



Barita
Servicio Geológico Colombiano
Fotografía: Alejandra Cardona, SGC

Barita

Francisco J. Zambrano Ortiz

Citación: Zambrano, F. J. (2019). Barita. En: *Recursos minerales de Colombia*, vol. 1. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

El 90 % de la barita que se produce en el mundo es utilizada especialmente en lodos de perforación de pozos de petróleo. Los precios del petróleo en los mercados mundiales oscilan en torno a los USD 50 el barril, a la espera de que aumente su valor, para que sea determinante en la búsqueda de nuevos campos petrolíferos; este es un factor multiplicador de la demanda de barita a escala mundial. Estos espacios económicos a futuro serían favorables para los productos mineros nacionales, y podrían ser aprovechados para impulsar las investigaciones geológico-mineras y también la realización de ensayos de beneficio y concentración mineral para obtener productos de la más alta calidad, que puedan ser utilizados en la sustitución de las importaciones.

El nombre barita proviene de la palabra griega “barys”, que significa pesado debido a su alta gravedad específica de 4.5. La evolución histórica de su uso ha seguido el progreso tecnológico. En la Edad Media, al triturar el mineral, se descubrió su luminosidad, y los alquimistas la llamaron “la piedra filosofal de Bolonia”. Por esta propiedad, que deriva del color blanco del mineral puro, se usó primero en el sector de la fotografía. En los primeros años del siglo XX, de hecho, se empezó a aplicar capas finísimas de polvo de Barita como fondo del papel fotográfico para darle brillo (Bariblock, s.f).

La llamada *barita primaria* es el primer producto comercializado, que incluye barita cruda (como sale de la mina) y los productos obtenidos por métodos de beneficio, tales como la flotación, la separación gravimétrica, el cribado, el lavado, etc. La mayoría de las baritas crudas requieren de tratamiento para mejorar su pureza y elevar su tenor. Los minerales más importantes son la barita (sulfato de bario) y la witherita (carbonato de bario) (Searls, 2002).

El sulfato de bario es virtualmente inerte, pero los compuestos solubles en agua son tóxicos si se ingieren.

1. Usos

La barita (BaSO_4) es un mineral vital en la industria petrolera, que consume el 90 % de la producción total en la preparación de lodos, como ingrediente pesado y homogéneo. El restante 10 % de la producción de barita se usa en la manufactura de productos químicos, vidrio, pigmentos, filtros y caucho, en mezclas de diferentes tipos.

En la industria petrolera, desde 1926 la barita se ha venido utilizando en forma continua en lodos de perforaciones de petróleo y gas. Se utilizan en perforaciones profundas de pozos, específicamente para la exploración y evaluación de depósitos minerales, y en perforaciones para la toma de muestras de rocas que serán sometidos a ensayos geotécnicos en cimentaciones de obras civiles. Forma parte de la composición de las disoluciones arcillosas empleadas en los lodos, los fluidos que circulan en los pozos lubrican la broca y equilibran la presión de formación.

Los lodos son, fundamentalmente, una mezcla de agua, arcilla (bentonita) y barita en diferentes proporciones, que varían dependiendo de las condiciones locales del reservorio. El lodo debe tener una gravedad específica de 2.5. Particularmente, la barita es un mineral limpio, fácil de manipular, blando (no es abrasivo), pesado y virtualmente inerte, comparado con muchos otros materiales pesados (Hora, 1996).

El control de la densidad, la viscosidad, el pH y demás propiedades del lodo es una operación de rutina que se realiza de manera permanente durante el desarrollo de una perforación, toda vez que para este proceso se utilizan bombas especiales de gran potencia y capacidad, suficientes para mover grandes volúmenes de lodo (Hora, 1996).

En una perforación rotativa, el lodo se inyecta por el tubo interno, penetra hasta el fondo del pozo y entra por los orificios de la broca y la lubrica; continúa su recorrido y regresa a la superficie, por el espacio que media entre la tubería de

perforación y las paredes del pozo; por su gran densidad y presión, trae consigo a la superficie los ripios cortados por la broca. A su vez, cumple otra función importante, como es ejercer presión en las paredes del pozo para garantizar su estabilidad y evitar la entrada de gases y fluidos al pozo. De los cortes de rocas traídas por el lodo se recolectan muestras a intervalos determinados, para adelantar el estudio y la descripción litológica de las formaciones geológicas.

La demanda de barita crece cuando aumentan las perforaciones de pozos de petróleo, por la importancia que este mineral representa en la preparación de lodos. Por lo tanto, al disminuir la actividad exploratoria, el mercado decae, y cuando la actividad petrolera se reactiva, la demanda del producto aumenta; sin embargo, muchas veces la infraestructura disponible es insuficiente para atender la demanda del producto (Brobst, 1994).

La barita de lodos de perforación tiene las siguientes especificaciones: el mineral debe triturarse finamente, por lo menos el 97 % del peso debe pasar malla 200 (*Tyler Mesh*) y no más del 30 % del peso puede ser menor de 6 μm de diámetro efectivo, medido mediante el uso de técnicas de sedimentación. El color de la barita puede ser azul, negro, carmelita o gris (Searls, 2002).

La barita debe tener la densidad suficiente y peso específico mínimo de 4.2; ser blanda, para no deteriorar los orificios de la broca tricono, químicamente inerte y con un contenido no mayor de 250 mg/kg de sales alcalinas solubles. Puede tener un pequeño porcentaje de óxido de hierro, pero no debe presentar interferencias a medidas magnéticas tomadas con instrumentos que se utilizan en los pozos durante el proceso de perforación (American Petroleum Institute, 1993). Como minerales sustitutos en lodos de perforación, aunque menos frecuentes, se encuentran la celestita y hematina sintética, que se manufacturan en Alemania (Searls, 2002).

Otros usos: la barita se usa en la manufactura de vidrio, en cisternas continuas. La adición de barita homogeneizada en la fundición da un mayor brillo, claridad y mejor acabado de los vidrios.

La barita sin tratar, ya sea sin blanquear o blanqueada con ácido sulfúrico son un filtro industrial común, extensor y agente pesado. La industria del caucho es el mayor consumidor de barita como relleno. En la fabricación de cartulina, papel de impresión, cartas de juegos, terminales de cordeles especiales, encofrado de superficies de fricción tales como frenos y embragues de vehículos, enchapes de manijas, plásticos y rótulos (Brobst, 1994).

La barita se usa como blanqueador en pintura de plomo. Por su bajo índice de refracción, la barita se utiliza para cubrir señales, a precios mucho más cómodos que los

de otros productos. Por su baja capacidad de absorción en aceite, se usa para conservar pinturas y como fijador de color (Brobst, 1994).

En la industria de la construcción, la barita se usa en tramos de agregados de concreto, también para dar mayor peso a tubería enterrada en áreas pantanosas y para proteger reactores nucleares.

Por su poder de absorber rayos gamma, la barita se utiliza para reducir los costos del plomo necesario en las instalaciones nucleares. Además, Las cavidades en las llantas de equipos pesados utilizados en la construcción de carreteras pueden rellenarse parcialmente con una mezcla de barita para dar peso y ayudar a la compactación de zonas de rellenos (Brobst, 1994).

Las cerámicas de bario tienen algunos usos industriales relevantes. Las propiedades electromecánicas del bario hacen que las cerámicas de titanato de bario sean útiles en la industria electrónica. Las cerámicas de ferrato de bario se usan en magnetos permanentes (Brobst, 1994).

Como pigmento, la barita se usa como un sulfato natural, o sulfato blanco, como fijador y litopón. Molida, blanqueada y tratada se usa como relleno en pinturas para dar cuerpo al pigmento. Da brillo y buena estabilidad, ya que controla la viscosidad de la pintura (DGDM, 2017).

La lista de los usos químicos del bario abarca más de dos mil aplicaciones industriales específicas, agrupadas en diecisiete clases mayores. Varios componentes manufacturados de bario incluyen carbonato, cloruro, nitrato, óxido, peróxido, hidróxido, sulfito, sulfato y algunas variedades orgánicas ampliamente usadas como reactivos y catalizadores en la refinación de azúcar; calibradores, probadores de agua y probadores contra incendios; en textiles; en medicamentos; en la manufactura de vitaminas, hormonas y coagulantes de sangre; en pirotecnia, especialmente en fuegos verdes; en estabilizadores para pegantes y almidón; en coagulación de caucho sintético; en plaguicidas, insecticidas, herbicidas y germicidas; en endurecimiento de cajas de acero; en lámparas fluorescentes, fosforescencia para vidrio de tubos de TV en blanco y negro; en reactivos para beneficio de minerales y manufactura de papel; en soldaduras; en aditivos para aceite y grasa; en fundición y refinación de magnesio; en recuperación de indio y zinc de la escoria; como escoria preventiva en las industria de cerámica y de ladrillos (Brobst, 1994).

El bario se usa como “ganador” (dioxidante) desgasiador de tubos de vacío de TV y otros. Forma aleaciones con otros metales, como aluminio, magnesio, plomo y calcio. El bario, en un sistema de óxido con itrio y cobre, es de interés en la investigación sobre la superconductividad (Brobst, 1994).

La barita se usa como materia prima para aumentar la densidad de algunos productos en la industria del caucho y del papel, y como relleno en preparaciones de gran densidad. Finamente triturada, mezclada con caucho sintético y asfalto caliente, se utiliza para dar mayor cohesión a los pavimentos de carreteras, pistas de aeropuertos y otras vías; contribuye a formar una capa flexible y hermética que protege la superficie de rodamiento y prolonga la vida del pavimento (Brobst, 1994).

En la industria de pinturas, la barita, preparada con pigmentos blancos, se utiliza en pinturas de alta calidad para vehículos; en pigmento blanco, en mezclas de sulfato de bario, como sulfuro y también como óxido de zinc, se usa para producir el litopón, que es un pigmento de pinturas blancas. El litopón tiene 20 % de sulfato de bario, 30 % de sulfuro de zinc y un poco menos del 3 % de óxido de zinc, y se prepara mezclando las soluciones mediante filtrado por vía húmeda y secado del precipitado para su uso en pinturas.

El blanco fijo (90 %) se emplea en la manufactura de colorantes brillantes. El peso específico es 4.2 gr/cm³. Con respecto a la finura del producto, puede ser de 200, 325 o 400 mallas. El sulfato de bario, por su gran absorción de rayos X, sirve para cubrir el tubo digestivo en radiografía, para aumentar el contraste. También se usa como componente principal del enlucido y enchape de las paredes de laboratorios de rayos X, para proteger al personal de los efectos nocivos de las radiaciones. El cuerpo humano contiene en promedio 22 mg de bario, de los cuales el 93 % está presente en los huesos. El resto está distribuido en los tejidos blandos en concentraciones muy bajas.

