



Granate variedad Grosularia  
Servicio Geológico Colombiano  
Fotografía: Alejandra Cardona, SGC

# Granate

Rodolfo Gilart González y René F. Lugo Primelles

**Citación:** Gilart, R. y Lugo, R. (2019). Granate. En: *Recursos minerales de Colombia*, vol. 1. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

El nombre granate viene del latín *granatus*, que significa *granado*. Cristaliza en el sistema cúbico, presenta dureza de 6 ½ a 7 ½ en la escala de Mohs; de allí que uno de sus usos frecuentes sea el de abrasivo. Sus variedades principales se diferencian en función de su color, así: piropo (rojo intenso a casi negro), almandino (rojo oscuro transparente), espartina (castaño a rojo), grosularia (verde claro), andradita (amarillo), uvarovita (verde esmeralda) e hidrogrosularia (Hurlbut y Klein, 1984).

El yacimiento más característico del granate lo constituyen los esquistos micáceos, esquistos de hornblenda y neises. El piropo se encuentra en rocas ultrabásicas como las peridotitas. El almandino es un granate común en las rocas metamórficas que resulta del metamorfismo de sedimentos arcillosos; es un granate detrítico disperso en las rocas sedimentarias (Phillips y Phillips, 1986).

Un factor importante que favorece su explotación es el contraste de densidad entre el granate y el resto de minerales que componen la roca, que suele permitir una separación mineralúrgica de bajo costo. El primer uso documentado en los procesos industriales se puede remontar a los últimos años del siglo XIX, cuando Barton Mines Corp. lo utilizó como capa para el papel de lija.

## 1. Usos

El granate se considera una de las gemas más versátiles del mercado mundial. Su empleo se puede remontar a los tiempos antiguos, particularmente la edad de bronce, cuando fue utilizado sobre todo como un abrasivo y piedra preciosa.

Sus propiedades naturales hacen que sea el más eficiente abrasivo en muchas aplicaciones industriales. Para este fin son muy útiles sobre todo cuando se presentan en formas cristalinas relativamente grandes, y no los que se hallan en masas granulares.

Actualmente las aplicaciones del granate están relacionadas con sus propiedades: dureza y densidad rela-

tivamente altas, resistencia química y no toxicidad, que permiten que tenga cinco campos principales de aplicación: abrasivo para eliminación de óxidos sobre superficies metálicas (decarpar), revestimientos, filtrado de aguas, corte de acero en *jets* (chorro de agua a alta presión) y pulido.

Según el (USGS, 2006), aproximadamente el 35 % del granate comercializado se utiliza para el pulido de superficie (*sandblasting*), alrededor del 30 % se utiliza en corte de acero en *jets* (chorros), el 15 % en el filtrado de agua, 10 % en la fabricación de polvos abrasivos y 10 % en otros usos.

Se utiliza en polvo aglomerado sobre papel o tela para el pulido y acabado de superficies de materiales como madera, caucho y plásticos; en granos y polvos se emplea para pulir vidrio, cerámica y otros materiales. También se utiliza mediante chorros de arena a gran velocidad (*sandblasting*) para acondicionar superficies metálicas, y mediante chorros de agua a alta presión (*water-jet*), para cortar de metales.

Existen muchos usos industriales adicionales del granate, como, por ejemplo, el de acondicionar el aluminio y otros metales empleados en la aeronáutica y otros equipos de transporte; pulido de lentes ópticas; pulimento y acabado de productos de caucho duro, plásticos y maderas. La industria petrolera de Estados Unidos también usa el granate, en su caso, para limpiar las tuberías de perforación de pozos. Dado que el granate es químicamente inerte y reciclable, resulta un medio ideal para la filtración.

Los granates, además, son minerales frecuentemente utilizados en joyería, pues se los considera gemas, sobre todo los ejemplares rojos, a los que la cultura popular suele atribuirles virtudes mágicas. Si son de buen tamaño y están bien cristalizados, se emplean como piedras semipreciosas.

## 2. Ambiente geológico

En este capítulo se describen las características generales del granate, tales como la mineralogía y composición, tipos

de depósitos existentes en el mundo, así como los métodos de prospección, sistemas de explotación y procesamiento de minerales; además, se hace un análisis de los recursos, reservas y comercio de este mineral a escala mundial.

## 2.1. Características

A continuación se describen las características más importantes del granate.

### 2.1.1. Geoquímica

El grupo de los granates se identifica mediante la fórmula general  $X_3Y_2(SiO_4)_3$ , donde X es normalmente calcio (II), manganeso (II) o hierro (II) y Y es aluminio (III), cromo (III) o hierro (III). Hay distintos tipos de granates (piropo, almandino, grosularia, andradita, espesartita y uvarovita), que en la naturaleza suelen aparecer casi todos juntos, en distintas proporciones.

### 2.1.2. Mineralogía

El granate pertenece a un grupo de minerales que presentan cristales en forma de dodecaedros o trapezoedros. Pertenecen a los neosilicatos, cristalizan en el sistema cúbico, de ordinario en rombododecaedros, hexaocaedros o combinaciones de ambos (figura 1).

