerca de la superficie se enriqueció a óxidos de hierro con cerca de 50% Fe.

3. En yacimientos de dicho tipo, es muy aventurado ubicar las reservas existentes más allá de la zona de meteorización, la cual es irregular y angosta.
4. Un estimativo muy somero del mineral potencial, con cerca del 50% Fe, que razonablemente puede suponerse en el yacimiento indica que su orden de magnitud es de unos 12 millones de toneladas.
5. En consecuencia, el suscrito conceptúa que, con los conocimientos actuales sobre los yacimientos, sería muy aventurado considerarlos como una base sólida para abastecer una planta siderúrgica moderna con capacidad aproximada de 500.000 toneladas anuales.

Muy atentamente,

Benjamin Alvarado
Benjamin Alvarado