En los últimos tiempos se han intensificado las investigaciones sobre la producción, propiedades y aplicaciones de cristales de titanato de bario. Sus propiedades electromecánicas lo hacen aprovechable en computadoras digitales, cartuchos fonocaptoreos y muchos aparatos electrónicos y ultrasónicos (Brobst, 1994).

El bario metálico se emplea en la fabricación de ciertas válvulas de radio. La barita es insoluble en agua y ácido, y por lo tanto no es tóxica y permite su uso como material inerte. Como vidriado se usa en alfarería y en vidrio óptico. También participa en compuestos de venenos para ratas.

El cloruro de bario se utiliza en la purificación de sal; en la manufactura de cloruro e hidróxido de sodio, como fundente en aleaciones de manganeso; como ablandador de agua de calderas y en preparaciones medicinales. El nitrato de bario, también llamado *salitre de barita*, se utiliza en pirotecnia y señales luminosas.

Como parte del material fotográfico blanco y negro, hay una base que está cubierta con una sustancia blanca,

lisa, resistente a los químicos (barita o sulfato de bario), que se denomina *papel barita*, *papel base de fibra revestida de barita* o *papeles FB* (sigla de *fibra base*). El óxido de bario (barita calcinada) se utiliza como agente de secado en la industria para el endurecimiento de aceros. El clorato de bario se utiliza en pirotecnia. El acetato de bario se usa en la industria como reactivo químico, y el cianuro de bario en metalurgia (Brobst, 1994).

2. Ambiente geológico

En este capítulo se describen las características generales de la barita, tales como la mineralogía y composición, los tipos de depósitos a escala mundial, así como los métodos de prospección, sistemas de explotación y procesamiento de minerales; además, se hace un análisis de los recursos, reservas y comercio mundiales de este mineral.

2.1. Características

La barita es un mineral no metálico y pesado. Es un sulfato de bario que se encuentra en asociaciones con la fluorita, calcita, dolomita, rodocrosita, yeso, esfalerita, galena y estibina. Es el mineral más común y abundante de bario. La barita pura contiene 58.8 % de bario (o 65.7 % de óxido de bario y 34.3 % de óxido de azufre). Cristaliza en la clase bipiramidal del sistema ortorrómbico; los cristales son bien formados, generalmente tabulares con tres clivajes, y el más perfecto es paralelo a {001}. La barita puede ser incolora, blanca o gris, y puede variar de transparente a opaca (figura 1).

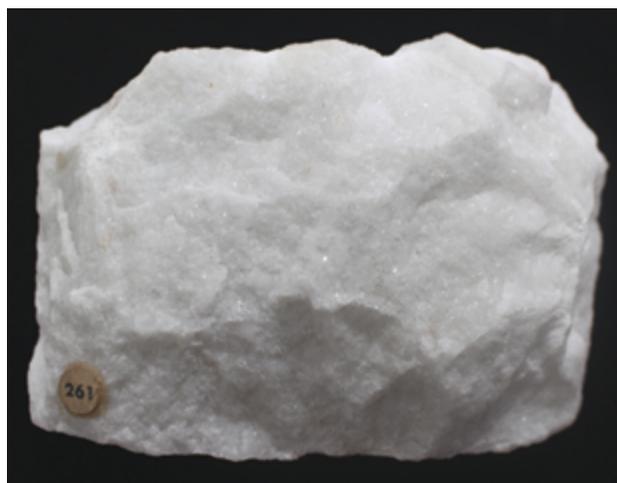


Figura 1. Barita

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.
Fotografía: Alejandra Cardona, SGC

En algunos depósitos es de color negro, amarillo, café, rojo, verde o azul, a causa de las impurezas incluidas. La raya es blanca, y tiene un lustre vítreo a resinoso o perlado. La gravedad específica de la barita pura se calcula en 4.5; las inclusiones e impurezas pueden reducir considerablemente su densidad. Los cristales bien formados son generalmente tabulares y presentan clivaje en tres direcciones. La dureza en la escala de Mohs es de 2.5 a 3.5. Comercialmente los términos *duro* y *blando* se usan para referirse a la facilidad de trituración.

Composición química de un patrón sintético de rayos X:

	Witherita	Barita
Óxido de azufre (SO ₃)	34.21	34.30
Óxido de calcio (CaO)	60.05	
Óxido de bario (BaO)	5.35	65.70
Total	99.61	100.00

La witherita, el carbonato natural de bario, contiene 70 % de bario (o 77.7 % de bario y 22.3 de dióxido de carbono); cristaliza en el sistema ortorrómbico; es transparente a opaco; el color es comúnmente blanco, gris, amarillo, café o verde; la fractura es irregular; el lustre es vítreo o resinoso; la dureza es de 3.0 a 3.5 Mohs, y la gravedad específica del mineral se calcula en 4.29. Las estimaciones sobre la abundancia del bario en la corteza terrestre indican que se encuentra en el rango de 300 a 500 ppm. La witherita es un recurso muy utilizado en la producción de químicos de bario, por su solubilidad en ácido (Brobst, 1994).

La sanbornita (BaSi₂O₅ silicato de bario) contiene 50 % de bario y es un recurso potencial de bario para usos químicos. Este mineral es soluble en agua, lo que permite recuperar el bario por métodos químicos.

Entre las rocas ígneas, los basaltos contienen aproximadamente 100 ppm de bario, los granitos contienen comúnmente entre 200 y 800 ppm, y las sienitas y algunas rocas ígneas más potásicas contienen entre 3000 y 5000 ppm. En las rocas sedimentarias, los *shales* generalmente contienen la mayor cantidad: 500 a 1000 ppm; las calizas presentan menos de 200 ppm, y en las areniscas, con grandes variaciones, desde pocas partes hasta varios cientos de ppm.

2.2. Mineralogía

Las características principales de la barita son las siguientes (Minerals.net, 2017):

- Fórmula química: BaSO₄.

- Fórmula variable: (Ba, Sr)SO₄.
- Color: incoloro, blanco, amarillo, anaranjado, rojo, carmelita, azul, gris; a veces multicolor y bandeada.
- Raya: blanca.
- Dureza: 3-3.5.
- Forma cristalina: ortorrómbica, más comúnmente en cristales pegados en pares, que pueden ser muy grandes. También puede aparecer en forma tabular, prismática y de apariencia sedosa y en agregados. Puede presentarse masiva, nodular, fibrosa, estalactítica y en rosetas perfectas.
- Transparencia: transparente a translúcida en sección delgada.
- Gravedad específica: 4.3 a 4.6.
- Lustre: vítreo a perlado.
- Clivaje: 1.1-basal; 2.1-prismático; 3.1-pinacoidal.
- Fractura: irregular.
- Tenacidad: frágil.
- Otras propiedades: comúnmente fluorescente en una variedad de colores, y algunas veces, fosforescente.
- Otros nombres: barita, espato pesado.
- Variedades: piedra de Bologna que se encuentra de carácter nodular, radial o como barita masiva (Bologna –Italia), y con carácter fosforescente. Rosa de desierto: barita rosetada con inclusiones de arena.
- Grupo: sulfatos; sulfatos anhidros.

La barita se identifica fácilmente por su gran peso, ya que los minerales similares son mucho más livianos. La barita con frecuencia reemplaza otros minerales, y aun reemplaza materiales orgánicos tales como la madera y conchas fósiles. Algunas veces forma montículos tufáceos por deposición de manantiales ricos en barita caliente. Muestras de barita de algunas localidades son carmelitas por inclusiones de arena y muchas se encuentran en rosetas semejantes a flores. La barita es isomorfa con celestina, y puede reemplazarla.

2.3. Geoquímica

El ciclo geoquímico del bario comienza con su arribo a la parte superior de la corteza terrestre, como resultado de la actividad volcánica y el emplazamiento de las intrusiones ígneas.

La barita se presenta en asociación con potasio en rocas ígneas félsicas y acompañadas principalmente de plomo y zinc en menas de sulfuros. Solo una pequeña cantidad de bario forma parte de los minerales de calcio; la mayoría del elemento es atrapado por los minerales de potasio. Debido

a la diferencia de carga entre los iones de bario y potasio, parte considerable del bario es capturado por los minerales de potasio en las etapas tempranas de la cristalización fraccional (Goldschmidt, 1970).

La barita es un mineral que se caracteriza por su alto peso específico; su nombre, se deriva del término *baros*, pesado. Como espato pesado fue mencionado por primera vez por el zapatero Casciorolus de Bolonia, quien observó que calcinándolo con polvo de carbón y barniz adquiría la facultad de fosforecer (piedra fosforescente de Bolonia) en el siglo XVII. En 1774 Sheele con la piedra parda, a partir de la cual obtiene el manganeso, surge un residuo de *espato pesado* que debidamente tratado con oleum de vitriolo, forma un depósito blanco anormalmente pesado, vuelve a ponerse de moda con el nombre de *Baroto*, puesto por un colaborador de Guyton de Morveau, del griego *Baros* y aparece catalogado en la relación de sustancias simples de Lavoisier de 1789, como *Barita* o *tierra pesada* (Grupo Heureka, s.f)

Elaboración del bario metálico: a partir del óxido se utiliza el método de Winkler. Se calienta en un crisol la mezcla de magnesio y óxido de bario. Los vapores de magnesio y bario se condensan en un tubo con una corriente de agua fría. Finalmente se descompone el óxido de bario metálico que se condensa. Las reacciones son las siguientes:



El primer paso para la preparación de los compuestos de bario es la calcinación de la barita (o baritina) con carbón en un horno rotatorio a una temperatura de 1200 °C. Este proceso reduce el sulfato de bario (insoluble en agua) a sulfuro de bario (ceniza negra), que es soluble en agua. El sulfuro de bario producido se filtra y se remueve el exceso de carbón y las impurezas.

El bario de alta pureza se utiliza en los procesos de tostación, porque el óxido de hierro, la sílice y el aluminio pueden reaccionar con el bario para formar compuestos insolubles. Uno por ciento de hierro puede convertir tanto como el 4 % de sulfato de bario a compuestos insolubles.

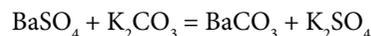
Si se añade una solución de sulfato de bario, se precipita una mezcla que contiene 30 % de sulfuro de cinc (ZnS) y 70 % de sulfato de bario (BaSO₄). El precipitado se filtra, lava y seca, y finalmente se calcina bajo ciertas condiciones de cuidado; luego se apaga con agua, se seca y se obtiene un pigmento blanco conocido como *litopón*. Se requiere una tonelada de barita para manufacturar una tonelada de litopón, aunque el producto es solamente el 70 % de sulfato de bario (BaSO₄).