Las distintas variedades de granate muestran casi todos los colores, excepto el azul. Las piedras de color castaño, rojas, verdes, amarillas, negras e incoloras son comunes. Algunos son de un color tan intenso que casi parecen negros, hasta el punto de que a veces se tallan con la parte trasera ahuecada para permitir el paso de la luz. Entre las variedades de granates más comunes se encuentran los siguientes:

- Aluminicos: grosularia, piropo, almandino, espesartita
- Férricos: andradita
- Crómicos: uvarovita



**Figura 1.** Granate de la variedad grosularita

Fuente: Servicio Geológico Colombiano. Fotografía: Diego Fernando Serrano, SGC

### 2.1.2.1. Granates aluminicos

**Grosularia** ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ ). Es un silicato de calcio y aluminio, raya de color blanco, brillo vítreo a resinoso; dureza en la escala de Mohs: 7. Es uno de los granates más comunes. Es claro o incoloro, y suele encontrarse en tonos de verde, rojo, amarillo o castaño; su presencia se explica por metamorfismo regional y contacto de rocas calcáreas; está asociado con idocrasa, diópsido, wollastonita, epidota, calcita.

**Piropo** ( $3\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ ). Es un silicato de aluminio y magnesio, raya de color blanco, brillo vítreo; mineral de color rojo oscuro a casi negro; dureza: 7.5. En estado puro es incoloro; la presencia de cromo le proporciona tonos rojos fuertes, que el hierro vuelve morados. El más apreciado es el rojo carmín. Su registro se constata en rocas ígneas ultrabásicas (peridotitas y kimberlitas); aparece asociado con diamante, serpentina, olivino, piroxeno y espinela.

**Almandino** ( $3\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ ). Es un silicato de aluminio y hierro; raya de color blanco; brillo vítreo a resinoso; dureza de 7.5; densidad de 4.32. Es un mineral de amplia distribución. Aparece en tonos que van desde el rojo oscuro hasta el negro. Algunas muestras tienen un matiz violeta; su existencia se verifica en esquistos micáceos, granitos y rocas silíceas con metamorfismo de contacto; aparece asociado con andalucita, cianita, estauroilita, sillimanita. A causa de su dureza se encuentra frecuentemente en los depósitos aluviales. Es el más duro de los granates, y por ello es muy utilizado como abrasivo.

**Espesartita** ( $3\text{MnO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ ). Es un silicato de aluminio y manganeso, donde este último puede ser sustituido por hierro; dureza: 7. No es una gema estimada debido a su color castaño, aunque en ocasiones tiene matices rojos a casi negros; su registro está relacionado con pegmatitas, granitos y grupos ricos en manganeso; se encuentra asociado con minerales como cuarzo, turmalina, topacio, rodonita y esfalerita.

### 2.1.2.2. Granates férricos

**Andradita** ( $3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ ). Es un silicato de calcio y hierro muy variado; raya blanca, brillo vítreo; dureza de 6.5-7. Es un tipo de granate que varía mucho en composición y color. Uno puede ser opaco y negro (melanita) y otro transparente amarillo, verdoso, pardo; su ocurrencia es en calizas con metamorfismo de contacto; sienitas, rocas serpentinizadas, y esquistos cloríticos. Asociado con heden-

bergita, magnetita, nefelina, y leucita. Usos: como gema y abrasivos.

### 2.1.2.3. Granates crómicos

**Uvarovita** ( $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ ). Es un silicato de calcio y cromo que se presenta en pequeños cristales isométricos; raya de color verde, brillo vítreo; entre transparente y translúcido; color verde esmeralda a verde oscuro; dureza: 6.5 en la escala Mohs; su existencia se verifica fundamentalmente en depósitos de cromo; se encuentra asociado con cromita y serpentina.

## 2.2. Tipo de depósito

Los depósitos de granate se encuentran en una variedad amplia de rocas, particularmente de gneises y de esquistos. El granate también se encuentra como depósitos al entrar en contacto con rocas metamórficas, calizas, pegmatitas y serpentinitas. Además, el granate de aluvión está presente en muchos depósitos de arena y de grava de minerales pesados existentes en todas partes del mundo.

