

**VIDEO DE PRESENTACIÓN
20 DE OCTUBRE DE 2003**



**Atención: Para iniciar, hacer clic sobre el rectángulo negro.
Este clip de video necesita un reproductor instalado en su equipo, preferiblemente Microsoft Media.
La velocidad de reproducción dependerá de las características de su computador.
Se recomienda el uso de Adobe Acrobat 6.0 o superior.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LOS EJEMPLARES DE UNA COLECCIÓN DE DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO
POR:

BR. ALFIERI J. LARocca G.
C.I. 12.627.133

CARACAS, OCTUBRE DE 2003.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LOS EJEMPLARES DE UNA COLECCIÓN DE DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.

PROF. SEBASTIÁN GRANDE
TUTOR ACADÉMICO

DR. DOMINIC M. DER. CHANNER
M. SC. ASTRID COLOMINE
TUTORES INDUSTRIALES

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO
POR:

BR. ALFIERI J. LARocca G.
C.I. 12.627.133

CARACAS, OCTUBRE DE 2003.

Copyright © Alfieri J. Larocca G., 2004.

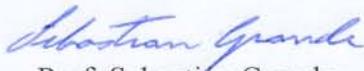
Queda terminantemente prohibida la reproducción y comunicación de esta obra, original o elaborada, íntegra o parcialmente, sin el consentimiento de su autor. Aquél que infrinja esta norma quedará sujeto a las sanciones penales que la legislación establece.

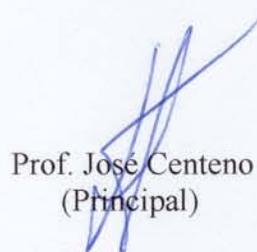
Caracas, 20 de octubre de 2003.

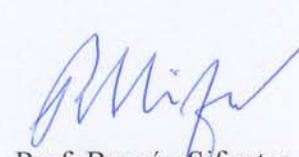
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica del 13 de octubre de los corrientes, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Br. Alfieri J. Larocca G., titulado:

**“DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS
DE LOS EJEMPLARES DE UNA COLECCIÓN DE DIAMANTES DE
ALUVIÓN DE LA REGIÓN DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR”,**

consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al título de Ingeniero Geólogo, sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Sebastián Grande
(Principal)


Prof. José Centeno
(Principal)


Prof. Ramón Sifontes
(Principal)

Con todo mi amor a mi tía
Yolanda, más viva que nunca en
mis recuerdos...

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela y a la Facultad de Ingeniería, por haberme dado la oportunidad de desarrollarme como profesional y ciudadano dentro de sus espacios.

Al Dr. Dominic Channer y a la empresa *Canteras El Toco, C.A.*, por la oportunidad de desarrollar este proyecto y por todas las atenciones recibidas.

A la Lic. Astrid Colomine, por haber sido un peldaño fundamental en la materialización de esta obra.

A mi más querida compañera de estudio, ahora ingeniera, Lisa La Fortune y a su esposo, quienes me ofrecieron su generosa ayuda y confianza, fundamental para la realización de este proyecto.

A los profesores de la Escuela Básica, principalmente, a Lourdes de Moncada, Miriam Rodríguez y Luisa María Suárez, quienes me enseñaron a pensar como ingeniero.

A todos los profesores de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, en especial a mi tutor Sebastián Grande.

A mis padres y a mi hermana Nancy, por estar presentes y compartir esta etapa de mi vida, y a Félix y Ronald Piñeiro, por colaborar en la impresión de este trabajo.

A mi país, por permitirme estudiar en una universidad pública de manera gratuita, a quien prometo un ejercicio ético de mi profesión y, si la oportunidad se presenta, de colaborar en la explotación racional de sus recursos naturales y a no usarlos en su contra.

A Dios, mi padre, y a sus ángeles, en especial a los arcángeles Rafael (tutor espiritual), Miguel y Uriel, quienes supieron resolver todos los inconvenientes que se presentaron de manera perfecta.

LAROCCA G., ALFIERI J.

**DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LOS
EJEMPLARES DE UNA COLECCIÓN DE DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA
REGIÓN DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.**

Tutor académico: Prof. Sebastián Grande, Tutores industriales: Dr. Dominic Channer y Lic. Astrid Colomine. Tesis. Caracas, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, 2003, 2 tomos.

Palabras claves: Diamante – Mineralogía – Kimberlita – Guaniamo – Edo. Bolívar.

El objetivo de este trabajo fue determinar las características mineralógicas de una colección de diamantes de aluvión, provenientes de la región de Guaniamo, Edo. Bolívar, haciendo referencia a: variedades mineralógicas presentes, distribución de pesos y tamaños, clases económicas (según los estándares del distrito minero de origen), color, diafanidad, hábito, aspectos superficiales, contenido y distribución de impurezas y fluorescencia bajo luz UV. También, se incluyó la elaboración de un informe final, tipo atlas, para ilustrar los aspectos más importantes.

La metodología se fundamentó en la medición y observación directa y a través de microscopio estereoscópico, evitándose todo procedimiento que implicara la alteración física o química de los ejemplares.

Se analizó un total de 1.169 ejemplares, identificándose dos variedades mineralógicas: cristalina (86,5%) y bort (13,5%). Los tamaños y pesos se concentraron dentro de un rango de 0,001 a 0,250 quilates y 1,1 a 4 mm, respectivamente, siendo esta condición más acentuada en la variedad bort. Las clases comerciales más comunes fueron la mediatalla (Talla IV), *bort* e industria fina.

Los ejemplares de la variedad cristalina mostraron cinco tipo de matices (incoloro, verde, amarillo, pardo y gris), diafanidad transparente a translúcida, la forma combinada

octaedro-rombododecaedro como la más frecuente y una morfología afectada por láminas de crecimiento, manchas de óxido superficiales y estrías en canal.

Los de la variedad bort se caracterizaron por ser incoloros y grises en su mayoría, translúcidos a subtranslúcidos, representados por agregados policristalinos de aspecto caótico y fragmentos criptocristalinos, siendo los aspectos superficiales más resaltantes las manchas de óxido, láminas de crecimiento y estrías en canal.

El contenido de impurezas es más representativo en los ejemplares bort y en los de colores pardos y grises, con una distribución heterogénea y dispuestas hacia la periferia de los cristales.

El porcentaje de individuos fluorescentes bajo UV-C fue de 98,7%, bajo UV-A, de 93% y no reactivos, de sólo 1,3%, destacándose dos tipos de fluorescencia: fuerte a intermedia (azul, verde, amarilla), y débil (verdoso, rosa, naranja), siendo la primera más común en los ejemplares cristalinos y en los de color verde, amarillo e incoloro. Además, se evidenció la posibilidad de que un alto contenido de impurezas puede actuar como un obstáculo para este fenómeno.

La presencia de especies intermedias entre la cristalina y bort permitió sugerir la siguiente hipótesis: puede existir una relación genética entre ambas variedades, de tal manera, que el desarrollo de algunos ejemplares cristalinos se produciría a partir de un ejemplar bort, que actuaría como núcleo.

Finalmente, se recomienda complementar este estudio con la descripción de ejemplares provenientes de los mantos kimberlíticos de la región y de diamantes de otras zonas del Edo. Bolívar, aplicando un método igual o similar al aquí empleado.

CONTENIDO

TOMO I

	Pág.
INTRODUCCIÓN	i – vii
Generalidades	i
Objetivos	i
Justificación	ii – iii
Antecedentes	iii – vi
Proveniencia de la muestra	vi – vii
1. NATURALEZA QUÍMICA DEL CARBONO	1 – 4
2. EL DIAMANTE	5 – 18
2.1. Reseña histórica	5 – 10
2.2. Cristalografía y propiedades físico – químicas	10 – 12
2.3. Usos actuales	13 – 18
a) Koh-I-Noor	13 – 14
b) Cullinan	14 – 15
c) Otros diamantes famosos	16 – 17
3. LA INDUSTRIA DEL DIAMANTE EN VENEZUELA Y EL MUNDO	19 – 27

	Pág.
4. GEOLOGÍA DEL DIAMANTE	28 – 45
4.1. Generalidades	28 – 30
4.2. Depósitos diamantíferos primarios	30 – 40
4.2.1. Kimberlita	32 – 38
a) Teoría del vulcanismo explosivo	34 – 35
b) Teoría magmática o de fluidización	35 – 36
c) Teoría del Hidrovulcanismo o Freatomagmática	36 – 37
d) Modelo físico basado en la teoría del Vacío Físico No – Homogéneo	38
4.2.2. Lamproíta	38 – 40
4.3. Depósitos secundarios	40 – 42
4.4. Otros depósitos subeconómicos	42 – 44
a) Zonas de colisión	42 – 43
b) Meteoritos y zonas de impacto	43 – 44
4.5. Tipos de inclusiones minerales en diamantes	44 – 45
5. GEOLOGÍA REGIONAL – PROVINCIA CUCHIVERO	46 – 56
5.1. Provincia de Imataca	46 – 47
5.2. Provincia de Pastora	47
5.3. Provincia de Cuchivero	47 – 53

	Pág.
5.4. (Provincia de Amazonas)	53
5.5. Provincia de Roraima	54 – 55
6. GEOLOGÍA LOCAL – KIMBERLITA DE GUANIAMO	57 – 65
6.1. Generalidades	57
6.2. Dominios litotectónicos	57 – 60
6.3. Mantos kimberlíticos de Guaniamo	60 – 65
7. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LA MUESTRA DE DIAMANTES ESTUDIADA	66 – 185
7.1. METODOLOGÍA	66 – 67
7.2. RESULTADOS	68 – 71
a) Variedad Cristalina	68 – 69
b) Variedad Bort	70 – 71
7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	72 – 84
Aspectos generales	72
Metodología	72 – 74
Análisis de resultados	75 – 84
a) Variedades mineralógicas presentes	75 – 76
b) Peso y tamaño.....	76 – 81

	Pág.
c) Clases comerciales	81 – 84
Conclusiones	84
7.4. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS	85 – 185
7.4.1. Color	85 – 101
Aspectos generales	85 – 86
Metodología	86
Análisis de resultados	87 – 94
Conclusión	94
7.4.2. Diafanidad	102 – 109
Aspectos generales	102
Metodología	102 -103
Análisis de resultados	103 – 104
Conclusión	105
7.4.3. Hábito	110 – 133
Aspectos generales	110
Metodología	111
Análisis de resultados	111 – 118
Conclusión	118

	Pág.
7.4.4. Aspectos superficiales	134 – 154
Condiciones generales	134
Metodología	135
Análisis de resultados	135 – 138
Conclusión	138
7.4.5. Contenido de impurezas	155 – 168
Aspectos generales	155 – 156
Metodología	156 – 157
Análisis de resultados	157 – 161
Conclusión	161 – 162
7.4.6. Fluorescencia	169 – 185
Aspectos generales	169 – 171
Metodología	171
Análisis de resultados	171 – 176
Conclusión	177
Conclusiones y recomendaciones	186 – 189
Utlílogo	190
REFERENCIAS	191 – 197

	Pág.
LISTA DE TABLAS	198 – 199
LISTA DE FIGURAS	200 – 202
LISTA DE MICROFOTOGRAFÍAS	203 – 206

TOMO II

	Pág.
APÉNDICE A: PLANILLA DE OBSERVACIÓN ORIGINAL	1 – 3
APÉNDICE B: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA # 5	4 – 22
• Planillas de descripción	5 – 12
• Resúmenes de observaciones	13 – 22
APÉNDICE C: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA # 10	23 – 42
• Planillas de descripción	24 – 40
• Resúmenes de observaciones	41 – 42
APÉNDICE D: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA # 21	43 – 163
• Planillas de descripción	44 – 99
• Resúmenes de observaciones	100 – 163
APÉNDICE E: RESUMEN GENERAL DE LAS OBSERVACIONES EN LA COLECCIÓN	164 – 173

INTRODUCCIÓN

Generalidades

Este proyecto es el cumplimiento, por parte del autor, del último requisito del pénsum de estudio de la especialidad de Ingeniería Geológica, de la Universidad Central de Venezuela, correspondiente al *Trabajo Especial de Grado*, para optar a dicho título.

Objetivos

1. Describir las propiedades mineralógicas de una colección de diamantes de aluvión, provenientes de la región de Guaniamo, Edo. Bolívar.

1.1. Identificar las características generales de la colección, en cuanto a lugar de origen, tamaño y número de los ejemplares presentes.

1.2. Clasificar la colección en función a las variedades mineralógicas observadas y determinar sus proporciones en la muestra.

1.3. Describir el color, diafanidad, hábito, aspecto superficial, presencia de impurezas y fluorescencia de cada ejemplar y establecer su frecuencia estadística.

1.4. Clasificar la colección en función a los tipos comerciales, de acuerdo a la categorización empleada en el Distrito Minero de Guaniamo, y determinar sus proporciones en la muestra.

2. Realizar un informe final, tipo atlas, que ilustre de manera conveniente los resultados obtenidos en el desarrollo del objetivo arriba indicado.

Justificación

Venezuela es un país que ha sido favorecido por la naturaleza, al estar provista de importantes fuentes de recursos naturales de gran interés económico, presente y futuro. Ejemplos de tales recursos son, entre otros: el petróleo, hierro, oro y diamantes.

Por ello, surge la necesidad de volcar el interés de la sociedad científica nacional hacia el estudio, análisis y comprensión de cada uno de esos recursos y así, poder establecer parámetros factibles que permitan, a su vez, determinar nuestra potencialidad para su explotación y aprovechamiento racional.

En el caso de los diamantes existen, sin embargo, otras razones por las cuales se han destinado importantes recursos y esfuerzos para su estudio y conocimiento detallado en el ámbito mundial

La historia humana siempre ha estado regida por luchas violentas, distintas en alcance y duración, pero con el objetivo común de la obtención de poder y grandes fortunas.

Los diamantes no escapan de esta realidad, siendo las variedades de gran valor económico víctimas de la avaricia humana. Por citar un ejemplo, basta leer las reseñas históricas del diamante Koh-I-Noor para darse cuenta que tras estos ejemplares se oculta la traición y la muerte. No obstante, a pesar de que el Koh-I-Noor hoy permanece engastado en la corona de la Reina Madre del Reino Unido, sigue siendo causa de fuertes roces diplomáticos entre el gobierno inglés e hindú.

En la actualidad, la maquinaria oculta de la guerra (guerrillas, terrorismo, etc.), se financia a partir de fuentes económicas que aportan grandes ganancias, entre las cuales, destacan el narcotráfico (Sudamérica), y el mercadeo ilegal de diamantes (África y Asia Central).

Según un artículo publicado en la prestigiosa revista *National Geographic* (marzo, 2002), se indica que los llamados *diamantes de conflicto* o *sangrientos* han servido para el financiamiento de grupos subversivos en Angola y la República Democrática del Congo,

así como también, para aportar grandes ganancias a la red Al Qaeda de Osama bin Laden, según ha sido indicado en informes del F.B.I.

Surge, entonces, la necesidad de establecer una metodología que permita conocer el origen de cada ejemplar, con la finalidad de identificar las fuentes de producción de los *diamantes de conflicto* y cortar el financiamiento de estos grupos de guerra y terrorismo.

Para el logro de este objetivo, el primer paso que debe darse es el de conocer las características mineralógicas de los diamantes y la identificación de sus impurezas, para cada yacimiento conocido. Con ello, se podrá definir, primero, si existe algún indicio que permita la correlación diamante-yacimiento y, segundo, la posibilidad de diseñar alguna tecnología que logre detectar tales indicios, sin afectar los especímenes en bruto o después de haber sido tallados.

El presente proyecto, de objetivos inéditos en nuestra Escuela, cobra vida enmarcado en dichas realidades y con la motivación de marcar un inicio en el conocimiento de nuestros recursos diamantíferos.

Antecedentes

El potencial diamantífero en Venezuela se identificó a inicios del siglo pasado, de manera muy modesta y en manos de la minería artesanal. A pesar de ello, no es sino a partir de 1971, cuando se descubren los diamantes en la región de Guaniamo.

Algunos de los trabajos previos que se destacan, desde entonces, relacionados con los objetivos de esta obra, son los siguientes:

a) Svisero, D. & Baptista, J. *Inclusiones en diamantes aluvionales de la Quebrada Grande, Distrito Cedeño – Estado Bolívar*. En esta obra, publicada en el II Congreso Latinoamericano de Geología (1973), se señalan aspectos tales como:

- Los diamantes de la zona son incoloros, de hábito octaédrico y con dimensiones entre los 2 y 7 mm.

- Las inclusiones minerales se describen como manchas negras con formas de placas, líneas y puntos.
- La naturaleza mineralógica de esas inclusiones minerales están representadas por olivino (forsterita), granate (piropo), piroxeno (enstatita) y diamante.

b) Stanislaw, M. (1975). *El Diamante de Venezuela*. En este libro, el autor incluye una breve descripción de los diamantes de la región de Guaniamo, destacando los siguientes aspectos:

- Guaniamo es la zona de mayor potencial diamantífero en Venezuela.
- Sus diamantes se caracterizan por presentar formas imperfectas, una elevada fracción de ejemplares rotos y un color amarillo que afecta su valor comercial, al intensificarse después de su lapidación.
- Su calidad es notablemente menor a la de los hallados en el resto del Edo. Bolívar. En efecto, señala que la valoración de los diamantes venezolanos en el ámbito mundial disminuyó, considerablemente, después de incorporada la producción de Guaniamo.

c) Kaminsky, F. *et al.* (2000). *Diamond from the Guaniamo area, Venezuela*.

Este trabajo corresponde al primer estudio mineralógico integral sobre los diamantes de la región de Guaniamo, que se presenta como un compendio final de otros estudios previos realizados por los autores citados y por otros, asociados a ellos.

El estudio se fundamentó sobre el análisis de más de 5.000 especímenes de diferentes localidades y yacimientos, donde se señalan diamantes de origen aluvional, aportadas por la empresa Guaniamo Mining Company (Ringi-Ringi y Chihuahua), y por la pequeña minería (río Quebrada Grande y La Centella), y otros, extraídos directamente de las kimberlitas de la zona, a partir del programa de muestreo de la empresa antes mencionada.

Los diamantes fueron caracterizados en función a:

- Características mineralógicas:
 - Color, indicando como los más comunes el incoloro, gris, pardo ahumado, verde y amarillo.
 - Morfología, atendiendo al hábito y su estado superficial. Los autores señalan que los hábitos más comunes son el rombododecaedro y la forma combinada octaedro-rombododecaedro, seguidos por especies macladas e interpenetrados y por casos esporádicos de cristales octaédricos, cúbicos y tetrahexaédricos. En función al estado superficial, indican diversos aspectos, todos ellos consecuencia de procesos naturales de resorción, donde la disolución oxidativa es primordial.
 - Fotoluminiscencia bajo luz UV, con un predominio de los casos de fluorescencia azul, seguidos por grupos no reactivos, otros de luminiscencia amarilla y casos muy raros de color verde y rosado.
- Características químicas, abarcando dos aspectos:
 - Relación isotópica del Carbono ($\delta^{13}\text{C}$), con un amplio rango entre 3,2 y 28,7‰.
 - Tipo y agregación del Nitrógeno, especificándose que los más relevantes son los IaA, seguidos por los IaB, con un contenido de nitrógeno de no más de 250 ppm.
- Identificación de inclusiones minerales singenéticas, con la finalidad de caracterizar las condiciones bajo las cuales se formaron los diamantes, a través de la relación singenética diamante – inclusión mineral. Especifican tres tipos de asociaciones: eclogíticas (85,7% de los casos), peridotíticas y un sólo caso de alta profundidad.

Los autores concluyen que la mayoría de los diamantes de origen aluvional de la región de Guaniamo, provienen de los mantos kimberlíticos de la zona y no son el producto del reciclaje de sedimentos antiguos. Además, lograron estimar que las inclusiones minerales presentes se derivaron cerca de la base de la litósfera (T 1200 - 1300 °C), zona que puede contener una importante proporción de eclogitas formadas por subducción de material cortical.

Finalmente, afirman que los depósitos diamantíferos de Guaniamo guardan una estrecha relación con los depósitos de Argyle (Australia), los cuales, se encuentran en cratones que experimentaron una actividad proterozoica tectonotérmica distensiva.

Proveniencia de la muestra

La muestra fue facilitada por la empresa *Canteras El Toco C.A.*, la cual, fue obtenida en dos localidades de la región de Guaniamo: Ringi-Ringi (por muestreo), y La Salvación (compra a vendedores locales). En la figura siguiente (Fig. 1), se ubican geográficamente dichas localidades.

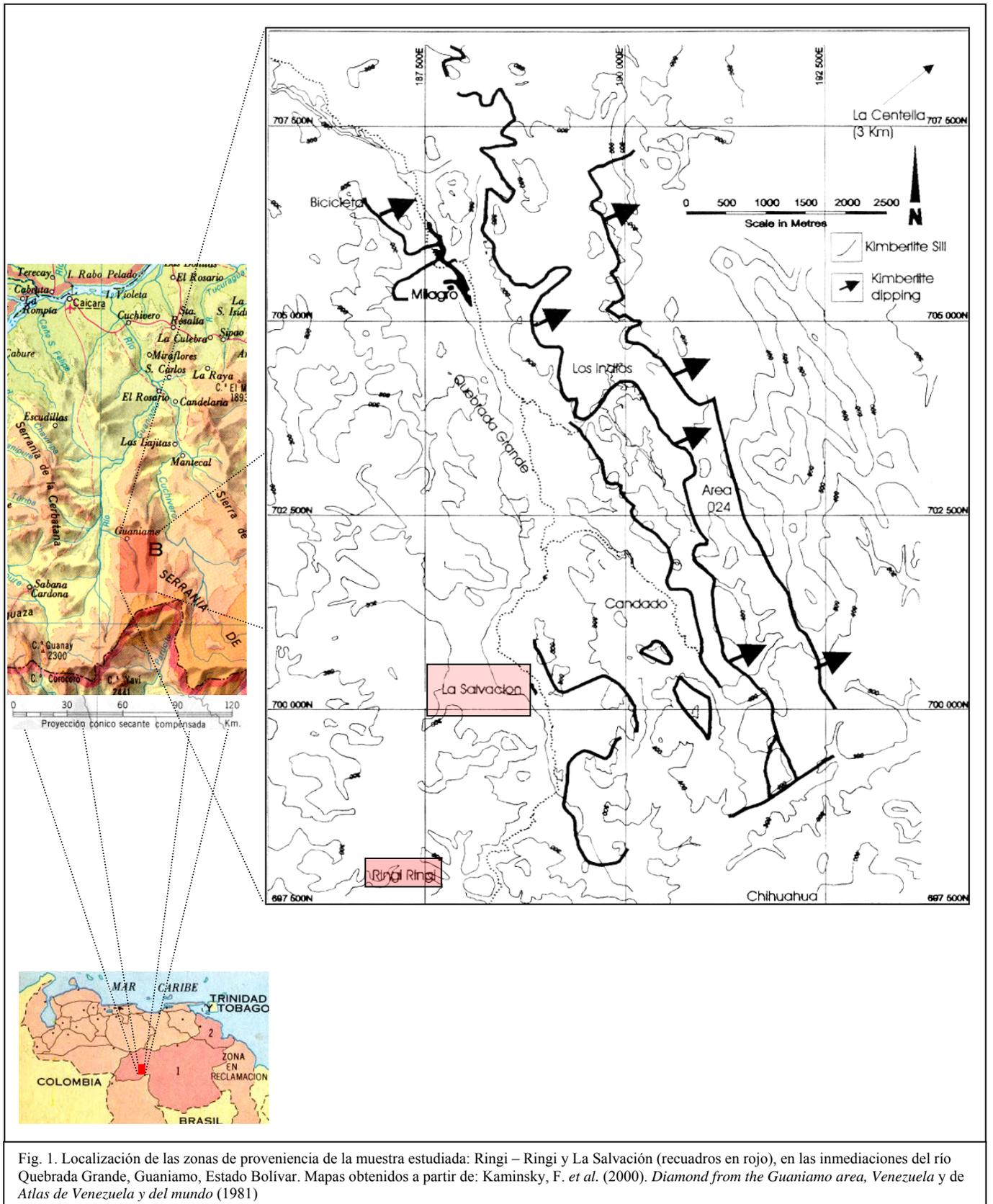


Fig. 1. Localización de las zonas de proveniencia de la muestra estudiada: Ringi – Ringi y La Salvación (recuadros en rojo), en las inmediaciones del río Quebrada Grande, Guaniamo, Estado Bolívar. Mapas obtenidos a partir de: Kaminsky, F. *et al.* (2000). *Diamond from the Guaniamo area, Venezuela* y de *Atlas de Venezuela y del mundo* (1981)

1. NATURALEZA QUÍMICA DEL CARBONO

La estructura y propiedades asociadas al diamante están íntimamente relacionadas con el elemento químico que lo constituye: el carbono. Es por ello, que se incluye este capítulo, donde se describe la naturaleza y comportamiento químico de dicho elemento.

El carbono, al igual que otros elementos, como el silicio y el boro, no es claramente metálico ni no metálico, incluyéndose dentro de los llamados semimetales. Esto se debe a que, en ciertas presentaciones puras, muestra algunas características metálicas, tales como: brillo, conductividad eléctrica y térmica, entre otras.

Su importancia radica en que constituye la base para la vida. Efectivamente, es el segundo elemento en abundancia en los organismos vivientes, donde alcanza el 17,5%, y el constituye principal en la mayoría de los compuestos orgánicos. Sin embargo, no es muy abundante en la corteza terrestre.

En la tabla 1, se muestran los 20 elementos más abundantes de la corteza terrestre, según el estudio geoquímico realizado por Clarke y Washington en el año 1924.

Tabla 1. Proporción promedio de elementos químicos en la corteza terrestre, indicada en porcentaje en peso, para elementos mayoritarios y en partes por millón, para elementos minoritarios.			
<i>Elemento</i>	<i>Proporción</i>	<i>Elemento</i>	<i>Proporción</i>
Oxígeno	46,60 %	Fósforo	0,10 %
Silicio	27,72 %	Manganeso	0,09 %
Aluminio	8,13 %	Bario	0,04 %
Hierro	5,00 %	Fluor	625 ppm
Calcio	3,63 %	Estroncio	375 ppm
Sodio	2,83 %	Azufre	260 ppm
Potasio	2,59 %	Carbono	200 ppm
Magnesio	2,09 %	Circonio	165 ppm
Titanio	0,44 %	Vanadio	135 ppm
Hidrógeno	0,14 %	Cromo	100 ppm

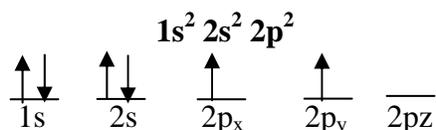
Tomado de: Klein, C. & Hurlbut, C. (1993). *Manual of Mineralogy*.

En la naturaleza, el carbono se encuentra, mayoritariamente, combinado con otros elementos: en los tejidos de los seres vivos, junto al oxígeno y al hidrógeno, en los

derivados geológicos de la materia viva (carbón, petróleo y gas), unido principalmente al hidrógeno y en la atmósfera, en forma de CO₂.

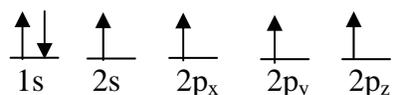
Sus formas libres son poco abundantes en la corteza terrestre, estando representadas por los llamados minerales del Grupo de los Polimorfos del Carbono (según la antigua clasificación de Dana), donde se incluyen los siguientes minerales: diamante (C), grafito (C), lonsdaleita o diamante hexagonal (C), caoita (C) y fullerita o buckminsterfullereno (C₆₀).

Este elemento químico es el primero del grupo IV-A de la tabla periódica, junto al *silicio, germanio, estaño y plomo*, siendo su configuración electrónica la siguiente:



Dicha configuración justifica la covalencia +2 del carbono, presente en compuestos, tales como, el monóxido de carbono (CO) y los isonitrilos. No obstante, su covalencia +4 o -4 es explicada por dos fenómenos atómicos fundamentales: promoción atómica e hibridización:

La promoción en el átomo de carbono implica que un electrón del nivel 2s capta energía y salta al orbital 2p_z, quedando la nueva configuración electrónica de la siguiente manera:

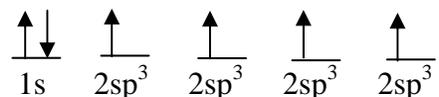


Este proceso es seguido por el de hibridización, en el cual, el orbital 2s se puede hibridizar o combinar con uno, dos o tres orbitales 2p. Esto es posible debido a:

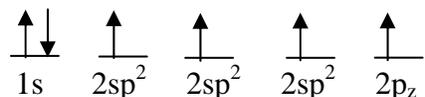
- a) Los orbitales que se combinan tienen energías muy similares.
- b) La energía asociada a los enlaces con los orbitales híbridos resultantes es superior a la necesaria para la hibridización y a la asociada a la formación de enlaces con los orbitales sin hibridar.

De acuerdo al caso de hibridización, se tienen las siguientes configuraciones:

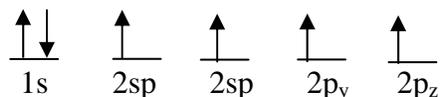
- a) Hibridización tetraédrica o sp^3 , donde se forman cuatro orbitales híbridos sp^3 con un ángulo, entre ellos, de $109^\circ 28'$, a partir de la combinación del orbital $2s$ y los tres orbitales $2p$. La configuración resultante es la siguiente:



- b) Hibridización trigonal o sp^2 , donde se forman tres orbitales híbridos sp^2 a partir de la combinación del orbital $2s$ y dos orbitales $2p$, quedando el orbital $2p_z$ inalterado. Los orbitales híbridos se disponen formando un ángulo de 120° entre ellos y de 90° con el orbital $2p_z$. La configuración atómica resultante es la siguiente:



- c) Hibridización digonal o sp , donde se forman dos orbitales híbridos sp a partir de la unión del orbital $2s$ y de un orbital $2p$. Los orbitales sp generados se disponen formando un ángulo de 180° entre ellos y de 90° con los orbitales $2p_y$ y $2p_z$, que permanecen puros, resultando la siguiente configuración:



Desde el punto de vista mineralógico, referido a las formas libres del carbono, las configuraciones electrónicas más importantes son la hibridización tetraédrica y trigonal.

En efecto, la hibridización sp^3 permite el enlace de un átomo de carbono con otros cuatro, formando una red tridimensional. En ella, cada átomo de carbono ocupa el centro de un tetraedro cuyos vértices son átomos de carbono (NC 4). Estos tetraedros comparten entre sí un vértice y el conjunto de cuatro tetraedros definen una red cúbica centrada en las caras (celda tipo F). La distancia internuclear entre átomos de carbono contiguos en el retículo cristalino del diamante, se ha calculado en unos 0,154 nm.

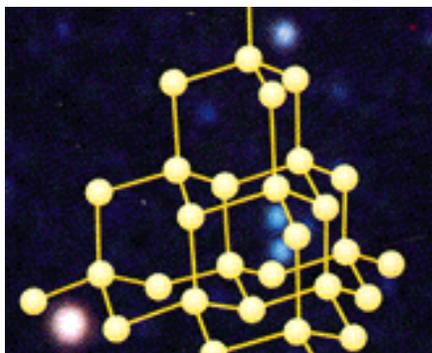


Fig. 2. Red tridimensional asociada al diamante. Tomado de: *Graphite and diamond – soft and hard*, en: <http://www.nobel.se/chemistry/educational/poster/1996/greeks.html>

El resultado de dicha disposición es la formación de la sustancia mineral más dura conocida – el diamante – estando sus propiedades físicas y químicas íntimamente relacionadas con los fuertes enlaces covalentes establecidos entre sus átomos (Fig. 2).

La interacción entre los átomos de carbono, bajo una hibridización sp^2 , es completamente distinta. Bajo esta circunstancia, cada uno está unido covalentemente (enlace sigma), con otros tres (situados

a una distancia de 0,142 nm), formando gigantescas moléculas laminares, dispuestas paralelamente entre sí con una separación de 0,340 nm y unidas por débiles enlaces de Van der Waals. La sustancia mineral resultante corresponde a una de las menos duras conocidas: el grafito (Fig. 3).

La consecuencia de dicho comportamiento atómico del carbono se traduce en la formación de sustancias completamente antagónicas y disímiles (diamante y grafito), que a simple vista no evidencian relación alguna.

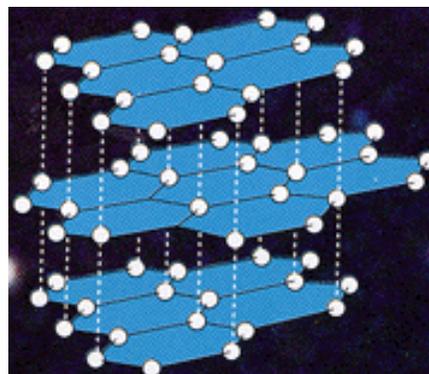


Fig. 3. Estructura planar del grafito. Tomado de: *Graphite and diamond – soft and hard*, en: <http://www.nobel.se/chemistry/educational/poster/1996/greeks.html>

2. EL DIAMANTE

2.1. Reseña histórica

En la actualidad, el diamante es una de las sustancias más valiosa que se conoce, tanto como material utilitario (industrial), como por su valor gemológico. En consecuencia, dicho mineral es capaz de despertar sentimientos de avaricia, debido a que ha sido considerado símbolo de riqueza, estatus y poder.

Esta percepción no siempre ha acompañado al diamante. Sin embargo, desde los tiempos más remotos, ha sido valorado por una de sus propiedades más destacadas: su dureza.

El primer escrito que lo menciona es el libro de El Éxodo, al referirse al pectoral de Aarón (1200 a. C.), donde cada una de las piedras preciosas que lo integraba representaba a cada una de las doce tribus de Israel, siendo el diamante la tercera gema de la segunda fila. El nombre con el cual lo identificaron fue el de *Yiahalóm*, es decir, el que rompe todas las piedras.

Otro de los antiguos textos donde se le hace mención es el manuscrito sánscrito El Arthasastra, escrito por Kautiliya (320 – 296 a. C.). Allí, Kautiliya estableció que el diamante es un material grande, pesado, capaz de resistir golpes, con puntos simétricos, capaz de rayar el interior de una vasija de vidrio colmada de agua al agitarse y con un brillo excepcional. Define, además, como *mal diamante* a aquél que ha perdido sus puntas y bordes y que tiene defectos. Este último aspecto es clara evidencia de que los hindúes reconocieron la calidad de los diamantes con formas perfectas y supieron valorarlos.

Es casi seguro, con pocas excepciones, que muchas de las referencias hechas sobre diamantes en textos antiguos no eran tales, sino otras gemas incoloras de gran dureza, tales como corindones o topacios.

En la antigua Grecia, dicha confusión no se descarta. Es muy posible que los griegos se refirieran, en un principio, con el adjetivo *adamas* al corindón incoloro, aplicado

luego al diamante propiamente dicho. Justamente, el origen etimológico de la palabra diamante proviene del griego *adamao* que significa *yo doblego* o *yo someto*.

Es en el siglo I d.C. cuando se escribe una referencia fiable del diamante en *La Historia Natural* de Plinio el Viejo, donde se dedicó un volumen completo a las piedras preciosas.

A pesar de que en la Edad Antigua los diamantes no gozaron de tanta popularidad como gemas, los romanos fueron los primeros en usarlos de manera natural, sin talla ni pulido, montados en anillos de hierro y, posteriormente, en anillos de oro (siglo II d.C.).

En la Edad Media, los diamantes desaparecieron de Europa por casi más de 1.000 años, al ser despreciados por la naciente religión cristiana, debido a su asociación con la antigua magia talismánica romana. En consecuencia, los países del Medio Oriente pasaron a tener el control sobre el comercio diamantífero y en su utilización, como gema, en sus ornatos.

La India logró destacarse durante estos años como el principal productor de diamantes, siendo una de las piezas de mayor valor el *Koh-I-Noor* o *Montaña de Luz*, diamante que se sospecha estuvo en el trono del famoso Shah Jahan.

Los diamantes resurgen nuevamente en Europa con la aparición de los textos llamados *lapidarios*, donde se indicaban los poderes mágicos y medicinales de las piedras preciosas.

En estos textos, el diamante fue asociado con el poder de hacer invencible y de otorgar valentía a quien lo portara. También, se destacó el uso del polvo de diamante como medicamento y veneno. Se menciona, por ejemplo, la muerte del rey de Sicilia, Federico II (1194 – 1250), y del papa Clemente VII (1523 – 1534), ocasionada por la ingesta de polvo de diamante.

En los siglos XI y XII, se comenzó a usar diamantes en anillos, toscamente pulidos y con una sola faceta, obtenida por exfoliación.

El siglo XV se caracterizó por dos aspectos significativos: primero, el diamante fue observado como objeto valioso en joyería cuando Louis de Berqueur determinó cómo facetarlos (1456) y, segundo, se permitió su uso a las mujeres. Estos aspectos lograron impulsar el comercio de diamantes entre las clases aristócratas de Europa. Por tanto, este mineral, de ser considerado una piedra preciosa de valor secundario, pasa a convertirse en el nuevo protagonista de la joyería europea.

Es durante el siglo XVII, cuando se establece el corte en rosa y el primer corte en brillante, dándole un mayor auge al diamante dentro de la industria de la joyería.

Los diamantes, en el siglo XVIII, pasan a ser usados, casi en su totalidad, por mujeres. Ya agotadas las minas diamantíferas de la India, se descubren nuevas fuentes en Brasil, país que pasa a dominar la producción mundial desde el año de 1726 hasta mediados del siglo XIX, cuando se descubren las minas africanas.

En efecto, es en el año de 1869, cuando se descubren diamantes cerca de Kimberley, en depósitos aluviales del río Vaal, en Sudáfrica.

Los descubrimientos posteriores de grandes depósitos diamantíferos en África (primarios y secundarios), y la compra de las joyas de la corona francesa en 1887, posterior a la caída de Napoleón III, por capitalistas estadounidenses, causaron drásticos cambios en el mercado de esta gema. A partir de este instante, éstos ya no son exclusivos de la aristocracia y hay una producción suficiente para satisfacer a las clases capitalistas en crecimiento.

Dos grandes compañías surgieron de la bonanza sudafricana: la Kimberley Central Mining Company y la De Beers Mining Company, esta última propiedad de los hermanos De Beers, dueños de las tierras donde se encontraron los primeros yacimientos de Sudáfrica. En marzo de 1888, ambas compañías se fusionaron para formar la De Beers Consolidated Mines Limited. A partir de entonces, se estableció un cartel monopolizador del mercado de diamantes, dominado por De Beers, conocido como Sindicato de Londres y posterior a 1934, como la Central Selling Organisation (CSO), esta última, precursora de la actual Diamond Trading Company (DTC).

Entre los años de 1872 y 1908, Sudáfrica estuvo produciendo más del 97% de la producción mundial de diamantes, a pesar de que, en esos mismos años, había comenzado la producción en Namibia.

En 1905 se consigue el diamante más grande de la historia. El hallazgo se produjo en la mina Premier, al este de Pretoria, Sudáfrica, por el Sr. Frederick Wells. Dicho diamante, de 3.106 quilates, recibió el nombre de Cullinan en honor a quien inició los trabajos en dicha mina (Fig. 4).

La famosa mina Kimberley cerró en 1914, después de haber producido 14.504.566 quilates de diamantes a partir del procesamiento de 22,6 millones de toneladas de roca. Hoy en día, la perforación a cielo abierto de esta mina, conocida como The Big Hole, ha sido declarada monumento nacional de Sudáfrica.

Entre los años 1914 y 1925, comenzó la producción diamantífera en otros países, tales como Congo, Guyana, Angola, Ghana y Tanzania. Pese a ello, Sudáfrica se mantuvo como país dominante durante este período, pero con una menor participación en el mercado mundial (50%).

El colapso de la Bolsa de Nueva York en octubre de 1929 y la subsiguiente Gran Depresión, afectó severamente a la industria minera en general y, por ende, al mercado internacional de diamantes.

Sudáfrica, a principio de los años 30, fue desplazada como primer productor de diamantes, al no poder competir con los diamantes de alta calidad de Sierra Leona (1932).

La Segunda Guerra Mundial, causó un segundo revés a la industria diamantífera mundial, afectando gravemente a los países productores.



Fig. 4. Mr. Frederick Wells, sosteniendo el diamante Cullinan, cuando fue hallado en la mina Premier. Foto obtenida en: <http://famousdiamonds.tripod.com/cullinandyamonds.html>

Nuevos yacimientos se descubrieron entre 1957 y 1970 en Guinea, Costa de Marfil, Liberia, Rusia y Botsuana. La apertura, en el año de 1983, de la mina Argyle en Australia (la más grande en la actualidad), produjo grandes modificaciones en la industria minera del diamante: Australia, de país no-productor, pasa a convertirse en el primer productor de diamantes del mundo, posición que mantuvo hasta el año 2000.

La situación del mercado diamantífero mundial se agrava en los años 90. Es en diciembre de 1998, cuando un pequeño grupo británico, activista del medio ambiente y de los derechos humanos, llamado *Testigo Mundial*, hace la publicación de un compendio titulado *Comercio difícil*. En él se responsabiliza a la industria del diamante por la pobreza en Angola.

La industria se ve seriamente amenazada por las actividades sangrientas de los grupos rebeldes de Sierra Leona. Ciertamente, a mediados de 1990, el *Frente Revolucionario Unido* (FRU), comandado por Foday Zanco, se adueñaron de los campos más ricos de ese país, logrando sacar decenas de millones de dólares en piedras al año, a través de países vecinos. Esta actividad pone de manifiesto el hoy conocido problema de *los diamantes sangrientos o de conflicto*.

Es en mayo de 2000, cuando, por iniciativa de la República de Sudáfrica y junto a otros productores diamantíferos del sur de África, se establece el llamado Esquema de Certificación Proceso Kimberley (KPCS, siglas en inglés), siendo su objetivo primordial romper toda vinculación entre los mercados legales y los llamados *diamantes de conflicto*.

El KPCS fue aceptado y promovido por las Naciones Unidas, mediante resolución aprobada por la 96ª sesión plenaria del 13 de marzo de 2002 (Resolución N° 56/263), lo cual, ha permitido que más de 70 países, entre productores y comercializadores, se hayan plegado a este sistema de certificación.

Venezuela se anexó al mismo, mediante las resoluciones N° 106 del Ministerio de Energía y Minas, N° 042 del Ministerio de Producción y Comercio y N° 1.351 del Ministerio de Finanzas, publicadas en la Gaceta Oficial N° 37.696, del 23 de mayo de 2003.

En relación con la elaboración de diamantes sintéticos, estos se obtuvieron por primera vez en el año de 1953 por el Dr. Eric Lundblad, en los laboratorios ASEA en Suecia. Posteriormente, la compañía General Electric inicia, en 1955, la producción de pequeños diamantes, los cuales, lograron entrar en el mercado como diamantes industriales, alcanzándose una producción de más de 100 millones de quilates para 1980.