Si se añade sulfato de sodio a la solución de ceniza negra, el sulfato de bario se precipita químicamente puro.

Si el carbonato de sodio se añade a la solución de ceniza, el precipitado es carbonato de bario. El precipitado puede ser filtrado, lavado, secado y molido para usarlo como carbonato, o para convertirlo en otros compuestos de bario. Al calentar el carbonato en presencia de carbón, al medio ambiente, la barita se oxida. El clorato y el nitrato de bario generalmente se preparan por tratamiento del carbonato de bario con los ácidos correspondientes (Brobst, 1994).

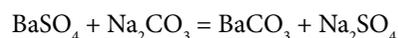
Acetato bórico (Ba(C₂H₃O₂)₂ + H₂O): se obtiene neutralizando el sulfuro o el carbonato bórico con ácido acético. Forma cristales fácilmente solubles, empleados en tintorería y en estampado de algodón.

Carbonato bórico o witherita (BaCO₃): el mineral forma cristales rómbicos brillantes, incoloros, o masas levemente traslúcidas, amarillentas, compactas, de peso específico 4 301. Artificialmente se obtiene por precipitación de una sal de bario soluble con carbonato sódico o amónico, en forma de precipitado fino, blanco fácil de lavar. Ocurre la siguiente reacción:



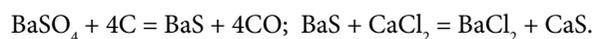
Este proceso da un rendimiento de 97 %. se consigue la transformación, pero solo aumenta su cantidad a la mitad. Finalmente, si el sacarato bórico producido en gran cantidad en la elaboración de las melazas es descompuesto con ácido carbónico, se obtiene carbonato de bario.

El carbonato bórico sirve para obtener otros compuestos bóricos, que se utilizan en la fabricación de ladrillos y objetos de barro. A partir del carbonato de sodio también se obtiene el carbonato de bario, que es soluble en ácido clorhídrico:



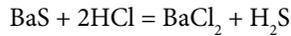
Clorato bórico (Ba(ClO₃)₂ + H₂O): se obtiene por electrólisis de una solución saturada de cloruro bórico a 70-80°. Se usa en pirotecnia para obtener llamas verdes.

Cloruro de bario (BaCl₂ + 2H₂O): se obtiene del espato pesado.

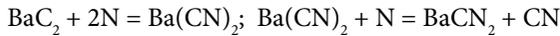


La fabricación comprende tres operaciones: 1) fusión, 2) lixiviación, 3) cristalización. También se puede obtener

cloruro bórico de sulfuro bórico bruto, disolviéndolo en ácido clorhídrico.



Cianuro bórico ($\text{Ba}(\text{CN})_2$): se forma junto con la cianamida de bario tratando el carburo de bario con nitrógeno a 600-700°. Estas son las reacciones:



Industrialmente se trabaja produciendo al mismo tiempo la formación de carburo bórico y transformándolo en compuestos nitrogenados, calentando a temperatura lo más elevada posible, en corriente de nitrógeno, una mezcla de carbonato bórico u óxido bórico y carbón.

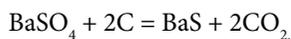
Fluoruro de bario (BaF_2): se obtiene de la criolita hirviéndola con solución de hidrato bórico, o por disolución de bicarbonato o hidróxido bórico en ácido fluorhídrico, o por doble reacción entre nitrato bórico y fluoruro sódico. Forma un polvo blanco granulado muy poco soluble en agua; punto de fusión: 1280 °C.

Nitrato de bario ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$): se obtiene por incorporación gradual de la cantidad calculada de nitrato sódico en una solución caliente de cloruro de bario. Precipita, y una vez lavado se somete a recristalización.

Nitrito de bario ($\text{Ba}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$): se obtiene del cloruro de bario por doble descomposición con nitrito sódico.

Óxidos de bario: comprende este grupo el óxido de bario (BaO), el hidrato ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) y el peróxido de bario (BaO_2).

Sulfuro de bario (BaS): calentando sulfato de bario con carbón, es reducido a sulfuro de bario a temperatura relativamente baja. La reacción se verifica a 600-800°, según esta ecuación:



El sulfato de bario químicamente puro se emplea como medio de contraste en radiología clínica.

2.4. Tipo de depósito

El ambiente geológico de la barita es muy variado; se encuentra en casi todos los tipos de rocas sedimentarias,

intrusivas y metamórficas. Se encuentra en venas asociadas a fallas y lineamientos regionales a lo largo de cuencas marginales o de *rift*, en presencia de rocas carbonatadas. La barita puede rellenar cavidades kársticas y estructuras de colapso, o también reemplazar otros cuerpos mineralizados. Puede ocupar fisuras formadas por deformaciones mecánicas, zonas de dilatación a lo largo de fallas y pliegues, diaclasas y planos de estratificación, y también puede encontrarse en zonas de cizalla y brechas a lo largo de fallas (Hora, 1996).

La figura 2 muestra seis clases de estructuras geológicas (pliegues y fallas) en las que se observan los diferentes tipos de fisuras, fracturas, etc., más frecuentes en las rocas huésped que albergan los fluidos con minerales, entre otros los de bario.

La barita se presenta principalmente en lechos, venas y depósitos detríticos residuales. También se encuentra, aunque con menos frecuencia, asociada con sulfuros metálicos y depósitos de fluorita. En cuanto a recursos de barita en el mundo, los depósitos estratificados son hasta ahora los de mayor importancia, por su volumen y tenor.

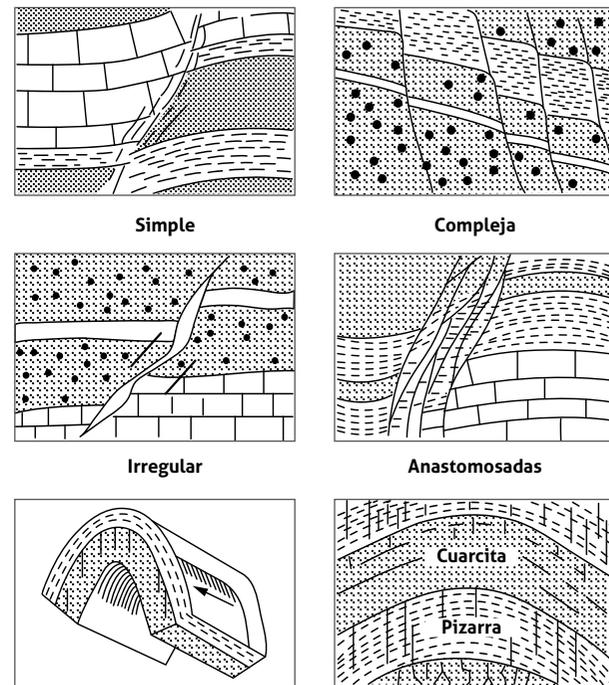


Figura 2. Estructuras geológicas favorables a la formación de depósitos de barita.

Fuente: modificado de Guilbert y Park (1985)

Los principales depósitos conocidos en el mundo se agrupan así: depósitos de fisura y relleno de cavidades, depósitos estratificados y depósitos residuales.

2.5. Depósitos de fisura y relleno de cavidades

Son aquellos en los cuales la barita y los minerales asociados se presentan a lo largo de fallas, fracturas, grietas, planos de estratificación, zonas de brechamiento, canales de

disolución y estructuras de colapso. La barita en este tipo de depósitos es densa y de color gris a blanco; los minerales asociados son fluorita, calcita, celestina, dolomita, cuarzo, pirita, calcopirita, galena y esfalerita (figura 3).

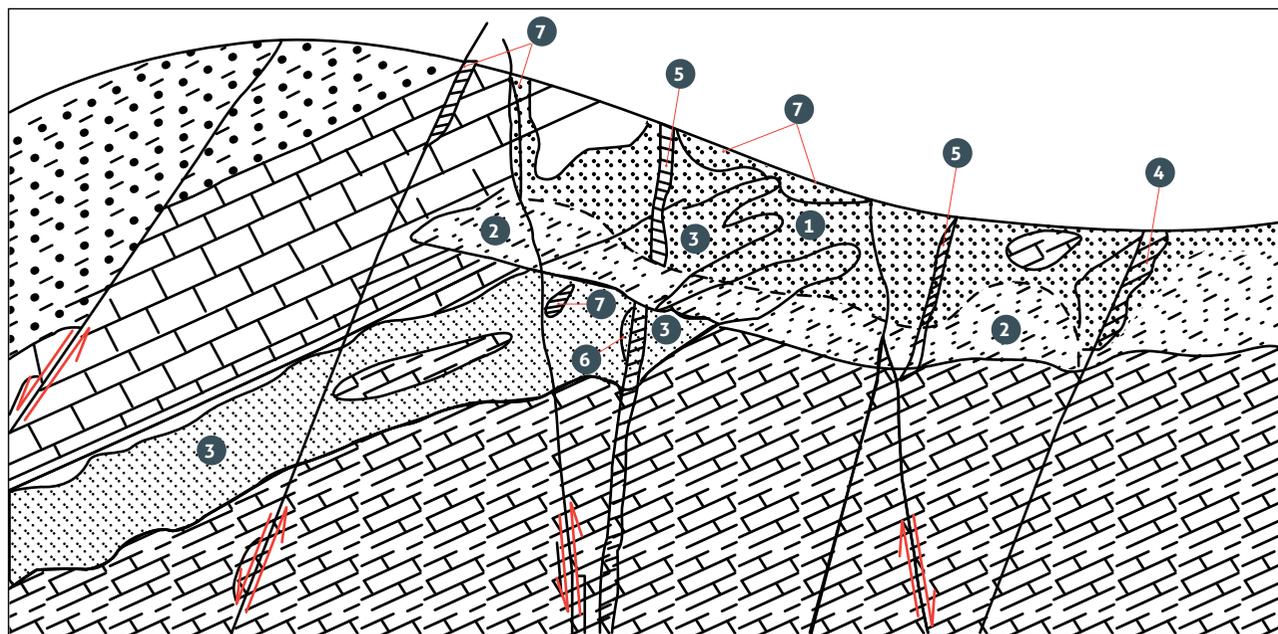


Figura 3. Corte esquemático transversal que ilustra un sistema complejo de fisuras ocupadas por un grupo considerable de minerales 1) zona lixiviada, 2) zona de alteración supergénica tardía, 3) zona mineralizada principal, donde se diferencia la zona inferior no alterada y la superior con oxidación, 4) cuerpos de jaseroide, 5) venas de barita con un patrón de barras horizontales, 6) venas de cuarzo, 7) venas de calcita

Fuente: Guilbert y Park (1985).

La barita y los minerales del tipo de depósitos de fisura y relleno de cavidades son típicos de una serie epitermal, precipitados a partir de soluciones de baja temperatura, y se encajan en cualquier tipo de roca.