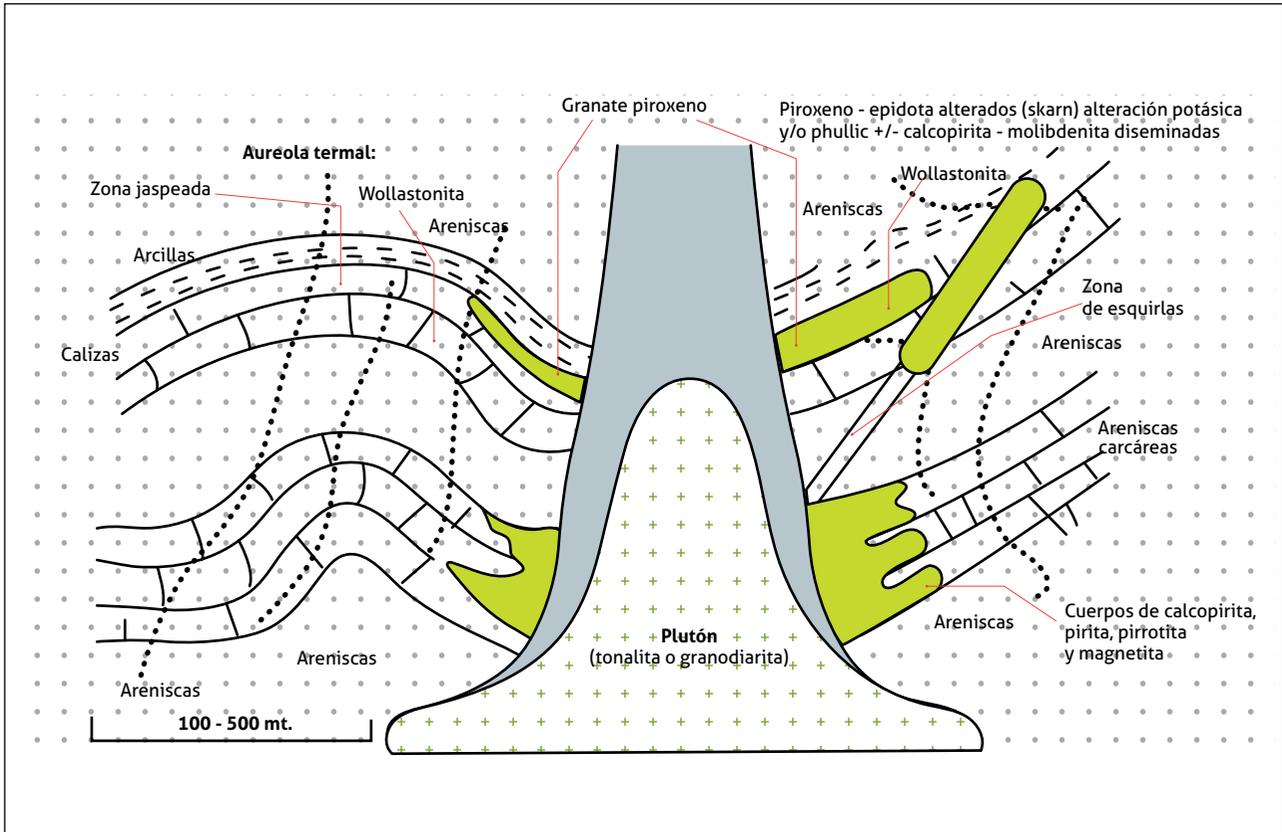
Según Smirnov (1982), se conocen dos tipos de depósitos comerciales de granate: primarios y secundarios. Los primarios pertenecen al tipo de yacimientos denominados *metamorfógenos*, y son producto del metamorfismo regional, de facies anfibolita y granulita; los secundarios son acumulaciones de arenas y gravas derivadas de la meteorización química y mecánica de las rocas granatíferas.

Entre los depósitos de granate primario de mayor importancia comercial se encuentran los que han sido clasificados (Rayo, 1998), como *skarns de granate* (modelo de depósito K08 BCGS). Según este modelo, el granate se encuentra en las rocas calcáreas cerca de un contacto intrusivo, y la forma del depósito se puede controlar en parte por la morfología y las condiciones estructurales de las unidades originales.

En la figura 2 se puede observar un esquema de *skarn* donde pueden asentarse granates.

La mineralización del depósito incluye abundante magnetita masiva de grano grueso, wollastonita y granate (grosularita y andradita). En general, estos depósitos tienen muy poco o nada de sulfuros. Es la llamada *zona de exoskarn* de los depósitos metálicos de este tipo.

En general, en estos depósitos, como guías de exploración se establece la posible existencia de anomalías geoquímicas muy débiles de wolframio, zinc y cobre, así como en la geofísica la posible existencia de anomalías de gravedad y magnéticas.



**Figura 2.** Esquema de *skarn* que muestra las relaciones entre zonas metamórficas de contacto, zonas de mena e intrusión ígnea  
Fuente: Modificado a partir de Cox y Singer (2002)



**Figura 3.** Recursos de granate en el mundo  
Fuente: USGS (2017)

Los factores económicos indican que los depósitos deben ser de peso mayor de 20 000 toneladas y contenido de granates superior al 70 %. El granate debe, además, estar libre de inclusiones, contar con una relativamente alta gravedad específica, alta oblicuidad y presentarse en forma de granos que se puedan procesar fácilmente mediante técnicas convencionales de beneficio. Las concentraciones económicas de granate limpio (grosularia y andradita) son raras, debido a que los granates de *skarns* tienden a ser relativamente suaves, y muchos contienen inclusiones de grano fino de carbonatos.

Recursos de granate existen en una amplia variedad de rocas. Los mayores depósitos se encuentran en Australia, Canadá, China e India, aunque en los últimos años se han reportado operaciones mineras en otros países del mundo, como Rusia, Turquía, Chile, República Checa, Pakistán, Sudáfrica, España, Tailandia y Ucrania, que producen principalmente para el mercado interno (USGS, 2017) (figura 3).