En 1970 se logra la síntesis de diamantes de más de un quilate y con la suficiente calidad para ser tallados. No obstante, éstos no han podido ser comercializados debido a los altos costos que implica su elaboración y a la suficiente producción de diamantes de calidad gema naturales.

Una de las últimas tecnologías en la síntesis de diamantes corresponde al método de Deposición Química de Vapor o CVD (siglas en inglés), con el cual, se ha logrado la confección de delgadas capas de diamante policristalino (en el orden de los nanómetros), sobre un sustrato de vidrio, silicona, tungsteno o molibdeno, a partir de gases carbonáceos (metano), sometidos a presiones inferiores a 1 atm.

Como se puede deducir, la historia del diamante se ha caracterizado por un marcado dinamismo. Aquel material simple y apenas apreciado como gema, logró alcanzar la preciada posición que goza en nuestros días.

Ha estado con el hombre desde los tiempos más remotos y nada hace descartar que siga participando directa o indirectamente en nuestra vida cotidiana: en un anillo, en las industrias minera y petrolera, en las operaciones médicas que exigen gran precisión en sus cortes, en las rutinas espaciales, en futuros dispositivos electrónicos, etc.

Sin lugar a dudas, el diamante logró, por su dureza y belleza, marcar, profundamente, la vida de la humanidad.

2.2. Cristalografía y propiedades físico-químicas

El diamante, para la mineralogía sistemática (clasificación antigua de Dana), se incluye dentro de los Elementos Nativos No-metálicos, más específicamente, en el Grupo de los Polimorfos del Carbono, junto al grafito, la lonsdaleita, la caoita y la fullerita. A

continuación, se presentan las características cristalográficas y las propiedades físicas y químicas de este importante mineral.

Tabla 2. Propiedades cristalográficas, físicas y químicas del diamante	
Características Cristalográficas	
Sistema cristalino	Cúbico o Isométrico
Clase cristalina (simetría externa)	Hexoctaédrica (4/m 3 2/m)
Grupo espacial (simetría interna)	F4 ₁ /d32/m (Fd3m)
Aspectos de la celda unitaria	a = 3,5668 Å, Volumen celda = 45,38, Z = 8 Densidad calculada: 3,52 g/cm ³ .
Difracción de rayos X (I/I ₀)	2,06(10)1,26 (8) 1,072 (7) 0,813 (6) 0,721 (9)
Formas cristalinas	Usualmente octaédrico , menos común el rombododecaédrico y realmente extraño el hexaedro . El hexóctaedro también es común. Los cristales, por lo general, presentan las caras y aristas redondeadas. La macla , según la Ley de la Espinela, es frecuente. Bort : agregado criptocristalino (policristalino). La variedad Ballas (nombre casi en desuso), caso especial de bort, es un agregado de aspecto esférico. Carbonado : variedad negra o gris oscura del bort, con exfoliación pobre o ausente.
Propiedades Físicas	
Color	Incoloro a blanco. Usualmente, con un tinte amarillento, naranja o castaño. Menos común el azul, verde y rojo. Verdaderamente extraños el rojo, azul, verde y violeta intensos. Los colores grises y negros son comunes.
Diafanidad	Transparente a translúcido. El carbonado es opaco.
Brillo	Adamantino. Puede ser grasoso en algunos especímenes en bruto.
Otras propiedades ópticas	Isotrópico, n = 2,4175 – 2,4178, Dispersión = 0,044 (alta).
Raya	Blanca
Exfoliación (clivaje)	Perfecta según el octaedro {111} Carbonado con exfoliación pobre o ausente.
Fractura	Concoidea
Tenacidad	Frágil
Dureza	10 en la escala de Mohs (en algunos casos se señala de 9,5 a 10). La cara del octaedro es la más dura, siendo la más débil, la del cubo. Número de dureza Kooops: 56 – 115 GPa.
Gravedad específica	De 3,1 hasta 3,53. 3,52 para cristales puros y 3,1 a 3,3 para el Carbonado.
Conductividad térmica	4 veces más conductivo que el cobre. 5 – 25 Watts/cm°C a 300° K.

Tabla 2. Propiedades cristalográficas, físicas y químicas del diamante	
Conductividad eléctrica	Principalmente no conductores (aislantes). Algunos pueden ser usados como semiconductores (tipo IIb), debido a las impurezas que contienen.
Punto de fusión	4090° C
Fluorescencia	Fluorescente bajo luz UV de onda corta (UV-C) y menos frecuente bajo luz UV de onda larga (UV-A). La más común es el color azul y en ciertas ocasiones puede ser blanca, amarilla, naranja y roja. Es un aspecto que puede afectar el valor de diamantes calidad gema.
Propiedades Químicas	
Composición química	Carbono
Fórmula química	C
Punto de combustión	Entre 690 y 875° C. Esto permite cortarlo con láser.
Tipos según el contenido de Nitrógeno	<p>El nitrógeno puede sustituir al carbono en la estructura del diamante hasta valores de 0,3%, configurándose distintos estados de agregación:</p> <p>Tipo Ia: el tipo más común de diamantes, con un contenido alto de nitrógeno, desde 0,1 hasta 0,3%.</p> <ul style="list-style-type: none"> • IaA un par de átomos de N ocurren en sitios adyacentes. • IaB, donde cuatro átomos de N, con arreglo tetraédrico, llena un vacío en la estructura del diamante (se detecta como una meseta en el registro de absorción infrarrojo o ultravioleta). Algunas veces, son tres átomos de N y un vacío, los que sustituyen a 4 átomos de C, formando centros N3 (causa del color amarillo en diamantes) <p>Tipo Ib: aquellos que contienen entre 10 hasta 1.000 ppm de nitrógeno (500 ppm en promedio). Sólo el 0,1 % de los diamantes naturales son de este tipo, siendo la mayoría de los sintéticos de esta clase. En este caso, un átomo de nitrógeno sustituye a un átomo de carbono.</p> <p>Tipo IIa: aquellos que contienen tan poco nitrógeno (<10 ppm), que su detección, por los métodos de absorción infrarrojo y ultravioleta, es bastante difícil. Diamantes de este tipo son bastante escasos.</p> <p>Tipo IIb: Tienen menor cantidad de nitrógeno que los tipo IIa, siendo realmente extraños en la naturaleza. Se caracterizan por sus propiedades semiconductoras (contenido de boro).</p>
Otros aspectos	<p>a) Hidrófobos: la superficie de los diamantes repele el agua.</p> <p>b) Lipofilia, es decir, afinidad a las grasas y ceras, por lo que tiende a adherirse a superficies recubiertas por estas sustancias (puntas de los dedos).</p> <p>c) Químicamente, inalterable por ácidos u otras sustancias. Sin embargo, según ciertos escritos (<i>Hombre, Ciencia y tecnología – Enciclopedia Británica</i>), los diamantes pueden descomponerse en una mezcla de ácido sulfúrico y dicromato potásico.</p> <p>d) Se define como resorción al proceso no especificado, mediante el cual, un cristal de diamante sufre una disminución en su tamaño por oxidación, grafitización o cualquier otro mecanismo.</p>

2.3. Usos actuales

Hoy en día, los diamantes se utilizan en distintos campos, destacándose su empleo como gema y material de uso industrial.

Su uso como material cortante y abrasivo se ha extendido a diversas áreas, desde las actividades de exploración y extracción minera y petrolera (mechas de perforación), hasta en las industrias ópticas (corte y pulido preciso de lentes), aeroespaciales, en medicina (cuchillas de diamante) y en electrónica (diamantes sintéticos).

El uso en la industria de la joyería abarca dos facetas: como material para el corte y pulido de gemas y para elaborar finos detalles en piezas metálicas y como gema propiamente dicha. Este último, corresponde al valor utilitario más importante, pues aporta los dividendos más significativos para las compañías y particulares que los explotan, comercializan y manufacturan.

El diamante es único como gema, debido a su brillo, dureza, rareza y elevados valores de dispersión y refracción; estos dos últimos, causas del *fuego* de un brillante.

Existen, en el ámbito mundial, numerosos ejemplares, famosos por sus sorprendentes historias, colores y tamaños, en manos de particulares multimillonarios, museos o de las diversas monarquías que hasta el momento subsisten.

A continuación, a manera de ilustrar el valor del diamante como gema, se enumeran e ilustran los más famosos de ellos.

a) **Koh-I-Noor**

Este diamante, cuyo nombre significa *Montaña de Luz*, procede de la India teniéndose registro de él desde el año 1304 d.C., cuando contaba con 186 quilates de peso (talla en rosa). Tiene como anécdota el nunca haber sido comprado, sino de haber pasado de mano en mano, con una historia muy trágica para los soberanos que lo poseyeron. Por ejemplo, estuvo engastado en el ojo del pavo real, del famoso trono de Sha Jahan. Hoy en día, forma parte de las joyas de la corona británica (Fig. 5), desde que lo obtuvo la reina

Victoria (1850), engastado en la corona de la Reina Madre, con un peso actual de 108,93 quilates (talla en brillante oval antiguo).



Fig. 5. Diamante Koh-I-Noor. Izquierda abajo, talla en rosa original (186 q.m.). Centro, talla actual (brillante antiguo). Abajo derecha, corona de la reina Madre, donde está engastado el Koh-I-Noor. Tomado de <http://famousdiamonds.tripod.com/famousdiamonds.html> y <http://www.top10sa.com/Top10List.asp?ListID=343>

b) Cullinan

El Cullinan fue el diamante en bruto más grande hallado en toda la historia, llegando a pesar 3.106 q.m. Fue comprado por el antiguo Gobierno de Transvaal, quien lo obsequió al Rey Eduardo VII de Inglaterra, en su 66^{to} cumpleaños para, posteriormente, ser cortado en 9 piezas grandes (Cullinan I – IX), y en otras 96, más pequeñas.

El peso y aspecto de las nueve primeras *Estrellas de África* – como también se conocen – se resumen en la tabla 3 siguiente:

Tabla 3. Peso y características de las primeras <i>Estrellas de África</i>		
Nombre	Peso (q.m.)	Foto u observación
Cullinan I	530,20	 
Cullinan II	317,40	 
Cullinan III	94,40	
Cullinan IV	63,60	
Cullinan V	18,80	Talla en pera triangular
Cullinan VI	11,50	Talla en marquesa
Cullinan VII	8,80	
Cullinan VIII	6,80	
Cullinan IX	4,39	Talla en pera, montado en anillo

Fotos tomadas de: The World of Famous Diamonds en <http://famousdiamonds.tripod.com/>

c) Otros diamantes famosos

Tabla 4. Otros diamantes famosos por sus historias y colores				
Nombre	Origen	Peso (q.m.)	Observaciones	Foto
Golden Jubilee	Sudáfrica	545,67	El diamante tallado más grande. Propiedad del Rey de Tailandia Bhumibol Adulyadej, desde 1997.	
Excelsior	Sudáfrica (1983)	En bruto: 995 Excelsior I: 69	El segundo diamante más grande de la historia, cortado en 21 piezas. Foto: Excelsior I.	
Centenario	Mina Premier, Sudáfrica (1986)	En bruto: 520 Luego de talla: 237,85	Es el diamante blanco tipo D más puro conocido (flawless). Su talla consta de 247 facetas.	
Darya-I-Nur	India	190	Su nombre significa <i>Río de Luz</i> , otro de los legendarios diamantes hindúes.	
Verde Dresden	India	40,70	Color verde esmeralda. Se exhibe en el museo Albertinum, Dresden, Alemania.	

Tabla 4. Otros diamantes famosos por sus historias y colores				
Nombre	Origen	Peso (q.m.)	Observaciones	Foto
El Regente	India (1701). Su nombre anterior era Pitt	Original: 410 Talla: 140,50	Perteneció a Pedro El Grande de Rusia, María Antonieta de Francia y a Napoleón Bonaparte, quien lo mandó a engastar en su espada.	
Red Shield	Brasil	En bruto: 13,90 Talla: 5,11	Definido por la G.I.A. como el diamante rojo fantasía más grande.	
Hope	India. (Posiblemente de las minas de Kollur, en el estado de Hyderabad)	Original: 112. Azul de Tavernir o Azul de Francia: 67,50 Hope: 45,52	Famoso por ser una gema de malos augurios según cuenta su historia. El Azul de Francia, de donde el Hope fue cortado, perteneció al Rey Luis XVI y fue usado por su esposa María Antonieta.	
El Negro de Orlov	Posiblemente de la India	En bruto: 195 Talla: 67,50	De color gris muy oscuro. Se conoce también como Ojo de Brahma.	
Nur-Ul-Ain	India	60	El diamante rosado más grande del mundo.	
Royal Purple Heart	_____	7,34	El diamante violeta fantasía más grande del mundo.	

Fotos tomadas de: The World of Famous Diamonds en <http://famousdiamonds.tripod.com/>

No es posible concluir este capítulo sin mencionar uno de los usos del diamante que marcó de manera asombrosa la historia de la ciencia y que debe llenarnos de orgullo, como venezolanos. Éste corresponde a la famosa *cuchilla de diamante* (patente N° 799.498), ideada por el médico y científico venezolano Humberto Fernández Morán (Fig. 6).



Fig. 6. Fotografía de Humberto Fernández Morán, inventor de la cuchilla de diamante. Tomado de: www.el-nacional.com/revistas/todoendomingo/todo157/reportaje1.htm

Durante sus trabajos en microscopía electrónica en Estocolmo, Suecia, llegó a la conclusión de que la cuchilla de vidrio no era adecuada para lograr los finos cortes que se requerían. Es por ello, que decidió investigar con otros materiales más duros como zafiros, rubíes y diamantes de Sudáfrica, sin llegar a ningún resultado. No obstante, fue con los diamantes de Venezuela, que su padre le envió, con los que pudo diseñar su cuchilla, al poderlos rebajar a láminas finas (24 de marzo de 1953).

Este instrumento es capaz de cortar un glóbulo rojo en 160 secciones, siendo el filo de la cuchilla de apenas 26 a 65 átomos. Fue usado en la misión Apolo, para traer muestras lunares, programa donde también intervino dicho científico.

Este digno venezolano, a través de este invento, logró obtener la medalla John Scott (1967), estando a la altura de Marie Curie (descubrimiento del elemento Radio), Thomas Edison (diseño de la lámpara incandescente), y Alexander Fleming (descubrimiento de la Penicilina).

Finalmente, es importante señalar que pierde la oportunidad de adjudicarse el Premio Nóbel, por el mismo concepto, al negarse a renunciar a la nacionalidad venezolana y adquirir la estadounidense. Sin duda alguna, un digno venezolano con un sentimiento patriótico, que supo reflejar la dureza y el carácter indómito del diamante.

3. LA INDUSTRIA DEL DIAMANTE EN VENEZUELA Y EL MUNDO

Uno de las industrias más complejas que existen en la actualidad es la del diamante, debido a los diversos factores que controlan y afectan su producción y comercialización.

Los diamantes se *mueven* a lo largo de una ruta, hoy conocida bajo el nombre de *la tubería*, la cual abarca: la extracción de los diamantes por las compañías mineras, comercialización de ejemplares en bruto, operaciones de corte y pulido, el comercio de los ejemplares ya confeccionados (mayoristas y minoristas), y la compra por parte de particulares. Este gran viaje del diamante, desde su fuente hasta llegar a las manos de los clientes, puede tener una duración de uno o dos años.

La explotación del diamante es una actividad bastante atractiva por las particularidades de su mercado. Éste se caracteriza por mantener una elevada demanda, favorecida por campañas publicitarias, como la de la industria De Beers, al haber popularizado el anillo de diamante de compromiso; acompañada por una producción (oferta), muy por debajo de ella.

No obstante, ciertos analistas indican que los precios del diamante son netamente artificiales, escapando de la normal regulación oferta-demanda. Según ellos, la empresa que se encuentra detrás de este fenómeno es el emporio de De Beers y a su cartel, conocido desde enero de 2000, como la Diamond Trading Company (DTC), antigua Central Selling Organisation (CSO), creada en 1934.

Esta compañía, en efecto, ha realizado diversas operaciones para controlar los suministros y así manejar los precios. Por ejemplo, De Beers supo afectar a aquellos productores que comercializaron de manera independiente (alejados de la antigua CSO), con una saturación selectiva del mercado con las piedras contenidas en sus reservas de su oficina central en Londres.

En los últimos años, dicha postura mantenida por De Beers, ha estado muy limitada a causa de la fortaleza de los productores canadienses, australianos, rusos y angolese, quienes se han venido independizando. De hecho, a partir del año 2000, De Beers enfrentó

un déficit de ejemplares en bruto en sus reservas, lo que la llevó a buscar suministros de emergencia y a modificar su imagen monopolista por la de suministrador confiable.

En la actualidad, los diamantes en bruto se mercadean de distintas formas, donde los más importantes son los siguientes:

a) Comercialización en el país de origen, asociado a la producción artesanal, en la cual, los lotes pasan por varios compradores antes de llegar a bolsas comerciales importantes, como la de Amberes (Bélgica), o Tel Aviv (Israel).

b) Sistema del Diamond Trading Company (DTC), brazo comercializador de De Beers.

c) Sistemas de venta de otros productores, tales como: Río Tinto (RTZ – Australia), BHP – Billiton (Canadá) y Alrosa (Rusia).

La producción de diamantes en Venezuela ha estado manejada, en su mayoría, por la minería artesanal, tanto local como extranjera (garimpeiros brasileños) y, en menor grado, por concesionarios del Ministerio de Energía y Minas y contratistas de la Corporación Venezolana de Guayana. Por ende, la producción minera de envergadura se ha mantenido al margen de la producción nacional. (ver Fig. 7).



Fig. 7. Grupo de mineros artesanales extrayendo diamantes aluvionales, usando una de sus herramientas fundamentales: la suruca. Los vendedores locales, según testimonios de los mineros, les venden cada una a Bs. 100.000. Zona de El Indio, Guaniamo – Edo. Bolívar (julio 2003).

La historia de la industria del diamante en Venezuela se remonta desde el año de 1883, cuya evolución cronológica se sintetiza en la tabla siguiente (Tabla 5):

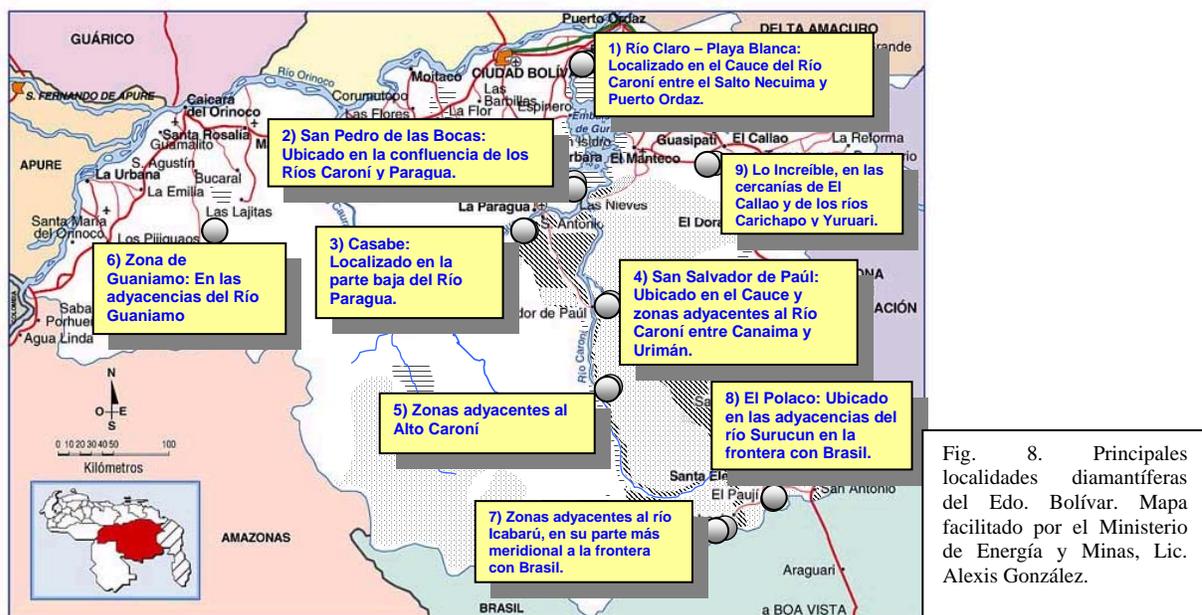
Tabla 5. Cronología de los eventos más significativos de la industria del diamante en Venezuela	
Fecha	Evento histórico
1883	Supuesto descubrimiento de diamantes en el Distrito Betijoque, Edo Trujillo, por el Ing. de Minas Cristófero Dacovich, consiguiendo así una concesión minera por parte del Ejecutivo. Dacovich, conforme a un documento entregado al Ejecutivo local, expresó lo siguiente: “...de los resultados obtenidos en la exploración de tres días en la mina (...) es a saber: El primer día de explotación (...) se obtuvo un resultado de ocho quilates de diamantes, cuyo peso era de un quilate (...). El segundo día (...) se obtuvo el resultado de veintiocho quilates de diamantes, de distintos pesos y formas y el tercer día (...) se obtuvo un resultado de quince quilates de distintos pesos y varias clases, con las formas siguientes, granuliforme, octaedro, exahedraedro y tabla...”
1904	Caduca la concesión otorgada a Cristófero Dacovich (8 de febrero).
1913	Primer registro de presencia de diamantes en Guayana, específicamente, en el ahora desaparecido pueblo de Paviche (cubierto por la represa del Guri). Se da inicio a una modesta explotación de dicho mineral.
1915	Se otorga la primera concesión minera con el nombre de Nieves, ubicada en el pueblo de San Pedro de Las Bocas.
1926	La producción de diamantes se estabiliza, tomando un ritmo continuo y ascendente.
1931	Primera gran bulla del diamante en Venezuela, debido al descubrimiento de los yacimientos Santa Elena de Uairén, efectuado por garimpeiros brasileños. En consecuencia, se produjo un movimiento de los mineros locales hacia esa zona, sucediéndose fuertes pugnas entre los mineros nacionales y extranjeros. El Ejecutivo reestableció el orden, al desalojar a los garimpeiros hacia su país. A partir de este momento, surgen nuevos descubrimientos: La Patria, La Esperanza, El Polaco y Guari.
1933	Se establece la primera compañía de diamantes, conocida como Minera El Pao C.A. Esta empresa se adjudicó la concesión Nieves y se dedicó a la explotación de los yacimientos de El Pao de La Fortuna.
1940 – 1942	San Pedro de Las Bocas se convierte en un centro diamantífero, caracterizado por la alta calidad de los diamantes tipo talla. Se produce el hallazgo del diamante El Libertador, en la quebrada El Polaco (1942), el cual, llegó a pesar 154,15 quilates y descubierto por Jaime Hudson alias <i>Barrabás</i> . Este diamante fue vendido a la firma neoyorquina de Harry Winston por US\$63.000 y cortado en tres piedras de 40,00, 18,12 y 8,92 quilates, en talla esmeralda y en una de 1,44 quilates, en marquesa. Se conoce que la mayor de ellas fue vendida, en subasta pública en Nueva York, por US\$185.000.
1943	Finalizan las operaciones de la compañía Minera El Pao . Ocurre la segunda bulla del diamante , al descubrirse nuevas regiones diamantíferas: región de Urimán – Avequi – Capaure.
1945	Se otorgan nuevas concesiones mineras, en la región de Paraytepuí. La producción, en esa zona, no comienza sino hacia 1948.
1952 – 1953	Nuevos descubrimientos en Cinco Ranchos y río Icabarú.
1954 – 1955	Tercera bulla del diamante con los grandes hallazgos en la región del medio y alto Paragua: Casabe, El Caruto, Manare, Oris, Uraima, Aza y Chiguao.
1950 – 1960	Gran bajón en la producción de diamantes.
1961	Cuarta bulla del diamante , al descubrirse los famosos yacimientos del bajo Caroní, en las regiones de Caruachi, Playa Blanca, Río Claro y Merey
1965	El Ejecutivo Nacional, a través del anterior Ministerio de Minas e Hidrocarburos,

Tabla 5. Cronología de los eventos más significativos de la industria del diamante en Venezuela	
Fecha	Evento histórico
	implementó los primeros mecanismos reguladores sobre las actividades de explotación de diamantes.
1968	Se explota el rico yacimiento de San Salvador de El Paúl, cercano al Río Parupa.
1971	Quinta bulla del diamante , la más grande de todas, al identificarse la provincia diamantífera de Cuchivero (región de los ríos Guaniamo y Cuchivero). Se logra determinar que la zona es la de mayor potencial en el Edo. Bolívar.
1982	Se descubren las primeras capas kimberlíticas en la región de Guaniamo, por Baxter-Brown, Cooper y Drew, en la cuenca del río Quebrada Grande.
1998	La datación de las capas de kimberlita, arrojan una edad promedio de 710 Ma. (Channer et al., 1988), lo cual permite derrumbar la hipótesis de que Roraima era la fuente de origen de los diamantes de la zona.

En la actualidad las reservas diamantíferas de Venezuela se calculan, sólo para la región del alto al bajo Caroní (Fig. 8), de la siguiente manera:

- a) Probadas: 38.720.000 q.m.
- b) Probables: 92.230.000 q.m.
- c) Hipotéticas o posibles: 187.760.000 q.m.

Esas cifras están respaldadas por un plan de muestreo en la cuenca del río Caroní desarrollado por CVG – Edelca, en el año 2000. Las reservas de la región de Guaniamo aún no han sido estimadas por el Ministerio de Energía y Minas.



Volviendo al panorama mundial, las tablas que se muestran a continuación reflejan las posiciones de los principales productores de diamantes a nivel mundial, clasificados por categorías.

Tabla 6. Producción mundial de diamante (gema e industria), entre los años 1999 y 2001, en miles de quilates métricos

Posición	País productor	1999	2000	2001
1	Botsuana	21.350	24.650	25.160
2	Australia	29.784	26.698	23.800
3	Rusia	23.000	23.200	23.200
4	Congo	20.120	17.700	18.200
5	Sudáfrica	10.020	10.780	11.170
6	Angola	4.100	6.000	5.170
7	Canadá	2.000	2.000	2.600
8	Namibia	1.639	1600	1.490
9	China	1.150	1.150	1.185
10	Brasil	900	900	1.000
11	Ghana	646	890	870
12	Sierra Leona	600	600	600
13	Rep. Centrafricana.	550	550	480
14	Guinea	550	550	360
15	Tanzania	501	90	355
16	Costa de Marfil	310	300	320
17	Liberia	200	200	170
18	Venezuela	95	100	125
19	Zimbabue	45	20	15
20	Otros	348	401	270
	Total	117.908	118.379	116.540

Tomado de: The Diamond Registry, en www.diamondregistry.com/world.htm

A partir de los datos anteriores (Tabla 6), los países productores pueden ser clasificados dentro de tres grandes grupos:

a) Grupo A o de los grandes productores, con una producción igual o superior de los 10 millones de q.m. anuales. Los cinco países que lo integran – Botsuana, Australia, Rusia, Congo y Sudáfrica – suman una producción que representa casi el 90% del total mundial para el año 2001.

b) Grupo B o de los medianos productores, los cuales mantienen una producción igual o superior al millón de q.m. anuales, pero que no alcanzan los 10 millones. Los países que lo integran (entre 1999 – 2001), son: Angola, Canadá, Namibia, China y Brasil, este último alcanzando el millón de q.m. para el año 2001.

c) Grupo C o de pequeños productores, cuya producción anual es inferior al millón de quilates métricos, donde se incluye Venezuela, en función, a su producción declarada.

Cabe destacar, que en el año 2001, Botsuana logra desplazar a Australia como primer productor mundial de diamantes, hecho favorecido por la creciente producción de este país africano (~ +17% en el período 1999 – 2001), y el drástico y sostenido descenso de la producción australiana entre 1999 y 2001(~ -20%).

En relación con la producción de diamantes de calidad gema la situación se muestra en la Tabla 7 siguiente:

Posición	País	1999	2000	2001
1	Botsuana	16.000	19.700	20.100
2	Rusia	11.500	11.600	11.600
3	Australia	13.403	12.014	10.700
4	Congo	4.120	3.500	9.100
5	Angola	3.700	5.400	4.653
6	Sudáfrica	4.000	4.300	4.470
7	Canadá	2.000	2.000	2.600
8	Namibia	1.550	1.520	1.490
9	Brasil	300	300	1.000
10	Ghana	518	178	700
11	Sierra Leona	450	450	450
12	Rep. Centroafricana.	400	400	360
13	Tanzania	200	35	302
14	Guinea	410	410	270
15	China	230	230	235
16	Costa de Marfil	210	200	210
17	Liberia	120	120	100
18	Venezuela	59	60	85
19	Zimbabue	15	7	5
20	Otros	207	258	70
	Total	59.392	62.682	68.500

Tomado de: The Diamond Registry, en www.diamondregistry.com/world.htm

Se puede observar que Botsuana está consolidada en el primer lugar, como productor de diamantes de calidad gema, seguida por Rusia y Australia. Este grupo concentra alrededor del 62% de la producción mundial de diamantes para gema (2001), definiéndose como los grandes productores mundiales de este rubro.

El Congo, Angola, Sudáfrica, Canadá, Namibia y Brasil, se destacan como mediados productores. Caso especial es el de Sudáfrica y el Congo, países que integran este grupo a pesar de ser grandes productores totales de diamantes.

Se sigue observando, entre el período 1999 y 2001, el incremento sostenido de la producción botsuana (~ +25%), la estabilidad de la producción rusa y el decrecimiento sostenido de la australiana (~ -20%).

Respecto a la producción de diamantes para uso industrial (Tabla 8), la situación es distinta, destacándose los siguientes aspectos:

a) Los grandes productores están representados por sólo dos países: Australia y Rusia. A pesar de que Australia se ha mantenido como primer productor en este rubro, ha venido descendiendo su producción en alrededor de un 20%, en el período 1999 – 2001.

b) Los medianos productores están representados por Congo, Sudáfrica y Botsuana.

c) La situación de Botsuana, como productor de diamantes industriales, refleja dos aspectos: primero, la producción de este país está focalizada hacia los diamantes de calidad gema y, segundo, la alta calidad de sus yacimientos.

d) La posición de Australia indica su alta capacidad de producción de diamantes industriales, seguramente asociados a los depósitos de Argyle, en comparación con su nivel de producción de diamantes de calidad gema.

e) Países como Brasil, Canadá y Namibia, están fuera de la producción de este rubro, de acuerdo a las cifras del año 2001.

Posición	País	1999	2000	2001
1	Australia	16.381	14.684	13.100
2	Rusia	11.500	11.600	11.600
3	Congo	16.000	14.200	9.100
4	Sudáfrica	6.020	6.480	6.700
5	Botsuana	5.350	4.950	5.060
6	China	920	920	950
7	Angola	400	600	517
8	Ghana	128	712	170
9	Sierra Leona	150	150	150
10	Rep. Centroafricana	150	150	120
11	Costa de Marfil	100	100	110
12	Guinea	140	140	90
13	Liberia	80	80	70
14	Tanzania	301	55	53

Posición	País	1999	2000	2001
15	Venezuela	36	40	40
16	Zimbabue	30	13	10
17	Otros	141	143	200
	Brasil	600	600	n/p
	Namibia	89	80	n/p
	Canadá	n/p	n/p	n/p
	Total	58.516	55.697	48.040

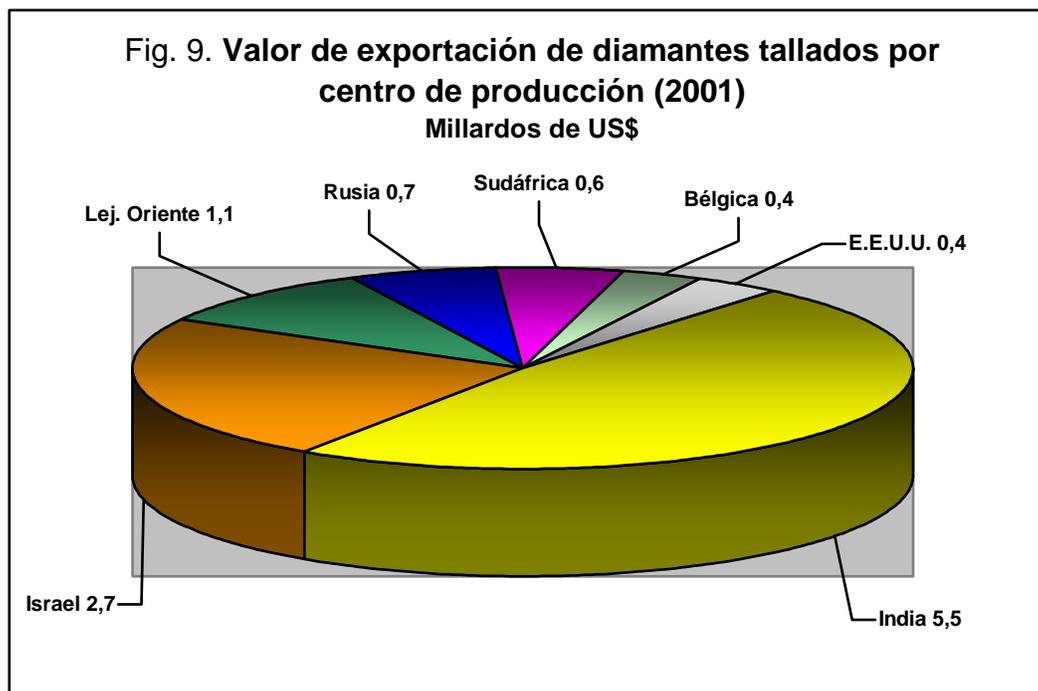
Tomado de: The Diamond Registry, en www.diamondregistry.com/world.htm

n/p: no produjo

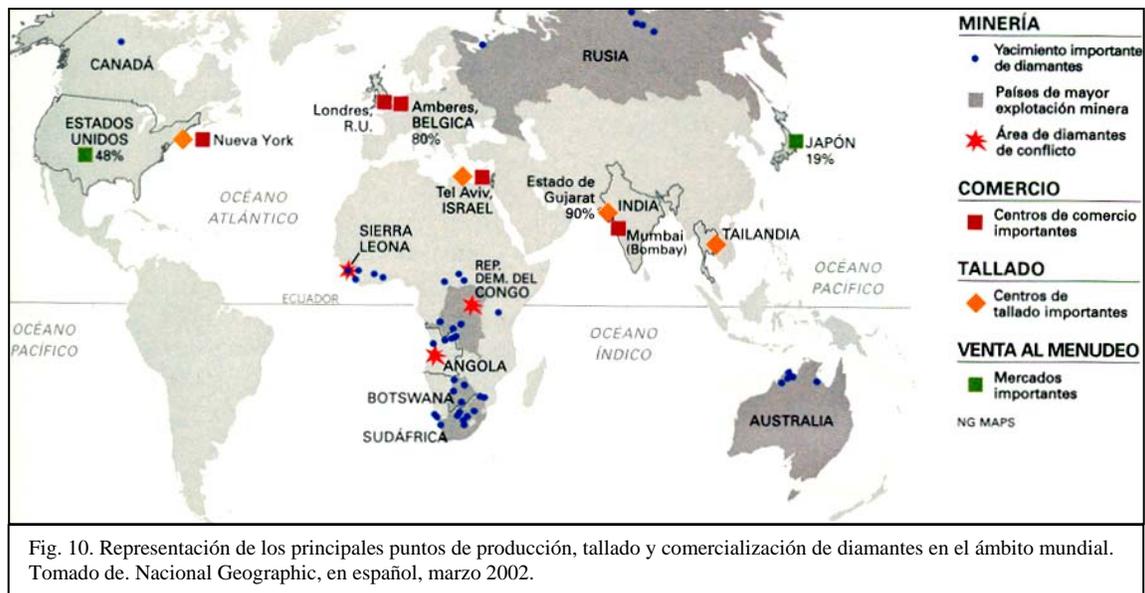
Otro aspecto relevante en el proceso de comercialización de diamantes son los centros de pulido. Los principales países o regiones famosos por sus centros de tallado son, en orden de importancia, los siguientes: India, Israel, Lejano Oriente (China, Tailandia y Sri Lanka), Rusia, Sudáfrica, Bélgica y Estados Unidos.

India es el más grande centro de corte y pulido de diamantes en el ámbito mundial, cuya producción ha venido incrementándose en los últimos años.

En el gráfico siguiente (Fig. 9), se muestra el valor de las exportaciones de diamantes tallados, en millardos de US\$, por centro de producción (fuente: Tacy Ltd, 2001).



A manera de resumen se incluye la siguiente figura, donde se indican los principales centros de producción, tallado y comercialización al mayor y al detal de diamantes del mundo.



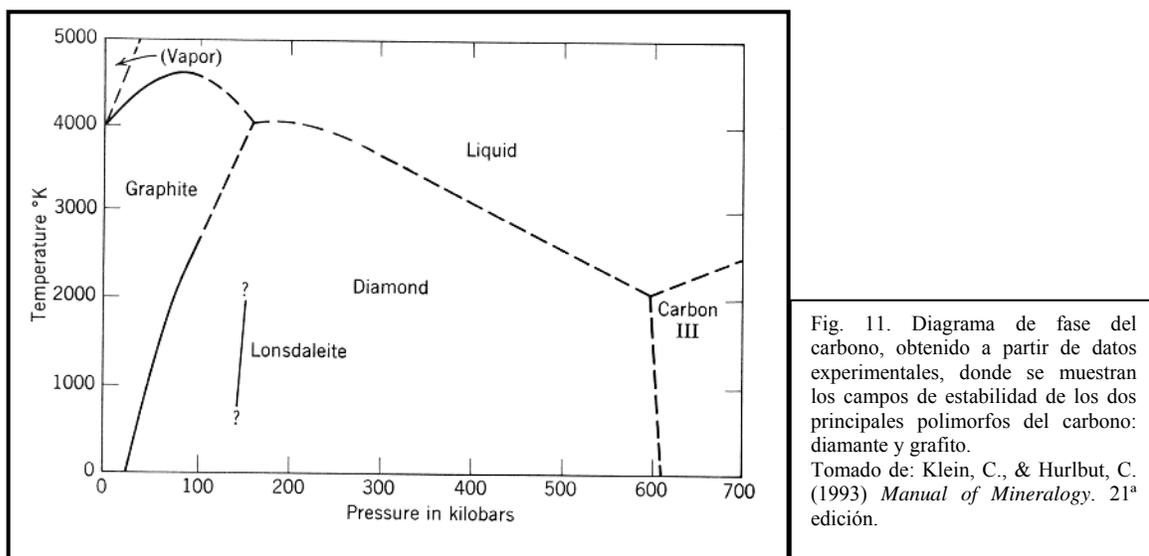
Finalmente, uno de los aspectos que ha afectado de manera sorprendente el comercio de los diamantes, en los últimos años, son los llamados *diamantes del conflicto*. La comercialización de éstos constituye un mercado paralelo, ilegal, en manos de grupos guerrilleros o terroristas, quienes los utilizan para financiar sus operaciones o para proteger y movilizar sus capitales.

Es por ello, que surge el llamado Proyecto Kimberley (KPCS), como un mecanismo para frenar la comercialización de los *diamantes del conflicto* (ver capítulo 2 de esta obra).

4. GEOLOGÍA DEL DIAMANTE

4.1. Generalidades

Como ya se ha discutido en capítulos anteriores, el diamante corresponde al polimorfo de alta presión del carbono. La siguiente figura (Fig. 11), representa el diagrama de fase, donde se muestran los campos de estabilidad para los principales polimorfos del carbono.



La formación del diamante requiere, entonces, de grandes presiones, que se traducen a profundidades superiores a los 120 Km (manto superior), bajo condiciones de temperatura que permitan su preservación.

La posibilidad de que los diamantes puedan conseguirse en la superficie terrestre (donde el grafito es la forma estable), se debe a los siguientes aspectos:

- La transformación diamante-grafito es demasiado lenta y requiere de una considerable cantidad de energía. De esta manera, el rápido ascenso de los diamantes hasta la corteza continental, a través de los magmas kimberlíticos o lamproíticos, permite que éstos permanezcan en un estado meta-estable.

- Su alta resistencia química y mecánica, que hace posible su preservación bajo condiciones de intemperismo.

Los depósitos diamantíferos pueden ser clasificados dentro de dos categorías: primarios (kimberlíticos y lamproíticos) y secundarios (placeres eluviales, aluviales y marinos). Las características económicas de los diamantes encontrados en cada tipo de depósito son distintas.

En efecto, el porcentaje de especímenes calidad gema obtenidos a partir de depósitos primarios es variable. Por ejemplo, dicho porcentaje es de un 40% en la mina Kimberley y de 55% en la mina Premier y en Guaniamo; mientras que, en la mina MIBA (Congo) y de Argyle (Australia), es de apenas un 5%. Por el contrario, los depósitos secundarios se caracterizan por una mayor concentración de diamantes calidad gema, a causa de que los ejemplares defectuosos tienden a ser destruidos, durante su transporte por corrientes y ríos.

Los diamantes se encuentran en una cierta variedad de rocas, incluyéndose metamórficas de alta presión, como los gneisses granatífero-biotíticos del norte de Kazakhstan, en peridotitas tipo alpino y en meteoritos. Sin embargo, las únicas dos fuentes primarias de diamantes, económicamente significativas, son las kimberlitas y las lamproítas.

Ejemplos de estos depósitos corresponden al conducto (pipe) lamproítico de Argyle, al noroeste de Australia (el depósito diamantífero primario más grande hasta el momento), y a los conductos y diques (dykes), kimberlíticos de Sudáfrica.

Es importante señalar que estas rocas – kimberlitas y lamproítas – no siempre son diamantíferas. Efectivamente, de las miles de intrusiones kimberlíticas conocidas en Sudáfrica, sólo 50 contienen cantidades significativas de este mineral (alrededor del 5%). También, es destacable que las lamproítas halladas en ese mismo país no son diamantíferas.

El tenor de diamante en este tipo de depósitos se expresa en quilates por tonelada o cien toneladas métricas de roca (cpt o cpht, respectivamente). En la tabla siguiente (Tabla

9), se ilustra el tenor de varias de las minas de kimberlita operadas por la empresa De Beers.