La barita puede rellenar cavidades kársticas y estructuras de colapso, o también reemplazar otros cuerpos mineralizados. Puede ocupar fisuras formadas por deformaciones mecánicas, zonas de dilatación a lo largo de fallas y pliegues, diaclasas y planos de estratificación, y también aparecer en zonas de cizalla y brechas a lo largo de fallas (Hora, 1996).

2.5.1. Depósitos estratificados

Son aquellos en los cuales la barita está restringida a ciertos estratos o a una secuencia de estratos, en rocas sedimentarias; los depósitos de este tipo comercialmente importantes son de grano fino, masivos, de color gris oscuro y con abundantes cristales y masas de barita con cuarzo, *chert* y

carbonatos tales como calcita, dolomita, siderita, estroncianita y witherita; también son comunes la pirita y los óxidos de hierro.

La barita, en forma de nódulos y rosetas, hace parte sustancial de estas capas y, en menor proporción, de algunas capas limosas y arcillosas. Estas dos estructuras sugieren que durante la depositación existía espacio para un crecimiento libre. Las capas conglomeráticas están constituidas por nódulos y fragmentos de barita, *chert*, apatito y fragmentos de roca en una matriz finogranular de barita (Paradis, Simandl, MacIntyre y Orris, 1999).

Edad de las mineralizaciones: los depósitos aparecen albergados en rocas del Arquiense al Mesozoico, pero son más comunes en rocas del Fanerozoico, especialmente entre el Medio y el Paleozoico Tardío (Paradis *et al.*, 1999).

Acerca del origen de estos depósitos se han planteado dos hipótesis:

- La barita se formó como un depósito sedimentario primario (precipitación)
- Se originó como un reemplazo, en la roca huésped, por una solución acuosa

Es posible que el bario se origine en las rocas carbonatadas, donde el bario puede sustituir la estructura del aragonito en presencia de iones $(SO_4)^{-2}$ y formar barita, lo que explicaría su presencia en rocas carbonatadas, en ambientes de cuencas marinas epicratónicas. Tectónicamente, algunos depósitos están asociados a zonas controladas por fallas sindeposicionales.

Los depósitos sedimentarios por lo general comprenden grupos de lentes u horizontes discontinuos, paralelos a las rocas encajantes. Generalmente presentan gradación, desde el material de más alto tenor cerca al centro de los lentes, a tenores más bajos hacia los extremos. Esta gradación también ocurre estratigráficamente; es decir, el contenido de barita generalmente decrece cerca del contacto con la roca encajante. Los depósitos de venas son generalmente de origen hidrotermal y son más pequeños que los depósitos estratificados. Los depósitos detríticos residuales de barita se forman en capas de arcillas o arcillas residuales, como resultado de la meteorización superficial; normalmente son de bajo tenor (6 a 10 % de sulfato de bario- $BaSO_4$).

Barita estratiforme: la barita estratiforme se deposita formando lentes en sedimentos como roca huésped. Puede tener espesores superiores a diez metros y varios kilómetros de extensión a lo largo del rumbo. También mineralizaciones ricas en barita, con equivalentes laterales a depósitos de plomo-cinc en *shale* como roca huésped (Paradis *et al.*, 1999).

Tectónicamente, se forman en cuencas marinas intracratónicas, en márgenes continentales controlados por fallas; también en estructuras de graben de segundo o tercer orden y cuencas periféricas desarrolladas alrededor de promontorios marinos.

Ambiente de deposición: cuencas marinas profundas y estables, hasta zonas someras. Las rocas ricas en barita (baritina) se depositan en el fondo del mar y comúnmente gradan lateralmente a depósitos de plomo-cinc con *shale* como roca huésped, que se han formado muy cerca de aberturas hidrotermales o *chert* distal, en formaciones de

chert ferruginoso (hematítico), sílice y sedimentos enriquecidos en manganeso (Paradis *et al.*, 1999).

En cuanto a la edad, los depósitos de barita se albergan en rocas desde el Arquiense hasta el Mesozoico, pero más comúnmente en rocas del Fanerozoico, especialmente en el Paleozoico Medio a Tardío. Los tipos de roca huésped más comunes son carbonatos y silicatos, limolitas, *chert*, arcillolitas, turbiditas, areniscas, dolomitas y calizas.

Modelos de depósitos: algunos depósitos estratiformes de barita se forman de fluidos hidrotermales que se exhalan del fondo marino, y se precipitan la barita y otros minerales (sulfatos, *chert*, etc.) como sedimentos químicos. Dichos sedimentos cambian de composición con la distancia desde el punto de emisión, la temperatura y otros parámetros del fluido hidrotermal, cuando se mezcla con el agua de mar (Paradis *et al.*, 1999). En este tipo de depósitos exhalativos de cinc-plomo (figura 4), los minerales predominantes son barita y witherita, y en menor cantidad aparecen pirita, galena o esfalerita. La barita típica contiene materia orgánica y algo de H_2S e inclusiones fluidas. Presenta textura y estructura estratiforme lenticular de laminar a masiva, con capas de barita nodular o rosetas. La barita presenta características de sedimentación primaria.

2.5.2. Depósitos residuales

La barita se presenta en materiales no consolidados formados por la meteorización de depósitos preexistentes. Es común en el residuo de calizas y dolomitas de edad Cámbrica y Ordoviciense. La mayor parte de la barita de este tipo de depósitos es blanca, entre translúcida y opaca. Los depósitos derivados de las soluciones de canal y de sistemas de venas tienden a ser alargados, y los derivados de estructuras de derrumbamiento y sumideros tienden a ser redondeados. Se presume que la fuente de la barita en estos depósitos sea el material de la vena epigenética que queda después de haberse descompuesto químicamente la roca madre.

La extrema insolubilidad de la barita, si se compara con la de los sulfatos de los otros metales de tierras alcalinas, es factor importante en la geoquímica del bario en soluciones acuosas. La witherita es el carbonato más próximo de la barita, aunque su ocurrencia esté mucho más restringida, controlada por la circulación y precipitación de bario en ausencia de una cantidad equivalente de iones sulfatos (Goldschmidt, 1970).

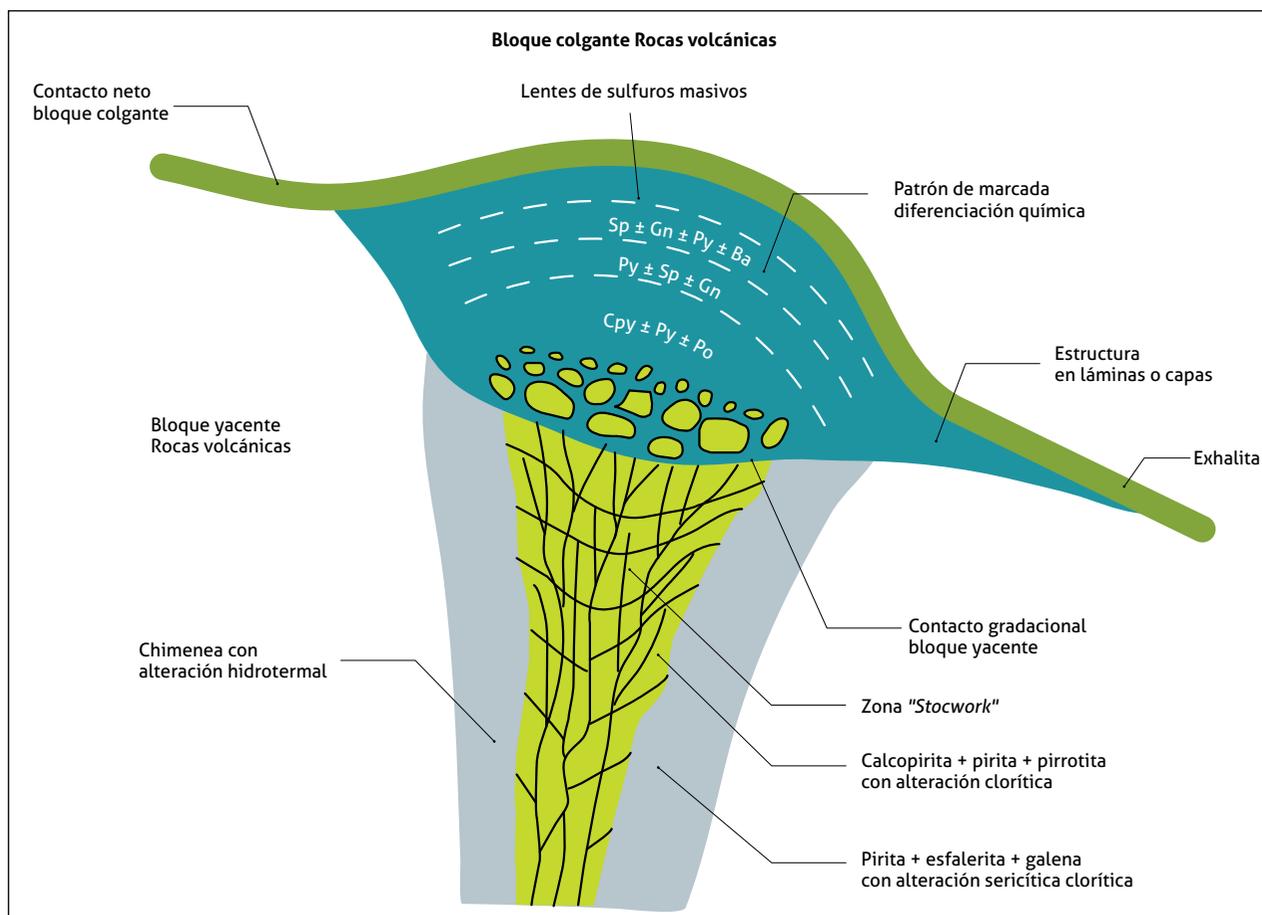


Figura 4. Modelo idealizado de lentes de Sulfuros Volcanogénicos que ilustra las características de zonificación de minerales de menas hipogénicas

(ba, barita; cpy, calcopirita; gn, galena; po, pirrotita; py, pirita; sp, esfalerita)

Fuente: tomado de: Koski (2012), modificado de Lydon (1984).

2.6. Métodos de prospección

La prospección mineral comprende una serie de actividades debidamente programadas y ejecutadas en un orden riguroso previamente establecido. Entre los esquemas conocidos y ampliamente utilizados cabe mencionar el diseñado por las Naciones Unidas, en el que se contemplan cuatro etapas principales para la ejecución de un estudio geológico orientado a identificar un depósito mineral, establecer su continuidad, cantidad y calidad del mineral, de tal forma que defina su importancia y sea una oportunidad de inversión.