Existen otros depósitos que se clasifican entre los que contienen los mejores granates industriales (debido a una gravedad específica y a una dureza más alta); son de composición del almandino-piropo. Estos se encuentran en rocas metamórficas de alto grado y requieren generalmente la concentración secundaria en los placeres de la playa o de la corriente que se explotarán económicamente. Los ejemplos incluyen los depósitos situados en Idaho, Estados Unidos, y un depósito situado cerca de Geraldton, Australia occidental, en arena de playa, con reservas de 6000 toneladas y contenido de 35 % de granate. El depósito de Mount Riordan es uno de los *skarns* más grandes y de más alto contenido; su granate es conveniente para la producción de arena para pulido (*sandblasting*) y de otros productos abrasivos que requieren alta oblicuidad y una amplia gama de los tamaños de grano.

### 2.3. Métodos de prospección

Los estudios deben realizarse siguiendo las siguientes etapas: reconocimiento, prospección, exploración general y exploración detallada.

En la etapa de reconocimiento se identifican las áreas con potencial de mineralización, con base en los resultados de los estudios geológicos regionales, que incluyen comprobación de la fotointerpretación y de anomalías geoquímicas y geofísicas antiguas. La inspección preliminar de campo se ejecuta con muestreos de sedimentos activos de corrientes y de concentrados de batea, que son muy importantes por la alta densidad de los granates, así como de rocas, y otros trabajos regionales, como pueden

ser estudios aerogeofísicos, en especial mediante el empleo de métodos magnéticos y gama-espectrométricos.

La prospección se realiza con el propósito de identificar el depósito posible blanco para la exploración, mediante trabajos de cartografía geológica, muestreo de afloramientos, muestreo geoquímico para la detección de anomalías de wolframio, zinc y de cobre, labores mineras superficiales (trincheras y apiques) y trabajos geofísicos mediante métodos magnéticos, gravimétricos y radiométricos. Se deberán obtener las dimensiones y morfología, así como los tenores y otras características esenciales de los cuerpos minerales. Atendiendo al grado de confiabilidad de los resultados obtenidos, se calcularán recursos inferidos, cuya magnitud ofrecerá la posibilidad de continuar estudios más avanzados.

La exploración general permite la delineación inicial de los depósitos. Los métodos utilizados incluyen trabajos de cartografía geológica detallada, estudios estratigráficos, muestreos superficiales de afloramientos, trabajos geofísicos complementarios que pueden incluir métodos electromagnéticos y geoelectrónicos, así como también la realización de apiques y algunas perforaciones, los cuales conformarán una malla relativamente espaciada por toda el área de desarrollo del campo mineral. Se delinearán mejor los contornos de los cuerpos minerales, su situación estructural, sus tenores y demás características.

La exploración detallada permite la delineación tridimensional detallada de los depósitos mediante el muestreo de afloramientos, apiques, túneles y núcleos de perforaciones, así como la distribución detallada de los tenores y otras características importantes, tanto en lo referente a sus posibles usos como a la explotación y beneficio mineral. Se realizarán los estudios de factibilidad económica, que permitirán la toma de decisiones para la planificación de la explotación minera. Se calcularán recursos medidos, indicados e inferidos, y reservas probadas y probables.

### 2.4. Sistemas de explotación y procesamiento de minerales

A continuación se describen los sistemas de explotación y el procesamiento de mineral en lo referente a depósitos de granates.

#### 2.4.1. Sistemas de explotación

La explotación de los yacimientos de granate en los depósitos de tipo primarios se efectúa preferiblemente a cielo abierto, mediante procedimientos convencionales que incluyen barrenación, arranque del material, acarreo y

trituration primaria. La minería es a menudo de carácter selectivo, y el mineral extraído se somete posteriormente a un proceso para separarlo del estéril; para esto se recurre a medios mecánicos como la trituración y molienda, luego de la cual se efectúa la separación mineralúrgica por el método gravimetría.

En los depósitos secundarios la explotación puede hacerse por dragado simple y separación de mineral útil, pero si el material grueso puede aportar considerables cantidades de granates, se ejecutará una molienda previa a la separación del mineral.

#### 2.4.2. Procesamiento de minerales

Consiste en la realización de diversos procesos, que incluyen la molienda que se repite según las necesidades o el uso que se requiera. Luego se realizan otros, como clasificación, separación gravitacional, separación magnética, sedimentación en agua y separación por presión de aire.

Los productos de depósitos secundarios mezclados con arenas y gravas, luego de su extracción, se benefician mediante molinos rotatorios (*tromel*) y se tratan en cribas y en mesas concentradoras. El granate concentrado es secado, triturado y tamizado, para producir los diferentes tamaños requeridos.

El empaque del producto final requiere gran cuidado y control, para prevenir la mezcla de granos de diversos tamaños y para que el granate mantenga su limpieza y no se llegue a contaminar.

## 2.5. Recursos, reservas y comercio

A continuación se describe la situación actual de recursos y producción del granate a escala mundial.