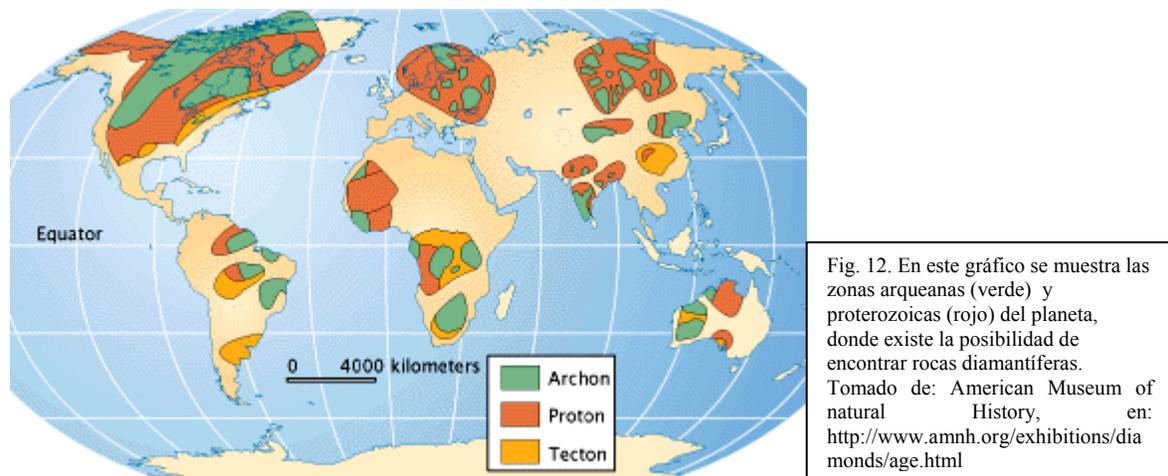
Tabla 9. Tenor de diamante en depósitos kimberlíticos, en distintas minas operadas por De Beers, expresadas en cpht y en ppm (www.debeersgroup.com)

Mina	Localización	Tenor en cpht	Tenor en ppm
Venetia	A 450 Km al NE de Jhannesburg, Sudáfrica	136,4	0,273
Premier	A 25 Km al NE de Pretoria, Sudáfrica	44,6	0,089
Finsch	Un cluster a 130 Km al NW de Kimberley, Sudáfrica.	80	0,160

4.2. Depósitos diamantíferos primarios

Uno de los aspectos más importantes a considerar sobre los yacimientos primarios es conocer el marco geológico para su emplazamiento.

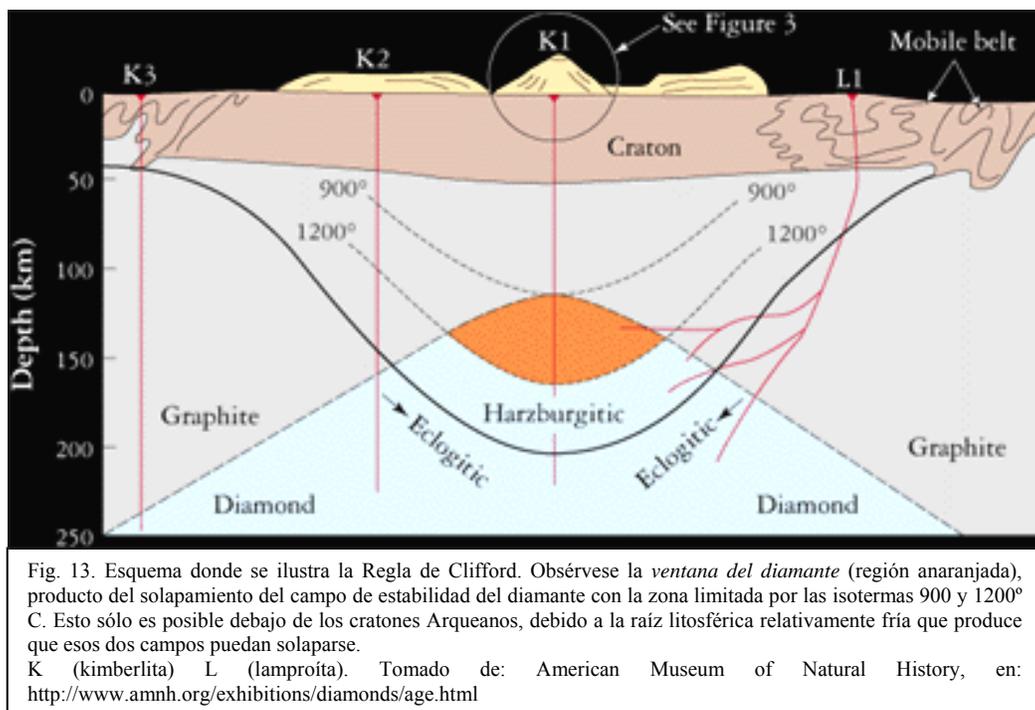
La denominada **Regla de Clifford** establece que este tipo de depósitos están asociados a los cratones arqueanos. En África, Rusia y Canadá, todas las kimberlitas diamantíferas están en el cratón, siendo la única excepción de esta regla la lamproíta de Argyle, la cual, se encuentra emplazada en la zona pericratónica (mobile belt) (Fig. 12).



La relación entre los depósitos diamantíferos primarios y los basamentos arqueanos, ha sido teóricamente explicada considerando la estructura del cratón, a través de: estudios

geofísicos, análisis de xenolitos del manto contenidos en kimberlitas y comprensión de los campos de estabilidad del grafito y diamante.

Como ya se ha indicado, los diamantes se forman y preservan a profundidades superiores a los 120 Km. No obstante, en muchas partes del interior de la Tierra, la temperatura es demasiado elevada a esas profundidades como para permitir su preservación. Los cratones arqueanos tiene una raíz litosférica relativamente fría, la cual, genera una deflexión hacia abajo de las isoterma y, por tanto, una deflexión hacia arriba del campo de estabilidad del diamante, debajo del mismo (zona azul y naranja de la Fig. 13).

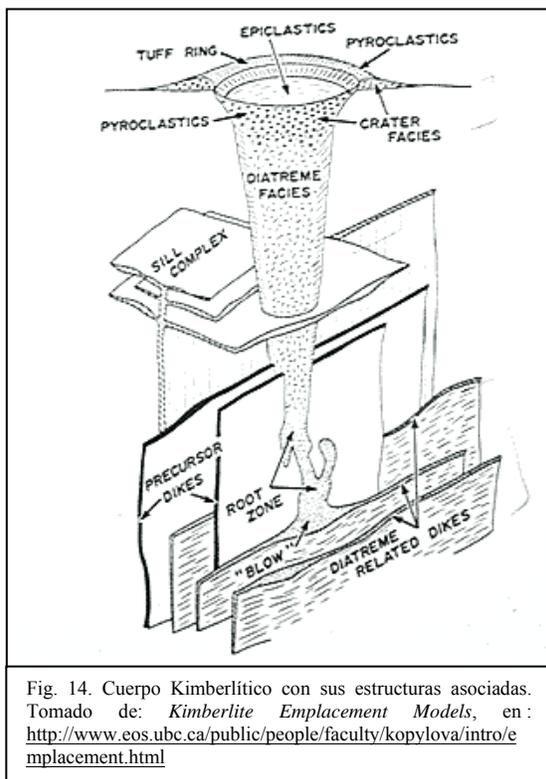


La región de alta presión y de una relativa baja temperatura de la litósfera del cratón (entre 900 y 1200° C), determina la llamada *ventana del diamante* (zona naranja de la Fig. 13), donde éstos pueden formarse, preservarse y alcanzar la superficie terrestre sin sufrir un proceso de resorción, que los disminuya o desaparezca. Ciertamente, los magmas kimberlíticos que se generan en esa zona o debajo de ella (como lo evidencian los xenolitos), arrastran una considerable cantidad de diamantes en su rápido ascenso hacia la superficie (caso K1, Fig. 13).

Los magmas kimberlíticos que se forman alejados de dicha región y que durante su ascenso no la atraviesan, van a generar un cuerpo rocoso carente de diamantes. En el caso K3 (Fig. 13), el magma se originó dentro del campo de estabilidad del diamante; sin embargo, al atravesar una amplia zona fuera del mismo, las altas temperaturas (mayores a los 1200° C), permitieron que los diamantes arrastrados por este magma sufrieran un proceso de resorción completa.

En el caso de los magmas K2 y L1 de la Fig. 13, éstos se generaron más cerca de la raíz del cratón, arrastrando consigo una cierta cantidad de diamantes (eclogíticos, principalmente). No obstante, una parte de ellos sufrirán un proceso de resorción parcial o total, al atravesar una zona de altas temperaturas (>1200° C), conservándose aquel volumen remanente, al sobrepasar la isoterma de los 1200° C.

4.2.1. Kimberlita



La Kimberlita está definida como una roca ígnea ultramáfica (ultrabásica), potásica, rica en volátiles, la cual, se encuentra emplazada en la corteza terrestre como conductos en forma de zanahoria (carrot-like pipes), diques (dikes), y mantos (sills). La edad de estos cuerpos, varía desde el Proterozoico hasta el Terciario.

Presenta, por lo general, una textura inequigranular y porfirítica, por la presencia de macrocristales (fenocristales y xenocristales), embebidos en una matriz de grano fino. La mineralogía comprende olivino, asociado con los siguientes minerales: flogopita, calcita, serpentina, diópsido, monticellita, apatito, perovskita e ilmenita.

Las kimberlitas tienden a contener rocas derivadas del manto superior (xenolitos), y xenocristales tales como: granate piropo, picro-ilmenita, espinela cromiana, cromodiópsido y, en raras ocasiones, diamantes.

Su color es variable, siendo los más comunes el negro, azul, verde y amarillo; este último, cuando está alterada.

Por su composición se dividen en dos grupos:

- Grupo I (antiguamente lamprofiros basálticos), corresponden a kimberlitas ricas en olivino, monticellita, serpentina y calcita, caracterizadas por un mínimo contenido de elementos de tierras raras livianos.
- Grupo II (antiguamente lamprofiros micáceos), corresponden a las llamadas kimberlitas micáceas, ricas en flogopita y en elementos de tierras raras livianos.

A partir del estudio de distintos conductos kimberlíticos a lo largo del mundo, dicho cuerpo se ha dividido en tres zonas (Fig. 14 y 15):

- Cráter (kimberlita volcanoclástica): representa la parte más somera del

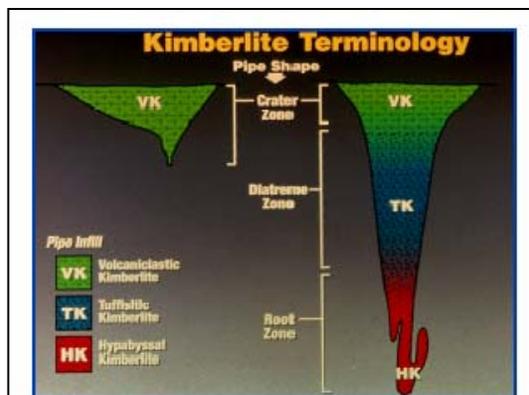


Fig. 15. Representación esquemática de un conducto (pipe) kimberlítico, donde se indican sus diferentes zonas. Tomado de: www.debeersgroup.com

conducto, caracterizado por la presencia de sedimentos pobremente consolidados e intercalados con depósitos clásticos caóticos (flujo de detritos), y piroclásticos.

- Diatrema: es la parte más significativa, desde el punto de vista volumétrico, constituida por lo que se conoce como

brecha kimberlítica tobácea (TKB). Consiste en xenolitos de roca caja y del manto superior embebidos en una matriz de grano fino, fácilmente alterable por condiciones climáticas.

- Raíz (kimberlita hipoabisal), constituida por el material magmático hipoabisal, con textura porfirítica. Contiene cristales de olivino y flogopita, dentro de una matriz de grano fino. Se pueden observar, también, xenocristales de granate, ilmenita, espinela y cromo-diópsido. Desde el punto de vista minero, ésta es la parte más problemática, debido a la forma irregular que suele presentar.

La presencia y el grado de preservación de estas zonas dependen del nivel de erosión, del contenido de volátiles durante la erupción del magma y de la estabilidad y naturaleza de la roca caja.

En relación con los mecanismos que intervienen en su formación, se destacan cuatro modelos o teorías:

a) **Teoría del vulcanismo explosivo**

Esta modelo involucra la acumulación de un magma kimberlítico a profundidades someras con el subsiguiente aumento gradual de volátiles en su interior. Cuando la presión ejercida por la fracción de volátiles sobrepasa la resistencia de la roca caja, ocurre la erupción.

De acuerdo a este modelo, se creyó que el epicentro de la erupción estaba en la zona de contacto entre la diatrema y la raíz.

Sin embargo, esta teoría es insostenible. En efecto, no se ha encontrado, en ningún cuerpo kimberlítico, ninguna cámara magmática a las profundidades sugeridas. Además, las pendientes del conducto (80 a 85°), son demasiado altas como para haberse generado a partir de una erupción a tales profundidades.

De acuerdo a los estudios, la relación entre la profundidad del epicentro de una erupción con el diámetro del cráter debe ser cercano a uno. En un cuerpo kimberlítico eso

no se cumple: la transición diatrema/raíz (supuesto epicentro de erupción), tiende a ubicarse a unos 2 Km de profundidad, mientras que el diámetro del cráter suele ser de 1 Km, lo que indica una relación de 2:1.

b) Teoría magmática o de fluidización

Esta teoría fue propuesta originalmente por Dawson (1962, 1971) y modificada por Clement en 1982 y por Field y Scott Smith en 1999.

Según éste, el magma kimberlítico alcanza la superficie a través de pulsaciones, denominados conductos embrionarios (embryonic pipes), donde cada una de éstas surge del techo de la anterior. Como resultado, se forma un complejo enjambre de conductos embrionarios, que constituyen la raíz del futuro cuerpo kimberlítico (Fig. 16).

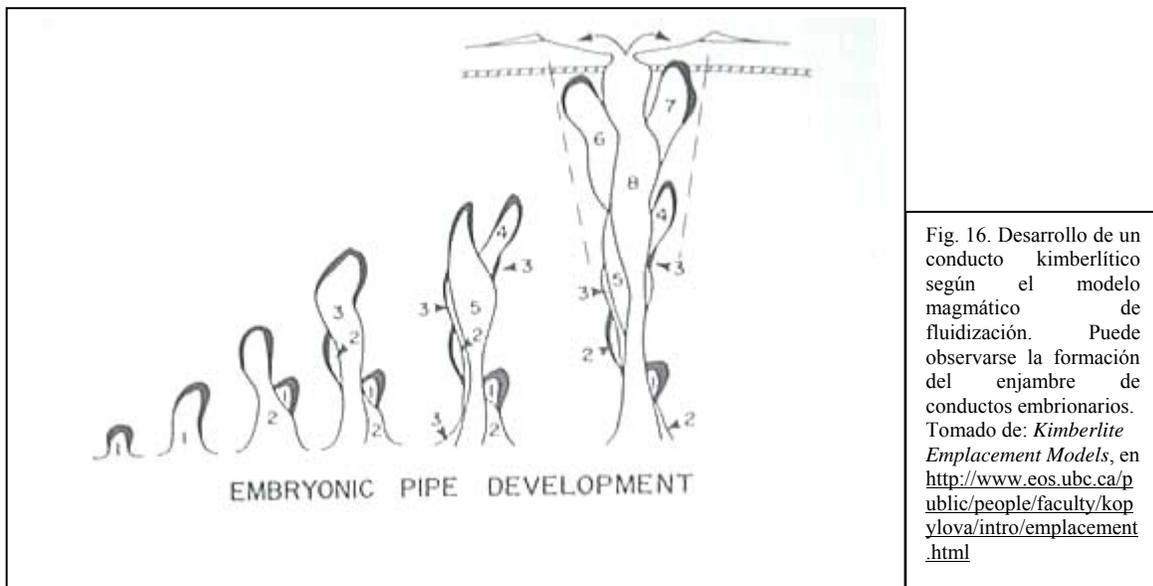


Fig. 16. Desarrollo de un conducto kimberlítico según el modelo magmático de fluidización. Puede observarse la formación del enjambre de conductos embrionarios. Tomado de: *Kimberlite Emplacement Models*, en <http://www.eos.ubc.ca/public/people/faculty/kopylova/intro/emplacement.html>

Cuando alguno de los conductos embrionarios alcanza una profundidad somera (alrededor de los 500 m de profundidad), los volátiles son capaces de escapar al sobrepasar la resistencia de la roca caja suprayacente.

A este proceso de escape, le sigue un breve período de fluidización, donde el ascenso de volátiles hacia arriba es lo suficientemente rápido como para fluidizar la kimberlita y permitir el ingreso de partículas y fragmentos de la roca caja.

Estos xenolitos se dispondrán en el medio, donde coexisten las tres fases (sólido, líquido y gaseoso), de acuerdo a sus densidades. Este proceso de fluidización es lo suficientemente corto como para preservar el carácter angular de los fragmentos de la roca caja (Fig. 17).

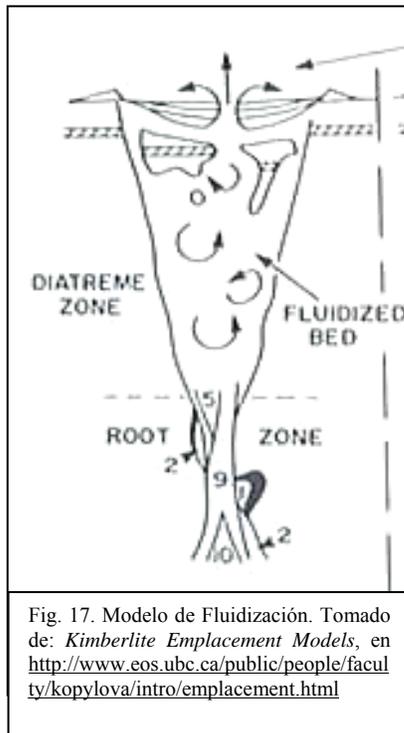


Fig. 17. Modelo de Fluidización. Tomado de: *Kimberlite Emplacement Models*, en <http://www.eos.ubc.ca/public/people/faculty/kopylova/intro/emplacement.html>

Este modelo logra explicar los aspectos que la teoría anterior dejaba vacíos: la clara transición entre la diatrema y la raíz, los altos buzamientos de los conductos kimberlíticos y la presencia de fragmentos de la roca caja hasta un kilómetro por debajo de su nivel estratigráfico.

No obstante, recientes descubrimientos de kimberlitas de Canadá, con todas sus zonas bien definidas, han sometido a esta teoría a una revisión. Field y Smith no negaron que el agua podría haber jugado un papel importante en la configuración de un cuerpo kimberlítico.

Ellos creyeron que, en algunos casos, los magmas kimberlíticos entraban en contacto con acuíferos, originando una morfología completamente distinta a las típicas formas de las kimberlitas de Sudáfrica. De esta manera, en aquellos contextos geológicos donde la presencia de acuíferos es escasa, se originarían los cuerpos kimberlíticos típicos, con sus tres zonas bien diferenciadas; mientras que, en aquellas zonas con acuíferos, se formarían conductos de suaves buzamientos constituidos enteramente por la facie volcanoclástica.

c) Teoría del Hidrovulcanismo o Freatomagmática

El principal representante de este modelo es Lorenz (1999), quien ha venido trabajando en el mismo desde hace más de 3 décadas (Fig. 18).

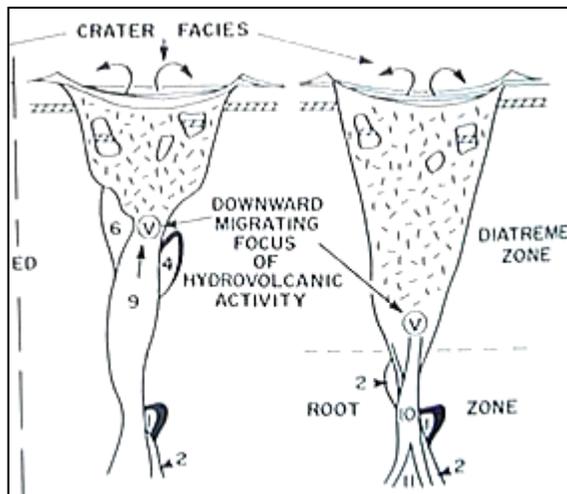


Fig. 18. Este gráfico esquematiza la formación de una kimberlita de acuerdo al modelo de hidrovulcanismo. Tomado de: *Kimberlite Emplacement Models*, en <http://www.eos.ubc.ca/public/people/faculty/kopylova/intro/emplacement.html>

De acuerdo a esta teoría, los magmas kimberlíticos ascienden desde grandes profundidades a través de fisuras angostas (1 m de espesor). Luego, éstos se concentran en aquellas fisuras donde se ha concentrado agua previamente, o bien, donde la exsolución de sus componentes volátiles ha actuado como un mecanismo para concentrar agua en ellas.

Cualquiera sea el caso, la interacción, a niveles someros, entre el magma kimberlítico caliente y las aguas

subterráneas, más frías, producen una rápida explosión freatomagmática. En consecuencia, la roca caja, brechada, se recarga con agua superficial, la cual, al alcanzar el siguiente pulso de magma kimberlítico, genera una nueva explosión.

Este proceso se repite continuamente, a medida que el frente de contacto migra hacia abajo hasta alcanzar la futura zona de transición diatrema/raíz.

Este modelo, un poco más complejo que sus predecesores, explica la formación de las kimberlitas encontradas en Saskatchewan, Canadá, pero no los rasgos del resto de las kimberlitas en el ámbito mundial. Algunos de sus reverses son los siguientes:

- No presenta ninguna explicación para la formación de kimberlitas en zonas donde la influencia del agua es escasa o nula.
- No explica la compleja morfología asociada a la zona de transición diatrema raíz.

d) **Modelo físico basado en la teoría del Vacío Físico No – Homogéneo**

Este modelo propuesto por Dmitriev, A., Dyatlov, V. y Litasov, K. del Instituto de Geología y Matemática de Rusia, en 1996, es presentado como alternativa para esclarecer las fallas de los modelos anteriormente enunciados.

Se fundamenta en que las kimberlitas se consideran como una intrusión en un Dominio de Vacío (Vacuum Domain – VD), dentro de la litósfera. Según los autores, los problemas de los anteriores modelos, respecto a la forma de la intrusión, sus movimientos y la fuente de energía de la explosión, se logran disipar al aplicar el modelo de Vacío Físico No – Homogéneo (NPV – Dimitriv, Dyatlov, 1996).

Se considera, entonces, que el origen de la explosión está en la interacción entre el Dominio de Vacío (VD) y la roca circundante, donde se consideran desde aspectos gravitacionales y hasta de naturaleza eléctrica.

Algunos ejemplos mundiales de localidades donde se han encontrado kimberlitas son: Koala, Panda, Sable, Fox y Misery (Noroeste de Canadá), Mir, Internacional, Udachnaya, Aikhal y Yubilenaya (Sakha, Rusia), Kimberley, Premier y Venetia (Sudáfrica), Orapa y Jwaneneg (Botsuana), River Ranch (Zimbabue).

4.2.2. **Lamproíta**

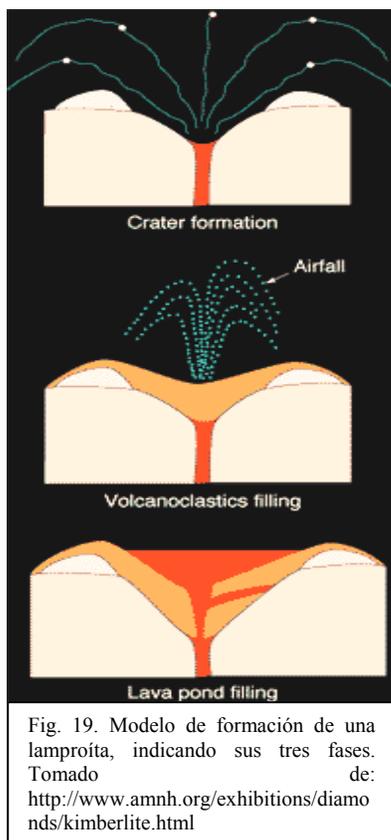
Las lamproítas son rocas oscuras y ultrapotásicas, enriquecidas en elementos compatibles e incompatibles, especialmente, rubidio, bario, titanio, circonio y tierras raras livianas. Se caracterizan por la presencia de olivino, leucita, titano-flogopita, richterita potásica-titanífera, diópsido y sanidina. Este tipo de rocas representan un insignificante volumen de la corteza, estando confinadas a regiones continentales.

En consecuencia, las lamproítas que se conocen en el ámbito mundial son escasas, llegando a unas 20 provincias geológicas, de las cuales, sólo siete son diamantíferas. Las lamproítas oliviníferas son las únicas que pueden contener diamantes, debido a las profundidades donde se originan los magmas que las forman. Sin embargo, muchas

lamproítas oliviníferas diamantíferas conocidas, no tienen la suficiente cantidad de diamantes para justificar su explotación económica.

Entre los factores que determinan que una lamproíta olivinífera sea o no diamantífera, figuran los siguientes:

- Profundidad de formación del magma.
- Volumen de diamantes arrastrados.



- El grado de resorción que hayan sufrido los diamantes durante el ascenso del magma.

La mayoría de las lamproítas oliviníferas son post-tectónicas y se encuentran adyacentes a los cratones arqueanos, ya sea, en el cratón o en el cinturón de deformación pericratónico (mobile belt). Las edades de estas rocas son variables, comprendiéndose en el rango que va desde el Proterozoico hasta el Mioceno.

La mayoría de estas rocas ocurren en cráteres irregulares, asimétricos, frecuentemente en forma de copa de champaña y, por lo general, someros, alcanzando menos de 300 metros de profundidad. El diámetro del cráter varía desde cientos de metros hasta unos 1.500 metros.

En muchos casos, las rocas volcánoclasticas de los cráteres lamproíticos pueden estar intrusionadas por fases magmáticas en forma de domos y lagos de lava.

La formación de estos cuerpos se puede explicar de la siguiente manera: los magmas lamproíticos se generan a profundidades superiores a los 150 Km, sea dentro o por

debajo del campo de estabilidad del diamante. Posteriormente, éstos ascienden con rapidez hacia la superficie incluyendo, durante este movimiento, material del manto y cortical.

Al llegar a niveles someros, se produce la erupción (estado inicial), motivada tanto por el escape de los volátiles contenidos en el magma, como por la presión del vapor de agua que haya entrado en contacto con dicho magma (hidrovulcanismo). Durante esta etapa, la roca caja es brechada y corroída, formándose la típica forma de copa de champaña.

Luego, la erupción continúa con la emisión de material volcánico, tales como cenizas, lapilli y pumita, los cuales, llenan, de manera parcial, el cráter y generan el anillo tobáceo que lo rodea. Finalmente, el cráter es ocupado por un lago de lava empobrecido en volátiles (Fig. 19).

Algunos ejemplos de lamproítas a nivel mundial son las de Argyle y Ellendale (Oeste de Australia), Prairie Creek (Arkansas, EE.UU.), Kapamba (Zambia), y Majhgawan (India).

La lamproíta de Argyle, Australia, es el mayor depósito primario de diamante del mundo, el cual, representa un cuerpo de unos 75 millones de toneladas, con un tenor de 600 a 700 cpht (1,2 a 1,4 ppm).

4.3. Depósitos secundarios

El diamante es un mineral que por su resistencia mecánica, elevado peso específico, y alta estabilidad química, puede acumularse en depósitos secundarios o placeres, al ser sometidas sus fuentes primarias a la erosión.

Las rocas primarias – kimberlitas y lamproítas – al ser afectadas por la meteorización y procesos erosivos, liberan los diamantes que contienen, permitiendo su concentración in situ (placeres eluviales), en sedimentos fluviales (placer aluvial), o en sedimentos marinos (placer de playa o marino).

Los mayores depósitos aluviales se desarrollan cercanos a las regiones cratónicas, siempre que exista una buena relación entre los factores climáticos y geomorfológicos. Aquellas zonas que fueron afectadas por la alternancia de antiguos ciclos húmedos

(tropicales), y semiáridos, son las más favorables para la formación de este tipo de depósitos.

Los ciclos húmedos, permiten la rápida alteración de las rocas diamantíferas y, en consecuencia, la liberación de los diamantes. Por el contrario, los períodos semiáridos son favorables para los procesos de erosión del regolito y el posterior transporte de los diamantes por las corrientes.

Los cambios en el nivel de equilibrio de los ríos, como consecuencia de la alternancia de períodos de erosión o entallamiento (degradación), y de depositación (agradación), permiten la formación de terrazas aluviales, donde se acumulan los diamantes.

Los factores geomorfológicos que afectan la concentración de diamante en placeres aluviales incluyen la naturaleza de la litología y la topografía local. En efecto, la formación de barrancos, cuevas e irregularidades superficiales, permiten formar trampas donde se favorece la concentración de dicho mineral y de otros, de alto peso específico (estos últimos de gran valor en las operaciones de prospección). Otro sector, donde es favorable dicha acumulación, es la zona de crecimiento asociada a los meandros.

Las terrazas diamantíferas formadas pueden ser afectadas positivamente por períodos húmedos subsiguientes. De esta manera, los minerales de menor resistencia mecánica y química contenidos en ella, serán lavados por el nuevo ciclo húmedo, quedando in situ los minerales de alta resistencia (cuarzo, diamantes, etc.), proceso conocido como enriquecimiento.

Un caso único en el mundo corresponde a los enormes depósitos marinos de la costa occidental del Sur de África. En 1959, el Ing. Sammy Collins logró detectarlos, por primera vez, en Wolf Bay, Namibia.

Su evolución es bastante compleja, donde se involucra la interacción de sistemas fluviales, marinos y eólicos. De esta forma, los sistemas fluviales son los responsables de llevar los diamantes hacia la plataforma continental desde sus fuentes primarias y secundarias del continente; mientras que, los sistemas marinos y eólicos se encargan del

retrabajo y redistribución de los sedimentos y, por tanto, de los diamantes, en la plataforma y talud continental.

En el caso de los depósitos marinos al Occidente de Namibia y Sudáfrica, los diamantes fueron introducidos a la plataforma continental a través de los ríos Orange, Buffels y Olifants y por los sistemas fluviales precursores. Durante el Cretácico y el Paleoceno temprano un meridional “río Karoo” logró introducir diamantes en la costa suroccidental en la zona del actual río Olifants. Este sistema fue, posteriormente, capturado por un septentrional “río Kalahari”, permitiendo el ingreso de diamantes en el margen continental, donde existe el actual río Orange.

Estos depósitos se formaron como resultado de un retrabajo continuo de los materiales, derivados de períodos regresivos y transgresivos, que actuaron sobre la plataforma continental, donde la acción de los procesos eólicos se manifestó durante los lapsos de exposición de esta última.

En el año de 1995, la producción Sudafricana de diamantes de depósitos marinos alcanzó un total de 98.024 quilates, de una producción total de 9,69 millones de quilates (US\$650 millones).

4.4. Otros depósitos subeconómicos

Existen otros marcos geológicos donde los diamantes pueden formarse, pero que por su calidad, tamaño y tenor, no revisten mayor interés económico. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

a) Zonas de colisión

Microdiamantes, con un tamaño promedio de 12 μm , fueron hallados en la región del macizo de Kokchetav, al norte de Kazakhstan, en grandes porciones de rocas metamórficas, cuyo material de origen fue llevado hasta 120 kilómetros de profundidad, para luego retornar a niveles someros.

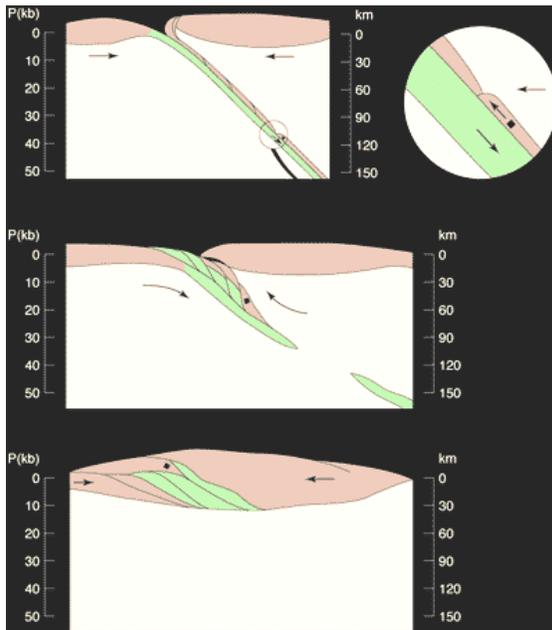


Fig. 20. Esquema donde se ilustra la presencia de microdiamantes en rocas metamórficas en zonas de colisión continental. Tomado de: American Museum of Natural History en: <http://www.amnh.org/exhibitions/diamonds/stardust.html>

El proceso que explica tal fenómeno se denomina *metamorfismo de ultra-alta presión*. (UHP, siglas en inglés). Un terreno UHP se forma como consecuencia del corte y empuje hacia arriba de la cobertura sedimentaria, de la superficie de la litósfera oceánica subductante, durante las primeras etapas de la colisión continental, como consecuencia de los altos esfuerzos compresivos. Por tanto, las rocas metamórficas que contienen diamantes regresan y emplazan en niveles someros (Fig. 20 y 21).

Fig. 21. Microfotografía que muestra microdiamantes como inclusiones en granates, debido a la presencia de H_2O y CO_2 durante un metamorfismo de UHP bajo el campo de estabilidad del diamante. La roca corresponde a un mármol dolomítico del macizo de Kokchetav, al norte de Kazajistán. Tomado de: Ogasawara, Y.; Ohta, M.; Ishida, H.; & Fukasawa, K.: *UNIQUE HIGH PRESSURE EVIDENCE IN THE KOKCHETAV UHP CARBONATE ROCKS*, en *Eleventh Annual V. M. Goldschmidt Conference (2001)* publicado en: <http://www.lpi.usra.edu/meetings/gold2001/pdf/3545.pdf>



b) Meteoritos y zonas de impacto

En los últimos años, se ha reportado la presencia de diamantes en zonas de impactos de meteoritos. En el cráter Popigai, Liberia, el grafito se transformó en agregados de microdiamantes de hasta 1 centímetro de largo. No obstante, muchos de los diamantes encontrados en zonas de colisión de meteoritos están asociados al llamado *diamante hexagonal* o lonsdaleita.

En 1987, se consiguieron fragmentos microscópicos de diamantes, llamados nanodiamantes, en meteoritos. Según los últimos estudios, estos diamantes se formaron hace más de 5 mil millones de años en ráfagas provenientes de Gigantes Rojas, en estado terminal, rodeadas por nubes de gases ricas en metano. Este proceso de formación de diamante a bajas presiones, es análogo al proceso industrial hoy conocido como CVD (Deposición Química a partir de un Vapor).

4.5. Tipos de inclusiones minerales en diamantes

Las inclusiones minerales en diamantes pueden ser, principalmente, de dos tipos: Tipo P o peridotíticos y Tipo E o eclogíticos.

Las inclusiones tipo P se caracterizan por una suite de minerales peridotíticos, tales como: olivino, enstatita, cromo-piropo, cromita, sulfuros, cromo-diópsido, ilmenita magnesiana, zircón y cromo-espínela, encontrándose en aquellos diamantes de xenolitos peridotíticos.

Las inclusiones tipo E, están representados por una suite mineralógica eclogítica: granate (piropo, almandino, grosularia), onfacita, sulfuros (pirrotita, pentlandita y calcopirita), cianita, sanidina, coesita, moissanita, rutilo, corindón, ilmenita y cromita; encontrándose en aquellos diamantes de xenolitos eclogíticos.

Existe también una relación entre el tipo de diamante, según el tipo de impureza, y el $\delta^{13}\text{C}$, presente en el mismo.

El $\delta^{13}\text{C}$ es un índice para determinar el grado de enriquecimiento en ^{13}C , en relación con el ^{12}C , tomando como patrón de referencia la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de los belemnites fósiles de la Formación Peedee, EE.UU.

Los promedios de $\delta^{13}\text{C}$ detectados por los geoquímicos son los siguientes: valores altamente negativos, para carbones de origen orgánico, medianamente negativos, como el promedio de la Tierra y cercano a cero, para el carbono de las conchas de animales marinos.

Los diamantes Tipo-P presentan un rango de $\delta^{13}\text{C}$ muy angosto, ajustado a los promedios presentes en la Tierra. Esto indica que la fuente del carbono en este caso es el manto terrestre.

Por el contrario, el amplio rango de $\delta^{13}\text{C}$ (desde valores muy negativos hasta valores positivos), asociado a los diamantes Tipo-E, sugiere una mezcla de carbono de origen orgánico (valores altamente negativos), de origen mantelar (valores medianamente negativos), y de conchas marinas (valores cercanos a cero y ligeramente positivos).

Los gráficos de la figura siguiente (Fig. 22), ilustran lo arriba explicado.

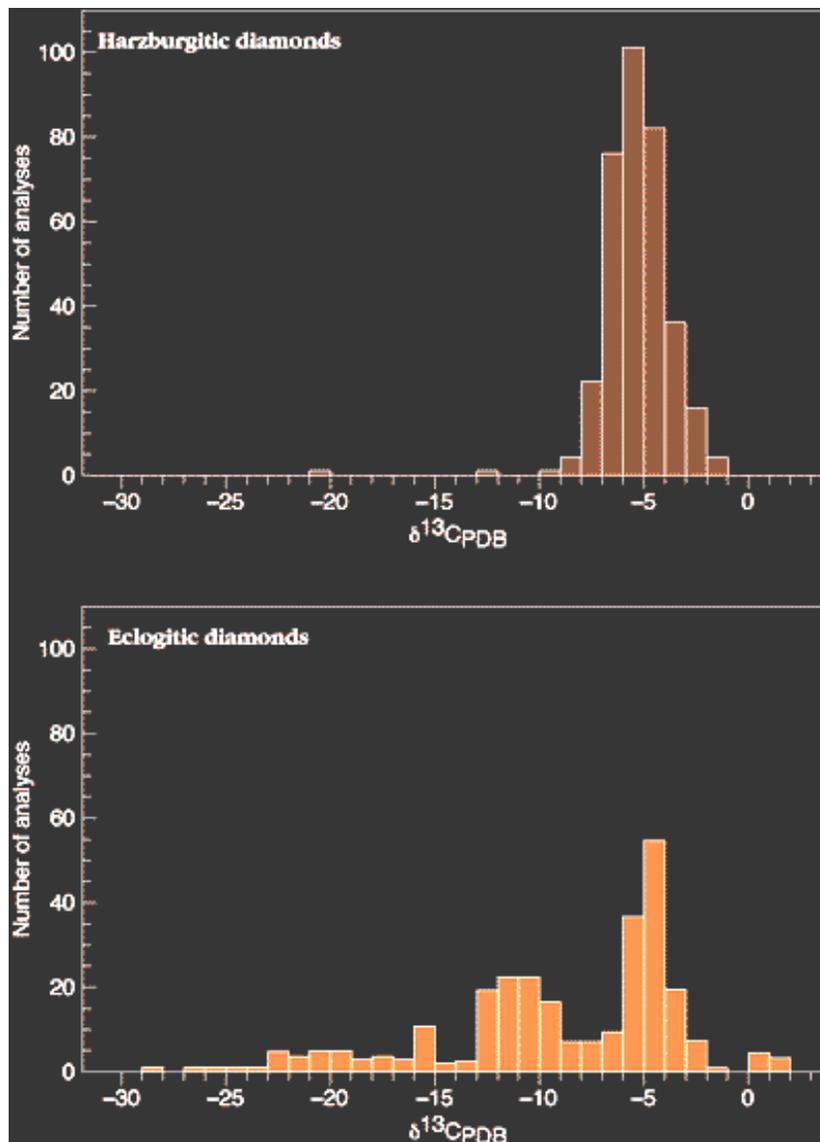


Fig. 22. En estos gráficos se muestra la diferencia en el valor de $\delta^{13}\text{C}$, presente en los distintos tipos de diamantes, de acuerdo a sus inclusiones minerales. Tomado de: American Museum of Natural History en: <http://www.amnh.org/exhibitions/diamonds/carbon.html>

5. GEOLOGÍA REGIONAL – PROVINCIA CUCHIVERO

El Escudo de Guayana abarca parte de los territorios de Venezuela, Brasil, Colombia, Guyana, Surinam y Guayana Francesa, siendo la representatividad de la porción venezolana de un 25% de su área total.

Ocupa la mayor parte del sur de Venezuela, con una extensión de unos 400.000 Km². Su límite norte está fuertemente definido por el río Orinoco.

En Venezuela, se ha dividido en cuatro provincias lito-tectónicas, a saber: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima (Menéndez, 1968; Martín-Belliza, 1972; Gibbs & Barron, 1993). Sin embargo, el territorio del Edo. Amazonas constituiría una quinta región, aun no identificada como una provincia independiente.

5.1. Provincia de Imataca

Esta provincia arqueana está constituida por un cinturón de rocas metasedimentarias y metaígneas, con una orientación NE, de unos 510 Km de longitud y 130 Km de ancho, completamente deformada en grandes pliegues isoclinales, los cuales, fueron replegados a pliegues relativamente abiertos.

Se extiende desde el río Caura (oeste) hasta el Edo. Delta Amacuro (este), donde desaparece debajo de los recientes depósitos sedimentarios del delta del Orinoco, y desde el río Orinoco (norte), hasta la Falla del Guri (sur), la cual, la separa de la Provincia de Pastora, aunque no en su totalidad.

Está constituida por un 80% de ortogneis cuarzo-feldespático; paragneis y granulitas félsicas, 10 a 15% de ortogneis intermedios a máficos, granulitas y charnockitas, 1% de formación bandeada de hierro y, en menor proporción, por rocas metasedimentarias manganesíferas, mármoles dolomíticos y anortosita.

El grado metamórfico es variable, desde las Facies de la Granulito-piroxénica, hacia el noreste, hasta las Facies de la Anfibolita, hacia el suroeste.

La edad calculada para esta Provincia varía entre 3.700 y 3.400 Ma (Rb/Sr y Pb/Pb – Montgomery, 1979). Fue afectada por el evento tectono-magmático Pre-Transamazónico, hace 2.800 a 2.700 Ma.

5.2. Provincia de Pastora

Esta área se encuentra ubicada al sur de la Falla del Guri. Se caracteriza por estar constituida por cinturones de rocas verdes, formados por asociaciones de rocas volcánicas máficas y félsicas, rocas sedimentarias y rocas ígneas intrusivas (Menéndez, 1968, 1972).

El grado metamórfico es generalmente bajo, alcanzando las Facies de los Esquistos Verdes y de la Anfíbolita en algunas localidades. El **Supergrupo Pastora** está constituido por las rocas más antiguas de la unidad, correspondientes a las volcánicas del **Grupo Cachirapo**, el cual, incluye las formaciones **El Callao** y **Cicapra**, que infrayacen a las rocas sedimentarias, tobas y rocas volcánicas intermedias a félsicas, constituyentes de la **Formación Yuruari**.

El **Grupo Botanamo**, que incluye las formaciones **Caballape** y **Los Caribes**, suprayace al Supergrupo Pastora. Está constituido por rocas volcánicas (tobas y lavas félsicas), y sedimentarias (lutitas, areniscas y conglomerados).

La unidad también abarca al **Complejo de Supamo**, integrado por domos graníticos, migmatitas, dioritas, pórfiros cuarzosos, gabros y diabasas.

Estos cinturones de rocas verdes tienen una edad de 2.250 a 2.100 Ma y el Complejo de Supamo de 2.230 a 2.050 Ma.

Por estudios geoquímicos, se piensa que Pastora representa la evolución de un arco de islas inmaduro a una cuenca marginal de retro-arco. La orogénesis Transamazónica representa la acreción de estos terrenos hacia el núcleo arqueano del escudo.

5.3. Provincia de Cuchivero

Esta provincia aflora al oeste y sur del Edo. Bolívar limitada, al este, por el río Caura y, al oeste, por el río Orinoco.

Está constituida por el Supergrupo Cedeño, que incluye a los grupos Cuchivero y Suapure, y por rocas máficas y ultramáficas que afloran en la región.