Un primer paso, el **reconocimiento**, permite identificar las áreas potenciales en forma regional con base en el estudio de la información geológica regional, el uso de herramientas aerotransportadas de prospección y métodos indirectos de carácter regional. Se realizan reconoci-

mientos de campo que permitan la extrapolación de las interpretaciones geológicas. El objetivo fundamental es identificar las áreas mineralizadas de interés para la realización de estudios adicionales dirigidos a la identificación del depósito mineral. La estimación de las cantidades del material se debe hacer si existe disponibilidad de datos suficientes. Igualmente, si es posible, se deben hacer evaluaciones comparativas con otros depósitos conocidos y de características geológicas similares.

La segunda fase, **prospección**, es el proceso sistemático de búsqueda de un depósito mineral con potencial minero. Los métodos utilizados incluyen la identificación de afloramientos, los contactos geológicos y el uso de métodos indirectos, tales como estudios geofísicos y geoquímicos. Igualmente, se recurre a la apertura de trincheras, se realizan perforaciones y se toman muestras. El objetivo es identificar un depósito como blanco para estudios

de exploración adicionales. La estimación de las cantidades se obtiene con base en la interpretación de los resultados geológicos, geofísicos y geoquímicos.

La **exploración general**, como tercera etapa, implica la delimitación inicial de un depósito identificado. Los métodos utilizados incluyen el muestreo superficial, la apertura de trincheras y perforaciones espaciadas para la evaluación preliminar de la cantidad y calidad del mineral (pruebas mineralógicas a escala de laboratorio, en caso de ser necesario) y la interpolación con base en métodos indirectos de investigación. El objetivo es establecer las características geológicas principales del depósito, indicando razonablemente la continuidad y estimación inicial del tamaño, la forma y magnitud de la estructura. El grado de exactitud debe ser suficiente para decidir si es posible realizar un estudio de prefactibilidad y proceder a una exploración detallada.

La **exploración detallada**, como cuarta etapa, comprende la delimitación tridimensional del depósito (geometría del depósito) a partir de la información obtenida del muestreo de afloramientos, de apiques, perforaciones y apertura de túneles. El espaciamiento del muestreo geoquímico, la forma, su estructura y demás características relevantes del depósito se establecen con un alto grado de exactitud. Se requiere el estudio detallado de las muestras obtenidas. La viabilidad del proyecto se puede determinar con base en la información que aporta el estudio de exploración.

En el caso particular de la barita, la **prospección geoquímica** es quizás el método más efectivo para reconocerla. Por lo general, aparece con anomalías de estroncio y algunas veces con mercurio, plata, plomo, zinc y cobre en suelos y rocas. En sedimentos activos, la barita aparece tanto en las arenas como en los sedimentos finos (Hora, 1996).

La barita clástica en sedimentos activos, en arenas y fracciones de arena muy fina, en materiales superficiales, es un buen indicio para buscar depósitos. Una alta relación bario/estroncio en rocas y suelos, define zonas mineralizadas con cobre/molibdeno (Rose, 1979).

La geofísica es una herramienta útil y se puede utilizar mediante el corrido de líneas gravimétricas, y también por métodos magnéticos, a lo largo de estructuras y conjunto de venas mineralizadas (Hora, 1996).

2.7. Sistemas de explotación y procesamiento de minerales

La mayoría de los depósitos que se explotan en el mundo tienen tenores superiores del 80 % de bario. El tamaño de los depósitos puede variar desde miles hasta tres millones de toneladas.

3.7.1. Extracción de la barita

Los depósitos de barita estratificada se trabajan con los métodos tradicionales de minería (cámaras y pilares) o a tajo abierto. La barita, dependiendo del uso que vaya a dársele, se vende en forma de masa cruda, concentrados y base de barita.

Los depósitos residuales fueron los primeros en explotarse, al principio con sistemas rudimentarios, y posteriormente se adoptaron métodos mecánicos. El material extraído con palas y cargadores es tratado en plantas lavadoras, donde el agua a presión lava la arcilla y los fragmentos de roca y la barita se almacena en un depósito localizado encima de una criba.

Los fragmentos demasiado grandes se seleccionan para triturarlos, pero únicamente si el contenido de barita es alto. La descarga del lavadero pasa a través de un cilindro rotatorio con huecos de aproximadamente una pulgada de diámetro, y los fragmentos de tamaños más grandes se trituran. La barita se separa de los fragmentos de roca por gravedad específica; el hierro puede ser removido magnéticamente. La recuperación de la barita oscila entre 80 y 85 %.

El mineral, una vez extraído de la mina, se somete a procesos de beneficio para mejorar su calidad, para lo cual se siguen diferentes métodos, que se describen a continuación (Brobst, 1994).

3.7.2. Beneficio de la barita

La barita que se extrae de la mina está acompañada de material silíceo (cuarzo, principalmente), así como de cantidades pequeñas de estroncianita (sulfato de estroncio) y carbonato de calcio en pequeñas cantidades. Para mejorar su calidad se debe eliminar la mayor cantidad de cuarzo, con el fin de obtener un concentrado de sulfato de bario y garantizar una densidad mínima de 4.2, necesaria para la elaboración de lodos de perforación que se utilizan en la industria petrolera. Para mejorar su calidad se pueden utilizar estos dos métodos principales:

Proceso gravimétrico en medio acuoso. Consiste en aprovechar la diferencia de densidad entre la barita 4.48 g/cm³ y el cuarzo 2.65 g/cm³ (como máximo), para lo cual se utiliza el sistema de espirales, mesas vibratorias, hidrociclones, etc. (Brobst, 1994) (figura 5).

Flotación. En este otro método utilizado para el beneficio de la barita, el mineral se lleva al molino y la suspensión resultante se pasa a las celdas de flotación. El concentrado de barita es filtrado, secado y calcinado para remover los reactivos. En el proceso intervienen reactivos colectan-

tes; para el caso de la barita, ácidos grasos o sulfatos de petróleo. La recuperación de la barita, en ambos casos, oscila entre el 85 y el 90 por ciento (Minero, 2017).

Metalurgia. En la industria se preparan pequeñas cantidades por reducción de óxido de bario con aluminio en grandes retortas. El metal se utiliza en aleaciones bario-níquel para alambres de bujía y en el metal de Frary, aleación de plomo, bario y calcio, que puede moldearse.

El metal reacciona con el agua, se oxida con rapidez al aire y forma una película protectora que evita que la

reacción continúe; en aire libre puede inflamarse. El metal es bastante activo químicamente para reaccionar con la mayor parte de los no metálicos. El mineral es dúctil y maleable. La barita blanda es fácil de moler; se utiliza en la manufactura de los compuestos de bario. La barita cruda se muele y mezcla con polvo de carbón y se calcina en un horno rotatorio de reducción. El sulfato de bario se reduce a sulfuro de bario o ceniza negra; ésta consta de cerca de 70 % de sulfuro de bario, se trata con agua caliente para hacer una solución que se utiliza en numerosos compuestos (Minero, 2017).

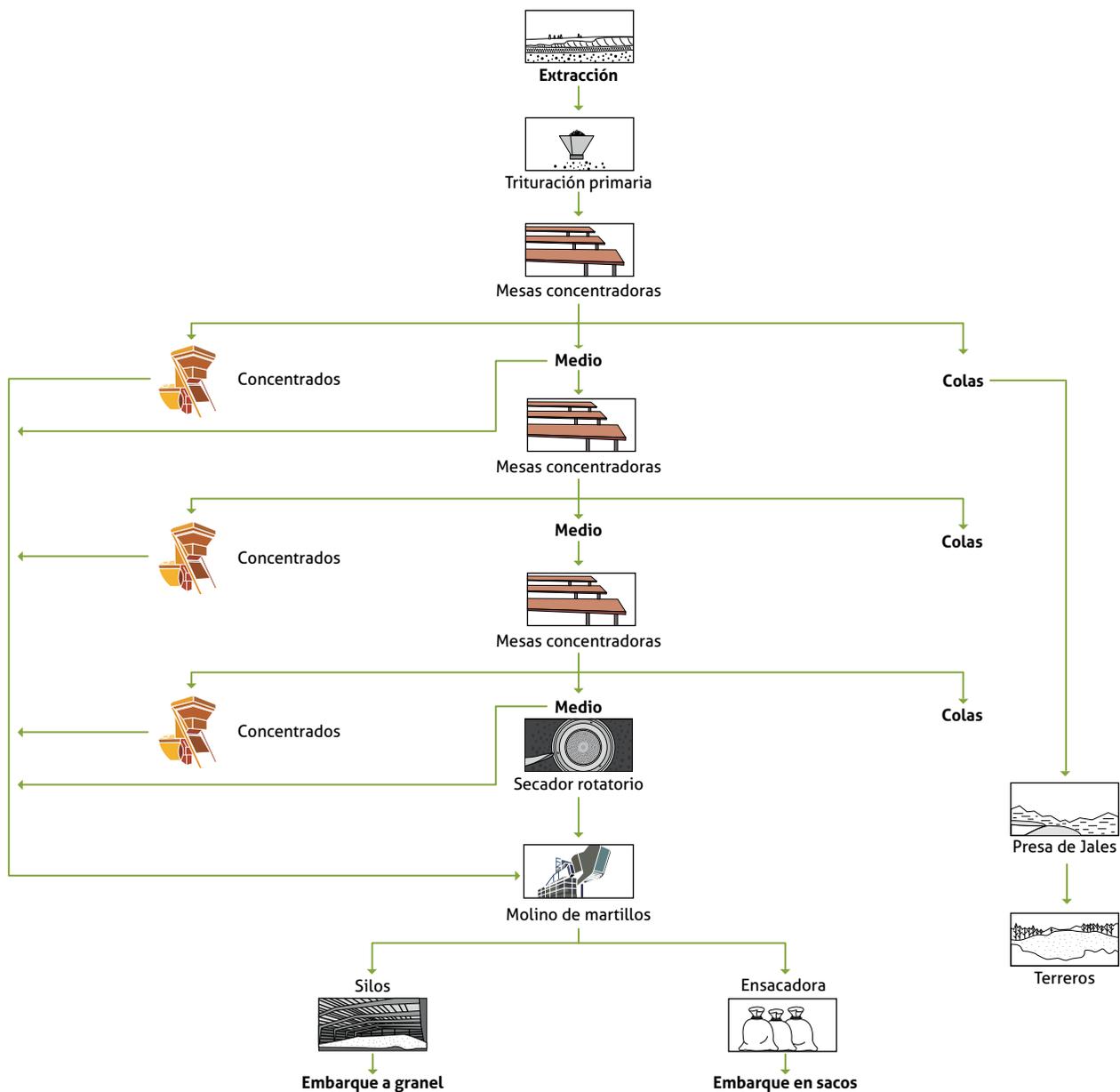


Figura 5. Diagrama de flujo en la concentración de barita

Fuente: modificada a partir de DGDM (2017)

Consideraciones ambientales. La industria de la barita no causa mayores perjuicios ecológicos, fuera de las normales originadas por la minería y el beneficio del mineral. Las plantas de flotación y lavado de barita requieren estanques para almacenar los desechos, por lo general inertes. Las minas a cielo abierto se pueden rehabilitar para otros usos posteriores. Algunos gases tóxicos, especialmente de sulfuro de hidrógeno, son generados por plantas químicas dedicadas a la manufactura de cloruro de bario. Los gases tóxicos se pueden desprender de la descarga, y el sulfuro de hidrógeno es convertido en otros productos sulfurados.