### 2.5.1. Recursos y reservas

Según el Servicio Geológico Estadounidense (USGS, 2017), los recursos de granate son grandes y se presentan en una gran variedad de rocas, particularmente en gneises y esquistos, y aunque no existe información precisa sobre los recursos y las reservas del mundo, en especial de los de China y Australia, donde solo reportan recursos moderados grandes, las principales las reservas se encuentran en Estados Unidos, China, Australia e India (tabla 1).

En Estados Unidos existen grandes reservas de granate en concentraciones, en *gneiss* grueso cristalino, cerca de North Creek, Nueva York, y otros recursos significativos en Idaho, Maine, Montana, New Hampshire, Carolina del Norte y Oregón.

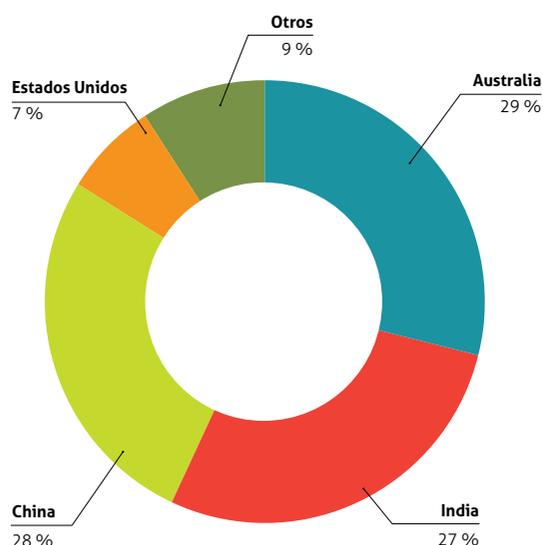
Existen otros depósitos importantes de granate en Australia. En China e India se extraen para el consumo nacional y los mercados internacionales. Los depósitos de Rusia y Turquía también se han explotado en estos últimos años, sobre todo para autoconsumo. También existen recursos cuantiosos en Canadá, Chile, República Checa, Paquistán, Sudáfrica, España, Tailandia y Ucrania, países donde se ha divulgado la realización de pequeñas operaciones de explotaciones mineras.

**Tabla 1.** Reservas y recursos de los principales productores de minerales de granate del mundo, periodo 1996-2016 (en toneladas métricas)

País	1996	2001	2006	2011	2016
Estados Unidos	5 000 000	5 000 000	5 000 000	5 000 000	5 000 000
Australia	1 000 000	1 000 000	1 000 000	20 000 000	20 000 000
China	20 000 000	20 000 000	20 000 000	20 000 000	20 000 000
India	500 000	100 000	90 000	6 700 000	19 000 000
Otros	6 500 000	6 500 000	6 500 000	6 500 000	6 500 000
Total	33 000 000	32 600 000	32 590 000	58 200 000	70 500 000

Fuente: USGS (2017)

En la figura 4 se observa la participación de recursos de granates por países durante el año 2016 (USGS, 2017).



**Figura 4.** Participación de países en recursos de granate en el año 2016

Fuente: USGS (2017)

### 2.5.2. Comercio

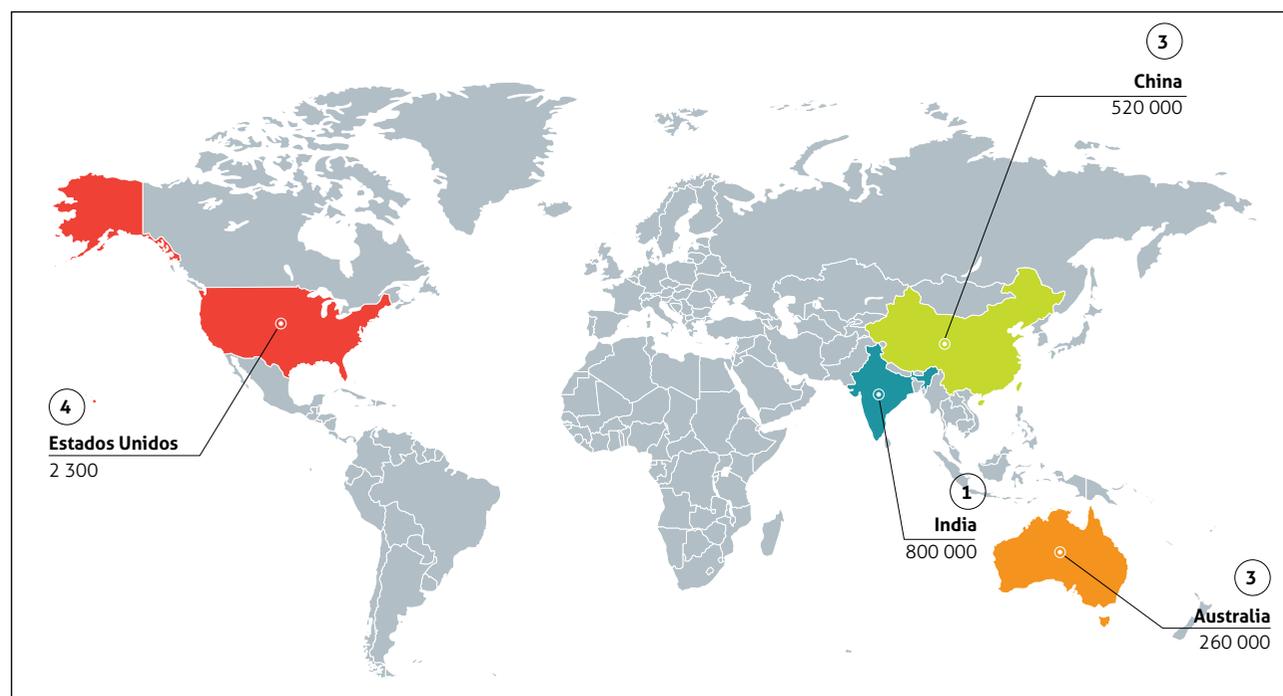
En el período 1996-2016 la producción mundial de granate industrial (tabla 2) creció en 1 500 000 toneladas, lo que representa un incremento del 1200 % respecto del total producido en 1996. En la figura 5 se observan los principales países productores en el año 2016.