El Grupo Cuchivero comprende la Formación Caicara y los granitos de Santa Rosalía, Guaniamito y San Pedro.

La *Formación Caicara* (al noroeste del Edo Bolívar), está representada por rocas volcánicas félsicas, tales como, riolitas, riolitas porfídicas, riodacitas y dacitas porfídicas, con una edad Rb/Sr en roca total de 1.750 Ma (Hurley *et. al.*, 1973, 1977), las cuales, consisten en lavas, tobas y brechas explosivas de color gris verdoso y con una clara naturaleza eruptiva, evidenciada a través de texturas de flujo, porfiríticas y por la presencia de clastos.

Estas rocas exhiben una alineación estructural N5°-10°W y buzamiento de sub-vertical a vertical.

Mendoza (1972, 1977), distinguió tres tipos de rocas volcánicas: lavas riodacíticas tobáceas con texturas de flujo y fenocristales, ignimbritas (riodacitas mezcladas con tobas) y brechas intrusivas con fragmentos líticos entre 1-2 cm hasta 20-30 cm.

Las lavas tobáceas son holocristalinas, masivas a fluidales y porfiríticas. La matriz es de grano fino con una textura amigdaloides ocasional.

Las ignimbritas de composición riolítica contienen entre 20 a 50% de fenocristales y más del 20% de fragmentos líticos. La matriz está completamente desvitrificada y su textura original modificada por recristalización. Son comunes las fracturas rellenas por cuarzo, clorita y carbonatos. Los fragmentos líticos, de composición riolítica, son de difícil identificación, sólo posible por la presencia de minerales opacos.

Sus contactos con los granitos de Santa Rosalía, Guaniamito y San Pedro son nítidos, pudiéndose observar efectos de cizallamiento y de metasomatismo. Localmente, se encuentra en contacto de falla con el Granito de Parguaza.

Su localidad tipo corresponde a ciertas colinas que se encuentran bordeando el camino Santa Inés-Morichal, al sur de Caicara del Orinoco, Edo. Bolívar.

Dicha formación está asociada a intrusiones graníticas emplazadas en la región hace 1.930 a 1.790 Ma, representadas por las siguientes unidades litodémicas:

a) **Granito de Santa Rosalía**, masivo a foliado, biotítico, de color rosado a gris, de grano fino a grueso y con el predominio de la fracción de grano medio a grueso. Su mineralogía es bastante constante a lo largo de todas las localidades donde se ha identificado, representada por 35% de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa (albita a oligoclasa), 5% de biotita y cantidades menores de hornablenda, epidoto, clorita y opacos.

Aflora en el valle de los ríos Cuchivero y Guaniamo, siendo su localidad tipo los afloramientos graníticos en los alrededores del poblado de Santa Rosalía, al este del río Cuchivero. Es intrusivo a la Formación Caicara, aunque, localmente, están en contacto de falla y, en la región del río Suapure, está intrusionado por el Granito de Parguaza.

Su edad ha sido estimada, por el método de Rb/Sr en 1.952 ± 71 Ma (Mendoza, 1978).

b) **Granito de Guaniamito**. Corresponde a un conjunto de rocas graníticas, ricas en minerales félsicos y, en gran parte, con textura gnéisica, de grano medio a grueso, holocristalinas y porfídicas. En las zonas de contacto con las rocas volcánicas de Caicara muestran indicios de metasomatismo y de deformación mecánica. Hacia las zonas centrales de los afloramientos disminuye el carácter gnéisico.

La roca está constituida por cuarzo (10-30%), feldespato (25-65%), biotita (1-8%) y menores cantidades de muscovita y sericita. Como accesorios comunes se encuentran esfena, epidoto, hornablenda, titanita, zircón y magnetita.

Esta unidad aflora extensamente al oeste del río Cuchivero en los cerros de El Tigre, Cacarraño, Las Vainillas, El Chingo y en el río Guaniamo y Quebrada La Magdalena. Se diferencia del granito de Santa Rosalía por el desarrollo de gneisoidad y por su composición (más rico en feldespato potásico y más pobre en cuarzo). Mendoza (1972), sugiere como localidad tipo los afloramientos cercanos a la quebrada La Magdalena, afluente del río Guaniamito.

Su edad, determinada por K/Ar en roca total, es de 1.700 ± 80 Ma (Olmata, 1968).

c) **Granito de San Pedro.** Es un granito de grano fino, masivo a moderadamente foliado y de aspecto subvolcánico, compuesto de cuarzo cataclástico (25%), feldespato potásico y pertita (50%), plagioclasa rica en sodio (20%), con cantidades pequeñas de máficos como biotita, clorita, epidoto y opacos, y otros constituyentes menores como apatito, titanita y circón.

Se ha reportado que este granito representa una facie transicional de grano fino del Granito de Santa Rosalía. Esta facie se observa hacia el borde de la masa granítica en contacto con la Formación Caicara. Allí, toma el aspecto de un contacto transicional, desde el granito de grano grueso de Santa Rosalía hasta granito leucocrático de grano fino de San Pedro y a las volcánicas de Caicara, en la localidad de la Mariposa (González de Juana *et al.*, 1980).

En Bebederos el Granito de San Pedro es claramente intrusivo en las volcánicas ácidas de la Formación Caicara y, además, se encuentran xenolitos de rocas riolíticas dentro del mismo.

Su localidad tipo se encuentra entre los poblados de El Budare y Pijigao, a 3 Km al oeste del paso de San Pedro, del río Suapure.

Su edad, determinada por Rb/Sr en roca total, corresponde a 1.952 ± 71 Ma (Gaudette *et al.*, 1978).

Los eventos geológicos causantes de estas intrusiones graníticas fueron seguidos por un magmatismo máfico, asociado a un rifting alrededor de los 1.600 Ma (Mendoza, 1972; Sidder & Mendoza, 1995). En relación con estas rocas máficas, Ríos (1969), distinguió diques anfibolíticos con tendencia norte y noroeste, y de diabasa con tendencia noreste, intrusionando a los granitos del Grupo Cuchivero. Mendoza (1972), menciona que las anfibolitas corresponden a los últimos estados del ciclo volcánico de Cuchivero. Además, son destacables los abundantes diques de gabro, asociados a la suite Avanavero (aproximadamente 1.650 Ma).

También, se destacan granitos relacionados con el evento Parguazensis, emplazados hacia 1.550 a 1.420 Ma.

El **Grupo Suapure**, es la evidencia del evento magmático Parguazensis, el cual, está representado por el Granito de Pijiguo y el Granito de El Parguaza.

El **Granito de Pijiguo** es leucocrático, de grano fino a medio, de color salmón, macizo, de aspecto subvolcánico y sin desarrollo de textura gráfica. Consiste esencialmente de feldespato potásico-perita (30-35%), plagioclasa albítica (25-30%), cuarzo en glomérulos (25-30%), biotita castaña (1-3%), apatito (0-4%), opacos (1-3%), como accesorios, y epidoto y clorita como secundarios.

Aflora en las quebradas El Paují, el Caballo y Caña Brava, afluentes del río Suapure, por debajo del Granito de El Parguaza, sin localidad tipo señalada.

Su edad no ha sido determinada, pero se incluye, junto con el Granito de El Parguaza dentro del evento Parguazensis (1.600-1.500 Ma).

El **Granito de El Parguaza**, es un granito biotítico de grano grueso a muy grueso, inequigranular, masivo, con textura rapakivi (la más notable a nivel mundial), rico en feldespato potásico y hornablenda (Mendoza, 1972).

Mineralógicamente, consiste de cristales ovoides con "anillos" alternos de microclino (40-50% por volumen), hacia el núcleo, y plagioclasa sódica (a veces zonada), principalmente oligoclasa (25-30%), hacia los bordes. El cuarzo (10-20%) aparece mayormente como inclusiones en el feldespato potásico y también como grandes cristales sub-idiomórficos. Se observan, además, biotitas castañas (5-10%), como grandes cristales bien desarrollados fuera de la textura rapakivi y, generalmente, en desarrollo común con hornablenda (10-15%) verde oscuro. El mineral accesorio más frecuente es el apatito (0-8%), en cristales anhedrales, y los opacos (magnetita e ilmenita), también abundan (1-5%).

Su localidad tipo no es mencionada en la descripción original; sin embargo, Mendoza (1972), se refiere a McCandless (1965), indicando que aflora desde Puerto Páez

hasta los Pijiguaos, estando los mejores afloramientos en el Salto Maracas del río Parguaza, en las montañas de El Tigre y en los domos Los Pijiguaos.

Este granito intrusión, localmente, al Granito de Santa Rosalía en el área del río Suapure (Mendoza, 1972).

Su edad está estimada entre 1.590 y 1.545 ± 20 Ma, por el método U/Pb (Gaudette *et al.*, 1977).

El **Granito de Puente Palo**, es un granito no foliado que se manifiesta en el área de Quebrada Grande, en la cuenca del río Guaniamo. Ha sido datado a través de U/Pb, en muestras simples de zircón, arrojando un resultado de 1.425 ± 14 Ma (Channer *et al.*, 1998).

Finalmente, se destacan diques lamprofíricos de 870 Ma (Nixon *et al.*, 1992) y mantos kimberlíticos de 710 Ma, siendo, en consecuencia, las rocas ígneas más jóvenes del área.

En relación con el contexto tectónico de la zona, los ríos Caura y Orinoco, con los cuales limita la unidad, son interpretados como indicadores de las zonas de sutura que unieron la provincia Cuchivero con el Escudo de Guayana.

Las rocas volcánicas muestran una foliación vertical primaria con orientación N60E y dos tendencias estructurales: N40W y N20E, con buzamientos sub-verticales (Mendoza, 1972). La tendencia noroeste es la más común, aunque la noreste está bien desarrollada, debido, principalmente, a la orogénesis Nickeriense (aprox. 1.200 Ma.).

Las rocas graníticas, como se ha descrito, tienden a mostrar foliación. Este aspecto está confinado a zonas discretas, lo cual, ocurre en otras litologías más jóvenes.

Ciertos autores (Martín-Belliza, 1972 y Añez, 1985), han identificado un valle rift, llamado Cabruta-Ventuari, el cual, puede ser seguido por más de 1.000 Km., desde el Orinoco (zona de Cabruta-Caicara), hasta el sureste, en Brasil. Otra zona de rifting identificada, es la que se extiende a lo largo del río Suapure.

Gaudette *et al.* (1978), han sugerido que sistemas distensivos de horst y graben se formaron entre 1.500 y 1.600 Ma. Asociada a ellos se desarrolló una intensa actividad magmática de naturaleza máfica, seguido por un magmatismo félsico, responsable de intrusiones graníticas como la de Parguaza.

En el desarrollo de esta hipótesis, Gaudette y Olszewski (1985), y Gibbs & Barron (1993), han propuesto que una zona de subducción se desarrolló a lo largo del actual río Orinoco, hacia el límite con Colombia y que la actividad tectónica y magmática estuvo ligada a ese proceso subductivo.

5.4. (Provincia de Amazonas)

Esta área, menos conocida que la Provincia Cuchivero, ha sido estudiada a partir de afloramientos a lo largo de los ríos que cubren la región. Barrios *et al.* (1985), dividieron la región en dos zonas o dominios: dominio de Ventuari, al norte del río Orinoco y dominio de Casiquiare, al sur.

El dominio de Casiquiare está conformado por tonalitas, trondhjemitas y granitos, los cuales, muestran complejas relaciones intrusivas. Los gneisses de este dominio se conocen con los nombres Atabapo, Minicia y Macabana, con una edad determinada entre 1.860 y 1.730 Ma. (Gaudette *et al.*, 1977; Olszewski *et al.*, 1977, Gaudette & Olszewski, 1985a,b).

El dominio de Ventuari está representado por rocas volcánicas (riolitas, riodacitas, dacitas y andesitas), metamorfizadas (facie de Esquistos Verdes), equivalentes a la Formación Caicara; y granitos, equivalentes al Granito de Santa Rosalía (Mendoza *et al.* 1977).

Por último, Gaudette & Olszewski (1985b), sugieren que existe un límite tectónico a lo largo de los ríos Orinoco y Ventuari, el cual, constituye el contacto entre los dos dominios.

5.5. Provincia de Roraima

Esta provincia aflora al sur del Edo. Bolívar (Gran Sabana) y Amazonas, en forma de tepuyes aislados (cerros Sipapo, Parú, Morrocoy, Duida, Yapacana, Neblina, Avispa y Aracamuni), extendiéndose hacia Guyana, Brasil y Surinam.

Está constituida por rocas sedimentarias casi horizontales, en posición normal y representadas, principalmente, por areniscas cuarzosas con proporciones menores de areniscas feldespáticas, lutitas y tobas volcánicas silicificadas.

En la localidad tipo (Cerro Roraima), han sido descritas cuatro formaciones que, de base a tope, son:

a) **Formación Uairén**, de 850 m de espesor, representada por conglomerados y areniscas, algunas lutitas y una capa superior delgada (2-4 m) de laterita hematítica. La base de la secuencia en el área tipo aparece intrusionada por diques y mantos de diabasa.

b) **Formación Cuquenán**, con un espesor de 50 a 100 m, constituida por lutitas de color variable, dispuestas discordantemente sobre la Formación Uairén.

c) **Formación Uaimapué**, con 250 m de espesor, consiste en una secuencia conglomerática basal gradando, hacia arriba, a arcosas rojas, con intercalaciones de jaspe y ftanitas volcánicas rojas y verdes.

d) **Formación Matauí** – 600 m de espesor – conformada por areniscas cuarzosas de grano fino, con abundantes estructuras sedimentarias (estratificación cruzada, laminación paralela y rizaduras).

Sobre los tepuyes se ha desarrollado una morfología de disolución, en parte pseudo-cárstica (Szczerban & Urbani, 1974; Grupo Científico Chimantá, 1987; Zawidski *et al.*, 1987), dejando prominentes acumulaciones de bloques, torrecillas, simas y cuevas.

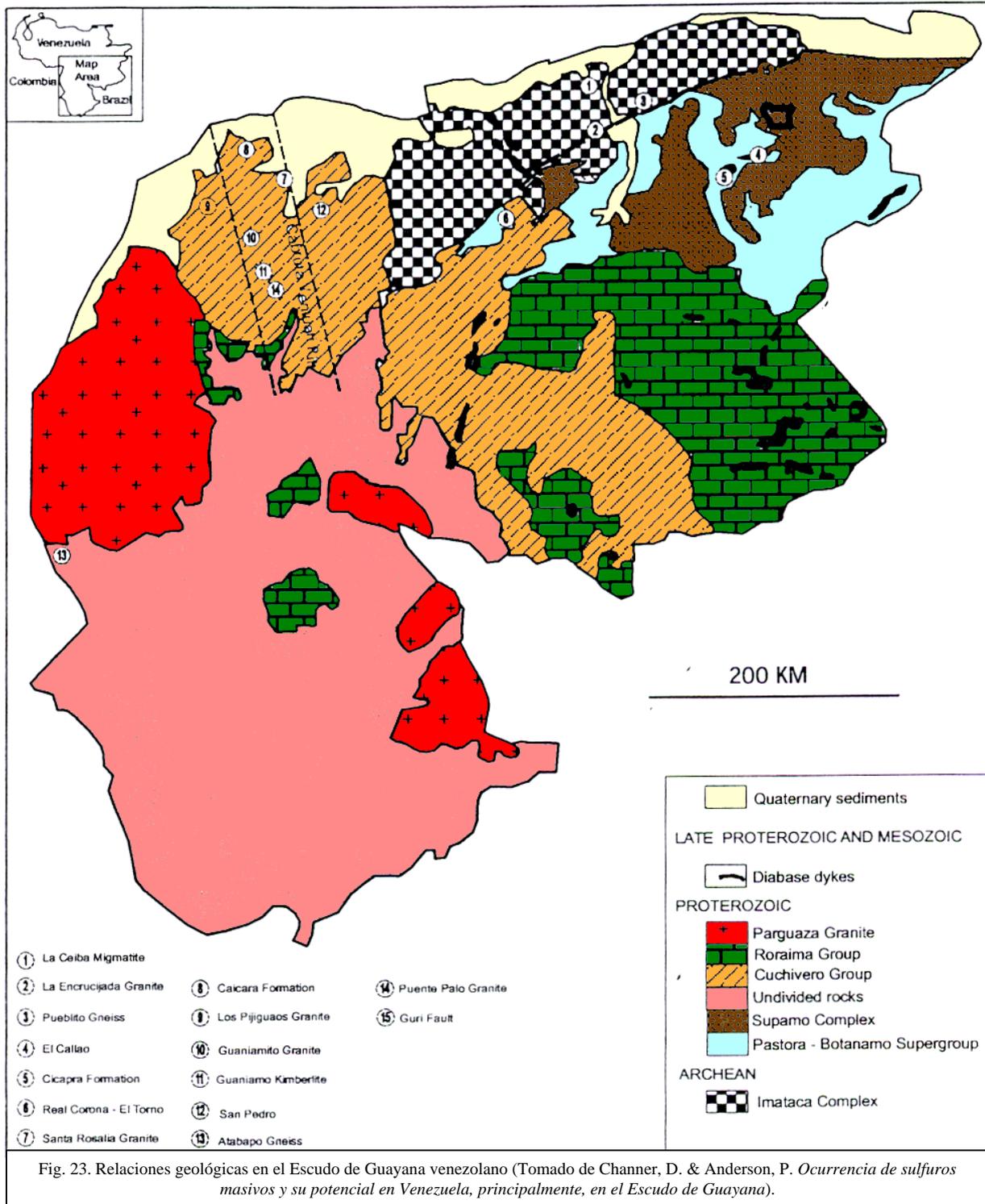
Suprayace discordantemente sobre diversos basamentos: Grupo Pastora (Formación Los Caribes), y Grupo Cuchivero (Formación Caicara). Su edad ha sido determinada de

manera relativa, mediante la datación de las diabasas y tobas asociadas, estimándose entre 1.900 y 1.500 Ma, haciéndose más joven de este a oeste.

En la Tabla 10, se resume la evolución geológica del escudo de Guayana (tomado de: Channer, D. & Anderson, P. *Ocurrencia de sulfuros masivos vulcanogénicos y su potencial en Venezuela, principalmente, en el Escudo de Guayana*).

Edad aproximada en Ma.	Evento
Cuaternario	Sedimentos aluviales recientes.
Mesozoico – Cenozoico	Levantamiento y formación de superficie de erosión.
210 – 200	Diques de diabasa – tholeíticos.
600	Evento termal (parte occidental de la Prov. Cuchivero).
710	Kimberlitas (área de Guaniamo).
850	Diques lamprofíricos (área de Guaniamo).
1200	Orogénesis Nickeriense
1425	Granito Puente Palo (área de Guaniamo).
1545	Granito de Parguaza
1850 – 1650	Suite Avanavero (Provincia Cuchivero).
1900 – 1500	Grupo Roraima
1860 – 1730	Rocas proterozoicas del Edo. Amazonas no clasificadas + Orogénesis sin nomenclatura (Prov. Amazonas).
1930 – 1790	Grupo Cuchivero
2150 – 1960	Orogénesis Transamazónica.
2230 – 2050	Complejo de Supamo
2250 – 2100	Supergrupo Pastora y Grupo Botanamo
2800 – 2700	Evento tectonmagnético Pre-Transamazónico.
~ 3500 – 2800	Complejo de Imataca

En la siguiente figura (Fig. 23), se pueden observar las relaciones geográficas de las unidades arriba descritas.



6. GEOLOGÍA LOCAL – KIMBERLITA DE GUANIAMO

6.1. Generalidades

La región de Guaniamo está localizada al oeste del Edo. Bolívar, siendo una de las zonas diamantíferas más promisorias de Sudamérica.

Inicialmente, se pensó que la fuente de estos diamantes aluvionales eran los sedimentos del Grupo Roraima. Sin embargo, cuerpos kimberlíticos, diamantíferos y fuertemente alterados en superficie, fueron reportados por primera vez por Baxter-Brown, Cooper y Drew en las adyacencias del río Quebrada Grande en 1982.

Estos fueron descritos como diques, venas, pequeños conductos y stocks, y datados en 1.732 ± 82 Ma (Nixon, 1988; Nixon et al. 1992, 1995). Estos datos se adaptaron a las ideas de que los estratos clásticos de Roraima habían actuado como colectores de diamantes en paleoplaceres (Reid, 1974; Gibbs & Barron, 1993); pero, los estudios más recientes sobre los diamantes de Guaniamo (Kaminsky, et al. 1998a, 2000), han demostrado que éstos provienen directamente de los mantos kimberlíticos y no de colectores intermedios, al lograrse detectar que dichos mantos son mucho más recientes.

En efecto, los mantos kimberlíticos arrojaron una edad de 708 ± 27 Ma (flogopita, Rb/Sr, Moser 1996) y 711 ± 5 Ma (flogopita, Rb/Sr; Kaminsky et al. 1997), dando una edad promedio de 710 Ma, reflejando que éstas son las rocas ígneas más jóvenes de la región.

Sin embargo, otras edades han sido reportadas. En efecto, la aplicación del método de Ar/Ar, sobre cristales simples de flogopita, arrojó un resultado de 840 ± 40 Ma, causado por un exceso de argón; mientras que, por el método de U/Pb aplicado sobre 10 cristales de titanita, se obtuvo una edad de $1.864 \pm$ Ma. En este último caso, estos cristales fueron interpretados como xenocristales, de material cortical incluido en las capas.

6.2. Dominios litotectónicos

Los estudios realizados por la empresa concesionaria *Canteras El Toco C.A.* (*Guaniamo Mining Company*), han clasificado la región de Guaniamo en tres dominios litotectónicos, fundamentados en interpretaciones geológicas, geofísicas, geomorfológicas y

estructurales, realizadas a partir de imágenes Landsat, fotografías aéreas, mapas aeroradiométricos, aeromagnéticos, geológicos y topográficos (Fig. 24).

a) **Dominio I: Quebrada Grande**

Cubre la parte occidental del área de Guaniamo, con un predominio litológico de granodioritas y dioritas cuarzosas. Está limitada, al sur, por los contactos con cuerpos graníticos y, al este, por las rocas de la Formación Caicara. La tendencia estructural dominante es norte a noroeste, manifestada en fallas y fracturas, topografía, diques de gabro y en la foliación presente en las granodioritas.

Las líneas de fallas, con tendencia noroeste, quedan reflejadas a través de empinados escarpes a lo largo del río Quebrada Grande. Además, se observa una segunda tendencia, bien desarrollada, representada por fracturas con orientación noreste.

Todas estas fracturas presentan un buzamiento de 5° hasta 20° hacia el este y sólo han sido observadas en asociación con intrusiones ultramáficas (**kimberlitas** y lamprofiros).

El límite sur de este dominio está definido por la Falla Puente Palo, con tendencia noreste. Esta falla puede ser seguida, a escala regional, atravesando el río Caura hasta el sistema de fallas del Guri.

b) **Dominio II: Cuchiverito – Centella**

Consiste en un conjunto de rocas piroclásticas de grano grueso y tobas, asociado a cuerpos intrusivos de granodioritas y dioritas y sienitas cuarzosas, presentes como diques. Las fallas presentan una orientación hacia el noroeste (N20W – N30W), acompañadas por diques de gabro y gabrodioritas y, hacia el noreste (N40E – N50E), por diques de diabasa, más jóvenes que los de gabro.

Se manifiesta una zona de cizallamiento, por la presencia de venas cuarzosas deformadas, con tendencia noreste y dispuestas a través de los cuerpos de roca volcánica.

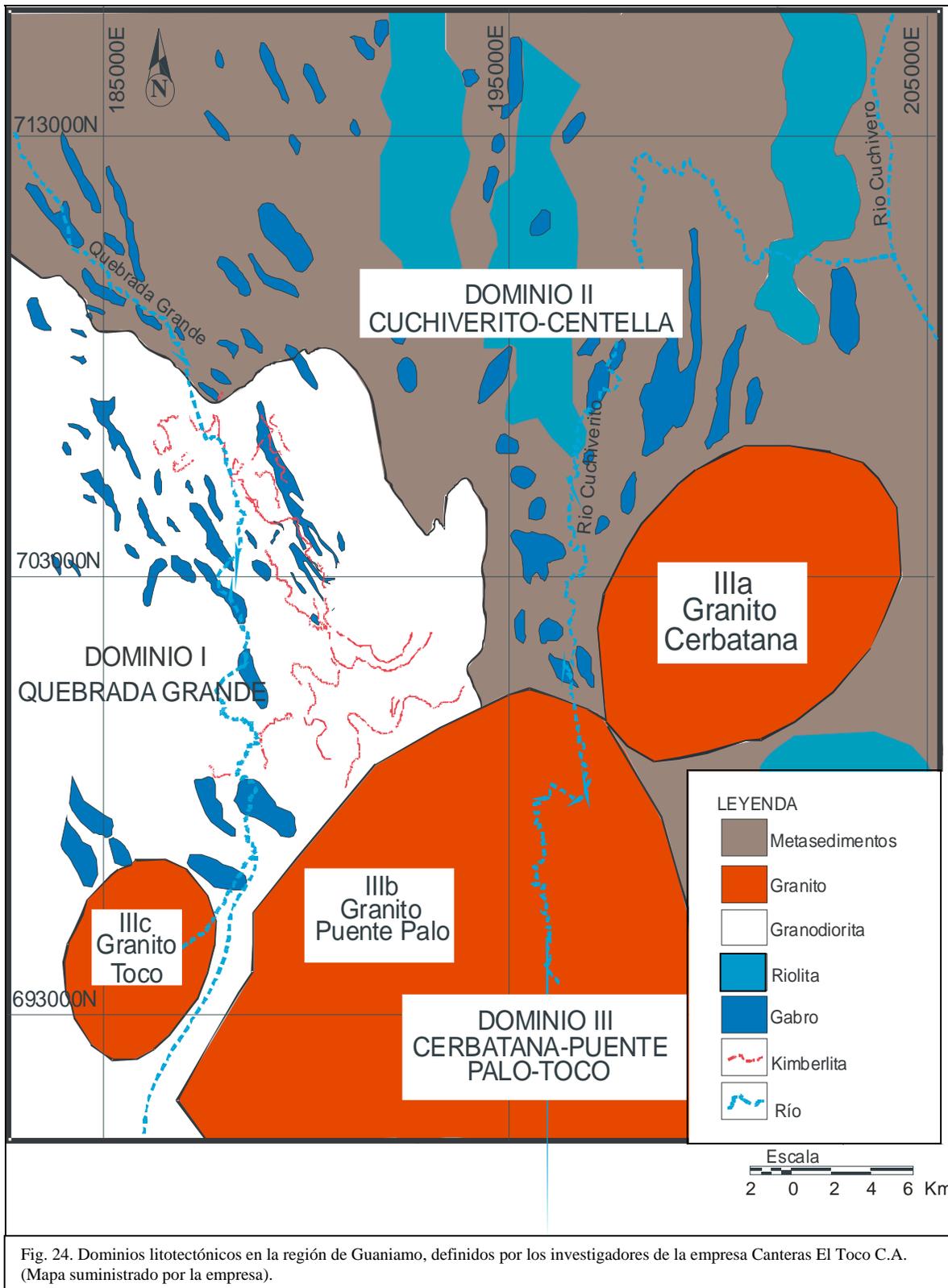


Fig. 24. Dominios litotectónicos en la región de Guaniamo, definidos por los investigadores de la empresa Canteras El Toco C.A. (Mapa suministrado por la empresa).

c) **Dominio III: Cerbatana – Puente Palo – El Toco**

Abarca la parte meridional de la región de Guaniamo, caracterizado por la presencia de tres cuerpos graníticos grandes y masivos, separados entre sí por zonas estrechas de roca caja.

El Granito La Cerbatana es un cuerpo que presenta un límite septentrional y oriental más magnético y máfico que su zona central, donde es de naturaleza más potásica. Este se encuentra al norte del extremo oriental (offset), de la Falla Puente Palo.

El Granito (sienita) El Toco presenta condiciones distintas y no se encuentra atravesado por ninguna falla significativa.

La manifestación topográfica de estos granitos está constituida por colinas y un sistema de drenaje bien desarrollado, con tendencia noreste y noroeste, reflejando la presencia de fallas y fracturas.

Se han identificado diques ocasionales de diabasa, confirmándose que muchos de los diques máficos presentan edades inferiores a los 1.425 Ma.

6.3. Mantos kimberlíticos de Guaniamo

Los mantos kimberlíticos, presentes en la región de Guaniamo, forman un sistema de capas independientes de bajo buzamiento (5° – 20° como promedio, Channer et. al., 1998). Se han logrado identificar ocho capas, aflorando en un área de, aproximadamente, 10 Km de longitud y 5, de ancho, ocupando las siguientes zonas: Bicicleta – Desayuno, Los Indios – 024 – La Peinilla – Cordero, Hueso Duro – La Ceniza – 039, Nueva Bulla, Bulla de las Mujeres – La Hoya, Desengaño – Candado y El Tigre 1 y 2.

Los afloramientos y subafloramientos de estas capas ocurren tanto en valles como en las vertientes de las colinas, influyendo fuertemente en la topografía.

Por ejemplo, en algunas laderas de colinas (La Bicicleta, El Desengaño), la kimberlita está cercana o sobre ella, y valles, como el de El Candado, son particularmente

anchos debido a la erosión de fracturas sub-horizontales, que contienen las capas kimberlíticas.

Los afloramientos de las kimberlitas son bastante raros, ocurriendo sólo donde ha ocurrido la lateritización. La kimberlita lateritizada forma capas discontinuas horizontales o levemente inclinadas sobre las laderas, las cuales, si no han sido afectadas por las actividades de la pequeña minería, se encuentran cubiertas por una capa bastante delgada de suelo.

a) Petrología y mineralogía

Las kimberlitas de Guaniamo se caracterizan por presentar una textura porfirítica, con un tamaño de grano variable (de fino a grueso), constituida por fenocristales de olivino en una proporción que varía de 20% hasta 70%. Han sido clasificadas como kimberlitas micáceas (grupo II), debido al alto contenido de micas (flogopita).

Presenta una textura brechada, conformada por la presencia de xenolitos de la roca caja (granodiorita, diorita y gabro), y, en menor proporción, de peridotitas granatíferas del manto. Como minerales accesorios se destacan granates fuertemente quelifitizados, cromospinela, cromo-diósido y, raramente, ilmenita con un contenido de 0,16 a 1% de MgO (Fig. 25).

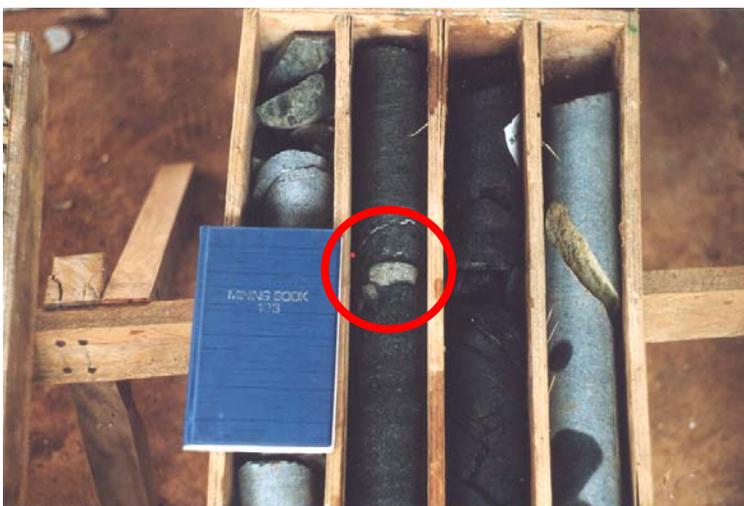


Fig. 25. Núcleo de kimberlita fresca (al lado de la libreta), de color verdoso, donde puede apreciarse la presencia de xenolitos (marcado en rojo). Nucleoteca del campamento El Toco (julio, 2003).

Se presentan, generalmente, cubiertas por una capa de alteración secundaria, producto de procesos, tales como: serpentización del olivino, carbonatización, flogopitización y cloritización.



Fig. 26. Núcleo de kimberlita saponificada, señalado por la flecha roja. Nucleoteca del campamento El Toco (julio, 2003).

Los niveles saponificados – conocidos localmente bajo el nombre de pintura – se caracterizan por estar constituidos en su mayoría por arcillas, por presentar distintos colores de alteración, siendo el más común el rojo pardusco, y por preservar la textura original, principalmente, en niveles endurecidos por silicificación de baja temperatura (ver figuras 26, 27 y 28). Las texturas preservadas que se pueden observar son:

- a) Kimberlita masiva de grano fino. En las zonas de alteración supergénica, la kimberlita genera una masa arcillosa, de diversos colores (rojo, negro, gris, verde, amarillo, castaño, azul y blanco), pudiéndose observar arcillas pseudomorfas de fenocristales de olivino y escasos cristales de flogopita.
- b) Kimberlita porfirítica, de grano grueso, donde los gruesos xenocristales de olivino se presentan reemplazados por minerales de arcilla, siendo la textura más útil para el reconocimiento de los cuerpos kimberlíticos, principalmente en las zonas de fuerte alteración supergénica. Contiene xenocristales de granate piropo kelifíticos, embebidos en una matriz fina de olivino-flogopita.
- c) Kimberlita de grano grueso, cumulada y rica en olivino, donde los xenocristales de olivino son muy abundantes y están preferiblemente alineados con su eje mayor perpendicular al margen de la intrusión.

- d) Kimberlita brechada, rica en xenolitos. Los xenolitos, provenientes de la roca caja, varían en tamaño (más de 0,5 m) y en forma (elongados y redondeados). Estos, con frecuencia, presentan un borde de alteración y, en raras oportunidades, se encuentran imbricados indicando la dirección de flujo del magma.

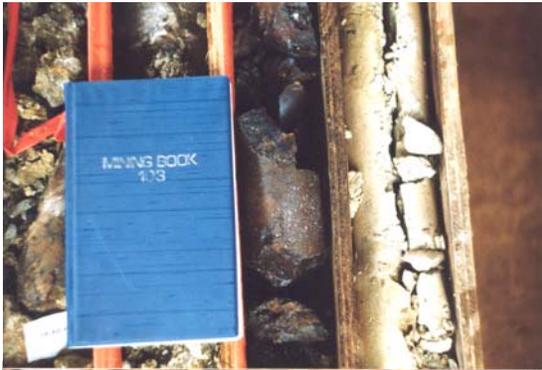


Foto 27. Núcleo de niveles de kimberlita silicificada. Obsérvese como se ha conservado la textura original. Nucleoteca, campamento El Toco (julio, 2003).



Foto 28. Kimberlita lateritizada, de fuerte color rojizo (pintura). Afloramiento zona 024 – Guaniamo (julio, 2003).

Estas variaciones texturales son el producto del escogimiento de los granos de olivino por procesos hidrodinámicos y gravitatorios durante su transporte y solidificación.

Con relación al tenor de diamante, éste ha sido estimado en un promedio de 150 cpht, pudiendo variar dentro de un rango de 70 a 300 cpht, como en el caso del área de La Peinilla.

b) Características estructurales

Los mantos kimberlíticos conforman un sistema de múltiples de capas que ocurren, principalmente, en la zona del Dominio I (cuenca del río Quebrada Grande y tierras altas que la rodean), y, según las últimas actividades exploratorias, en el Dominio II (cerca del límite con el Dominio I).

Los mantos presentan una orientación preferencial noroeste, seguida por una segunda tendencia noreste, con buzamientos de subhorizontales hasta unos 20° aproximadamente, hacia el este o noreste.

Los espesores de las capas kimberlíticas varían desde 3,7 m hasta 10 cm, como mínimo, observándose cambios bruscos de hasta 10 m.

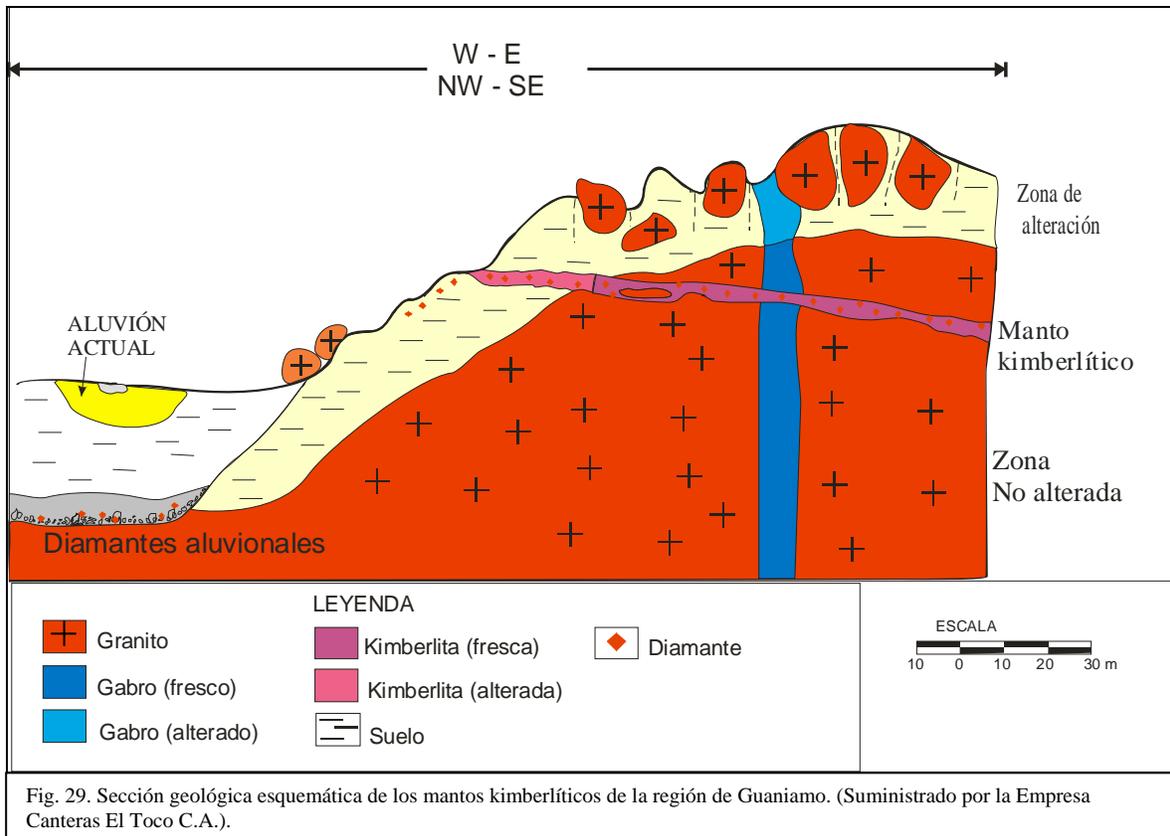
Estas capas lograron emplazarse en la roca caja por hidrofracturamiento, es decir, por el rompimiento de la roca caja debido las presiones ejercidas por el magma. Esto quiere decir, que el magma kimberlítico no rellenó ningún sistema de fracturas pre-existentes, postulado sustentado en aspectos, tales como: la falta de correspondencia entre la orientación de las fracturas con la fábrica de la roca preexistente, la presencia abundante de venas y fracturas hacia las terminaciones de las capas y localidades con un alto contenido de xenolitos de roca caja.

Las operaciones exploratorias e interpretativas no han logrado detectar diques alimentadores del sistema de multi-capas kimberlítico de la zona. Sin embargo, se han identificado capas con un alto buzamiento (p.ej. El Comisario con unos 50°), que pueden haber desempeñado tal rol.

En relación con las direcciones de flujo de los magmas kimberlíticos, aspecto de vital importancia para identificar las zonas alimentadoras, se presume que éstos fluyeron radial y centrífugamente, desde la zona de falla con tendencia noreste (zona de la Falla Puente Palo), siendo los sentidos principales hacia el noroeste y sureste.

Niveles con disposición circular, como el stockwork de El Desayuno, con capas de alto buzamiento hacia el centro y de menor, hacia la periferia, puede ser evidencia de niveles alimentados por una dirección de flujo centrífugo a partir de un centro somero que, en el caso de El Desayuno, no tiene más de 40 m de profundidad.

En la figura siguiente (Fig. 29), se esquematiza, de manera genérica, las relaciones entre las distintas rocas que afloran en la región:



7. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LA MUESTRA DE DIAMANTES ESTUDIADA

Este capítulo corresponde al reporte, análisis y discusión de los resultados obtenidos a partir de las observaciones de una muestra de diamantes de aluvión, provenientes del Distrito Minero de Guaniamo, Edo. Bolívar.

7.1. METODOLOGÍA

El procedimiento empleado para la descripción de las características mineralógicas de los ejemplares de la muestra de diamantes, suministrada por la empresa *Canteras El Toco C.A.*, se fundamentó en métodos directos de observación y medición, los cuales, garantizaron la no alteración física o química de los mismos.

Éste se resume en el siguiente esquema:

I. Observación, medición y reporte de las propiedades señaladas en los objetivos para cada ejemplar, abarcando dos aspectos:

a) Características para la descripción general de la muestra, basadas sobre la medición del peso y tamaño de cada ejemplar, definición de las variedades mineralógicas presentes y determinación de las clases comerciales, según los esquemas usados en la región de Guaniamo.

b) Características mineralógicas, abarcando la determinación y reporte del color, diafanidad, hábito, aspectos superficiales, proporción y distribución de impurezas y fluorescencia para cada ejemplar. La mayoría de éstas se determinó bajo microscopio estereoscópico, marca NIKON, modelo SMZ-2B, tipo 102, con un rango de aumento gradual entre 8 y 50X.

El procedimiento aplicado en la determinación de cada propiedad será discutido con más detalle en los capítulos correspondientes.

Para el reporte de las propiedades observadas se utilizaron 3 tipos de planillas:

a) Planilla provisional e inicial, basada en aquellos aspectos descritos en trabajos previos y en textos y atlas de mineralogía. Esta planilla fue utilizada para el reporte de las características de la muestra #5 y, posteriormente, fue modificada para optimizar los procesos de observación y reporte.

b) Formatos para la descripción grupal, aplicadas durante la observación de la muestra #10, los cuales, permitieron la observación y reporte detallados de cada aspecto y la optimización de la planilla de observación individual.

La descripción de la muestra #10 implicó su división de acuerdo a las variedades mineralógicas presentes y, posteriormente, de acuerdo a su color, para luego, realizar las descripciones detalladas en cada subgrupo así establecido.

c) Planilla optimizada, aplicada en la descripción de los ejemplares de la muestra #21 y para la presentación de los resultados de la muestra #5 en esta obra. Este tipo de planilla, permitió acelerar el proceso, alcanzándose un promedio 60 a 70 ejemplares descritos por día.

En el tomo II de esta obra (Apéndice), se presentan los formatos correspondientes a cada una de las planillas arriba señaladas.

II. Análisis estadístico de las características observadas en cada variedad – cristalina y bort – identificada en la muestra. Éste abarcó la elaboración y discusión de tablas y gráficos, que se presentarán más adelante.

III. Obtención de fotos, para ilustrar las propiedades más resaltantes, de acuerdo a las observaciones y a los análisis estadísticos de los resultados. Como escala visual se empleó un grano de arroz de 6,5 mm de longitud o una mina de grafito de 0,5 mm de diámetro.