Por muchos años, en Alaska no se permitía tratar minerales de barita con contenidos superiores a 3 ppm de cadmio y 1 ppm de mercurio. En Estados Unidos, estos estándares fueron pronto aplicados en California y en los estados situados en el golfo de México. Tales regulaciones potenciales se han discutido en varios foros de la Federal Register. Estas normas se pueden encontrar en varias fuentes de barita, pero especialmente de depósitos de barita estratificada, no asociados a depósitos de sulfuros, como los del estado de Nevada. Este estándar, sin embargo, excluye el uso de la barita de muchas venas y depósitos estratiformes que contienen sulfuros metálicos asociados, especialmente con zinc, los cuales comúnmente también contienen cadmio en cantidades mayores de lo usual. Se han propuesto varias reglas que no permiten ninguna descarga de plataformas de perforaciones petroleras dentro de 6.4 km de la costa; pero detrás de estos límites de descarga no es permitido más de 1 ppm para cada uno de los minerales de cadmio y mercurio (Minero, 2017).

Casi ninguna mina de barita se recicla. El residuo de lodos de perforaciones generalmente se abandona en estanques después de haber terminado la perforación. La barita o los compuestos de bario utilizados en varios procesos y productos manufacturados se pierde para usos posteriores (Minero, 2017).

2.8. Recursos, reservas y comercio

La tabla 1 muestra las reservas mundiales en el periodo comprendido entre 1996 y 2016, que se duplicaron hasta alcanzar el orden de 300 millones de toneladas; los cuatro países que hacen los mayores aportes son Kazajistán, Turquía, China e India, con el 65 % del total de reservas en el año 2016. La participación mundial de reservas por países se refleja en la figura 6.

Como se mencionó, este mineral se usa mayoritariamente en lodos de perforaciones petroleras, y también, aunque con menor frecuencia, en perforaciones mineras.

Por esta razón, la búsqueda, evaluación y demanda de este mineral están estrechamente relacionadas con los proyectos de exploración de hidrocarburos en el mundo. La tabla 2 muestra los principales países productores de barita en el periodo comprendido entre 1996 y 2016. En la figura 7 se muestra la participación de países en la producción de barita en el año 2016; allí se puede observar que los tres principales países productores son China, India y Marruecos, que suman el 63 % de la producción mundial.

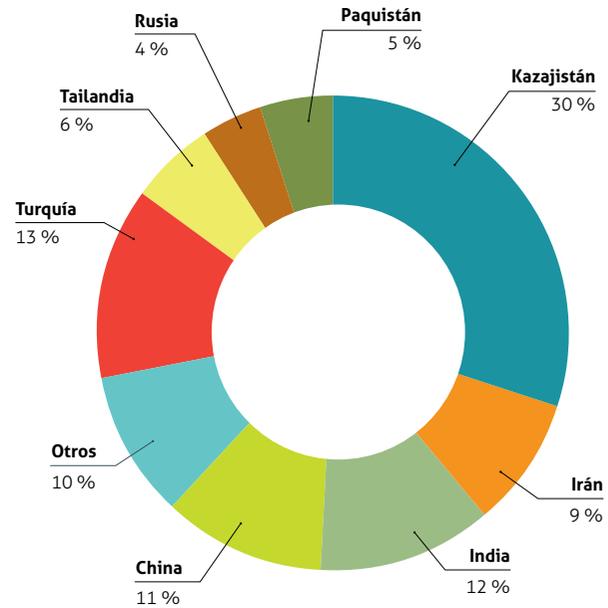


Figura 6. Reservas mundiales de barita en el año 2016
Fuente: USGS (2017)

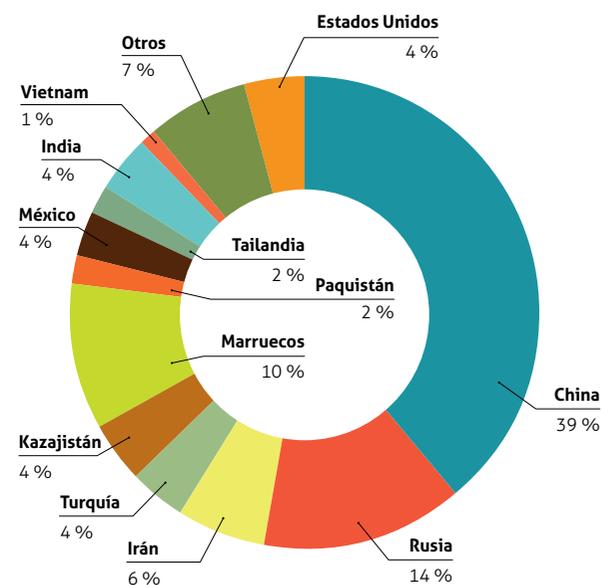


Figura 7. Producción mundial de barita entre 1996 y 2016 (en miles de toneladas)
Fuente: USGS (2017)

Tabla 1. Reservas y recursos mundiales de barita (en miles de toneladas) en el periodo 1996-2016

País	1996	2001	2006	2011	2016
Estados Unidos	28 000	6000	25 000	15 000	
Argelia		9000	9000	29 000	
Brasil			2100		
Bulgaria		10 000			
Canadá	11 000				
China	35 000	30 000	62 000	100 000	30 000
Francia	2000	2000	2000		
Alemania	1000	1000	1000	1000	
India	28 000	53 000	53 000	32 000	32 000
Irán					24 000
Irlanda	1000				
Kazajistán					85 000
Corea del Norte					
México	7000	7000	7000	7000	
Marruecos	10 000	10 000	10 000	10 000	
Paquistán				1000	14 000
Rumania					
Rusia		2000	2000	12 000	12 000
Tailandia	9000	9000	9000		18 000
Turquía	4000	4000	4000	4000	35 000
Vietnam					
Reino Unido	100	100	100		
Otros	20 000	12 000	14 000	24 000	29 000
Total	156 100	155 100	200 200	235 000	279 000

Fuente: USGS (2017)

Tabla 2. Producción mundial de barita en el período 1996-2016

País	1996	2001	2006	2011	2016
Estados Unidos	650	400	540	640	316
Argelia		50	50	60	
Brasil			60		
Bulgaria		120	95		
Canadá	60				
China	1500	3800	4300	4000	2800
Francia	70	75	75		
Alemania	145	120	89	50	
India	550	650	1000	1100	1000
Irán	150	190	280	200	400
Irlanda	60				
Kazajistán	150		120	200	300
Corea del Norte		70			
México	230	120	250	154	250
Marruecos	270	320	420	600	700
Paquistán				50	120
Rumania	100				
Rusia		60	65	60	210
Tailandia	50	50	120		170
Turquía	155	120	200	250	250
Vietnam			110	85	100
Reino Unido	80	70	60	50	
Otros	195	250	250	300	520
Total	4415	6465	8084	7799	7136

En miles de toneladas métricas

Fuente: USGS (2017)

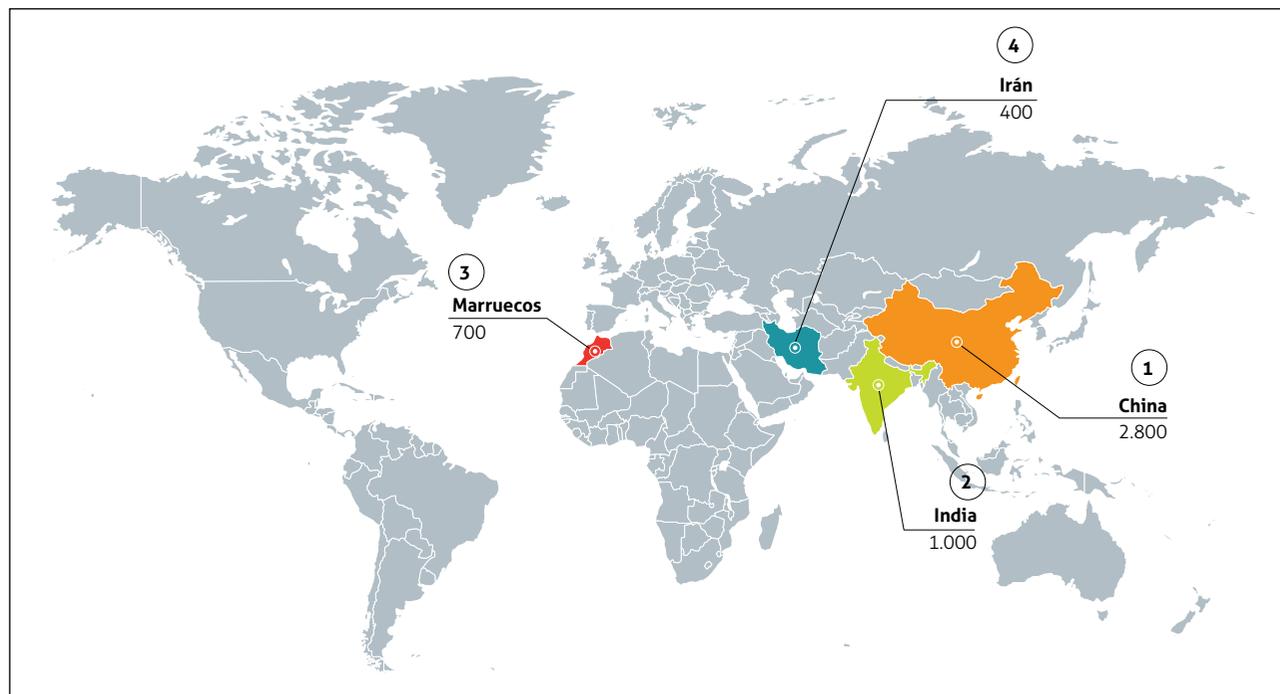


Figura 8. Principales países productores de barita en el año 2016

Fuente: USGS (2017)

En el mundo, los precios de la barita son muy flexibles y dependen de las especificaciones y cantidades requeridas por el comprador. La mayor parte del producto grado-lodo se vende con los servicios de ingeniería a las grandes compañías de perforación petrolera. Igualmente, los precios varían de acuerdo con la concentración y pureza de los productos, según los requerimientos de la industria. El precio por tonelada varía en un rango situado entre los USD 80-400.