**Tabla 2.** Producción minera estimada de granate industrial en el periodo 1996-2016

País	1996	2001	2006	2011	2016
Estados Unidos	54 000	52 500	35 300	53 000	52 300
Australia	30 000	125 000	160 000	150 000	260 000
China	15 000	25 000	30 000	470 000	520 000
India	15 000	62 500	65 000	700 000	800 000
Otros	17 000	27 000	35 200	36 000	50 000
Total	131 000	292 000	325 500	1 409 000	1 682 300

Principales países, en toneladas métricas

Fuente: USGS (2017)

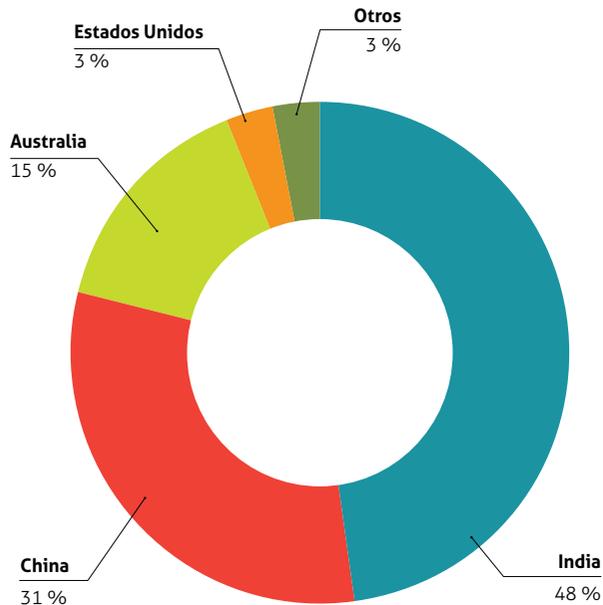


**Figura 5.** Principales países productores de granate en el 2016

Fuente: USGS (2017)

En el año 2016, India se consolidó como el primer productor del mundo, con una participación en la producción mundial del 48 %; China se mantuvo en la segunda

posición, con una participación del 31 % en el total de la producción mundial, y Australia mantuvo el tercer lugar, con el 15 % (figura 6).



**Figura 6.** Participación por países en la producción de granate en el año 2016

Fuente: USGS (2017)

En cuanto a los precios, según el USGS (2017), dependen en gran medida de las aplicaciones, calidad, cantidad, fuentes y tipos. En los Estados Unidos, durante el año 2016 los valores de los diferentes usos de los concentrados crudos estuvieron en el rango de USD \$100/t a USD \$225/t, con un promedio para el año de USD \$204/t, y los diversos usos del granate refinado se movieron en el rango de USD \$100/t a USD \$400/t.

### 2.6. Perspectivas

China e India, que actualmente son los dos principales productores de granate en el mundo, estiman que seguirán incrementando su producción en los próximos diez años (USGS, 2017).

Los incrementos crecientes de gastos para la defensa podrían conducir a los Estados Unidos a una demanda creciente de granate, puesto que las industrias aeronáutica y naval utilizan cantidades significativas de granate para la limpieza y el terminado de las superficies metálicas y para usarlo en el corte mediante las tecnologías del *waterjet*.

## 3. Granate en Colombia

En Colombia se conocen algunas manifestaciones de granates, aunque hasta el momento no han tenido mayor importancia comercial; sin embargo, su presencia con-

firma la existencia de ambientes favorables tanto para depósitos primarios como secundarios.

### 3.1. Geología regional

En Colombia existen unidades litológicas con ambientes de depósito similares a los descritos de otras partes del mundo, en las siguientes provincias litosféricas: Continental Mezoproterozoica Grenvilliana (PLCMG) y Continental Paleoproterozoica Amazónica (PLCPA) (Gómez, et. al., 2006), en las áreas donde se localizan las rocas metamórficas de medio a alto grado de metamorfismo, así como también en las provincias litosféricas oceánicas Neoproterozoica Arquía (PLONA), en rocas metamórficas como las arriba mencionadas, Cretácica La Guajira (PLOGG), en la Sierra Nevada de Santa Marta y Península de la Guajira, y Cretácica Occidental (PLOCO), en las zonas de alteración metasomática de contacto, sobre todo en zonas de *ex-skarn* de minerales metálicos (hierro, cobre, plomo, zinc, molibdeno, wolframio, oro y plata) y depósitos sedimentarios de redeposición del material primario desagregado por meteorización de los depósitos primarios mencionados (terrazas y depósitos aluviales).