La metodología empleada en este trabajo se caracteriza, en consecuencia, por ser sencilla y dirigida a presentar y resaltar, lo más resumido posible, la tendencia de las características mineralógicas de los diamantes aluvionales de la región de Guaniamo.

7.2. RESULTADOS

Se recomienda la consulta del Apéndice de esta obra donde se presentan los datos recolectados con más detalle.

a) Variedad cristalina

- Número de ejemplares: 1011.
- Color:

Matiz	Número de ejemplares	Tono			Saturación	
		Ligero	Medio	Intenso	Homogéneo	Heterogéneo
Incoloro	370	-	-	-	-	-
Verde	270	243	21	6	180	90
Amarillo	192	104	72	16	139	53
Pardo	97	60	36	1	26	71
Gris	82	47	27	8	15	67

- Diafanidad:

Transparente (T y sT): 469

Translúcido (t): 401

Sub-translúcido (st): 141

- Hábito :

Hábito	Total	Fragmento	Cristalinidad			Aspecto superficial general			
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	Liso (L)	Rugoso (R)	L - R	<i>Frosted</i> *
Octaédrico (O)	26	11	10	16	0	10	1	15	0
Rombododec. (R)	90	25	27	63	0	0	56	34	4
O - R	585	230	124	461	0	52	160	373	0
Macla (Ley de la Espinela)	69	37	4	65	0	8	17	44	0
Agregados (2 ó 3 crist.)	47	23	0	47	0	0	10	37	0
No identificable (N.I.)	194	194	0	194	0	2	78	114	0

*Caso especial de rugosidad: cristal constituido por superficies tan finamente rugosas que tiene un aspecto empañado (*frosted*).

- Aspectos superficiales:

	Aspecto superficial						
	Láminas de crecimiento	Crecimiento en bloque	Trigones	Estrías y Surcos		Superficie Manchada	
				Tipo I	Tipo II	Oxido	Radiogénicas
Número de ejemplares	942	107	291	736	517	747	484

- Contenido de impurezas:

Color	Número de ejemplares por porcentaje de impureza										Tipo de impureza			Distribución*	
	nd	0%	<1%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	>3%	% mayor reportado	IM	S	IF	H	h
Incoloro	0	121	131	88	17	8	1	3	1	4%	157	141	15	2	247
Verde	2	106	74	55	23	7	0	3	0	3%	107	108	16	0	162
Amarillo	1	58	56	50	10	8	1	6	2	5%	54	113	7	6	127
Pardo	9	9	8	24	19	13	2	8	5	9%	67	51	2	0	79
Gris	8	0	7	16	11	9	3	6	22	12%	72	31	1	0	74

*10 cristales con inclusiones minerales hacia el centro del cristal.

nd: no determinable, IM: inclusión mineral, S: inclusión de manchas de óxido, IF: inclusión fluida, H: homogéneo, h: heterogéneo.

- Fluorescencia (ver descripción de los grupos en la sección correspondiente).

Color	Grupo de fluorescencia											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Incoloro	139	62	2	8	3	22	38	57	13	1	24	1
Verde	126	36		2	1	13	12	51	12		16	1
Amarillo	102	21			3	16	5	11	20	2	12	
Pardo	5	9			2	15	12		25		26	3
Gris	3	25				5	12	2	14		16	5
Total	<i>375</i>	<i>153</i>	<i>2</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>71</i>	<i>79</i>	<i>121</i>	<i>84</i>	<i>3</i>	<i>94</i>	<i>10</i>

- Distribución de peso, tamaño y calidad comercial (ver secciones correspondientes).

b) Variedad bort

- Número total de ejemplares: 158
- Color:

Tabla 16. Colores observados en diamantes de la variedad bort

Matiz	Número de ejemplares	Tono			Saturación	
		Ligero	Medio	Intenso	Homogéneo	Heterogéneo
Incoloro	67	-	-	-	-	-
Verde	24	21	3	0	12	12
Amarillo	11	11	0	0	4	7
Pardo	6	4	2	0	3	3
Gris	50	29	17	4	22	28

- Diafanidad:

Transparente (T y sT): 12

Translúcido (t): 83

Sub-translúcido (st): 63

- Hábito:

Tabla 17. Hábitos observados en diamantes de la variedad bort

Hábito	Total	Fragmento	Cristalinidad			Aspecto superficial general.			
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	Liso (L)	Rugoso (R)	L - R	Frosted*
Agregado policristalino	88	68	0	88	0	0	49	39	0
Ballas	46	34	0	46	0	0	45	1	0
Cripcristalino	24	24	0	0	24	0	24	0	0

*Caso especial de rugosidad: cristal constituido por superficies tan finamente rugosas que tiene un aspecto empañado (frosted).

- Aspectos superficiales:

Tabla 18. Aspectos superficiales en diamantes de la variedad bort

Número de ejemplares	Aspecto superficial						
	Láminas de crecimiento	Crecimiento en bloque	Trigones	Estrías y Surcos		Superficie Manchada	
				Tipo I	Tipo II	Oxido	Radiogénicas
133	5	16	129	46	149	75	

- Contenido de impurezas:

Color	Número de ejemplares por porcentaje de impureza										Tipo de impureza			Distribución	
	nd	0%	<1%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	>3%	% mayor reportado	IM	S	IF	H	h
Incoloro	3	12	14	18	5	6	1	8	0	3%	32	40	-	3	49
Verde	1	4	3	9	6	1	0	0	0	2%	15	13	-	0	19
Amarillo	1	1	1	5	2	1	0	0	0	2%	4	9	-	0	9
Pardo	1	0	0	1	2	2	0	0	0	2%	5	4	-	0	5
Gris	4	0	5	11	8	7	0	1	14	15%	42	23	-	1	45

nd: no determinable, IM: inclusión mineral, S: inclusión de manchas de óxido, IF: inclusión fluida, H: homogéneo, h: heterogéneo.

- Fluorescencia (ver descripción de los grupos en la sección correspondiente).

Color	Grupo de fluorescencia											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Incoloro	6	30	1	1		3	3		12		9	2
Verde	4	10					5		3		1	1
Amarillo	4	5							1		1	
Pardo						1	2		2		1	
Gris	5	13				2	5		7		16	2
Total	19	58	1	1		6	15		25		28	5

- Distribución de peso, tamaño y calidad comercial (ver secciones correspondientes).

7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Aspectos generales

El universo de ejemplares sometidos a estudio, corresponde a tres muestras de la colección de diamantes de aluvión, propiedad de la compañía *Canteras El Toco C.A.*, a saber:

Tabla 21. Muestras facilitadas por <i>Canteras El Toco C.A.</i>				
Muestra N°	Peso total (q.m.)	Cantidad	Peso total analizado (q.m.)	Cantidad total analizada
5	64,209	72	64,209	72
10	47,686	544	47,686	544
21	171,349	-----	20,257	553*
Total	283,24	-----	132,150	1169

*Cantidad seleccionada usando el método del cuarteo, hasta reducir el peso inicial a 1/8.

Las muestras 5 y 10 fueron recolectadas en las inmediaciones del río Quebrada Grande (Ringi-Ringi, 11/08/1998). Por el contrario, la 21 fue comprada en La Salvación, siendo representativa de los diamantes de calidad industrial de la región (ver introducción).

Metodología

La caracterización general de la muestra de estudio abarcó tres aspectos:

a) Caracterización en función a las variedades mineralógicas presentes.

Se definen, teóricamente, tres variedades posibles a ser identificadas:

- Cristalina (nombre propuesto en este trabajo), que corresponde a aquellos ejemplares bien formados o fragmentos de éstos. Se incluyen las maclas y los agregados de dos o tres cristales, sin el aspecto caótico mostrado en los de la variedad bort.
- Bort, constituida por agregados microcristalinos múltiples (policristalinos), de carácter caótico. Se incluye dentro de este grupo un caso especial, denominado ballas, que corresponde a un agregado de aspecto esférico. También, se considera, dentro de esta variedad, todo fragmento criptocristalino.

- Carbonado, el cual, corresponde a aquellos ejemplares tipo bort, negros o grises muy oscuros y con una exfoliación pobre o ausente.

b) Caracterización en función a los pesos y tamaños de los ejemplares de cada variedad.

El peso de cada ejemplar fue determinado a través de una balanza electrónica, marca SARTORIUS, modelo G1500 y con una apreciación de $\pm 0,001$ quilates métricos (q.m.).

En relación con el tamaño, se procedió a determinar la mayor longitud observada (medición del eje mayor), mediante el uso de un escalímetro convencional. El tamaño de cada ejemplar se expresó, indicando la clase a la cual pertenece, de acuerdo a la tabla siguiente:

Grupo	Rango de tamaño (mm)	Grupo	Rango de tamaño (mm)
A	0,1 – 1	G	6,1 – 7
B	1,1 – 2	H	7,1 – 8
C	2,1 – 3	I	8,1 – 9
D	3,1 – 4	J	9,1 – 10
E	4,1 – 5	K	10,1 – 11
F	5,1 – 6	(...)	(...)

Dicha escala es abierta, es decir, se establecieron tantas clases según fuera necesario.

Es importante destacar, que esta medición se incluye como referencia para aquellos que no están acostumbrados al manejo del quilate como indicador del tamaño de un diamante.

c) Caracterización comercial de la muestra, la cual, se logró después de ser evaluadas características, tales como: peso, color y estado general (p. ej. fracturamiento interno). Para tal fin, se empleó la clasificación propuesta por la empresa, fundamentada en un estudio de la actividad comercial de diamantes en la región de Guaniamo (Tabla 23).

Tabla 23. Tipos económicos de diamantes en la región de Guaniamo y sus precios para abril 2001 (US\$/q.m.)

Tipo	Rango (quilate métrico)	Comprado a compradores locales		Comprado a mineros locales		Promedio
		min.	máx.	min.	máx.	
Talla	5 – 6	1.333	1.900	1.183	1.733	1.537,25
Talla	4.5 – 5	1.100	1.467	967	1.367	1.225,25
Talla	4 – 4.5	1.067	1.433	933	1.367	1.200,00
Talla	3.5 – 4	917	1.267	767	1.133	1.021,00
Talla	3 – 3.5	850	1.200	700	1.067	954,25
Talla	2.5 – 3	717	917	600	800	758,50
Talla	2 – 2.5	583	783	483	667	629,00
Talla	1.5 – 2	417	600	317	483	454,25
Talla	1 – 1.5	317	400	237	350	326,00
Talla I	grueso, blanco < 1	217	280	193	250	235,00
Talla II	grueso, amarillo < 1	173	223	150	177	180,75
Talla III	Fino (0,25 – 0,5)	105	130	100	123	114,50
Talla IV	Mediatalla (<0,25)	58	80	53	75	66,50
I.G.	Industria gruesa (0,5 – 1)	35	45	31	40	37,75
I.F.	Industria fina < 0,5	13	16	12	14	13,75
B	Bort	2	2	2	2	2,00

Valores suministrados por la empresa *Canteras El Toco C.A.*. Los precios son el promedio de 3 compradores.

Esta clasificación es la aplicada por los mineros y compradores de la zona, reflejando ser un método muy parco y general, donde los principales parámetros considerados son el peso y el color.

Sin embargo, en este trabajo se incluyeron otros aspectos de importancia como el grado de perfección del cristal y las inclusiones (impurezas y superficies de fractura o exfoliación internas), como criterios accesorios para aplicar la clasificación propuesta.

Los diamantes calidad talla indicados en la Tabla 23 (mayores de 1 q.m. y los talla I a IV), se circunscriben en la clasificación general de *diamantes calidad gema*; mientras que, aquellos identificados como I.G. e I.F., se consideran como *diamantes cercanos a calidad gema*. Este último grupo abarca aquellos ejemplares con colores de menor interés comercial (castaño y gris), y con menor grado de perfección cristalina, que los diamantes calidad gema.

Finalmente, los diamantes bort hacen referencia a aquellos que por su alto contenido de inclusiones (fracturas e impurezas internas) y a su grado de imperfección cristalina (p. ej. variedad mineralógica bort), no son considerados como gema, siendo comercializados como diamantes de uso industrial (abrasivo).

Análisis de resultados

a) Variedades mineralógicas presentes

De los 1.169 diamantes estudiados se logró determinar la presencia de dos variedades mineralógicas, cristalina y bort, cuyas proporciones se muestran en el gráfico siguiente:



Como se puede observar, existe un predominio de la variedad cristalina por encima de la variedad bort, con una proporción de 86,48%. Además, la variedad carbonado es inexistente en la muestra analizada.

Un aspecto importante a ser señalado es la presencia de ejemplares intermedios entre la variedad cristalina y la bort (~5 ejemplares). Para efectos prácticos y debido al predominio de la porción cristalina en esos ejemplares, éstos se incluyeron dentro de esta última variedad.

Sin embargo, estos ejemplares denotan una característica importante, a partir de la cual, se puede proponer la siguiente hipótesis: Podría existir una relación genética entre ambas variedades, donde algunos ejemplares cristalinos se desarrollarían a partir de un agregado policristalino (var. bort).

Al parecer, los agregados policristalinos constituirían un sistema originado a consecuencia de un crecimiento policéntrico y caótico, de donde, en un momento dado y en busca de un estado de mayor equilibrio y orden, se originaría un crecimiento armónico, que daría origen a un ejemplar bien constituido.

En caso de ser cierta dicha hipótesis, la presencia de ejemplares bort o intermedios en un yacimiento, podría reflejar dos condiciones:

- Ser consecuencia de la resorción de ejemplares cristalinos, proceso que lograría descubrir su núcleo caótico.
- Ser ejemplares inmaduros, desde el punto de vista cristalográfico, que fueron arrastrados por el magma kimberlítico o lamproítico, antes de que alcanzaran un estado de madurez.

En consecuencia, la presencia de este tipo de diamantes en un yacimiento, podría ser empleada para indicar el grado de madurez cristalográfico y/o de resorción sufrida por los diamantes de dicho depósito.

b) **Peso y tamaño**

Variedad cristalina

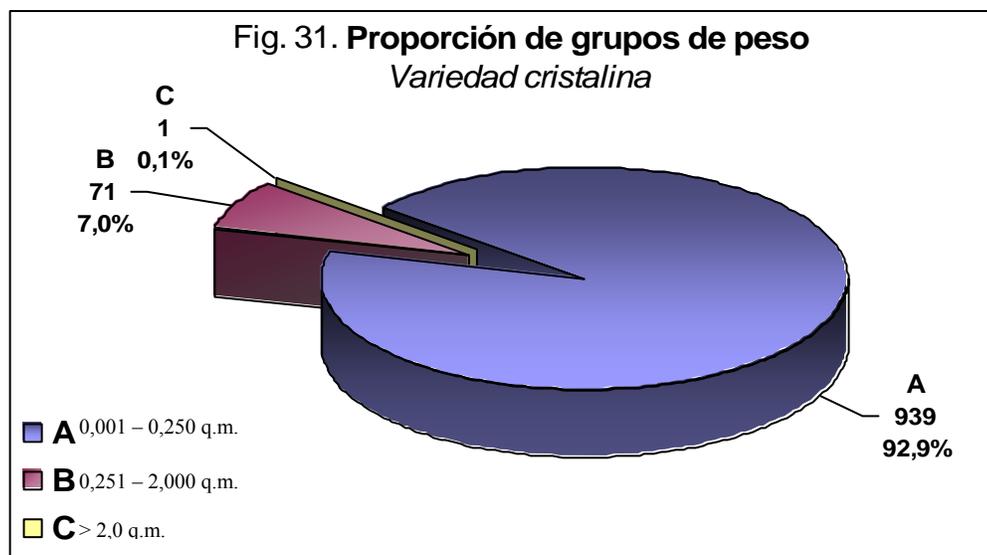
A continuación se muestran las distribuciones de frecuencia de los pesos de los diamantes de la variedad cristalina (tablas 24 y 25).

		Intervalo de clase (q.m.)																
Variedad	Muestra	0,001 – 0,250	0,251 – 0,500	0,501 – 0,750	0,751 – 1,000	1,001 – 1,250	1,251 – 1,500	1,501 – 1,750	1,751 – 2,000	2,001 – 2,250	2,251 – 2,500	2,501 – 2,750	2,751 – 3,000	3,001 – 3,250	3,251 – 3,500	3,501 – 3,750	3,751 – 4,000	4,001 – 4,250
Cristal.	5	0	10	16	27	10	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	10	505*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	434*	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	939*	13	16	27	10	3	1	1	0	1							

		Intervalo de clase (q.m.)									
Variedad	Muestra	0,001 – 0,025	0,026 – 0,050	0,051 – 0,075	0,076 – 0,100	0,101 – 0,125	0,126 – 0,150	0,151 – 0,175	0,176 – 0,200	0,201 – 0,225	0,226 – 0,250
Crist.	10	2	58	142	130	105	51	12	3	1	1
	21	209	142	52	20	3	6	1	0	0	1
	Total	211	200	194	150	108	57	13	3	1	2

Los datos de la tabla 24 permiten establecer tres grupos en cuanto a la distribución del peso (ver gráfico de la Fig. 31):

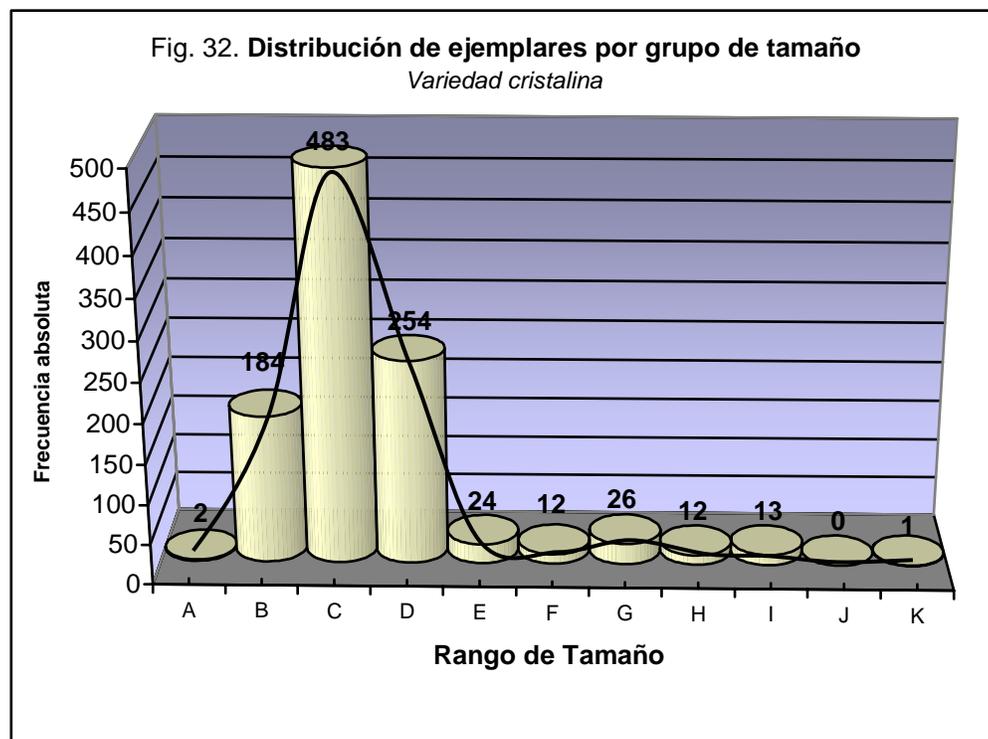
- Grupo A, que abarca el 92,9% de los casos, incluye a aquellos cristales con un peso entre 0,001 hasta 0,250 q.m.
- Grupo B, integrado por cristales entre 0,251 y 2,000 q.m., con una proporción de un 7,0%
- Grupo C, representado por cristales superiores a los 2,000 q.m., presenta una baja proporción (0,1%).



La media aritmética calculada a partir de datos no agrupados corresponde a un valor de **0,121 q.m.** con una desviación estándar de **0,247**.

En relación con el tamaño, la muestra se distribuye de la siguiente manera (Tabla 26):

Tabla 26. Número de ejemplares por grupo de tamaño – Variedad cristalina												
		Rango de tamaño e intervalo de clase (mm)										
Variedad	Muestra	A (0,1-1)	B (1,1-2)	C (2,1-3)	D (3,1-4)	E (4,1-5)	F (5,1-6)	G (6,1-7)	H (7,1-8)	I (8,1-9)	J (9,1-10)	K (10,1-11)
Cristalina	1	0	0	0	0	7	10	26	12	13	0	1
	2	0	15	250	228	11	1	0	0	0	0	0
	3	2	169	233	26	6	1	0	0	0	0	0
	Total	2	184	483	254	24	12	26	12	13	0	1



A partir del gráfico anterior (Fig. 32), se determina que el rango de tamaño que va desde 1,1 hasta 4 mm, es decir, los rangos B, C y D, representa el 91,10% de los casos observados, siendo los tamaños superiores a 4 mm, realmente escasos (8,7%). La cantidad de diamantes iguales o menores al milímetro es insignificante (0,2%).

Por último, la distribución de frecuencia arriba representada se caracteriza por ser asimétrica, con sesgo positivo y leptocúrtica. La media aritmética es de **2,95 mm**, con una desviación estándar de **1,31**.

Variedad bort

La distribución de los pesos de los ejemplares de la variedad bort se representa en las tablas 27 y 28 siguientes:

		Intervalo de clase (q.m.)																
Variedad	Muestra	0,001 – 0,250	0,251 – 0,500	0,501 – 0,750	0,751 – 1,000	1,001 – 1,250	1,251 – 1,500	1,501 – 1,750	1,751 – 2,000	2,001 – 2,250	2,251 – 2,500	2,501 – 2,750	2,751 – 3,000	3,001 – 3,250	3,251 – 3,500	3,501 – 3,750	3,751 – 4,000	4,001 – 4,250
Bort	5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	155	0	0	2	1	0											

		Intervalo de clase (q.m.)										
Variedad	Muestra	0,001 – 0,025	0,026 – 0,050	0,051 – 0,075	0,076 – 0,100	0,101 – 0,125	0,126 – 0,150	0,151 – 0,175	0,176 – 0,200	0,201 – 0,225	0,226 – 0,250	
Bort	10	0	9	11	9	5	4	1	0	0	0	
	21	53	40	8	10	0	4	0	0	0	1	
	Total	53	49	19	19	5	8	1	0	0	1	

De las tablas anteriores, se puede deducir que el 98,1% corresponde a ejemplares con un peso comprendido entre 0,001 y 0,250, siendo realmente escasos los que superan los 25 puntos (1 q.m. \equiv 100 puntos).

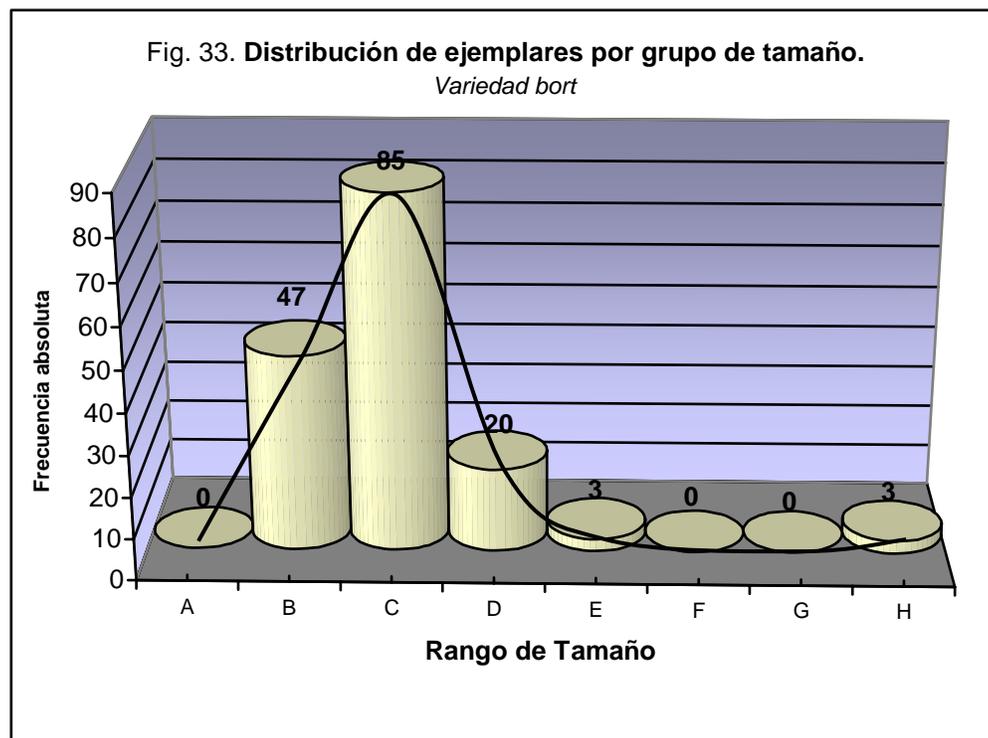
Dicho comportamiento es similar a la distribución de los ejemplares de la variedad cristalina, donde las altas proporciones se concentran en las de menor peso (entre 0,001 y 0,125 q.m. en su mayoría), disminuyendo considerablemente hacia las clases de mayores valores.

La media aritmética calculada a partir de datos no agrupados es de **0,065 q.m.** con una desviación estándar de **0,123**. Al comparar estos valores con los correspondientes a los de la variedad cristalina, se concluye que los ejemplares de la variedad bort son los de menor peso y con un rango mucho más reducido (se limita, casi exclusivamente, al intervalo de 0,001 a 0,250 q.m.).

No obstante, el rango de 0,001 – 0,250 q.m. es el de mayor representatividad para ambas variedades.

La distribución de los tamaños de los ejemplares de la variedad bort descritos, se resumen en la Tabla 29 y en el gráfico de la Fig. 33, siguientes:

Tabla 29. Distribución de frecuencia – Tamaño de ejemplares de variedad bort												
		Intervalo de clase (mm)										
Variedad	Muestra	0,1 – 1	1,1 – 2	2,1 – 3	3,1 – 4	4,1 – 5	5,1 – 6	6,1 – 7	7,1 – 8	8,1 – 9	9,1 – 10	10,1 – 11
Bort	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
	2	0	5	22	11	1	0	0	0	0	0	0
	3	0	42	63	9	2	0	0	0	0	0	0
	Total	0	47	85	20	3	0	0	3	0	0	0



Los tamaños de los ejemplares bort están concentrados en los grupos B y C, es decir, entre un rango de 1,1 hasta 3 mm, con una representatividad del 83,54 %.

La media aritmética, calculada a partir de la distribución de frecuencia de la Tabla 29, es de **2,51 mm** con una desviación estándar de **0,99**. Al comparar estos valores con los obtenidos para la variedad cristalina, se observa que éstos son similares, por lo que se puede concluir que los tamaños de la muestra se ubican mayoritariamente entre los grupos B, C y D.

c) Clases comerciales

Los resultados anteriores permiten predecir que las clases comerciales predominantes en la muestra analizada serían la bort, talla IV e I.F. (Industria Fina), debido a:

- a) Los pesos están concentrados por debajo de los 0,250 q.m. (rangos para la talla IV e I.F.).
- b) Una proporción considerable de diamantes variedad bort (13,52%) y de especímenes cristalinos de pequeño tamaño y, por tanto, con una mayor probabilidad de poseer imperfecciones que los descalifiquen como ejemplares gema.

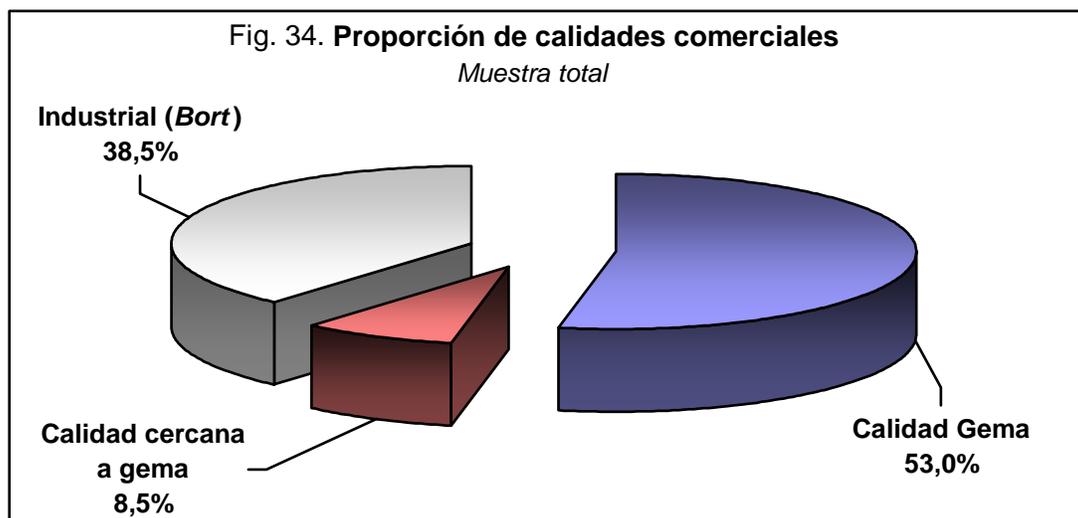
A continuación, se incluye la distribución de frecuencia de las clases comerciales, identificadas en la muestra estudiada (ver Tabla 30):

Calidad	Clase comercial (rango en q.m.)	Muestra número			Total	Valor promedio (US\$)**
		5	10	21		
Gema	Talla (4 – 4,5)	1	0	0	1	1.200,00
	Talla (1,5 – 2)	2	0	0	2	908,50
	Talla (1 – 1,5)	12	0	0	12	3.912,00
	Talla I (0,5 – 1)	7	0	0	7	1.645,00
	Talla II (0,5 – 1)	32	0	0	32	5.784,00
	Talla III (0,25 – 0,5)	9	0	0	9	1.030,50
	Talla IV (0,01 – 0,25)	0	442	115	557	37.040,50
Cercana a gema	Industria Gruesa (0,5 – 1)	1	0	0	1	37,75
	Industria Fina (< 0,5)	0	49	49	98	1.347,50
Industrial	<i>Bort</i> *	8	53	389	450	900,00
Total		72	544	553	1.169	53.806,00

*De aquí en adelante se escribirá *bort* (con letras itálicas), para indicar el uso de este término con sentido comercial.

** Obsérvese el valor promedio para cada clase comercial en la Tabla 23, pág. 74.

Esta distribución permite corroborar que las consideraciones anteriores son ciertas, siendo los grupos de mayor proporción los siguientes: Talla IV (47,7%), Bort (38,5%) e Industria Fina (8,38%). En el gráfico de la Fig. 34 siguiente, se resumen las proporciones de las calidades comerciales en la muestra.

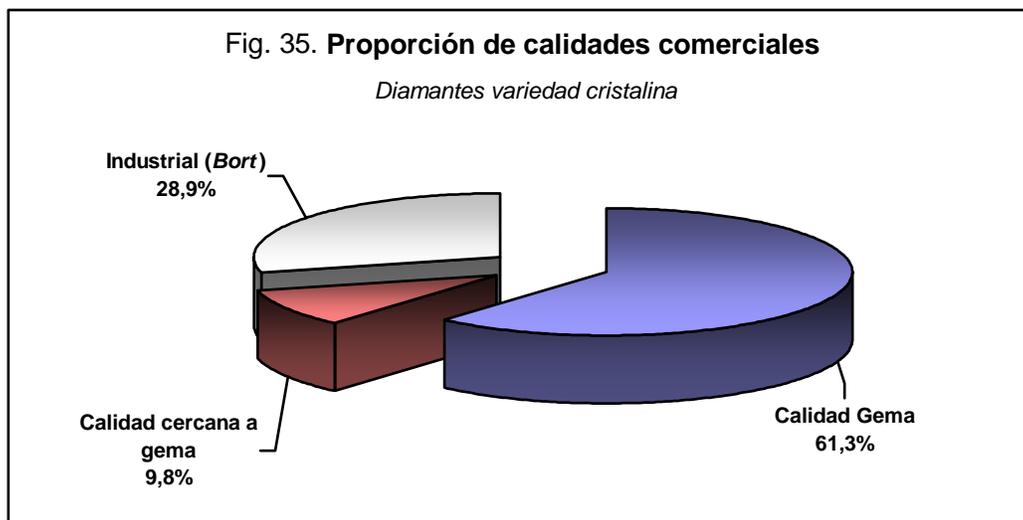


El gráfico anterior indica que los diamantes calidad gema constituyen más del 50% de la muestra estudiada, seguido por los diamantes industriales con una proporción cercana al 40%.

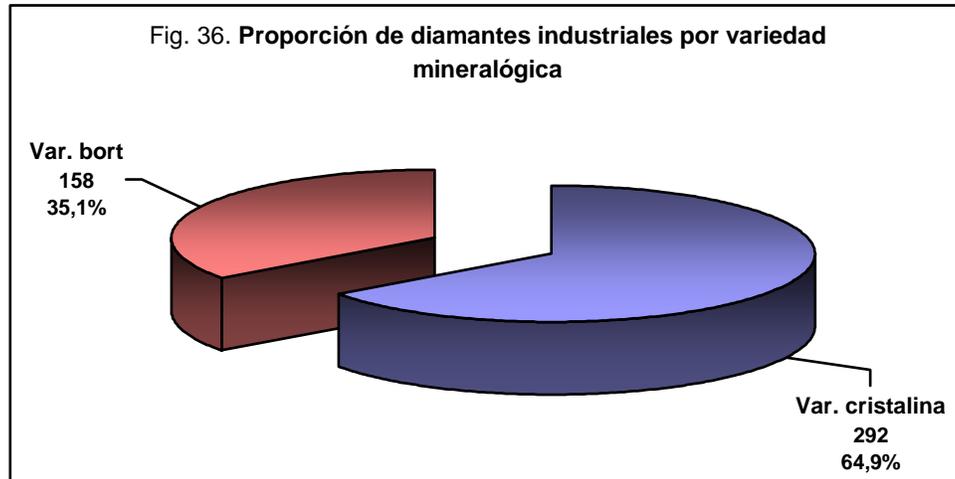
Dentro de los diamantes cercanos a calidad gema se incluyen aquellos ejemplares que por su coloración (grises y pardos), y su bajo grado de perfección cristalina, no son considerados calidad gema, pero que la posibilidad de tallarlos, permiten que sean usados como piezas de mediano valor en joyería.

Como los diamantes bort (variedad mineralógica), se clasifican como material de calidad industrial, sólo se analizarán las proporciones de calidades comerciales en la variedad cristalina.

En el gráfico de la Fig. 35 se indica la distribución porcentual de las calidades para los diamantes de variedad cristalina, donde destacan los diamantes de calidad gema (alrededor del 60%), y los de calidad industrial (~30%).



Es importante señalar la alta proporción de diamantes industriales (*bort*), dentro de la variedad cristalina, los cuales, representan más del 60% de los diamantes industriales totales. (Fig. 36).



Para concluir, queda bien ilustrado que no todo diamante industrial (*bort*), se corresponde a ejemplares policristalinos, sino que muchos de ellos, están representados por fragmentos o ejemplares cristalinos mal preservados.

Conclusiones

En la muestra analizada se logró identificar dos variedades mineralógicas de diamantes: cristalina (86,48%) y *bort* (13,52%).

El comportamiento de la distribución de los tamaños y pesos para ambas variedades es similar, con un predominio de la fracción de bajo peso ($< 0,250$ q.m.) y, por tanto, de pequeño tamaño (1,1 – 4,0 mm). No obstante, esta condición es mucho más acentuada en la variedad *bort*.

Referido a las clases comerciales, se identifican diamantes de las tres calidades universalmente aceptadas: gema (53,0%), industria o *bort* (38,5%) y cercana a gema (8,5%). Es importante señalar, que esta clasificación está fundamentada en esquemas muy generales y poco precisos usados en la región de Guaniamo, por lo cual, estos porcentajes podrían variar (principalmente las fracciones de diamantes calidad gema y cercana a gema), en manos de expertos calificados en esta área.

Por último, la clasificación previa de las muestras de acuerdo a sus tamaños y calidades, le resta representatividad estadística de los diamantes de la región de Guaniamo, para esas condiciones.

7.4. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

7.4.1. Color

Aspectos generales

El color del diamante es una de las características más importantes para la valoración, tanto de especímenes en bruto como tallados.

El diamante es un mineral alocromático, es decir, su amplia variedad de colores hacen que esta propiedad no sea diagnóstica para este mineral.

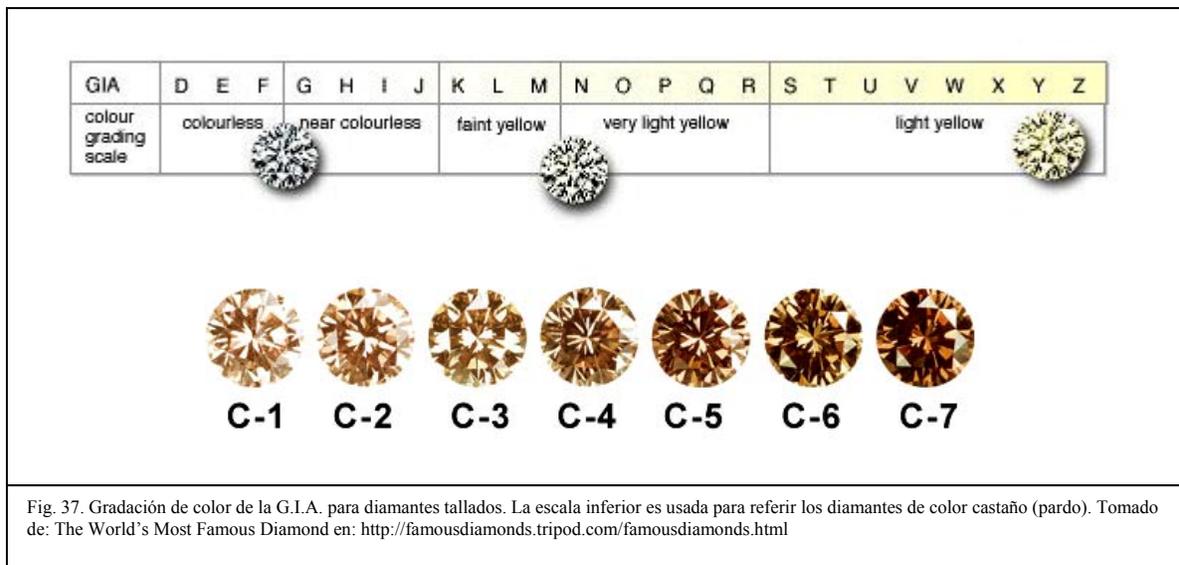
En el capítulo 2 de esta obra, se describe el rango de colores que han sido descritos para el diamante, destacándose una amplia variedad de matices y tonos.

La causa de dicha amplitud se debe, principalmente, a dos aspectos:

- Presencia de trazas de impurezas, posible causa de la coloraciones rosadas y rojas (manganeso), y grises (minerales oscuros).
- Defectos en la red cristalina. Ésta puede ser afectada como consecuencia de la sustitución del carbono por nitrógeno (color amarillo – diamantes tipo IaB, ver capítulo 2), o boro (color azul), por deformación plástica (colores pardo o gris parduzco y rosados y rojos), y por el bombardeo de partículas radiactivas, causando vacantes en la estructura (color verde).

Por lo general, los diamantes más valiosos son los incoloros y los de coloraciones intensas – diamantes fantasía – siendo indeseables aquellos con tonalidades muy ligeras y saturaciones heterogéneas.

Desde el punto de vista comercial, el color de los diamantes ya confeccionados se determina mediante escalas establecidas por diversos organismos gemológicos en el ámbito mundial. Una de las gradaciones de color más conocida es la de la G.I.A. (Gemological Institute of America), que se ilustra a continuación como una referencia para el lector (Fig. 37)



Metodología

La descripción del color se realizó mediante la identificación de tres parámetros, a saber:

- Matiz, que corresponde a la identificación propia y simple del color.
- Tono, para indicar el grado de intensidad, usando los adjetivos ligero (L), medio (M), e intenso (I).
- Saturación, para hacer referencia al grado de uniformidad del color en el cuerpo del ejemplar observado. Se definieron dos tipos: homogéneo (H) y heterogéneo (h).

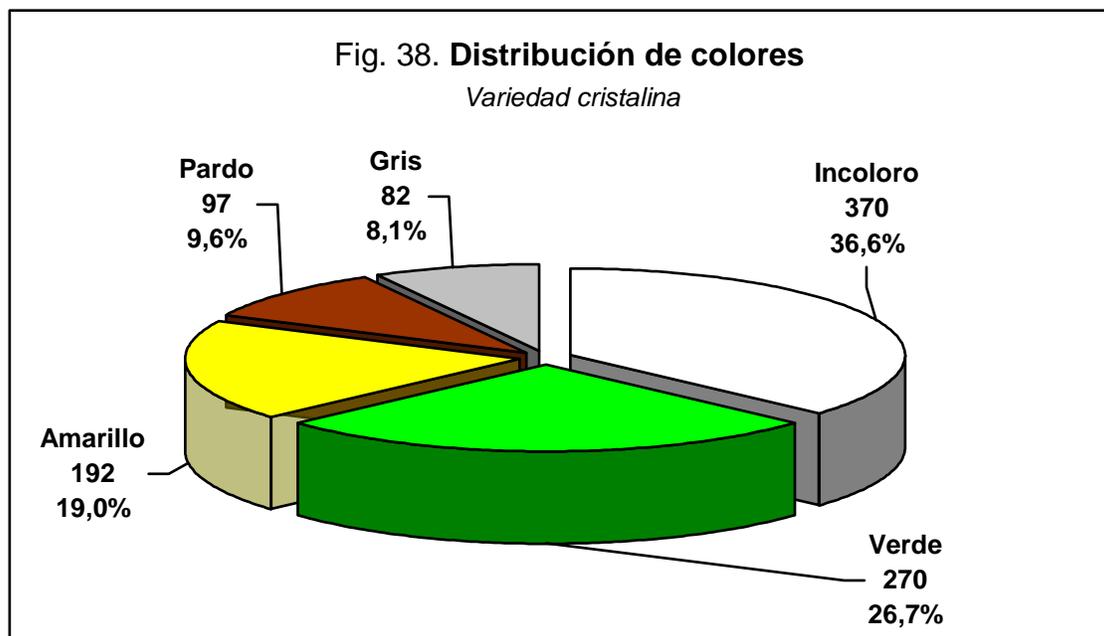
Cabe señalar, que en el tono y saturación sólo se indicó para los especímenes con color.

La determinación de estas características se hizo con visión directa y bajo microscopio, empleando una fuente de luz blanca (luz natural y fluorescente), colocando el cristal sobre una pieza de papel extrablancos.

Análisis de resultados

a) Variedad Cristalina

Se identificaron los siguientes colores que, en orden de importancia, son los siguientes: incoloro (blanco), verde, amarillo, castaño o pardo y gris. Las proporciones que presentaron en la muestra se ilustran en el gráfico siguiente (Fig. 38):



El color verde se presenta en tres tonalidades: ligero, caracterizado por un tinte amarillento (muchas veces producto de la presencia de manchas de óxido internas), y medio e intenso, por un tinte azulado. Estas dos últimas tonalidades están tipificadas, además, por presentar una mayor variación a lo largo de la superficie del cristal (heterogeneidad), y por estar asociados a unas típicas marcas superficiales de origen radiogénico (puntos verdes – ver sección de aspectos superficiales).