2.9. Perspectivas

En los últimos años, el auge en la producción de gas y petróleo ha motivado un crecimiento constante de la demanda de los diferentes productos de la barita en el mercado internacional. Se espera que para el año 2024, el mercado de Estados Unidos experimente un incremento del 6% respecto del consumo actual (figura 9).

embargo, la geología del país y las numerosas ocurrencias conocidas permiten pensar que existe un potencial geológico-minero considerable. Además, existe la posibilidad de encontrar depósitos de tipo sedimentario donde se presenten rocas afines con este tipo de ambiente. Según Gómez *et al.*, (2006), en Colombia las mejores posibilidades aparecen en la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenvilliana.

3. La barita en Colombia

En Colombia, la exploración geológico-minera y explotación de barita no ha tenido un lugar relevante en el contexto económico de materias primas de origen mineral, y por lo tanto su aporte a la economía de los recursos naturales no renovables no ha tenido mayor importancia. Sin

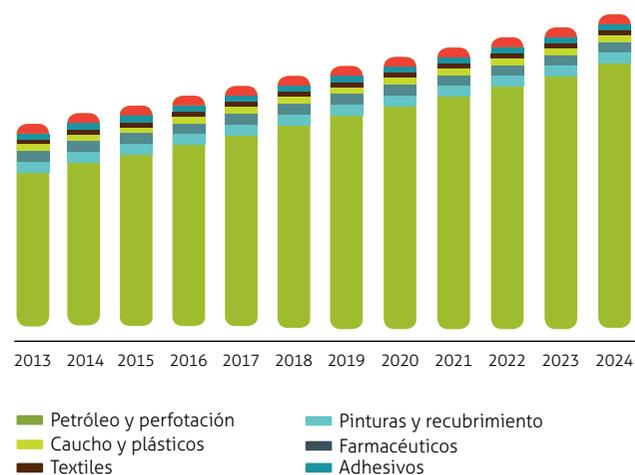


Figura 9. Consumo de barita estimado para el periodo 2013-2024 en Estados Unidos

Fuente: Global Market Insight (2017)

3.1. Geología regional

En el país, las minas y manifestaciones más importantes se ubican en dos sectores de la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenvilliana: el primero comprende los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, y el segundo, los departamentos de Huila y Tolima. En Norte de Santander, las existencias se concentran en los municipios de Ábrego, Hacarí, El Carmen y Villa Caro, las manifestaciones son de origen hidrotermal, se encuentran emplazadas en rocas graníticas jurásicas y metamórficas de edad paleozoica; en Santander las ocurrencias están en los municipios de La Paz, La Belleza, Bolívar, Sucre, La Aguada, Barichara, Los Santos, Guaca, Charta, Cepitá, Girón, Umpalá, Santa Bárbara, Tona y Matanzas; en el Tolima, en los municipios de Ataco, Planadas, Coyaima, Natagaima, Rovira, Valle de San Juan; en el Huila, en los municipios de Nátaga, Tesalia, Palermo, El Pital, Paicol y Aipe. Igualmente, existen manifestaciones aisladas y poco conocidas, como las del departamento de La Guajira (Camacho, 2002).

3.2. Geología local

La información geológica de algunas minas señala que las mineralizaciones de barita se originaron a partir de procesos hidrotermales encajados en diferentes tipos de rocas huéspedes, especialmente volcánicos, ígneos y calizas.

Las mineralizaciones se localizan especialmente en la subprovincia Santander Perijá y subprovincia Ibagué Mocoa, en la Provincia Metalogénica Continental Central (Salinas *et al.*, 1999).

La situación actual de las principales áreas con barita es la siguiente:

Departamento de Santander. Las mineralizaciones más importantes de barita se encuentran en forma de venas y filones en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, por lo regular asociadas con fluorita y minerales de plomo, que algunas veces se explotan como subproductos. La barita se presenta con diferente grado de pureza, cristalinidad y peso específico (Royero, 2001).

En la Mesa de los Santos, los filones de barita se encuentran comúnmente cortando sedimentos. Los estudios de secciones delgadas realizados en muestras de biomicritas de la formación Rosablanca no mostraron indicios de percolación sedimentaria, como tampoco de removiliación diagenética de mineral de bario. Se encontraron indicios de la presencia de una misma asociación mineral

de la barita y la fluorita. El estudio tectónico de elementos estructurales a pequeña escala muestra que las mineralizaciones están asociadas a fallas menores de rumbo con direcciones E-W y NW-SE (Williams, 1982).

Con respecto a la magnitud de las mineralizaciones típicas en el departamento de Santander, en términos generales se trata de filones de un kilómetro de longitud sobre diques cuyo espesor fluctúa entre 0.40 y 1.20 metros, con una diferencia de altura de 80 metros.

Departamento del Tolima. Las ocurrencias de barita se encuentran, en el sur, en los municipios de Ataco, Planadas, Coyaima y Natagaima; en la zona central, en Rovira y Valle de San Juan, donde se han explotado pequeños yacimientos asociados a rocas volcano-sedimentarias de la formación Saldaña. Las mineralizaciones son de rellenos de cavidades, posiblemente originadas por fluidos hidrotermales de baritina, cuarzo y minerales accesorios. Se trata de áreas de potencial importancia para estudios detallados de exploración y evaluación mineral (Núñez, 2001).

Departamento del Huila. Las mineralizaciones de barita son de origen hidrotermal, por relleno de cavidades, asociadas con rocas ígneas y sedimentarias de edad Jurásico. La mineralización es de edad pre-Cretáceo superior, porque los filones de barita llegan solamente hasta la superficie discordante sobre la que reposan las secuencias sedimentarias cretácicas. Finalmente, se concluye que las rocas de la formación post-Payandé son huéspedes de las mineralizaciones (Vargas, 2011).

3.3. Situación actual de la minería

Con respecto a la barita, el catastro minero reporta que actualmente hay quince títulos vigentes para este mineral.

3.3.1. Potencial

Con base en la información geológica disponible, descrita en la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenvilliana (Gómez *et al.*, 2006), así como los datos de las minas localizadas en el *Mapa metalogénico de Colombia* (1999), existen numerosas localidades con manifestaciones de barita en el país. Una actividad importante es prospectar depósitos de origen sedimentario, con base en el conocimiento geológico disponible sobre los ambientes geológicos, e incluir también interpretaciones de depósitos similares en diferentes países del mundo.

En la forma como se expuso en los párrafos anteriores, la información geológica disponible sobre el país mues-

tra una gran variedad de ambientes geológicos, muchos de ellos propicios para el hallazgo de depósitos de barita, especialmente en la Provincia Litosférica Continental Mesoproterozoica Grenvilliana (Gómez *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta que la producción nacional no satisface la demanda interna de este producto, así como de posibles incrementos originados por la continuidad de los trabajos de exploración petrolera en el futuro, se espera que el consumo crezca, lo que justificaría la realización de trabajos exploratorios orientados al desarrollo de nuevos prospectos. De esta forma se podrían incrementar los volúmenes de producción.

Las manifestaciones y yacimientos se registran en la tabla 3- figura 10, extraída del informe *Mapa metalogénico de Colombia* (Salinas *et al.*, 1999). Igualmente, de acuerdo con el mismo informe, solamente de siete de las minas se dispone de información sobre la génesis, y se agrega que se trata de procesos hidrotermales mediante los cuales se formaron los depósitos de barita, especialmente de sulfatos lenticulares, venas y filones.

El Servicio Geológico Colombiano en el año 2016 publica el Mapa Metalogénico de Colombia que muestra la distribución espacial y temporal de depósitos y ocurrencias o manifestaciones minerales en un contexto geológico, en la figura 10 se evidencia la información validada a la fecha (SGC, 2016b), así mismo el mapa de Zonas potenciales de recursos minerales en el año 2011.

En la figura 11 el Atlas Geoquímico de Colombia, 2016, a partir de un cubrimiento aproximado del 35% del país muestra la distribución del bario basado en su concentración en sedimentos mg/kg de 26 416 registros analizados (SGC, 2016a).

En el año 2017, la Agencia Nacional Minera reportó una producción de barita de 795.57 toneladas en La Paz, departamento de Santander (Agencia Nacional de Minería, 2018).

Tabla 3. Manifestaciones y yacimientos de barita y bario en Colombia

Localidad	Manifestaciones y yacimientos
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	Sulfatos de origen hidrotermal
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	concentración residual
22	
23	

Fuente: Salinas *et al.* (1999)