Es decir que las posibilidades de localizar granates en concentraciones industriales están presentes en las seis provincias metalogénicas en que está dividido el país: Escudo Guayanés, Sierra Nevada-Guajira, Continental Oriental, Continental Central, Cauca-Romeral y Oceánica Occidental.

### 3.2. Geología local

Aun cuando en la actualidad en Colombia no se conoce la existencia de minas donde se explote formalmente el granate, se sabe de su presencia por descripciones de su existencia en las granulitas de la Sierra Nevada de Santa Marta; según Mutis (1983), existen otras manifestaciones, pero sin mayor importancia industrial. Sin embargo, según Núñez (1987), en el pasado, en el departamento de Antioquia se realizaron algunas explotaciones a pequeña escala.

Los depósitos de cobre en *skarns* de Mina Vieja y El Sapo, en el departamento del Tolima, presentan distribuciones interesantes de granates. También en la zona de Yacopí, Cundinamarca, en túneles de exploración para esmeraldas, se han observado concentraciones interesantes de granates en un sistema complejo pegmatítico-pneumatolítico, con mineralizaciones mesotermiales de zinc-cobre y alteraciones skárnicas con abundante granate, epidota y magnetita; situaciones similares se presentan en minas esmeraldíferas de Muzo y otras (comunicación verbal de René Lugo).

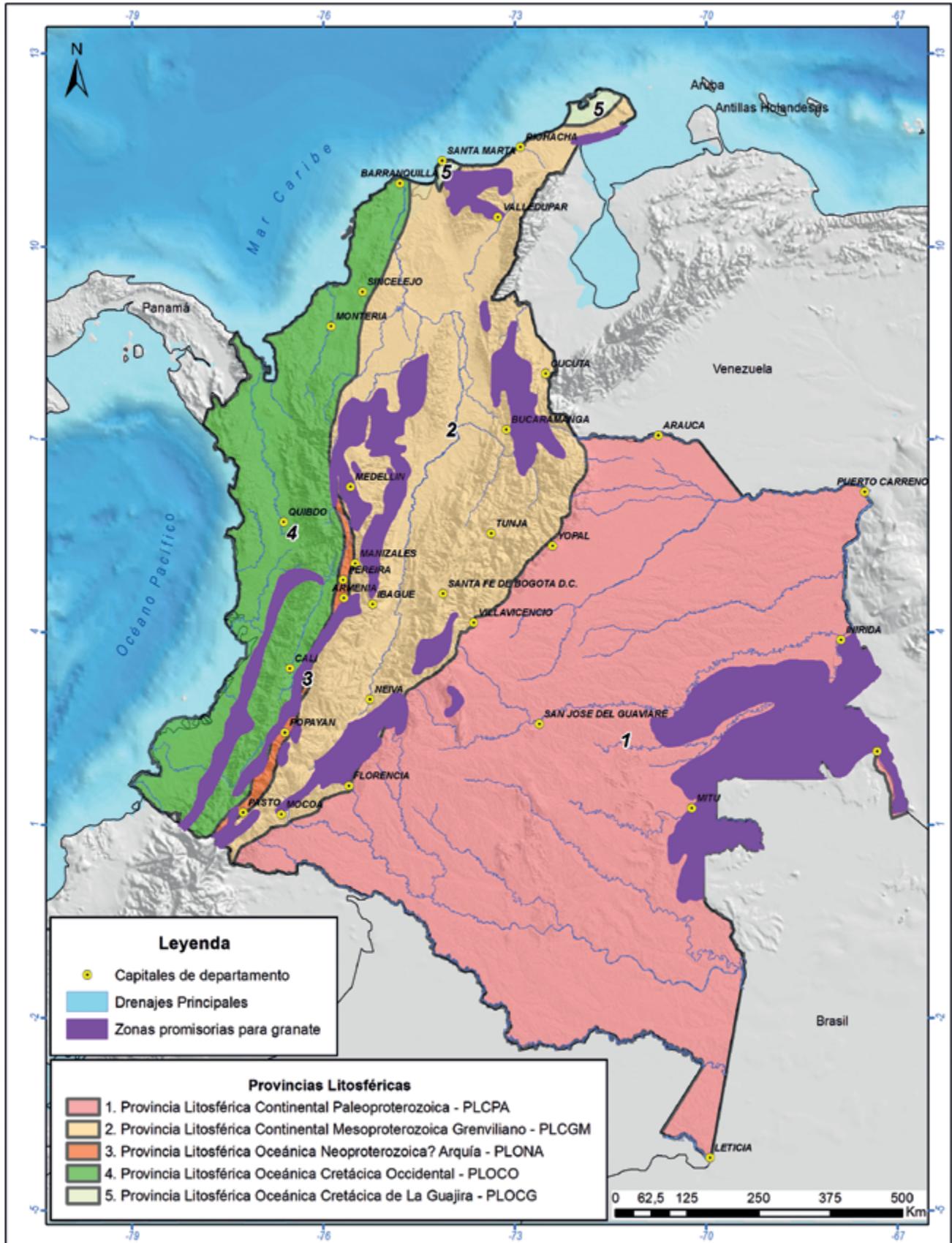


Figura 7. Mapa de principales áreas donde potencialmente podría haber minerales de granate