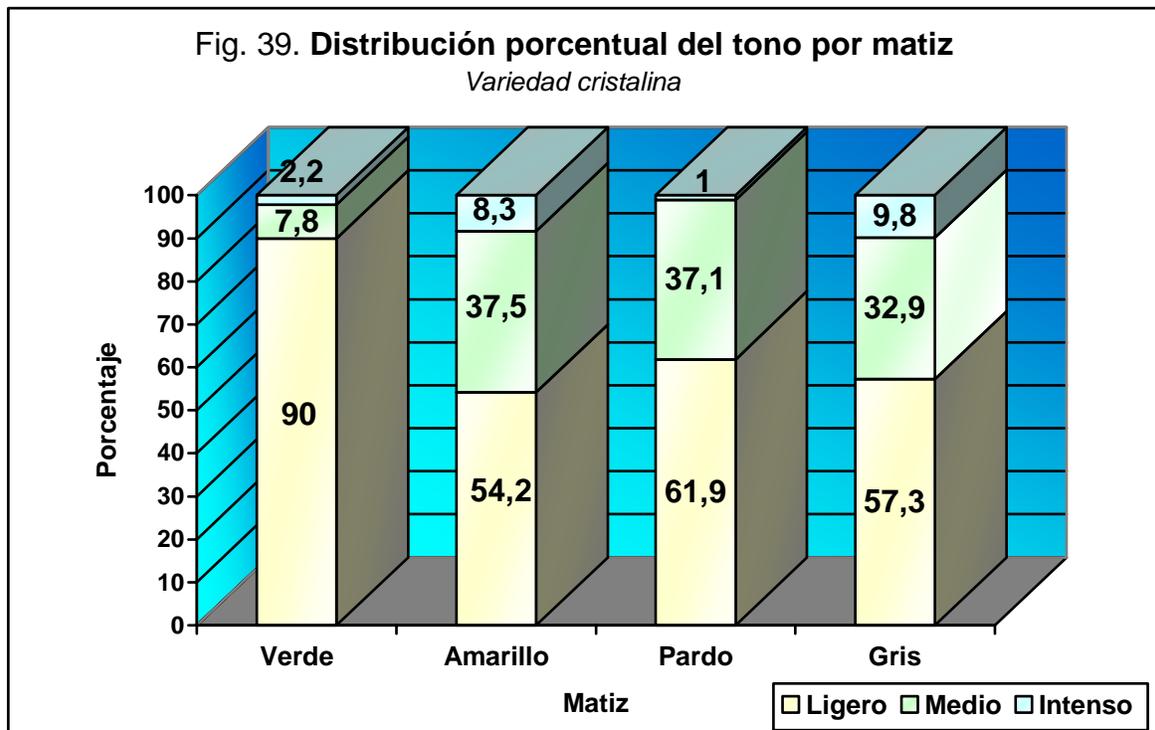
En el caso del color amarillo destacan, por su alta proporción, los tonos ligero y medio, este último conocido como *canario*. El tono intenso es bastante heterogéneo y cercano al naranja.

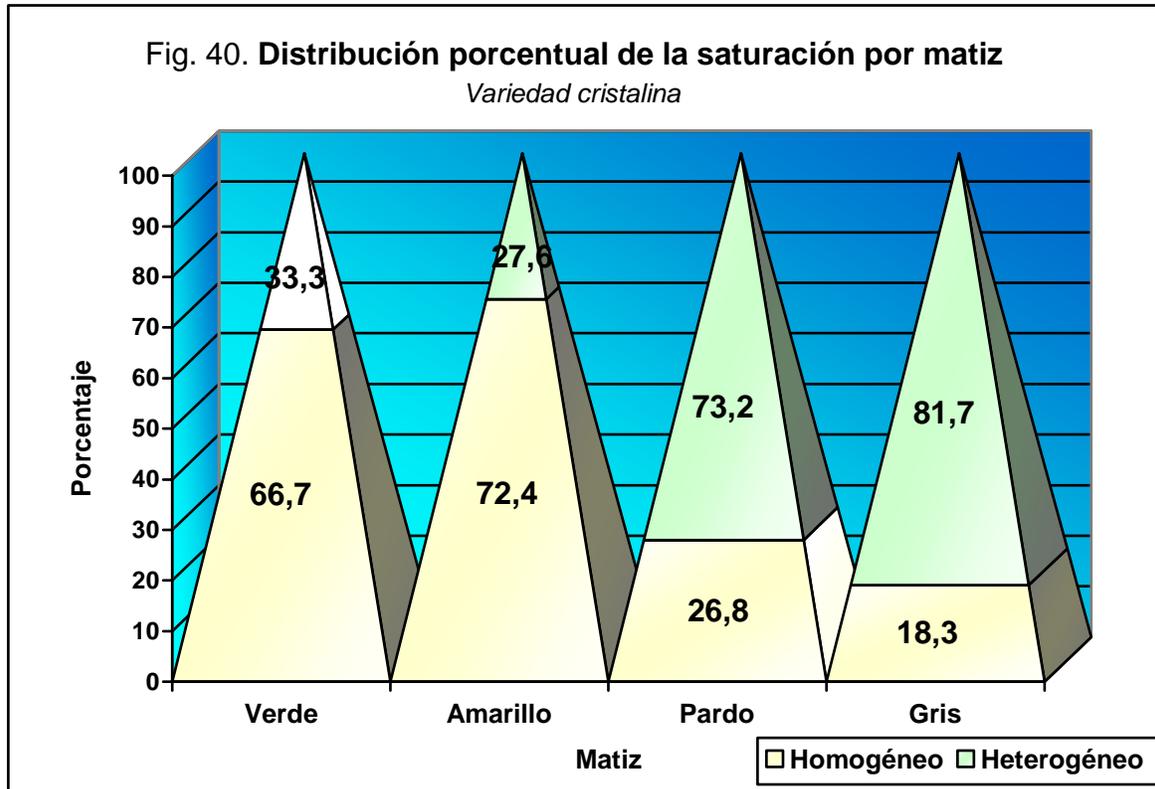
Muchos de los ejemplares amarillos ligeros e intensos muestran una estrecha relación con la presencia de manchas de óxido, tanto en superficies de fractura como de exfoliación internas.

Los colores pardos y grises son poco frecuentes, los cuales presentan un elevado carácter heterogéneo respecto a su saturación. El pardo ligero se caracteriza por mostrar un tenue aspecto verdoso o grisáceo.

El color gris está relacionado con la presencia de inclusiones minerales oscuras, conocidas con el nombre comercial de *carbones*, de tal manera, que a mayor contenido de éstas, mayor es el tono grisáceo del cristal (ver sección de impurezas).

Por último, los cristales incoloros pueden mostrar puntos verdes sobre su superficie (al igual que en los verdes), pero sin alterar la apreciación de su color, por lo que dichas marcas no se consideraron como un aspecto de heterogeneidad para este tipo de ejemplares (figuras 39 y 40).

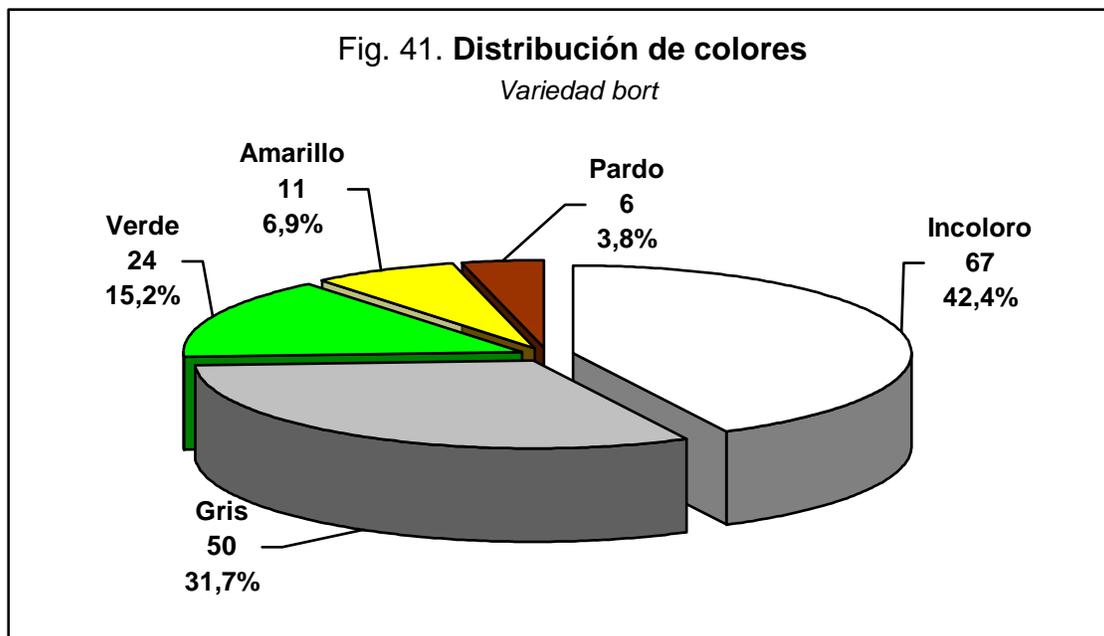




b) Variedad bort

El estudio del color en este tipo de diamantes es de poca relevancia, debido a que éstos están dirigidos a un uso industrial. A pesar de ello, aquí se realizó dicha evaluación a fin de obtenerse una mejor tendencia de la coloración de los diamantes de la región de Guaniamo.

Los colores identificados son los mismos que los observados en la variedad cristalina, con una pequeña diferencia en su distribución. En efecto, el orden de incidencia de los colores en la variedad bort es la siguiente: incoloro, gris, verde, amarillo y pardo. En el gráfico siguiente (Fig. 41), se presentan sus proporciones:



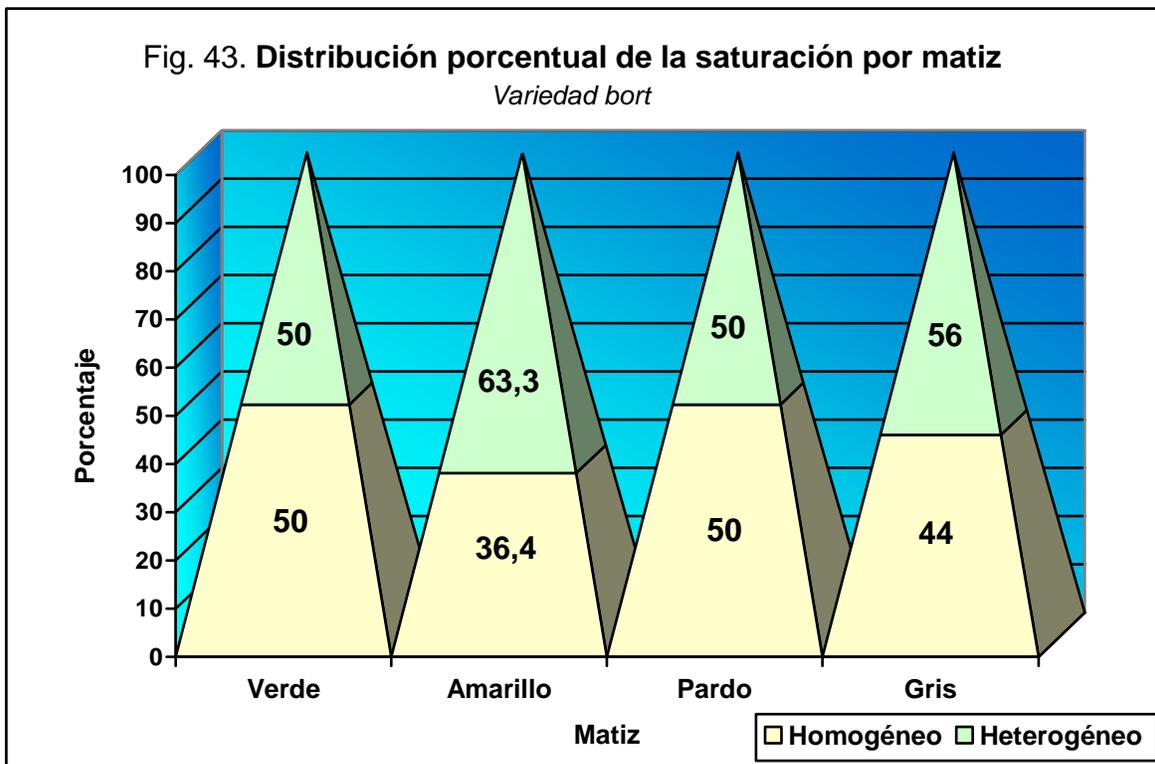
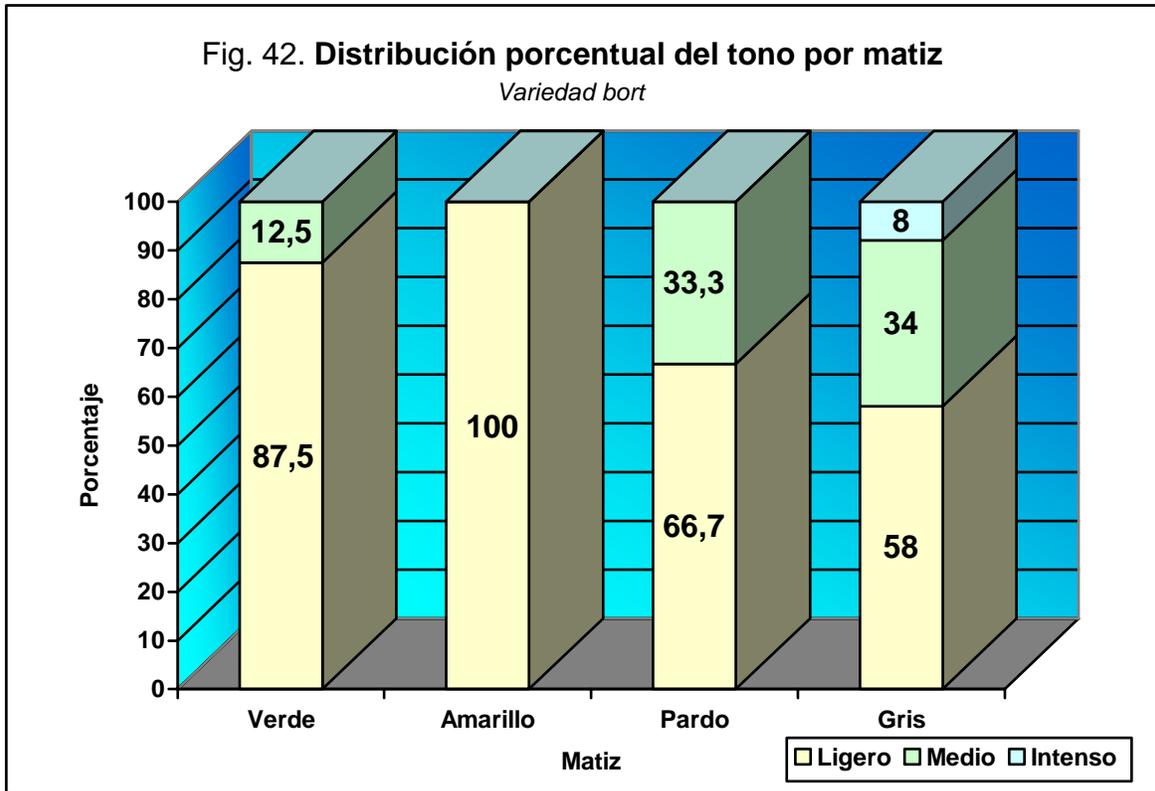
Se puede observar, que el 74,1% presentan un matiz incoloro o gris. Este último se caracteriza por poseer, en su mayoría, una tonalidad ligera y media, siendo los grises oscuros bastante raros.

El color verde se presenta en dos tonalidades, ligero y medio, con un amplio predominio del primero y una alta tendencia a mostrar una saturación heterogénea.

El amarillo es ligero en el 100% de los casos y marcadamente heterogéneo, debido a la alta incidencia de manchas de óxido internas.

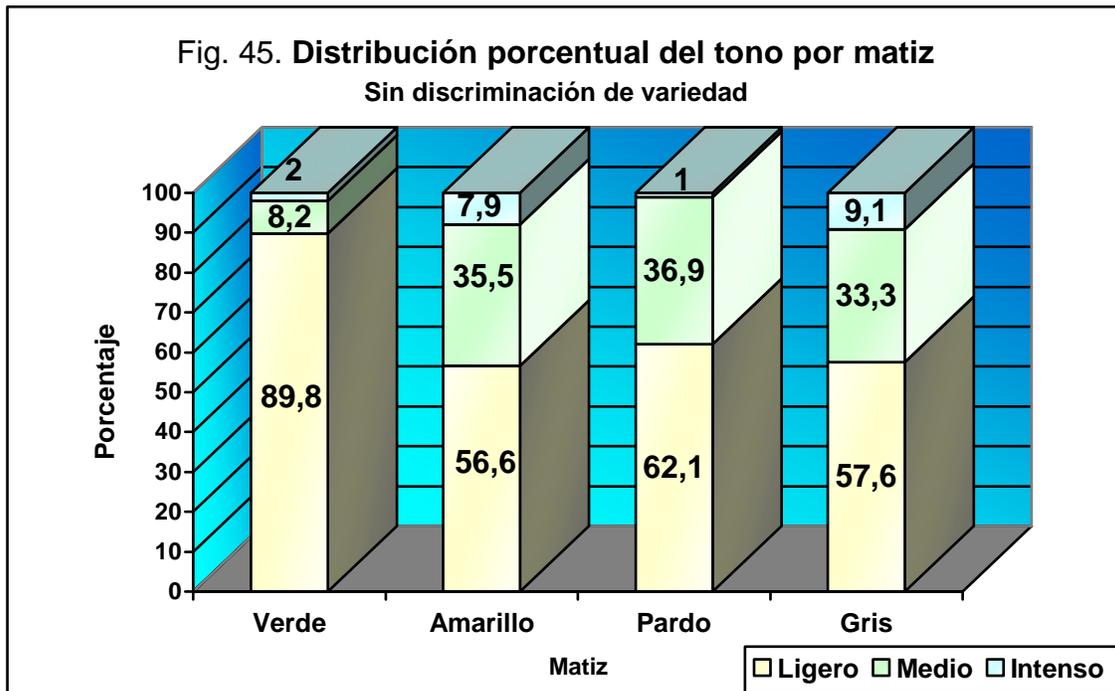
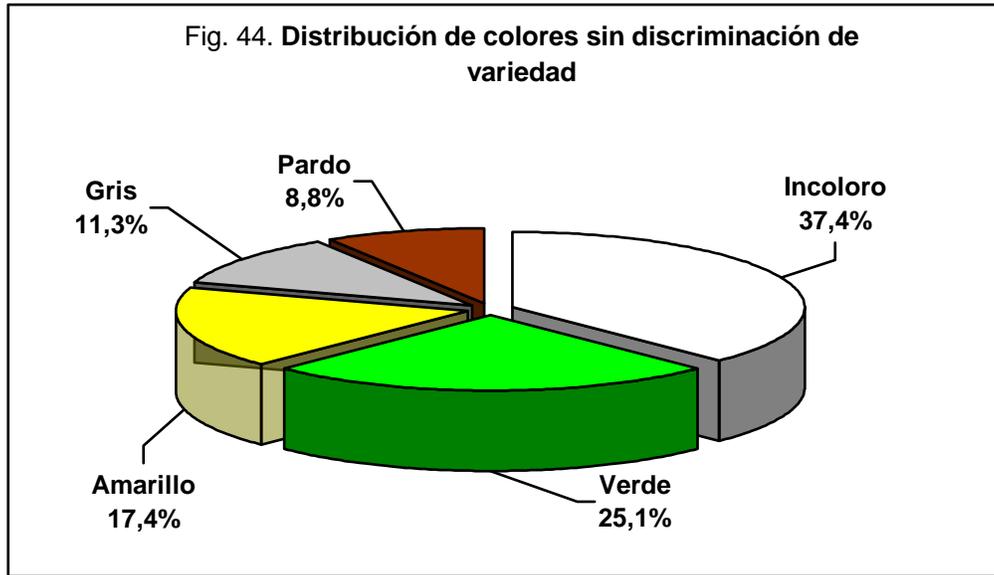
En el caso de los ejemplares de color pardo, este color, al igual que en la variedad cristalina, tiende a ser ligero y heterogéneo, acompañado con un leve matiz verdoso o grisáceo (figuras 42 y 43).

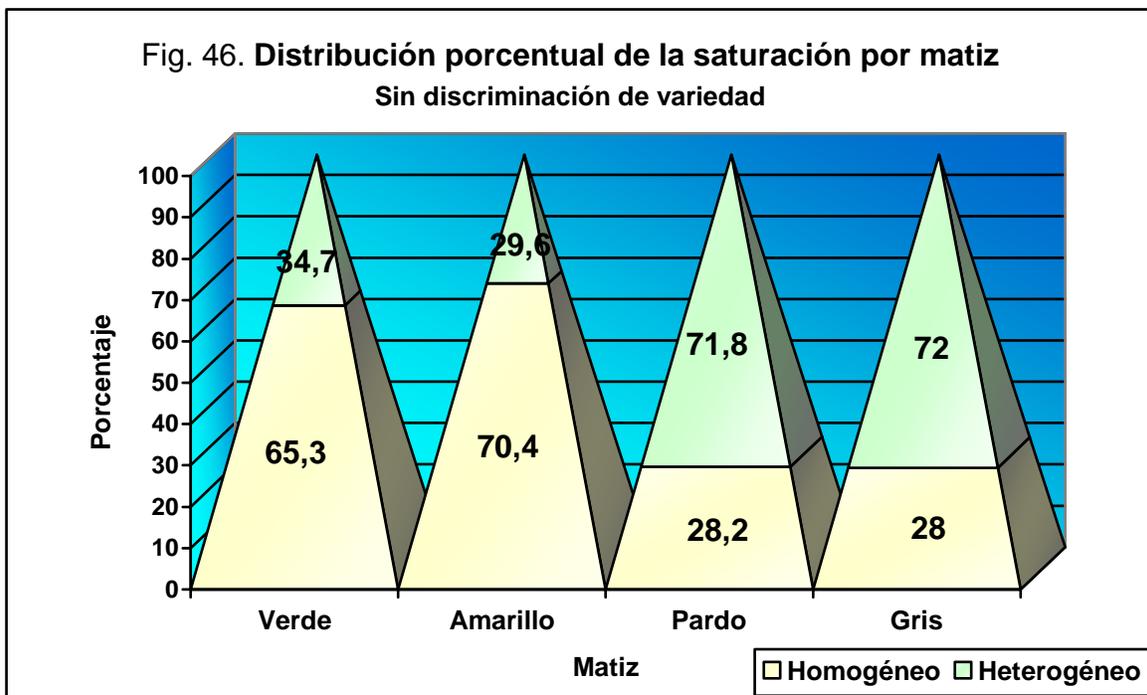
Es destacable la escasa incidencia de ejemplares con tonalidades intensas, siendo éstas más características en los de la variedad cristalina.



c) **Distribución sin discriminación de variedad**

La distribución del color sin considerar variedades mineralógicas se resume en los gráficos siguientes (figuras 44, 45 y 46):





La condición general es similar a las mostradas por los ejemplares de la variedad cristalina, en cuanto a la distribución de matices, tonos y saturaciones.

Si se considera, entonces, el matiz y el tono, conociendo que el verde y amarillo tienden a ser homogéneos; y los pardos y grises, heterogéneos, la situación general queda resumida en la tabla siguiente (Tabla 31):

Tabla 31. Distribución del color atendiendo al tono y matiz, sin discriminación de variedad.

Tono	Ligero				Incoloro	Medio				Intenso			
Matiz	Verde	Amar	Gris	Pardo		Amar	Gris	Pardo	Verde	Amar.	Gris	Verde	Pardo
%	22,6	9,8	6,5	5,5	37,4	6,2	3,8	3,2	2,0	1,4	1	0,5	0,1
% Total	44,4				37,4	15,2				3			

La tendencia de la coloración está determinada de la siguiente manera: una alta proporción de cristales ligeramente coloreados (44,4%), seguidos por una importante proporción de cristales incoloros (37,4 %) y menores porcentajes de cristales de tonalidades medias (15,2%) e intensas (3%). Desde el punto de vista económico, esta condición es desfavorable, debido a que las variedades calidad gema que presenten esas coloraciones

ligeras (amarillas y verdes), van a generar piezas con una calidad inferior a lo deseado. Por tanto, la valoración de estos especímenes en bruto puede ser subestimada.

Conclusión

Los colores observados en la muestra son cinco: incoloro, verde, amarillo, gris y pardo. Los colores amarillo y verde tienen una mayor incidencia en la variedad cristalina, mientras que, la variedad bort está dominada por los ejemplares incoloros y grises.

En los ejemplares con color, el tono principal es el ligero, aspecto que puede ser negativo desde el punto de vista económico. La saturación homogénea se destaca en los ejemplares amarillos y verdes. Por el contrario, la saturación heterogénea es muy marcada en los grises, pardos (este aspecto puede afectar la condición de evaluar a los cristales pardos dentro del grupo de calidad cercana a gema), y verdes de tonalidades intensas.

COLOR



DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
MINERALÓGICAS DE UNA COLECCIÓN DE
DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN
DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.



Foto 1. Conjunto de diamantes incoloros (var. cristalina).



Foto 2. Conjunto de diamantes verdes de tono ligero. Las manchas de óxido internas le dan un aspecto amarillento (var. cristalina).



Foto 3. Diamantes de color verde. Abajo izquierda, color verde ligero. Centro, color verde intenso, donde se destaca su carácter heterogéneo (var. cristalina).



Foto 4. Diamantes de color verde. De izquierda a derecha: verde ligero, verde medio y verde intenso (var. cristalina).



Foto 5. Conjunto de diamantes de color verde, donde se muestran los distintos tonos identificados: ligero, medio e intenso (var. cristalina).



Foto 6. Diamantes de color amarillo ligero. Se destaca como las inclusiones de óxido le dan una saturación heterogénea a este color (var. cristalina).



Foto 7. Diamantes de color amarillo medio (var. cristalina)



Foto 8. Diamantes de color amarillo intenso, con una alta incidencia de manchas internas de óxido, las cuales, le dan un matiz naranja (var. cristalina).



Foto 9. Diamantes de color amarillo. De izquierda a derecha: amarillo ligero, medio e intenso (var. cristalina).



Foto 10. Diamantes de color pardo o castaño. Arriba, de izquierda a derecha: pardo ligero, medio e intenso. Abajo, conjunto de cristales pardos de distintos tonos (var. cristalina).



Foto 11. Diamantes de color gris. Izquierda: gris ligero. Abajo, derecha: gris medio. Arriba, derecha: gris intenso (var. cristalina).



Foto 12. Conjunto de diamantes incoloros (var. bort).



Foto 13. Conjunto de diamantes verdes de distintos tonos: ligero y medio (var. bort).



Foto 14. Diamantes de color pardo (var. bort).



Foto 15. Diamante de color amarillo ligero (var. bort).

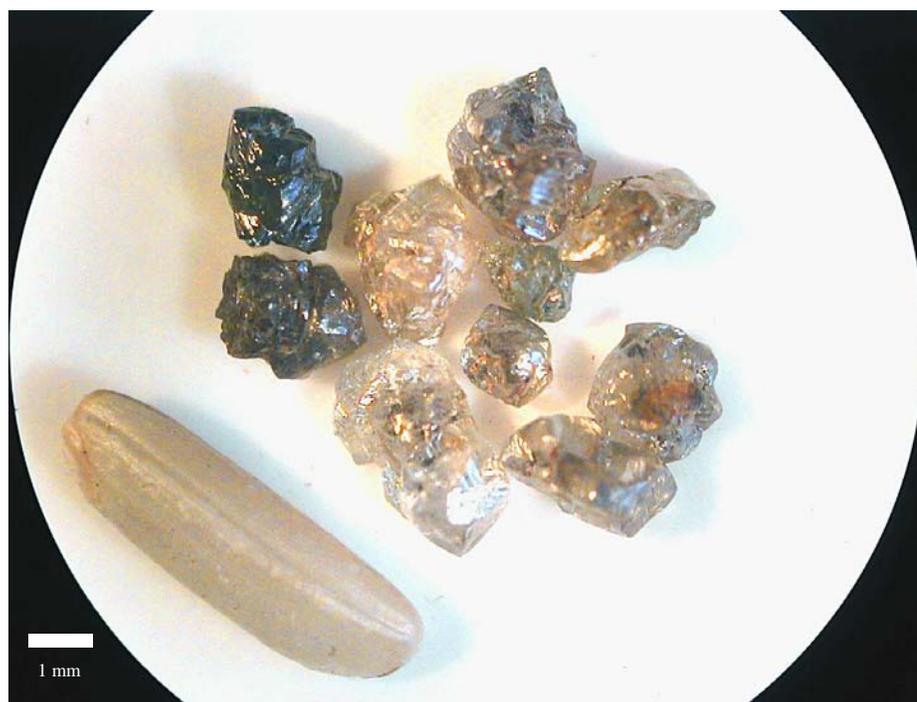


Foto 16. Conjunto de diamantes grises. Izquierda, gris intenso, centro, gris ligero y derecha, gris medio (var. bort).

7.4.2. **Diafanidad**

Aspectos generales

Se conoce como diafanidad a la capacidad de un cuerpo de permitir la transmisión de la luz a través de su seno. De esta manera, todo cuerpo puede ser clasificado dentro de tres grupos:

- **Transparente:** el cuerpo deja pasar fácilmente la luz, permitiendo la visión a través de él.
- **Translúcido:** el cuerpo deja pasar la luz, pero no permite observar con claridad lo que hay tras él.
- **Opaco:** el cuerpo no deja pasar la luz, impidiendo la observación a través de su interior.

Metodología

La determinación de la diafanidad en los ejemplares estudiados se realizó bajo microscopio, empleando para ello una técnica que permitiera cierto grado de objetividad.

Para ello, se utilizó una pieza de papel blanco donde se dibujó una cruz con lápiz B, sobre la cual, se colocaba el cristal para determinar su diafanidad de la siguiente manera:

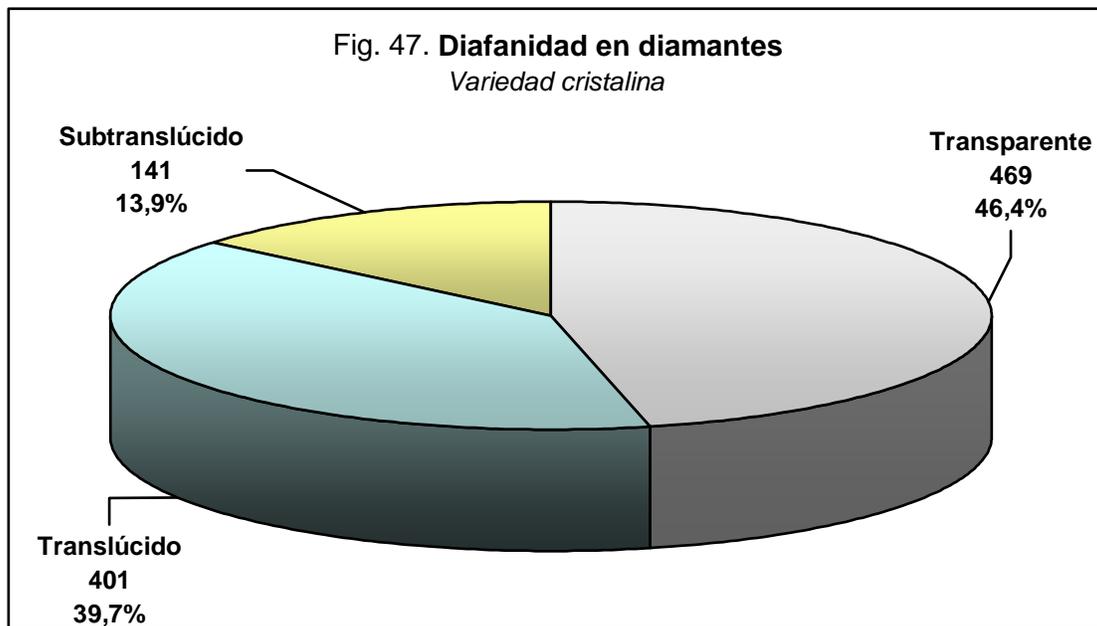
- **Transparente:** cuando la cruz se observaba perfectamente a través del cristal.
- **Sub-transparente:** cuando se observaba la cruz, pero con cierta distorsión (brazos de aspecto ondulado).
- **Translúcido:** no se observa la cruz, dejando ver una figura amorfa o mancha grisácea. En consecuencia, el cristal adquiere un matiz de ese color.
- **Sub-translúcido:** no se observa nada a través del cristal (ni cruz ni mancha), pero permite la observación de inclusiones (fracturas e impurezas).

Con la finalidad de facilitar el reporte de los resultados, el grupo identificado como sub-transparente se incluyó dentro de los transparentes, debido a que la diferencia entre ellos es muy pequeña.

Análisis de resultados

a) Variedad cristalina

Esta variedad se caracteriza por la presencia mayoritaria de cristales transparentes y translúcidos, según lo reflejado en el gráfico siguiente (Fig. 47):

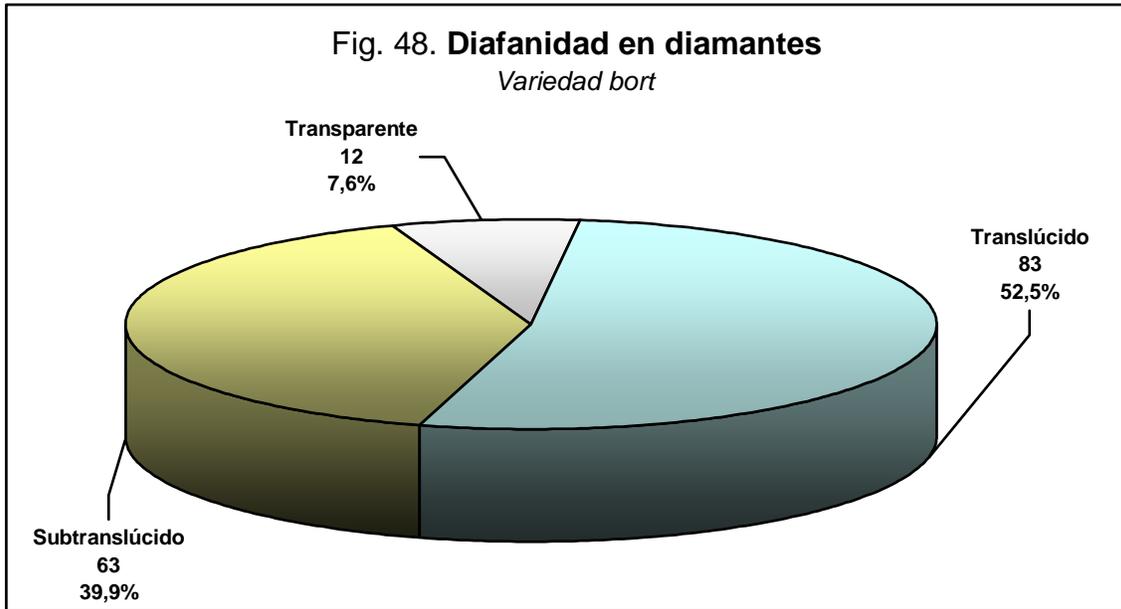


El carácter transparente se observa principalmente en cristales octaédricos o en aquellos donde las caras del octaedro predominan sobre las demás; mientras que el translúcido está asociado a cristales con un alto predominio de la cara del rombododecaedro o de fracturas superficiales, ambas caracterizadas por el aspecto irregular de sus superficies (ver sección correspondiente al hábito).

Los diamantes subtranslúcidos se deben principalmente a aquellos con una alta incidencia de fracturas internas, las cuales, actúan como verdaderos espejos, evitando la observación a través de estas superficies.

b) Variedad bort

En el gráfico siguiente (Fig. 48), se presenta el comportamiento de los ejemplares bort en función a su diafanidad:



En este caso, la situación es opuesta. Efectivamente, la mayor proporción está representada por ejemplares translúcidos y subtranslúcidos, siendo los casos transparentes bastante escasos.

El aspecto translúcido y subtranslúcido está íntimamente relacionado con la estructura caótica de los agregados policristalinos y a la proliferación de superficies de fractura y exfoliación internas, factores que manifiestan la menor estabilidad mecánica de este tipo de diamantes.

Los casos transparentes están más relacionados con los ejemplares criptocristalinos, los cuales, son fragmentos cuyo origen (cristal o agregado), es incierto y que están afectados por menos superficies de fractura, tanto internas como superficiales.

Conclusión

Por los resultados anteriores, la diafanidad es una característica que se muestra relacionada con tres aspectos: hábito y, por tanto, variedad mineralógica, grado de rugosidad superficial y estado interno.

Los diamantes cristalinos tienen una alta tendencia a ser transparentes a translúcidos; mientras que los bort, translúcidos a subtranslúcidos. Esto denota una directriz completamente antagónica entre ambas variedades.

En el caso específico de la variedad cristalina, el carácter transparente está asociado a las caras del octaedro y al predominio de éstas en un cristal.

DIAFANIDAD



DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE UNA COLECCIÓN DE DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.

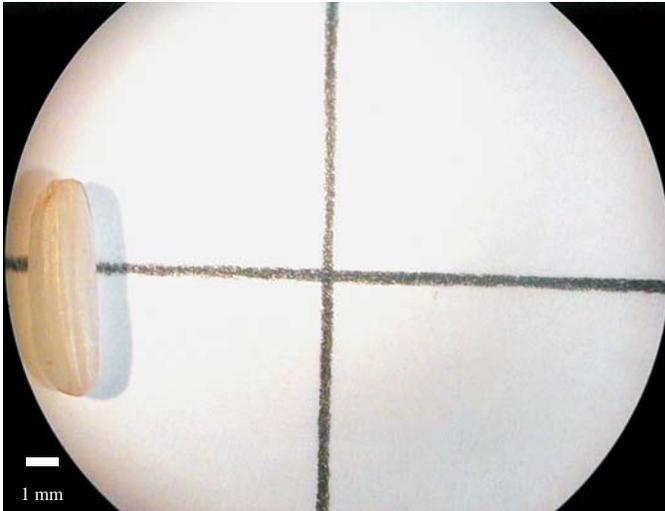


Foto 17. Metodología base para la determinación de la diafanidad. La foto muestra la *cruz de grafito* trazada en papel, sobre la cual, se colocó cada espécimen (ver Metodología, capítulo 7.4.2.).

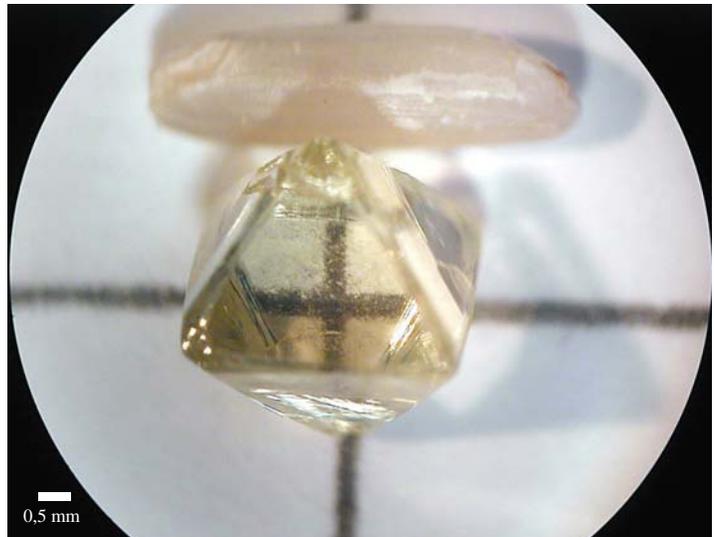


Foto 18. Cristal transparente. Esta condición está típicamente asociada a la cara del octaedro (siempre que esté bien conservada), y a los cristales de la variedad cristalina.

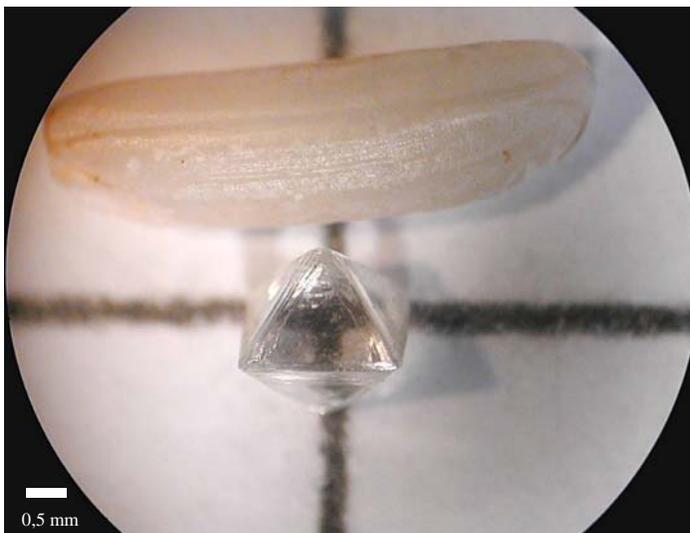


Foto 19. Cristal sub-transparente. La imagen de la cruz, a través del cristal, sufre una ligera distorsión, debido a pequeñas irregularidades superficiales.

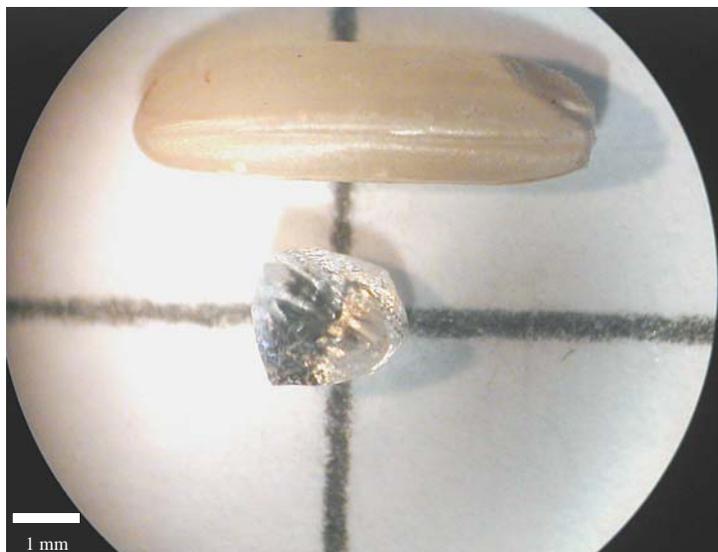


Foto 20. Cristal translucido. La imagen de la cruz no es identificable como tal, sino que ésta se presenta como una mancha grisácea. Esto se debe a la elevada irregularidad de la superficie del cristal.