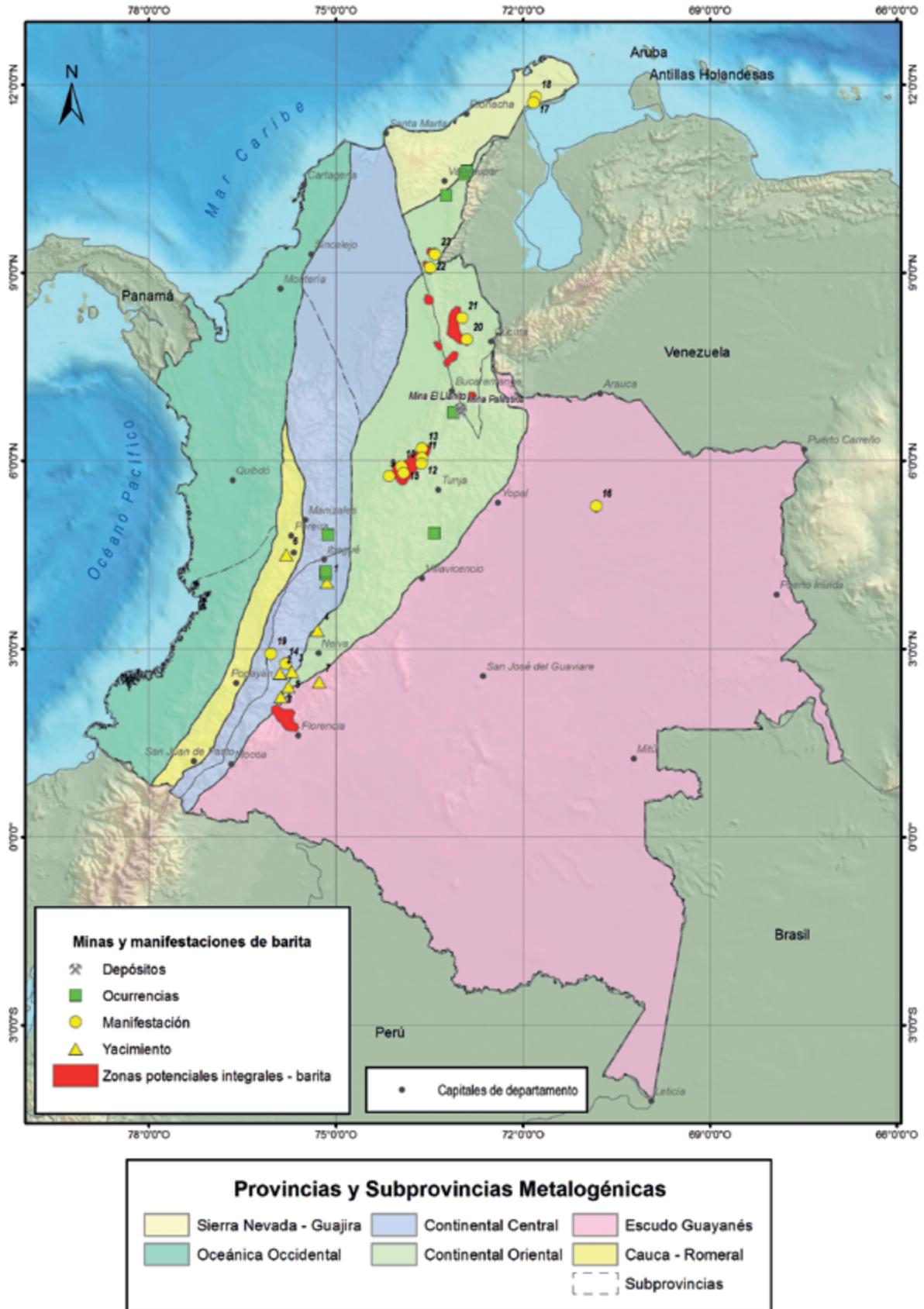


Figura 10. La barita en Colombia

Fuente: Manifestaciones y yacimientos (tabla 3); depósitos y ocurrencias (SGC, 2016b); zonas potenciales integrales (SGC, 2011).

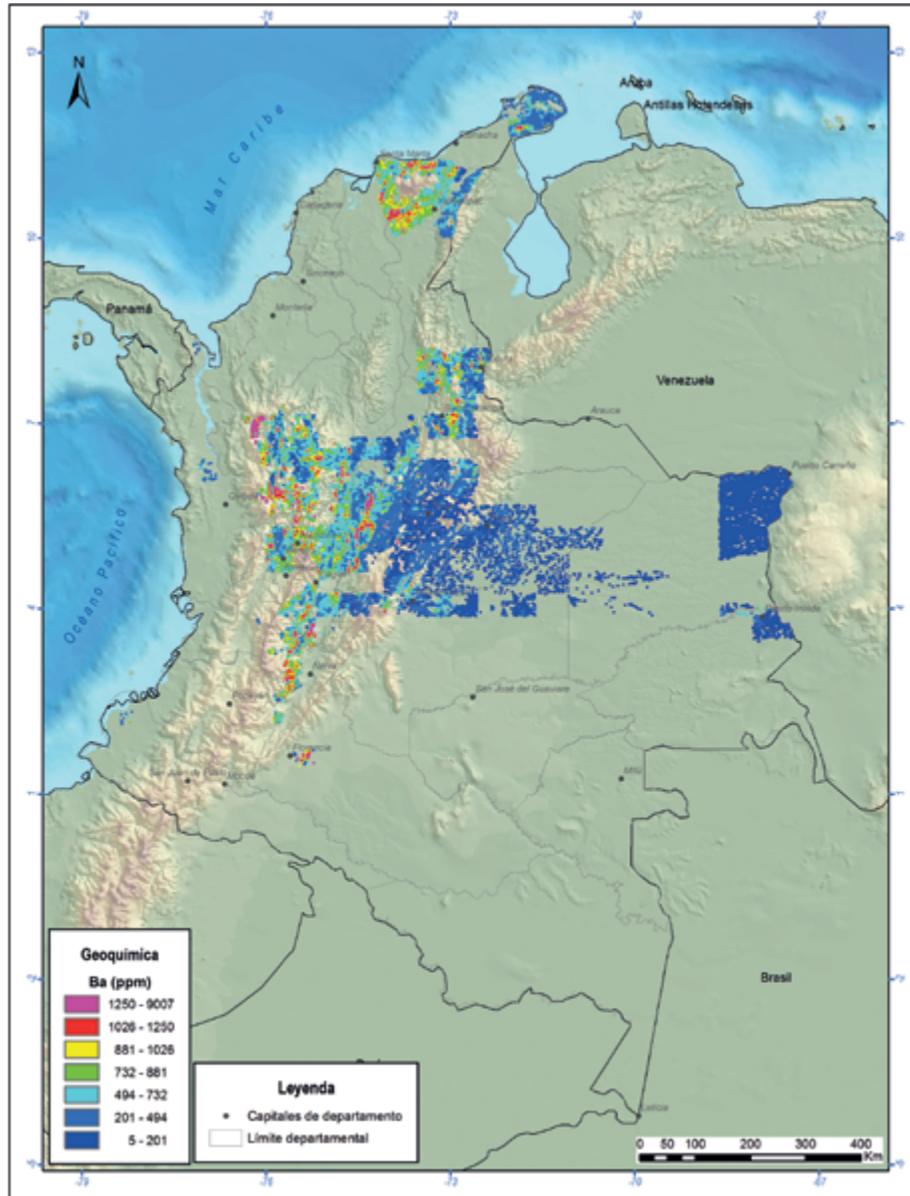


Figura 11. Distribución geoquímica de bario en Colombia

Fuente: SGC (2016a)

3.3.2. Comercio

Con respecto al comercio exterior, los actuales volúmenes de producción no satisfacen la demanda nacional, y por esta razón se mantienen las importaciones, especialmente de Estados Unidos, China y Perú. La Figura 12 muestra las importaciones y su valor en dólares.

4. Aspectos ambientales y sustitutos

En el mercado de los lodos de perforación hay varios sustitutos de la barita, como la celestita, ilmenita y hematita sinté-

tica (fabricada en Alemania); sin embargo, ninguno tiene mayor impacto en la industria de los lodos de perforación.

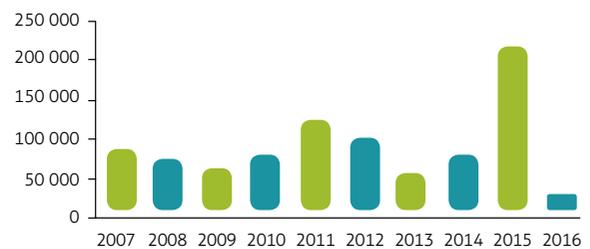


Figura 12. Importaciones de barita entre 2007 y 2016

Fuente: DANE (s.f).

Bibliografía

- Agencia Nacional de Minería (2018). *Así se movieron las cifras de producción de minerales en 2017*. Disponible en <https://www.anm.gov.co/?q=asi-se-movieron-las-cifras-de-produccion-de-minerales-en-2017>.
- American Petroleum Institute. (1993) Specification for Drilling Fluids – Specifications and Testing. En *Purchasing Guidelines Handbook*. Washington.
- Bariblock (s.f). *La barita*. Disponible en <https://www.bariblock.eu/la-barita/>
- Brobst, D.A. (1994): Barium Minerals, En D. D. Carr (Ed.), *Industrial Minerals and Rocks*. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Camacho, J. (2002). *Memoria explicativa. Mapa de recursos minerales de Colombia: minerales industriales*. Bogotá: Ingeominas.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s.f). *Importaciones*. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/importaciones>
- Dirección General del Desarrollo Minero. (2017). *Perfil de mercado de la Barita*. Mexico. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287792/Perfil_Barita_2017.pdf
- Durán, S. y Teherán, K. (s. f.). *Yacimientos de sulfuros masivos vulcanogénicos (MVS)*. Disponible en <http://studylib.es/doc/3343792/yacimientos-de-sulfuros-masivos-vulcanogenicos>.
- Global Market Insight (2017). *Industry trends*. Disponible en <https://www.gminsights.com/industry-analysis/barite-market>.
- Gómez, T., Nivia, G., Jiménez, M., Montes, R., Sepúlveda, O., Osorio, N. et al. (2006). *Mapa geológico de Colombia escala 1:2.800.000*. Bogotá: Ingeominas.
- Goldschmidt, V. (1970). *Geochemistry*. Oxford: Clarendon Press.
- Grupo Heurema. (s.f). *Lo extraño de una piedra blanca y pesada: El bario*. Disponible en: <http://www.heurema.com/Origenes31.htm>
- Guilbert, J. y Park, J. (1985). *The geology of ore deposits*. New York: Fremman and Company.
- Hora, Z. (1996). Vein Barite. En *Selected British Columbia Mineral Deposit* (vol. 2). Ontario: British Columbia Geological Survey
- Koski, R. (2012). *Hypogene Ore Characteristics. Volcanogenic Massive Sulfide Occurrence Model*. Scientific Investigations. Report 2010-5070-C. Virginia: USGS.
- Minerals.net. (2017). *The mineral Barite*. Disponible en <http://www.minerals.net/mineral/barite.aspx>.
- Núñez, A. (2001). *Mapa geológico del departamento del Tolima. Memoria explicativa. inf 2195b*. Bogotá: Ingeominas.
- Paradis, S., Simandl, G., MacIntyre D. y Orris, G. (1999). *Sedimentary-hosted, stratiform barite* (vol. 3). British Columbia: Geological Survey of Canada.
- Rose, A. (1979). *Geochemistry exploration*. New York: Academic Press.
- Royero, J. (2001). *Mapa geológico generalizado departamento de Santander. Memoria Explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- Salinas, R., Rodríguez, C., Lozano, H. y Solano, F. (1999). *Mapa metalogénico de Colombia. Informe 2259*. Bogotá: Ingeominas.
- Searls, J. (2002). *Barite. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*. Reston: U. S Geological Survey.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2011). *Mapa de zonas potenciales integrales para recursos minerales. Esc: 1: 1 000 000*. Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016a). *Atlas Geoquímico de Colombia. Concentración de Bario (Ba)*. Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016b). *Mapa Metalogénico de Colombia. Esc: 1: 1 500 000*. Bogotá.
- UPME. (2017). *Sistema de información minero colombiano*. Disponible en <http://www1.upme.gov.co/simco/Paginas/default.aspx>
- USGS (2017). *Barite: Statics and information*. Disponible en <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite/>.
- Vargas, R. (2011). *Yacimientos minerales del departamento del Huila*. Disponible en <http://ingenieria.usco.edu.co/museo/imagenes/GeoEconomicaHuila.pdf>.
- Williams, J. (1982). *Barita y fluorita en la Mesa de los Santos y Pescadero, Santander. Informe 1881*. Bucaramanga: Ingeominas.