Fuente: Gómez *et al.*, 2006

### 3.3. Situación actual de la minería

Las perspectivas del país consisten en mantener al menos los actuales niveles de consumo, fundamentalmente en usos específicos para abrasivos. Se reportan once títulos mineros vigentes para piedras preciosas en el país, según el Catastro Minero.

Teniendo en cuenta el potencial existente en el país para la localización de depósitos donde puede encontrarse granate, sería interesante identificar prospectos que propicien el desarrollo de una oferta nacional, sin desconocer las oportunidades de mercados en otros países del área.

Depósitos de *skarns* de metales en zonas de *exoskarn* (El Sapo y otros, por ejemplo), además en rocas pegmatito-pneumatolíticas al estilo de las alteraciones metasomáticas hidrotermales portadoras de las mineralizaciones de esmeraldas en Colombia, conviven con mineralizaciones skarníferas de zinc- cobre en las que abundan los granates.

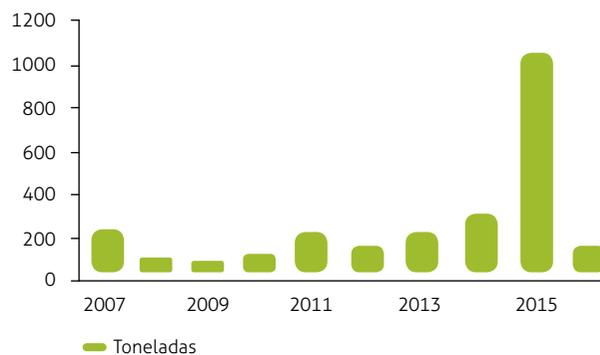
#### 3.3.1. Potencial

En el marco de las provincias litosféricas Grenvilliana (PLCMG) y Continental Paleoproterozoica Amazónica (PLCPA), existen ambientes favorables para la mineralización de granate en las cordilleras Central y Oriental, Sierra Nevada de Santa Marta, península de la Guajira y el Escudo Guayanés, en las áreas donde se localizan las rocas metamórficas de medio a alto grado de metamorfismo, además de las restantes provincias litosféricas arriba señaladas (figura 7). Es posible que una investigación metódica de los depósitos de *skarns* conocidos de metales en las diferentes provincias ofrezcan, sobre todo en el *exoskarn*, la definición de la ocurrencia en magnitudes industriales, de diversas variedades de granate.

**Producción.** No existe información oficial sobre producción de granates en Colombia, por lo que en la actualidad la demanda se cubre mediante importaciones del producto.

**Importaciones.** La información de la UPME (2017) registra las importaciones de granate natural en una presentación que incluye otros abrasivos, como esmeril, corindón natural y demás abrasivos naturales, por lo que resulta dispendioso conocer específicamente lo correspondiente al granate natural; no obstante, sabiendo que se usa fundamentalmente como abrasivo y conociendo el comportamiento de estas importaciones, puede tenerse una idea general de la tenden-

cia del comportamiento de lo correspondiente al granate. En el período 2007-2016, las importaciones de abrasivos en todas sus presentaciones en general mostraron una tendencia de crecimiento, que en el año 2015 tuvo su pico máximo, con 1000 t, lo que significa que se ha incrementado la demanda nacional de estos productos (figura 8).



**Figura 8.** Comportamiento de las importaciones de abrasivos en el período 2007-2016

Fuente: UPME (2017)

#### 3.3.2. Comercio

**Exportaciones.** Como cabe esperar, según el DANE (2007), no se registran exportaciones de abrasivos, con excepción de los años 1996, 2001, 2002 y 2005, fechas en que se realizaron pequeñas exportaciones en el orden de kilogramos, fundamentalmente a Venezuela y Panamá, que probablemente fueron excepcionales, motivados en excedentes de inventarios.

## 4. Aspectos ambientales y sustitutos

Otros abrasivos naturales y manufacturados pueden sustituir en cierta medida a los granates. En muchos casos, sin embargo, el uso de los sustitutos implicaría sacrificios en calidad y costo.

El óxido de aluminio (alúmina) fundido y la estauroilita compiten con el granate como un material de *sand blasting*, la ilmenita, la magnetita y algunos plásticos compiten como medios de filtración. El corindón, el diamante y el óxido de aluminio (alúmina) fundido compiten en muchas operaciones de pulido de materiales.

El óxido de aluminio fundido, la arena de cuarzo y el carburo de silicio lo pueden reemplazar en el proceso de acabados de plásticos, de muebles de madera y de otros productos.