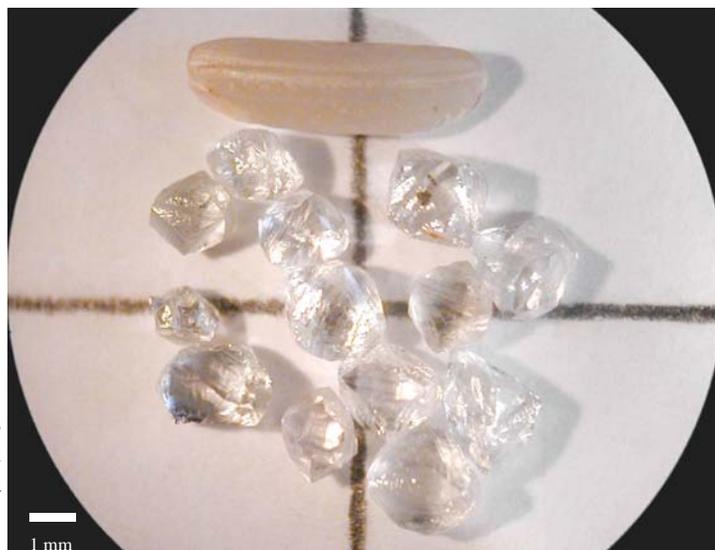


Foto 21. Conjunto de cristales romboédricos, que muestran su carácter translucido típico, asociado, a la irregularidad mostrada por sus caras.



Foto 22. Macla según la Ley de la Espinela, típicamente sub-transparente.

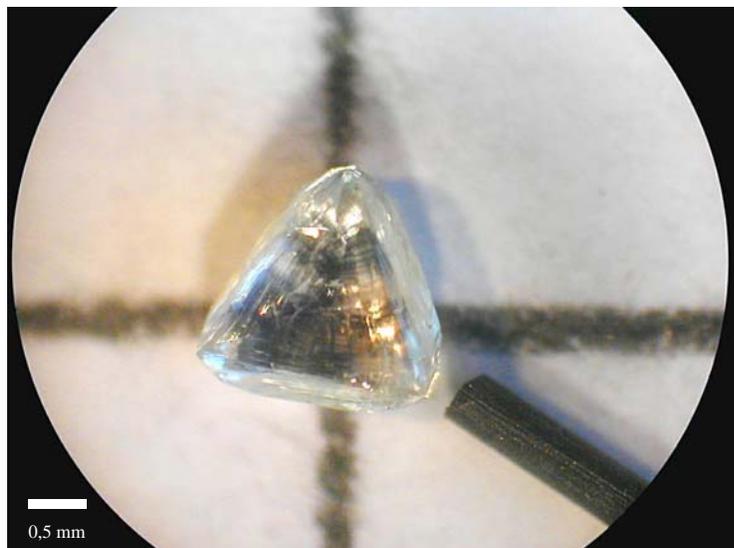


Foto 23. Macla según la Ley de la Espinela, translúcida, debido a irregularidades en la superficie de la cara del octaedro (surcos Tipo II).

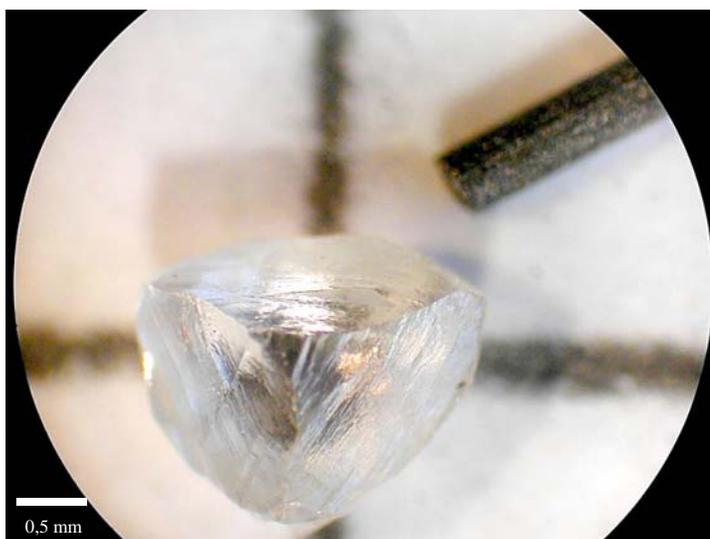


Foto 24. Macla según la Ley de la Espinela, translúcida, debido al predominio de la cara del rombododecaedro.



Foto 25. Ejemplar de la var. bort subtranslúcida. No se puede ver la cruz que hay detrás, pero sí el interior del cristal. Esto se debe a la presencia de fracturas internas o a la constitución caótica de este tipo de ejemplares.

7.4.3. Hábito

Aspectos generales

El hábito define la manera o forma de ocurrencia de un mineral, directamente relacionado con sus características cristalográficas.

El diamante pertenece al sistema isométrico y a la clase cristalina hexoctaédrica, la cual, define la simetría externa de sus cristales. En consecuencia, el diamante se presenta de manera individual o en agregados, donde cada cristal va a reproducir las formas cristalinas de dicha clase, sean puras o combinadas.

En el capítulo 2 de esta obra, en su sección correspondiente, se señalan los hábitos más frecuentes del diamante, razón por la cual, se recomienda al lector referirse al mismo.

Las variedades mineralógicas del diamante – bort y cristalina – se han determinado en función al hábito, de la siguiente manera:

- Cristalina, constituida por cristales individuales, maclados o agregados de dos o tres cristales, bien conformados y diferenciables.
- Bort, representada por agregados microcristalinos múltiples (policristalino), de aspecto **caótico**, que muchas veces dan la apariencia de un crecimiento radial y de aspecto esférico (ballas). También, se incluyen aquellos fragmentos que no muestran caras (criptocristalino).

En definitiva, la perfección de la forma cristalina es la condición primordial que determina si un ejemplar puede ser o no considerado calidad gema o cercana a ella. En efecto, se prefieren las formas bien desarrolladas (var. cristalina), despreciándose aquellos agregados policristalinos (var. bort), que por su estructuración caótica no pueden ser tallados y, por tanto, sólo útiles como material abrasivo.

Metodología

La especificación del hábito se realizó mediante la observación de cada ejemplar bajo microscopio estereoscópico, determinándose la forma cristalina, a través de la identificación de aspectos cristalográficos (caras y ejes). Este paso constituyó la base para la clasificación de cada ejemplar en función a su variedad mineralógica.

Otros puntos considerados para la descripción del hábito fueron la determinación de fragmentos, cristalinidad y grado de rugosidad.

Para efectos de este trabajo, se consideró fragmento a todo aquel ejemplar que representara un porcentaje menor al 50% del volumen del cristal probable de proveniencia.

En relación con la cristalinidad, ésta se determinó agrupando a los cristales de cada hábito de acuerdo al estado de conservación y de perfección de sus caras en tres conjuntos: euhedral, subhedral y anhedral.

Finalmente, se determinó el aspecto superficial en función al grado de rugosidad, clasificándose cada espécimen dentro de alguno de los grupos siguientes: liso, rugoso o liso-rugoso.

Análisis de resultados

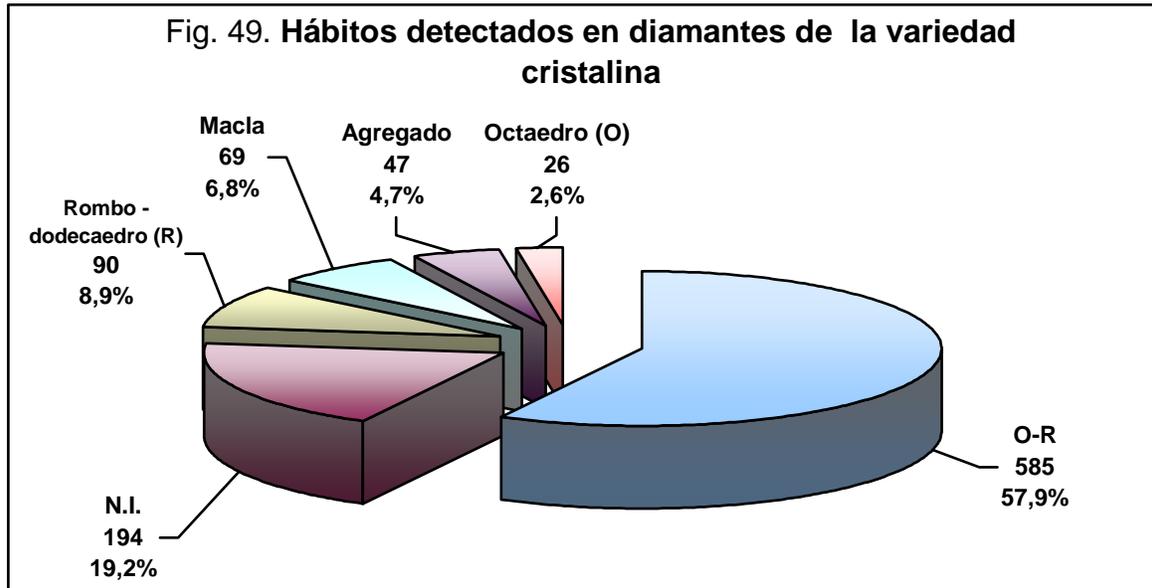
a) Variedad cristalina

A partir de las observaciones realizadas se identificaron las siguientes formas:

- Cristales individuales: constituidos por formas simples (octaedros y rombododecaedros), y formas compuestas (combinación del octaedro con el rombododecaedro).
- Cristales combinados, constituidos por individuos maclados (según la Ley de la Espinela) y agregados de dos o tres cristales.
- Fragmentos no identificables (N.I.), que a pesar de presentar caras cristalinas del octaedro, rombododecaedro o ambas inclusive, no es

posible determinar con precisión el hábito del cristal al que pertenecieron.

La proporción de las formas identificadas se resume en el gráfico de la Fig. 49 siguiente:



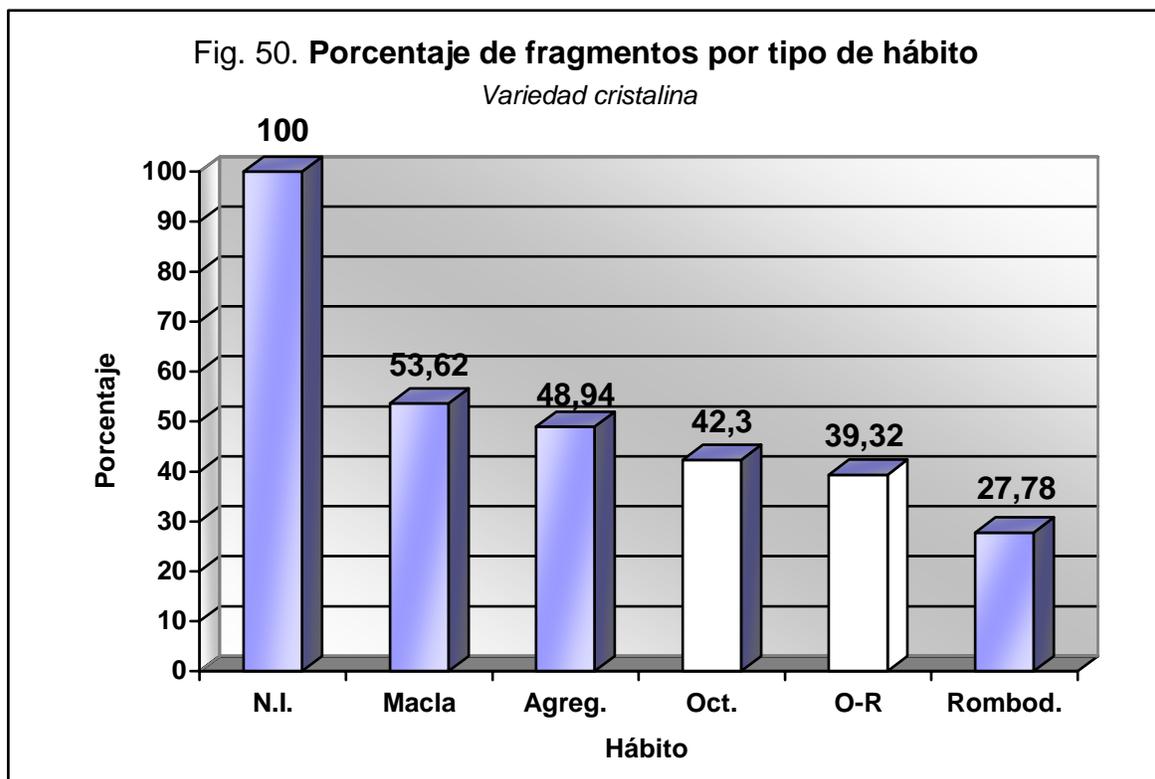
La cara del octaedro se caracteriza por ser lisa, plana, de forma triangular (algunas veces puede presentar un punto de quiebre saliente en cada arista), y completamente transparente, sólo afectada por la presencia de trigones (figuras de corrosión), o por estrías y surcos (estos aspectos se definen en la sección siguiente); siendo ésta el elemento que le da el aspecto liso a los cristales que la contienen (octaedro, maclas y combinación del octaedro con el rombododecaedro). Este último punto se debe a que ésta es una cara verdadera, es decir, definida por el ordenamiento atómico interno, coincidiendo con las superficies de exfoliación.

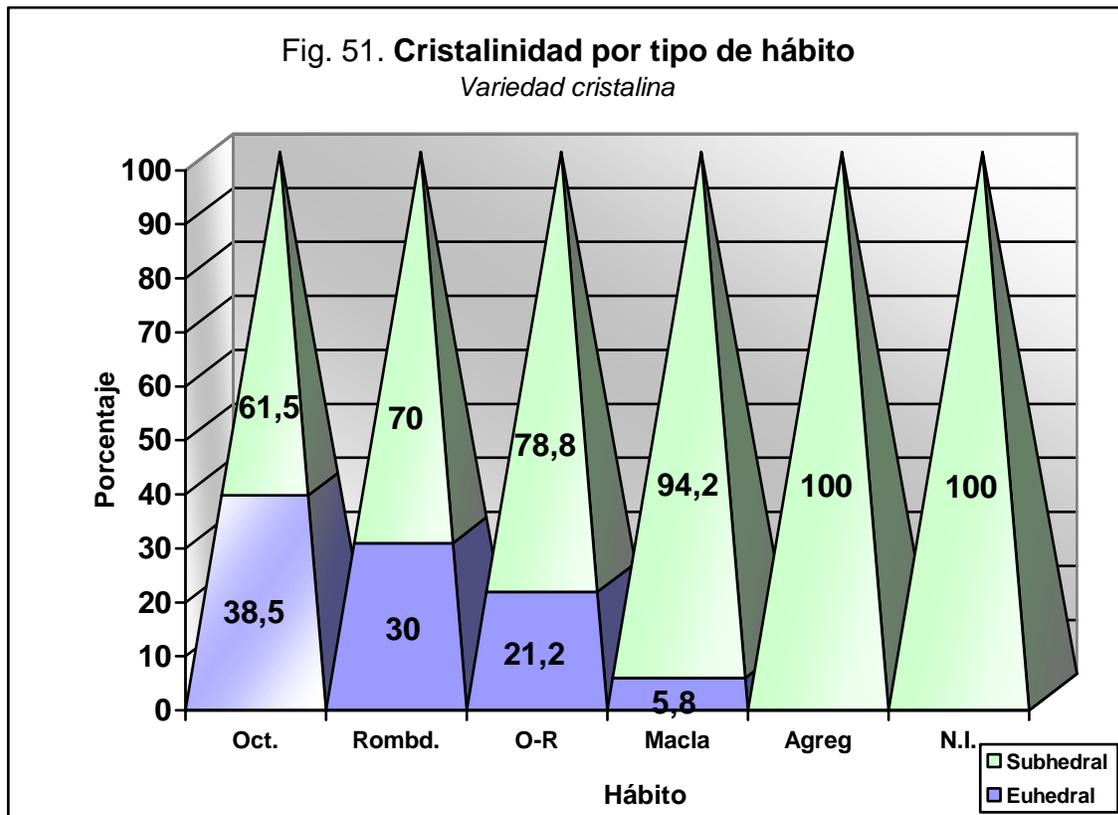
Por el contrario, la cara del rombododecaedro se caracteriza por ser no plana (aspecto redondeado), y rugosa por la presencia de estrías, surcos y altorrelieves de aspecto linguoide, todos ellos dispuestos paralelamente al eje mayor del rombo. Esto es consecuencia de que esta cara no está directamente definida por la red cristalina, siendo consecuencia de la sumatoria de los extremos de múltiples, sucesivas y decrecientes laminillas de crecimiento, las cuales, se desarrollan según la forma del octaedro ($\{111\}$).

Es por ello, que en los cristales donde esta cara está presente (macla, rombododecaedro y O-R), tendrán un aspecto rugoso a liso-rugoso, dependiendo de su grado de predominio.

Las maclas se caracterizan por estar regidas por la Ley de la Espinela, donde dos cristales O-R, octaédricos o rombododecaédricos están en contacto a través de un plano de macla paralelo al octaedro, siendo cada uno la imagen especular del otro a través de dicho plano. El aspecto de estos especímenes es el de una pequeña tabla de sección triangular, razón por la cual, reciben el nombre de *panela* en la región de Guaniamo.

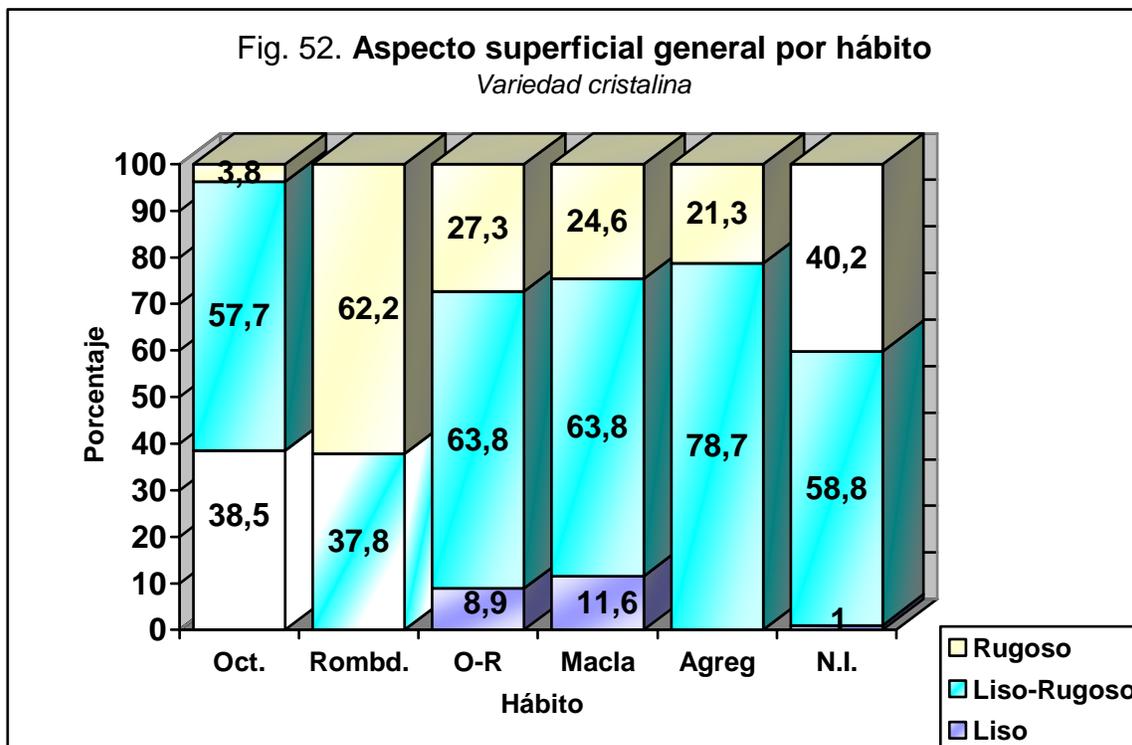
En los gráficos siguientes se muestra la proporción de fragmentos y la cristalinidad de los hábitos identificados (Fig. 50 y 51):





Los resultados arriba representados indican que las formas rombododecaédricas, O-R y octaédricas son las menos propensas a fracturarse, que en el caso de los agregados y maclas. No obstante, esas tres formas también se caracterizan por una mayor tendencia hacia la euhedralidad.

En relación al aspecto superficial, los cristales mostrarán un aspecto liso en relación con el predominio de la cara del octaedro y el carácter euhedral del cristal. En el gráfico siguiente se muestra esta relación (Fig. 52):



El aspecto que predomina es el liso-rugoso, principalmente en los ejemplares con los hábitos macla, O-R, agregado, N.I. y octaedro, debido a la presencia de caras del octaedro junto a la presencia de factores que le dan rugosidad a la superficie (cara del rombododecaedro, superficies de fracturas, surcos, etc.)

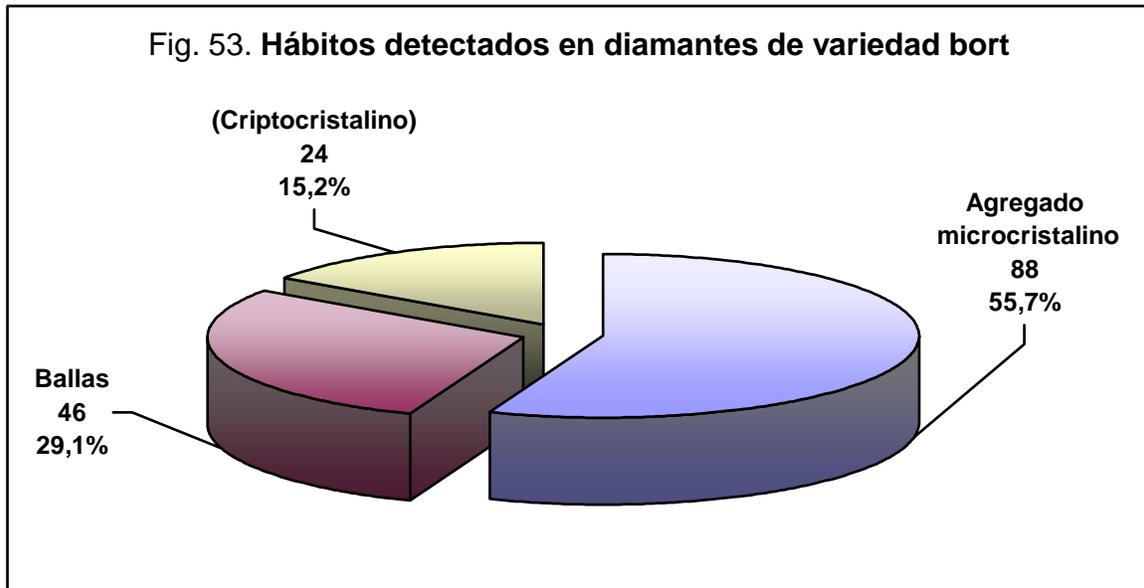
Es destacable que el carácter liso en los cristales rombododecaédricos y agregados es nulo y casi despreciable en los fragmentos de hábito no identificable.

b) **Variedad bort**

Dentro de esta variedad se identificaron dos tipos de hábitos:

- Agregados policristalinos, constituidos por una agrupación de pequeños cristales (microcristalinos), con disposición caótica. Destacan dentro de este grupo, aquellos de aspecto esférico, denominados ballas, a los cuales se les trató como un caso aparte.
- Fragmentos sin ninguna evidencia de cristalinidad, es decir, sin la presencia de caras cristalinas.

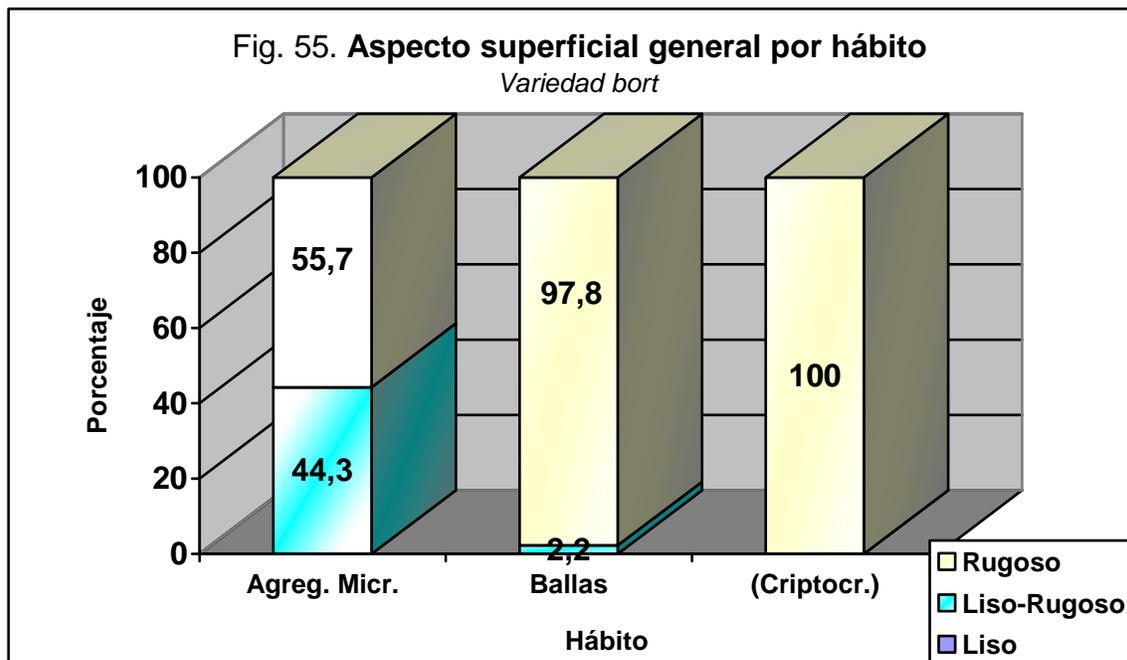
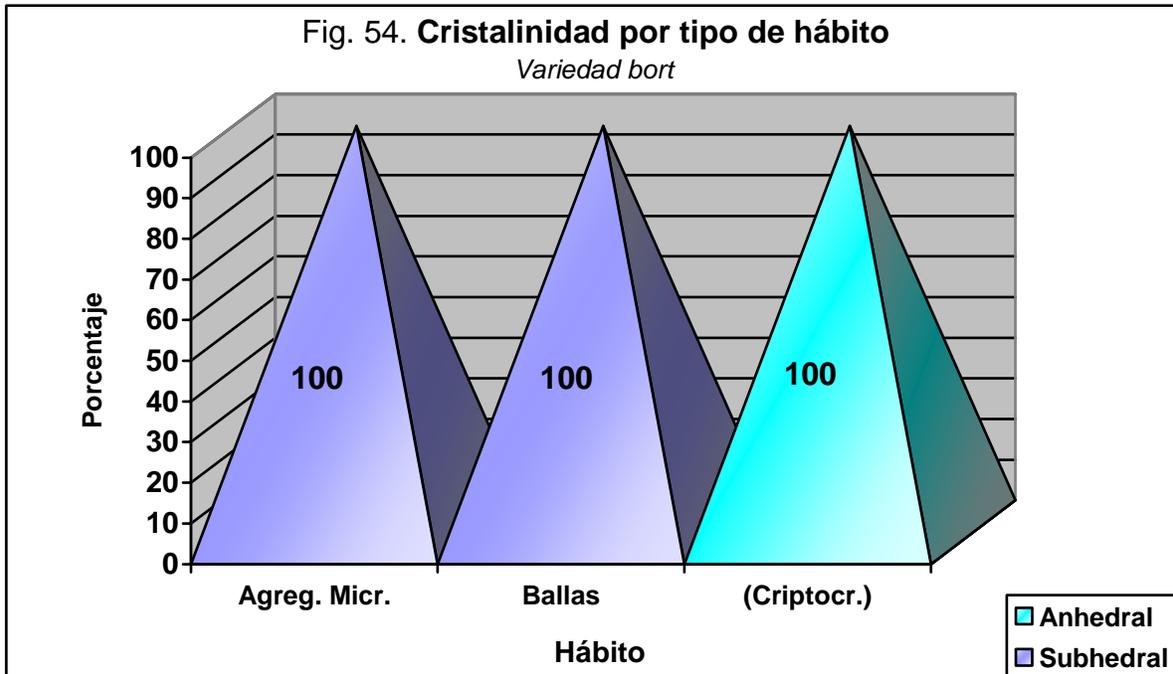
Las proporciones de estos grupos se ilustran en el gráfico siguiente (Fig. 53):



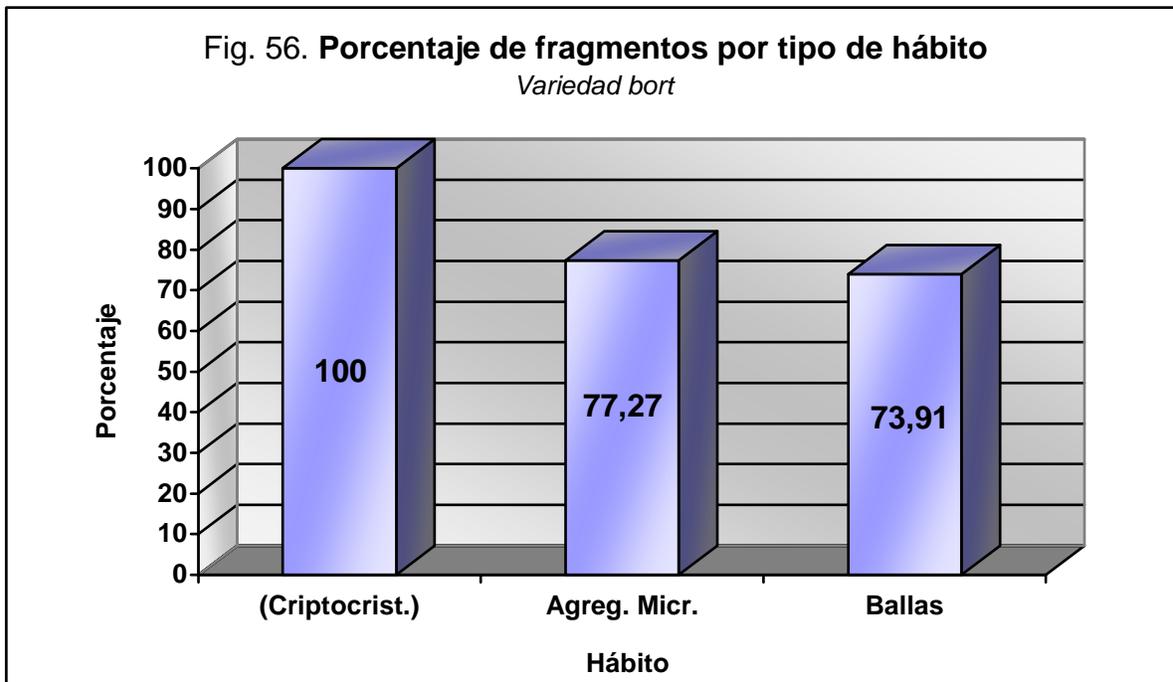
Se pudo observar que los cristales que conforman a los agregados policristalinos son, principalmente, la forma combinada octaedro-rombododecaedro (O-R) y cristales maclados. Los diamantes de esta variedad se caracterizan, además, por su baja resistencia mecánica, reflejada por su carácter subhedral, producto de la profusión de superficies de fracturas en los ejemplares.

El aspecto caótico de estos agregados múltiples, sumado a la imperfección de los cristales que los constituyen y a la profusión de superficies de fracturas externas e internas, le da una textura rugosa, la cual, puede ser disminuida por la presencia de caras del octaedro en algunos de sus cristales constituyentes.

Estas tendencias, en cuanto al grado de rugosidad y cristalinidad, se observan con claridad en los gráficos que se muestran a continuación (figuras 54 y 55).



Vale decir, para finalizar, que la alta proporción de fragmentos en esta variedad es otro factor que refleja la menor resistencia mecánica de este tipo de diamantes (más frágiles), tal como se observa en el gráfico siguiente (Fig. 56).



Conclusión

Los hábitos identificados dentro de la variedad cristalina son, en orden de importancia: la forma combinada octaedro-rombododecaedro, fragmentos de origen no identificable, rombododecaedro, macla (Ley de la Espinela), agregados (principalmente de 2 cristales) y octaedro.

En la variedad bort se identifican tres formas: agregados microcristalinos (no esféricos), los tipo ballas y fragmentos criptocristalinos.

El porcentaje de fragmentos en la variedad bort es superior a los de la variedad cristalina, lo cual implica la menor resistencia mecánica de la primera.

Los diamantes de la variedad cristalina se caracterizan por ser subhedrales a euhedrales, de aspecto liso-rugoso, de acuerdo al predominio de la cara del octaedro (cara lisa), del rombododecaedro y superficies de fracturas (factores de rugosidad); mientras que, los de la variedad bort, por ser subhedrales a anhedrales (criptocristalino), con un aspecto principalmente rugoso, debido, entre otras variables, al aspecto caótico de su estructura.

HÁBITO



DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
MINERALÓGICAS DE UNA COLECCIÓN DE
DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN
DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.



Foto 26. Conjunto de cristales de la forma combinada octaedro-rombododecaedro (O-R), la cual corresponde a la forma más común observada, para los cristales de la variedad cristalina.

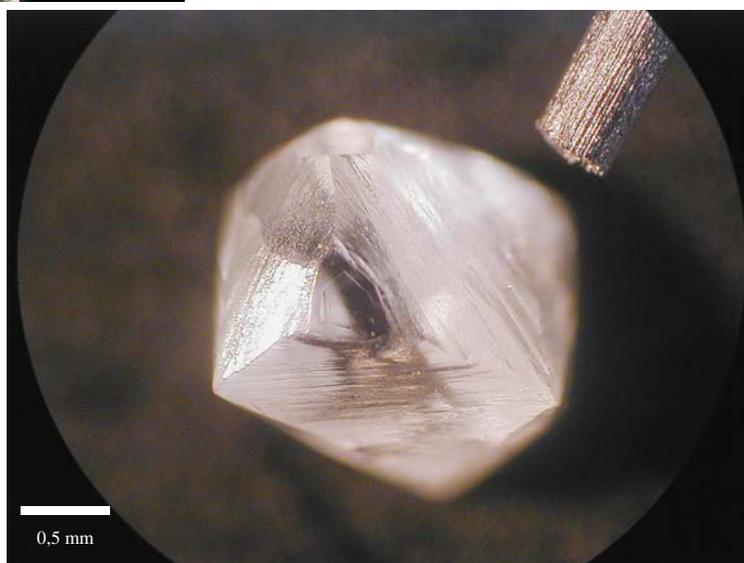


Foto 27. Cristal O-R, con más detalle, donde se pueden observar las caras del octaedro y las del rombododecaedro.



Foto 28. Fragmentos de cristales O-R, donde se identifican ambos tipos de caras.



Foto 29. Conjunto de fragmentos de origen no identificables. A pesar de que se observan caras, éstas no son lo suficientemente representativas como para determinar el tipo de cristal de proveniencia.



Foto 30. Fragmento de origen no identificable donde se observa, al menos, una cara del rombododecaedro.



Foto 31. Conjunto de diamantes rombododecaédricos, donde también se observan ciertos fragmentos de ellos.

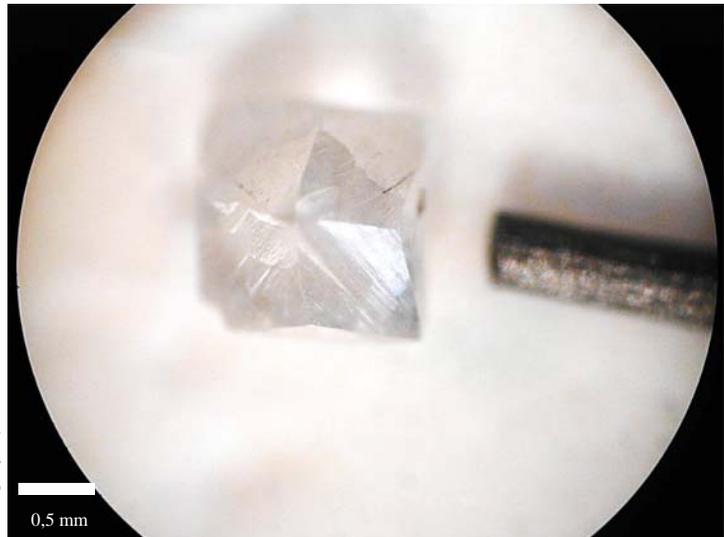


Foto 32. Cristal rombododecaédrico (vista superior), notándose cuatro de sus caras.



Foto 33. Fragmentos de cristales rombododecaédricos.



Foto 34. Conjunto de cristales rombododecaédricos. Obsérvese el aspecto rugoso de sus caras.

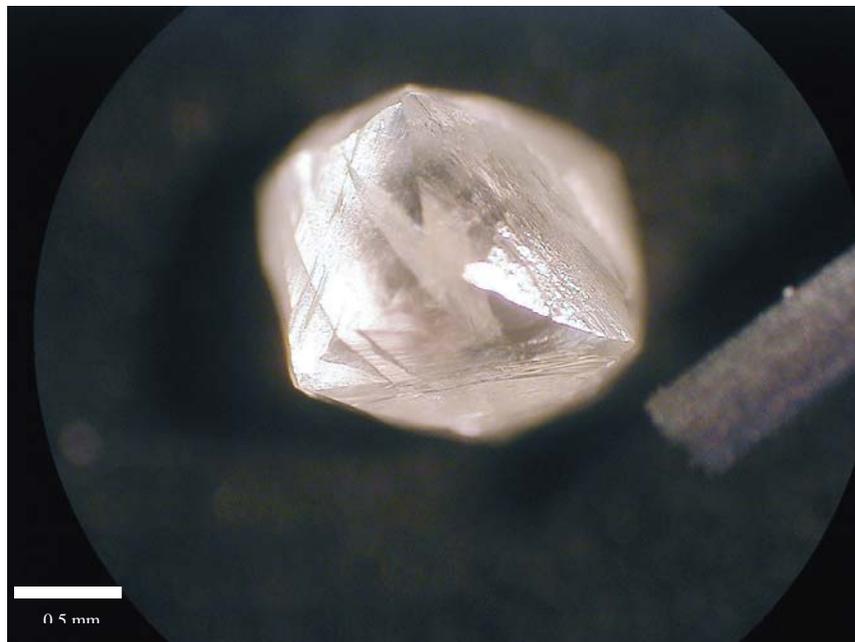


Foto 35. Cristal rombododecaédrico. Se destaca el carácter no plano o imperfecto de sus caras, por lo cual, muchos autores lo denominan dodecaedroides.



Foto 36. Conjuntos de cristales maclados, según la Ley de la Espinela. Se observan ejemplares completos y fragmentos de ellos.



Foto 37. Tres diamantes con hábito de macla. Nótese, en cada uno de ellos, como varía el predominio de la cara del octaedro y su típica sección triangular.



Foto 38. Cristal maclado, donde se destaca la traza del plano de macla (paralelo a la cara del octaedro), que se comporta como un plano de simetría.



Foto 39. Fragmentos de diamantes maclados.



Foto 40. Grupo de agregados. Por lo general, están constituidos por dos cristales O-R interpenetrados.



Foto 41. Detalle de un agregado de dos cristales de diamantes O-R interpenetrados.



Foto 42. Conjunto de diamantes octaédricos, de diversos tamaños y grados de perfección.



Foto 43. Diamante octaédrico, donde se observa claramente el aspecto liso de sus caras y aquellos detalles que pueden alterar esta condición: trigones y fracturas (surcos Tipo II).

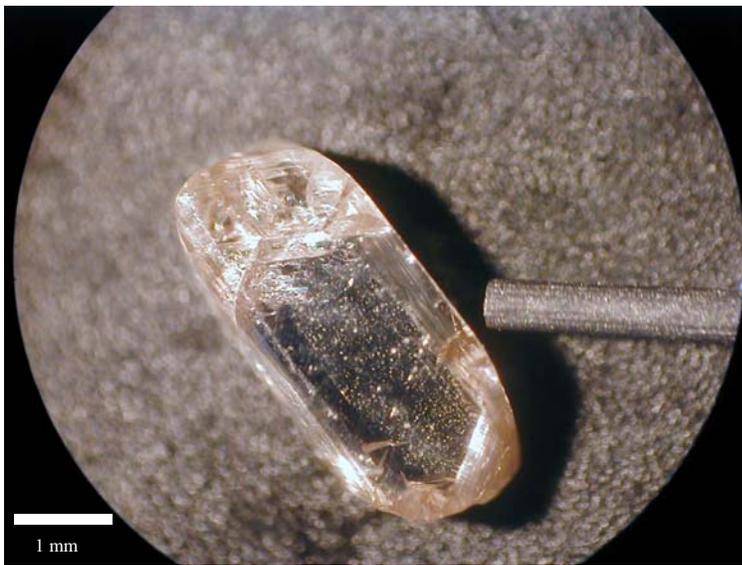


Foto 44. Fragmento de diamante octaédrico, el cual, debe haberse originado por exfoliación (todas sus caras son lisas).



Foto 45. Conjunto de diamantes de la variedad bort. Se destaca el aspecto rugoso y caótico de estos especímenes.

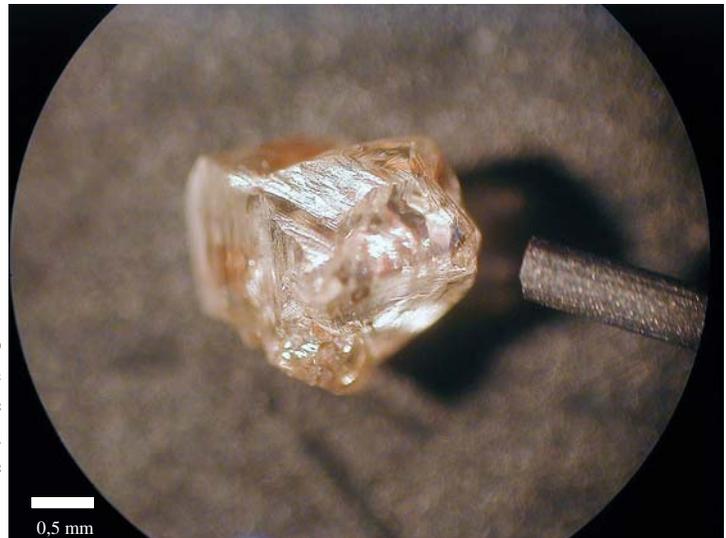


Foto 46. Agregado microcristalino múltiple (policristalino), donde se destaca la disposición caótica de los cristales que lo constituyen.

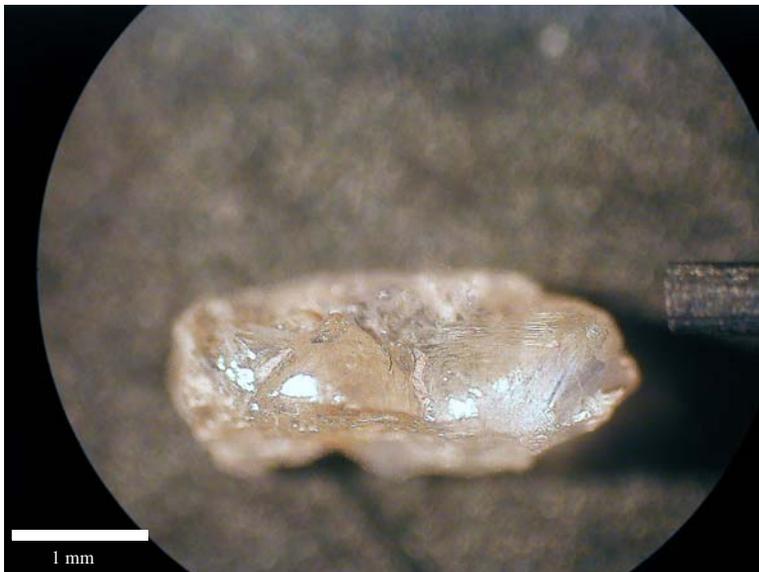


Foto 47. Fragmento de un agregado microcristalino múltiple (policristalino).



Foto 48. Conjunto de ejemplares bort, tipo ballas. Estos consisten en agregados policristalinos, de aspecto esférico.

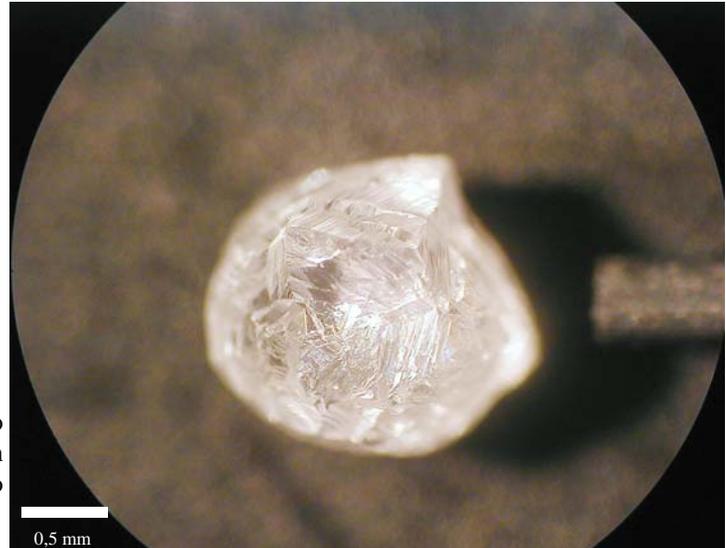


Foto 49. Diamante tipo ballas, donde se ve, con gran detalle, su aspecto caótico.



Foto 50. Fragmentos de diamantes sin caras cristalinas (criptocristalinos). A pesar, de que este tipo de fragmentos pueden haberse originado a partir de un ejemplar cristalino, se incluyen dentro de la variedad bort.

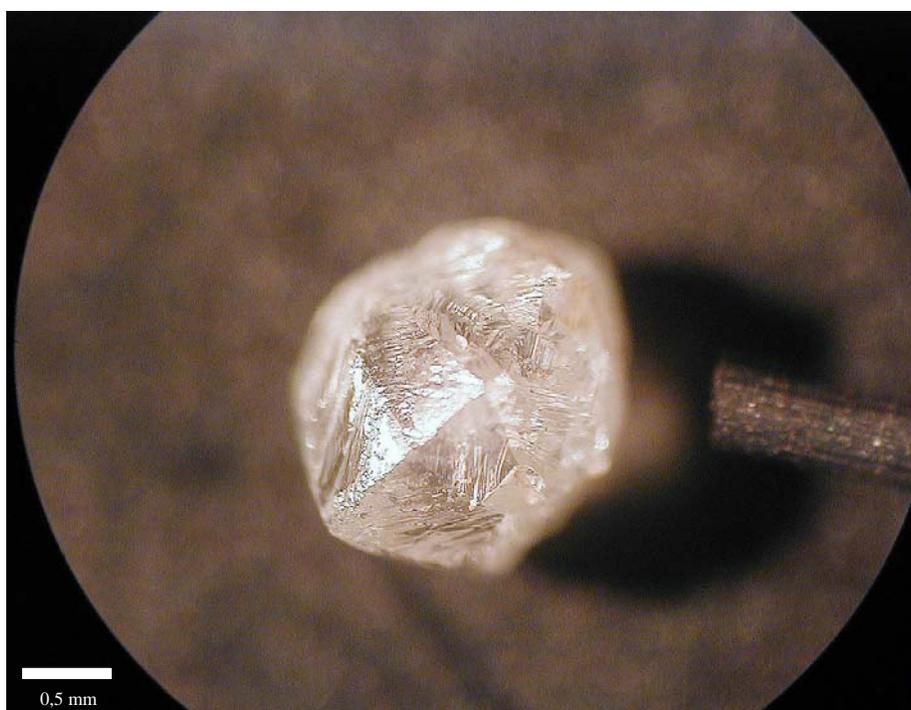


Foto 51 y 52. Muestra de un ejemplar intermedio entre las variedades cristalina y bort. Arriba, facción cristalina (forma O-R), y abajo, fracción microcristalina, la cual, parece ser el núcleo de dicho cristal.

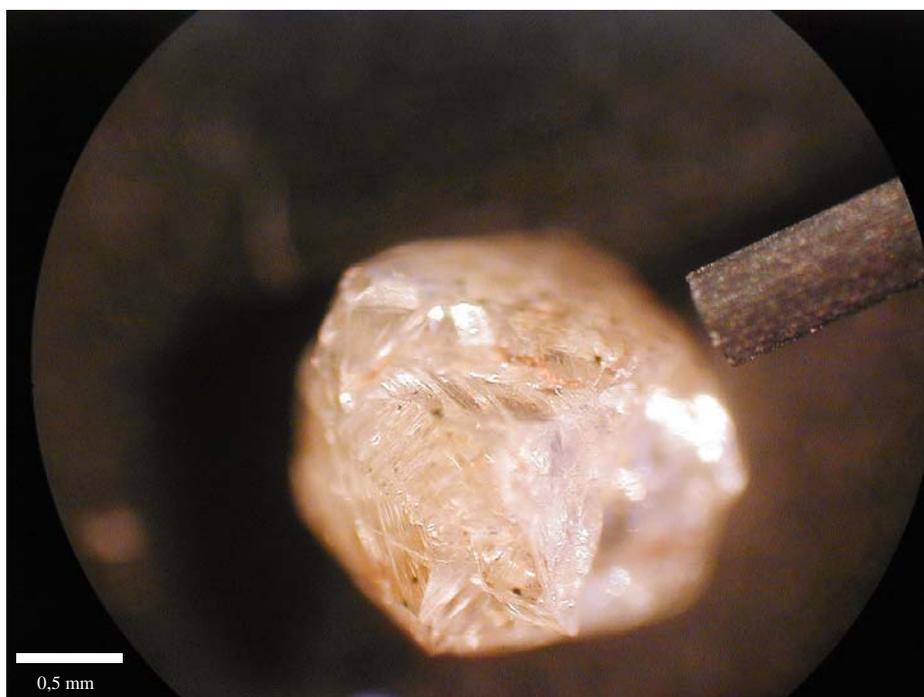


Foto 53 y 54. Otro ejemplo de un ejemplar intermedio entre las variedades cristalina y bort. Arriba, fracción cristalina (forma O-R), y abajo, fracción microcristalina, con su característico aspecto caótico.



Foto 55. Conjunto de cristales donde predomina el aspecto liso y, por tanto, la cara del octaedro.



Foto 56. Conjunto de cristales donde predomina el aspecto liso-rugoso. Obsérvese la relación existente entre la cara del octaedro con el carácter liso y la del rombododecaedro, con el rugoso.



Foto 57. Conjunto de cristales donde predomina el aspecto rugoso, debido a las caras del rombododecaedro y a superficies de fractura superficiales.

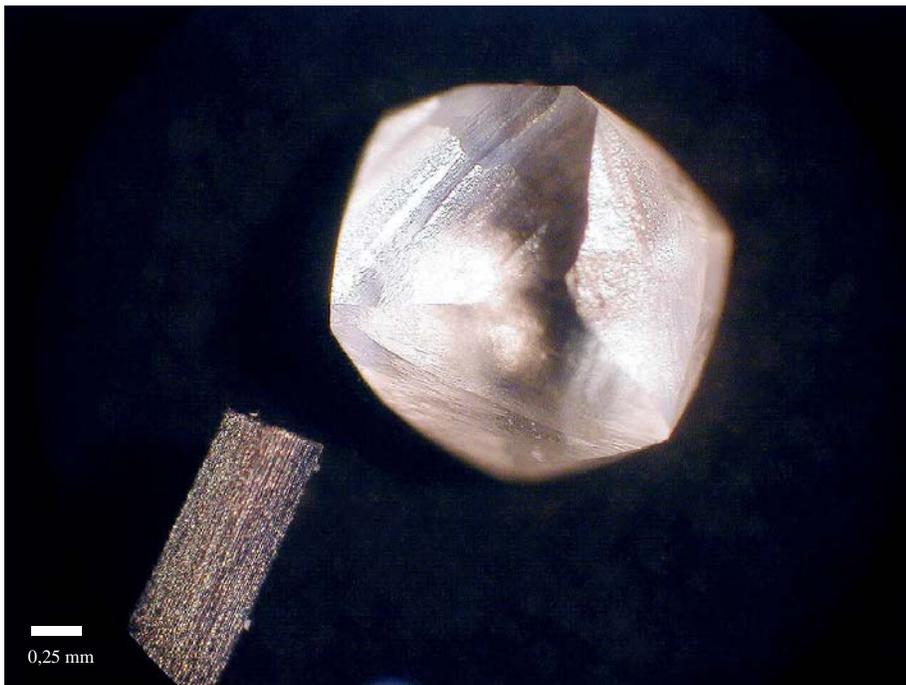


Foto 58. Cristal rombododecaedro, cuyas caras aparecen finamente rugosas (aspecto frosted o empañado).

7.4.4. Aspectos superficiales

Condiciones generales

Con la finalidad de lograr una mejor caracterización de la morfología de los cristales estudiados, se hizo referencia a la frecuencia de ocurrencia de aquellas marcas y detalles que se manifiestan en la superficie del cristal, íntimamente relacionados con procesos, tales como: resorción y alteración física producto del transporte de los cristales por corrientes, entre otros.

A partir de trabajos previos y de las observaciones realizadas durante este trabajo las marcas superficiales que se reportan son las siguientes:

- *Crecimiento laminar* (CL), que consisten en un conjunto de laminillas de crecimiento (definidas por la forma del octaedro), dispuestas una sobre otra en las caras del cristal.
- *Crecimiento en bloque* (CB), producto de la disposición de conjuntos de láminas de crecimiento, con distintos centros de desarrollo, sobre la cara de un cristal.
- *Trigones*, marcas triangulares de disolución, posiblemente por oxidación (figuras de corrosión), que se presentan sobre las caras del octaedro ($\{111\}$). Se caracterizan por apuntar en sentido contrario al de la cara donde se desarrollan, pudiendo aparecer asilados, agrupados e incluso dispuestos en filas a lo largo de una línea de exfoliación.
- *Estrías y surcos*, clasificados en dos tipos (ver resultados), posible consecuencia de impactos durante el transporte por corrientes o por procesos de resorción.
- *Superficies manchadas*, destacándose dos tipos de acuerdo a su origen: secundarias (manchas de óxido) y radiogénicas.

Metodología

La observación de los aspectos superficiales constituyó uno de los aspectos que requirió de una observación más detallada, con la finalidad de determinar la presencia de cada aspecto considerado en cada ejemplar. Por ello, se realizó bajo microscopio estereoscópico, reportando la presencia o no, de las marcas anteriormente señaladas.

Análisis de resultados

Antes de presentar los resultados y sus análisis, se procederá a discutir los tipos de surcos y de manchas superficiales que se detectaron.

Los surcos o estrías se dividieron en dos grupos:

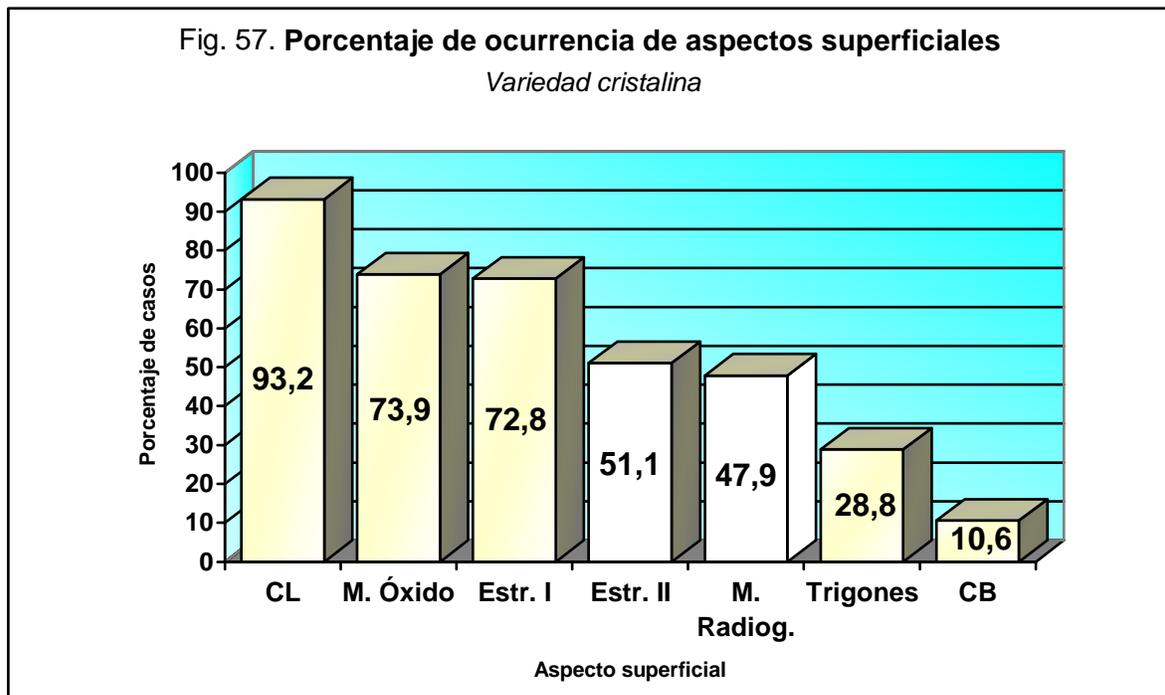
- *Tipo I* o canales, consisten en surcos profundos, angostos o anchos, los cuales, se disponen cortando las caras y aristas del cristal. Éstos parecen desarrollarse a partir de la apertura de superficies de fracturas (trazado irregular) o de exfoliación (trazado recto) internas, que alcanzan el exterior del cristal, sea por exfoliación, fracturamiento o disolución.
- *Tipo II*, definidas por aquellas superficies cóncavas, de forma elíptica u oval (p. ej. superficies de fractura), dispuestas sobre las caras del cristal, producto de alteración química o mecánica.

En relación con las manchas superficiales se destacan dos tipos:

- *Manchas de óxido*, de origen secundario, asociadas a aquellas inclusiones minerales que quedan expuestas en los surcos tipo I o sobre superficies de fractura.
- *Manchas radiogénicas*, que consisten en puntos muy pequeños, de color verde muy intenso (casi negro), bien delimitadas y que afectan la superficie del cristal (caras cristalinas y superficies de fractura).

Estos aspectos superficiales no son excluyentes entre sí, es decir, en un cristal puede estar presente cualquiera de estos aspectos y en cualquier proporción.

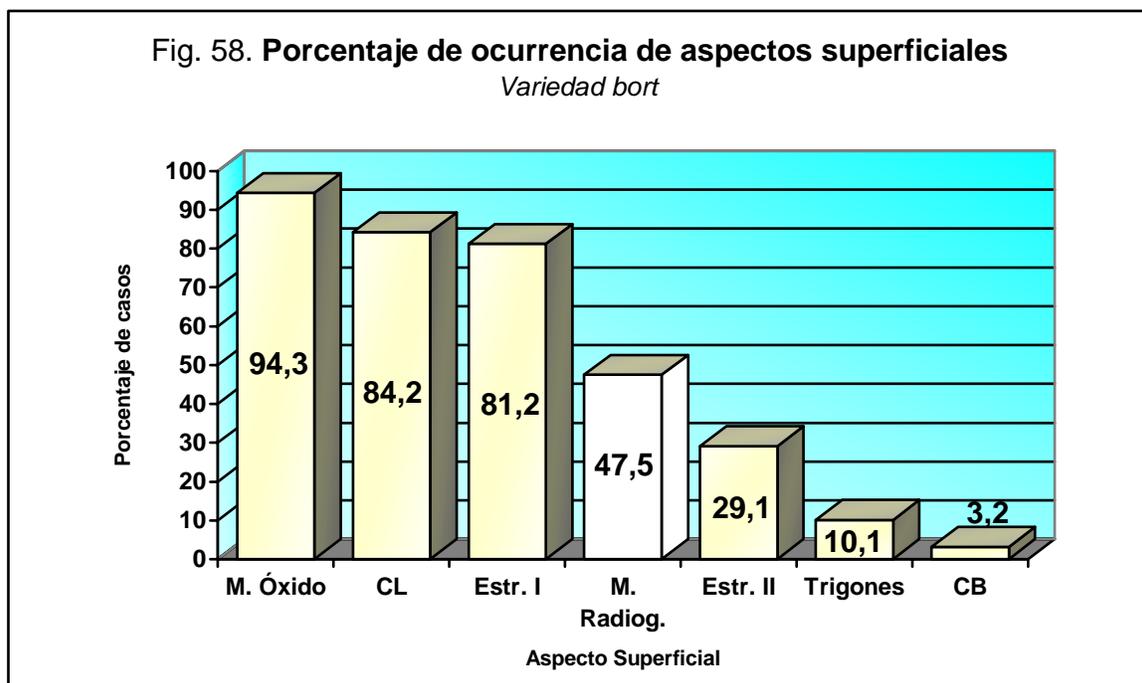
En los cristales de la variedad cristalina estos aspectos superficiales se manifiestan en el siguiente orden de importancia: láminas de crecimiento, manchas de óxido, estrías tipo I, surcos tipo II, manchas radiogénicas, trigones y crecimiento en bloque, tal como se ilustra en el gráfico de la Fig. 57.



En el caso de los ejemplares de la variedad bort, el orden de ocurrencia y las proporciones de los aspectos señalados es distinto (Fig. 58). En efecto, el carácter irregular de su superficie hace que ésta sea más susceptible a la acumulación de manchas de óxido; mientras que, la menor resistencia mecánica de esta variedad permite que las estrías tipo I se presenten con mayor frecuencia que en los ejemplares cristalinos.

La alta incidencia de láminas de crecimiento y de trigones en la variedad cristalina, en relación con la bort, se debe a la mayor presencia de caras cristalinas bien formadas en ese tipo de ejemplares. Además, la mayor proporción de estrías tipo II es debido a que éstas

se encuentran especialmente relacionadas con las caras del rombododecaedro, muy escasas en la variedad bort.

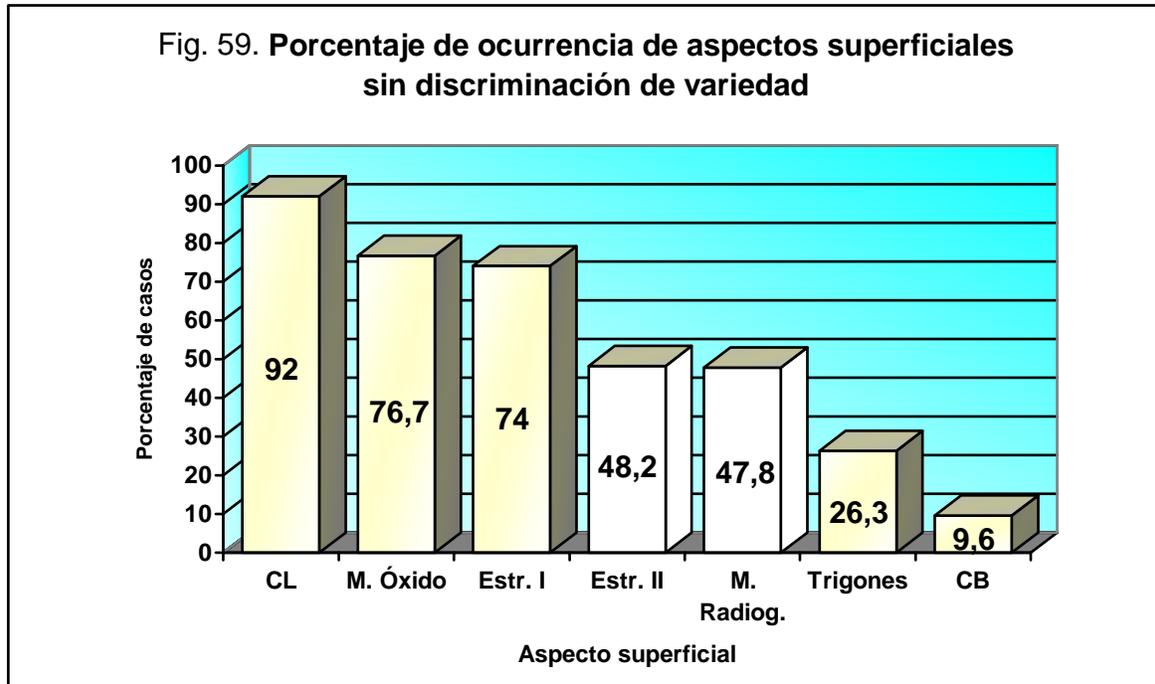


Un detalle muy significativo es la proporción de ocurrencia de las manchas radiogénicas en ambas variedades. El valor en ambos casos es, estadísticamente, el mismo (cristalina: 47,9% y bort: 47,5%), lo cual, indica que ambos tipos de variedades son igual de susceptibles frente al ataque de partículas radiactivas.

Este tipo de marcas se encontraron tanto en caras cristalinas como en superficies de fracturas.

En el gráfico de la Fig. 59. se ilustra el orden y proporción de ocurrencia de los aspectos superficiales considerados, sin discriminación de variedad. Allí se puede observar que el orden de los aspectos más relevantes son las láminas de crecimiento, las manchas de óxido superficiales y las estrías tipo I, seguidas por las del tipo II, las manchas radiogénicas y los trigones.

El crecimiento policéntrico sobre las caras (crecimiento en bloque) es un aspecto difícil de observar, principalmente en la variedad bort, donde la superficie de las caras es mucho más reducido que en la variedad cristalina.



Conclusión

Los aspectos superficiales que se destacan en los diamantes observados son los siguientes: láminas de crecimiento, manchas de óxido, estrías y surcos, marcas radiogénicas, figuras de corrosión (trigones), y crecimiento policéntrico sobre las caras; de los cuales, los tres primeros son los más resaltantes en ambas variedades.

La identificación de las estrías Tipo I y manchas de óxido, es un aspecto de importancia, debido a su relación con el grado de fracturamiento interno y la posibilidad de un teñido interno natural, principalmente, a la hora de evaluar la calidad de los ejemplares de la variedad cristalina.

La idéntica proporción de ocurrencia de manchas radiogénicas en los ejemplares cristalino y bort, indica que ambas variedades tienen la misma susceptibilidad de sufrir deformaciones en su red cristalina, a causa del bombardeo de partículas radioactivas.

Por último, las láminas de crecimiento pueden ser considerados como un aspecto diagnóstico del diamante, debido a su alta proporción de incidencia.

ASPECTOS SUPERFICIALES



DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
MINERALÓGICAS DE UNA COLECCIÓN DE
DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN
DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.



Foto 59. Cristal donde se muestran las laminillas de crecimiento, presentes sobre las caras. Estos planos se disponen según el octaedro $\{111\}$.



Foto 60. Cristal maclado, donde su cara principal muestra una serie de láminas de crecimiento.

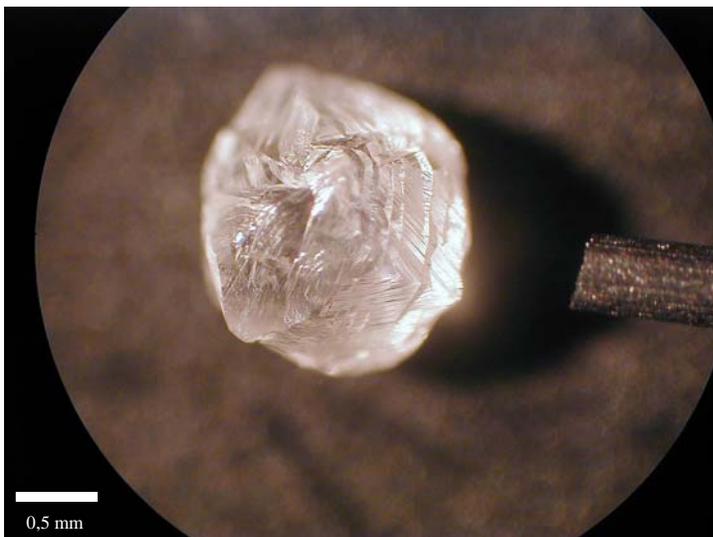


Foto 61. Ejemplar tipo ballas, donde también se destacan las láminas de crecimiento.



Foto 62. Conjuntos de cristales con manchas superficiales de óxido (var. cristalina).



Foto 63. Cristal con manchas superficiales de óxido. Se destaca su íntima relación con los surcos en canal (Tipo I), donde tienden a ubicarse (var. cristalina).



Foto 64. Grupo de cristales con manchas superficiales de óxido (var. bort).



Foto 65. Cristal donde se muestran surcos en canal en su etapa inicial: superficies de fractura internas o de exfoliación que alcanzan su superficie (var. cristalina).



Foto 66. Cristal donde se muestran surcos en canal en una etapa más avanzada, destacándose por ser profundas y, generalmente, angostas, dispuestas cortando aristas y caras (var. cristalina).



Foto 67. Cristal donde se muestran surcos en canal en distintas etapas, asociadas a planos de exfoliación (var. cristalina).

0,25 mm



Foto 68. Surcos Tipo I (en canal), en un ejemplar microcristalino (var. bort).

0,25 mm



Foto 69. Estrías Tipo II sobre las caras de un cristal, de forma elíptica, alargada y de superficie cóncava (var. cristalina).

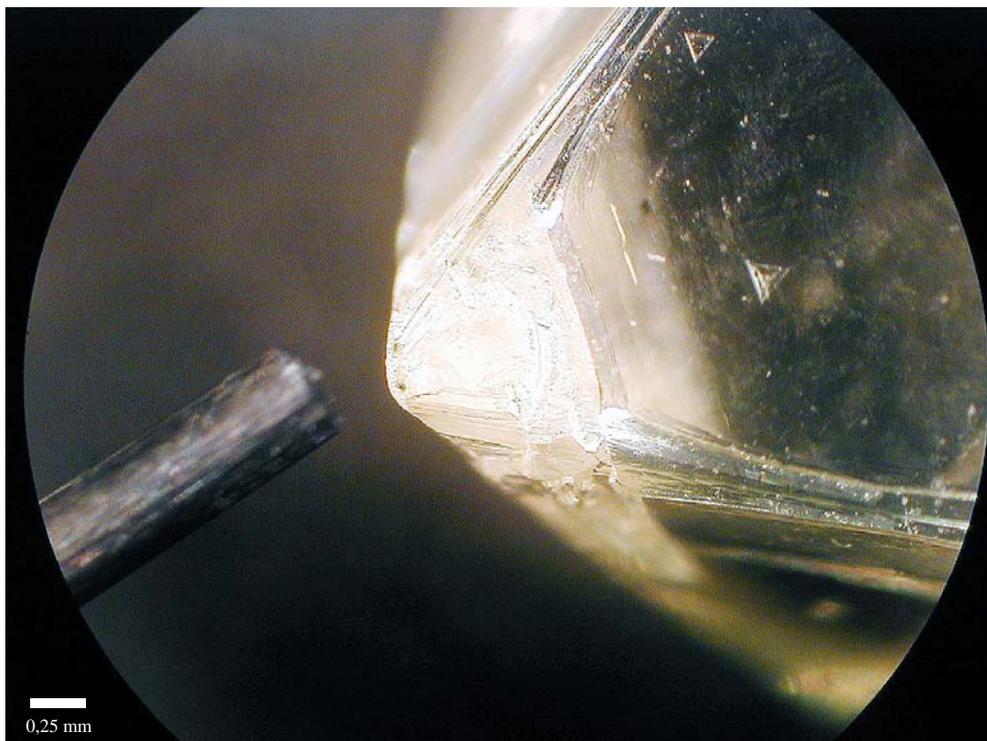


Foto 70. Estría Tipo II sobre las caras de un cristal. En este caso, corresponde a una superficie de fractura sobre la cara del octaedro (var. cristalina).

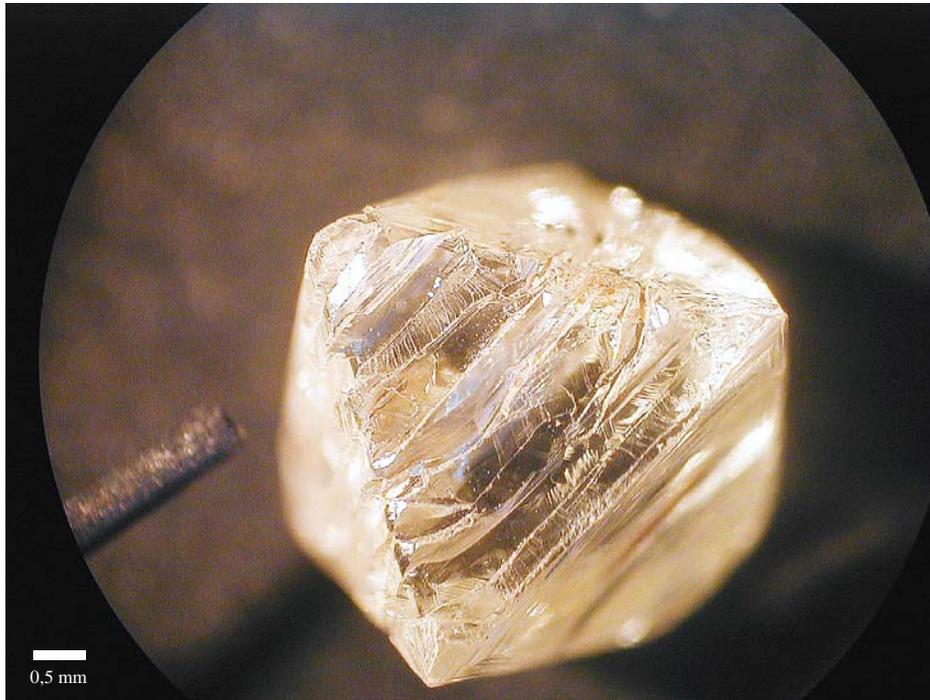


Foto 71. Estría Tipo I y II sobre las caras de un cristal. Los surcos en canal se disponen paralelamente, asociados a planos de exfoliación (var. cristalina).

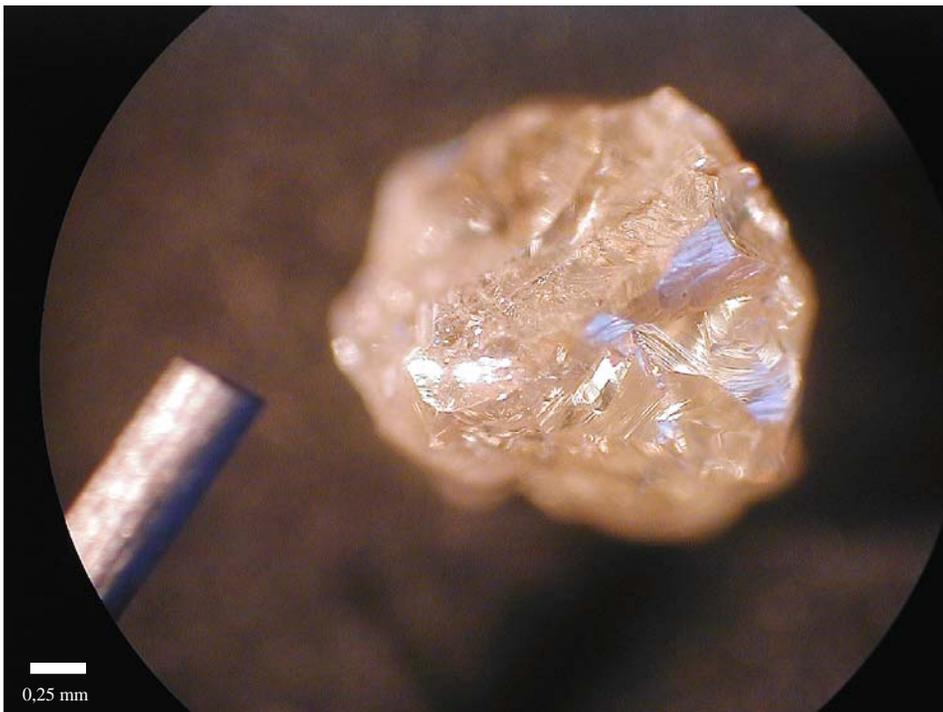


Foto 72. Estría Tipo II sobre las caras de los cristales que constituyen un agregado policristalino (var. bort).



Foto 73. Conjunto de cristales incoloros con manchas radiogénicas superficiales de color verde intenso (var. cristalina).

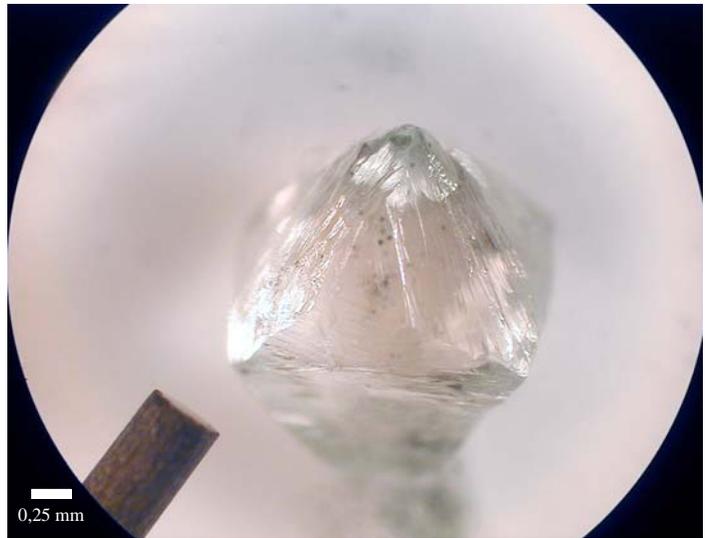


Foto 74. Cristal incoloro con manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).



Foto 75. Cristal incoloro con una mayor incidencia de manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).



Foto 76. Conjuntos de cristales verdes con manchas radiogéncias superficiales. Arriba, izquierda: verde ligero; abajo: verde medio y arriba, derecha: verde intenso (var. cristalina).



Foto 77. Conjuntos de cristales verdes, de tono ligero, con manchas radiogéncias superficiales (var. cristalina).

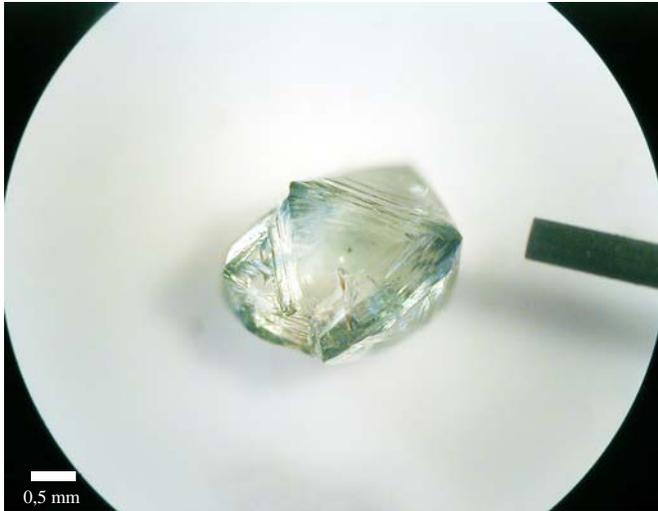


Foto 78. Cristal verde de tono medio, con manchas radiogéncias superficiales (var. cristalina).



Foto 79. Cristal verde, de tono intenso, con manchas radiogéncias superficiales. Nótese, en este caso, la aureola de coloración más intensa alrededor de la mancha central, determinando una saturación heterogénea para este ejemplar (var. cristalina).

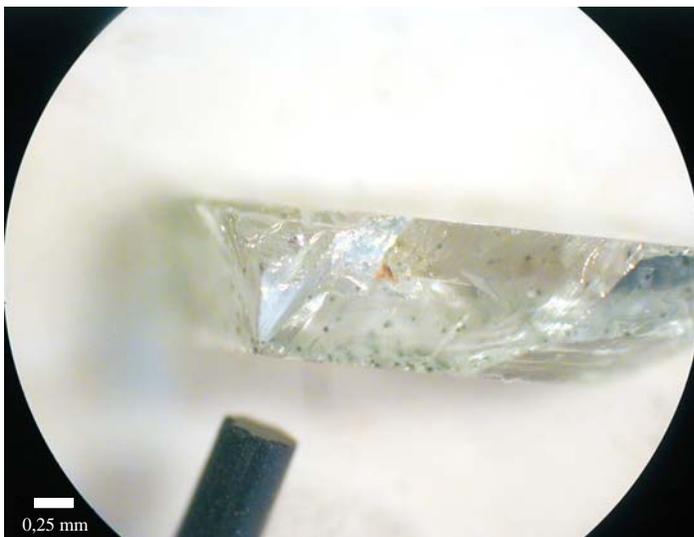


Foto 80. Fragmento de cristal verde de tono ligero, con una elevada densidad de manchas radiogéncias superficiales. Se puede ver, que éstas se disponen también en superficies de fracturas (var. cristalina).



Foto 81. Manchas radiogénicas sobre las caras de un cristal amarillo de tono medio (var. cristalina).



Foto 82. Manchas radiogénicas sobre las caras de un cristal pardo. Se destaca la saturación heterogénea de éste último (var. cristalina).



Foto 83. Manchas radiogénicas sobre las caras de un agregado policristalino incoloro (var. bort).

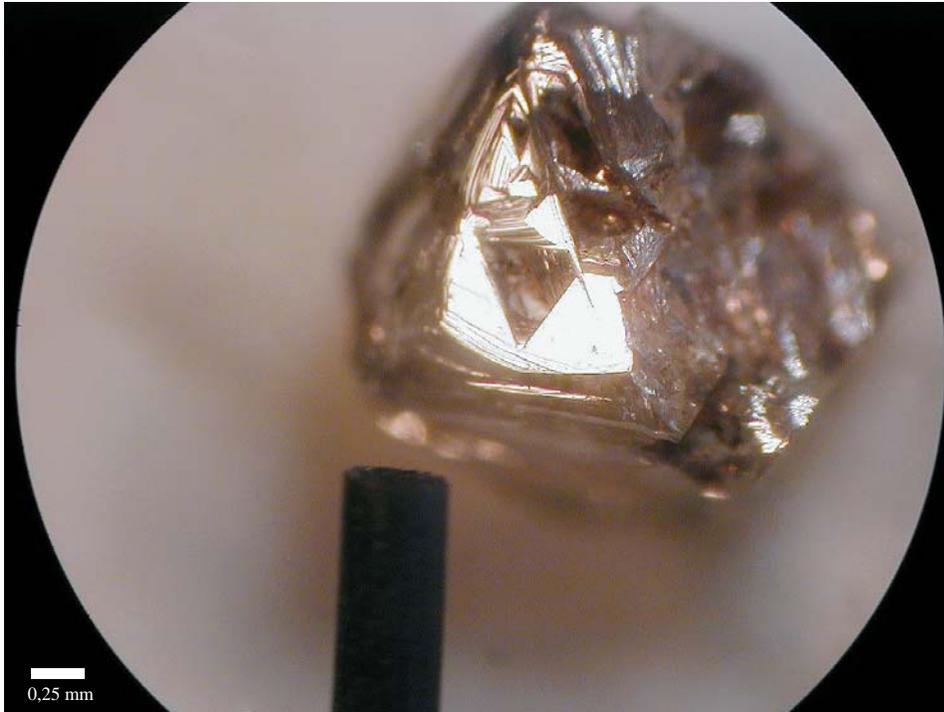


Foto 84. Figura de corrosión (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal (var. cristalina).

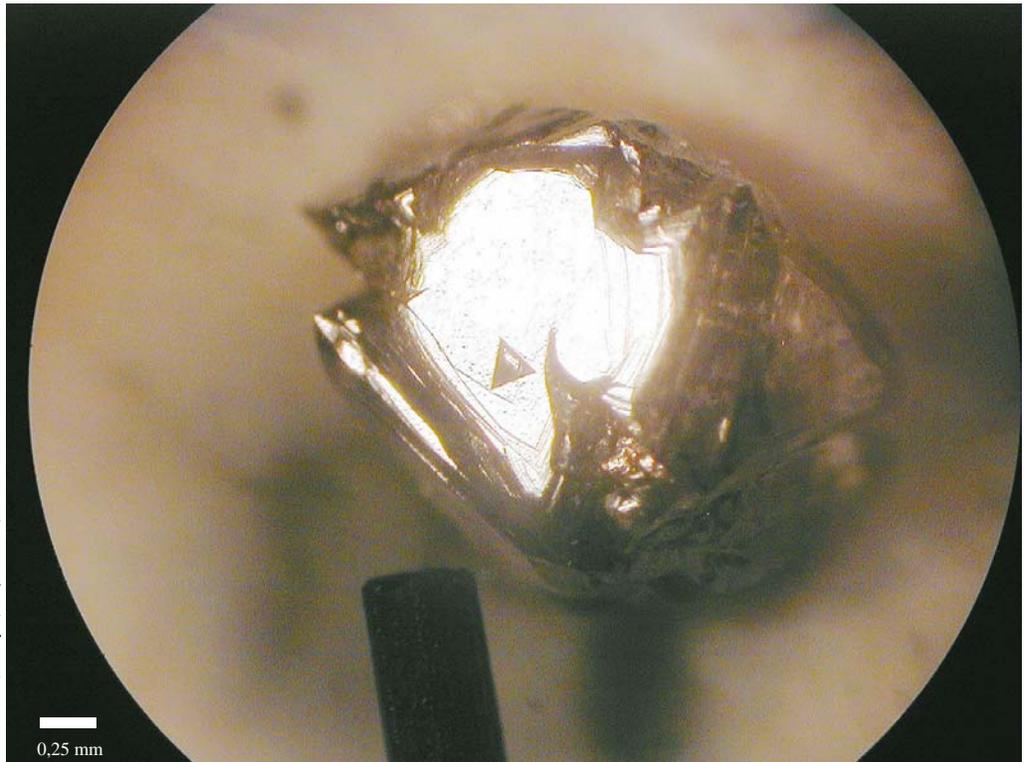


Foto 85. Figura de corrosión (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal, de menor tamaño que en el caso anterior (var. cristalina).

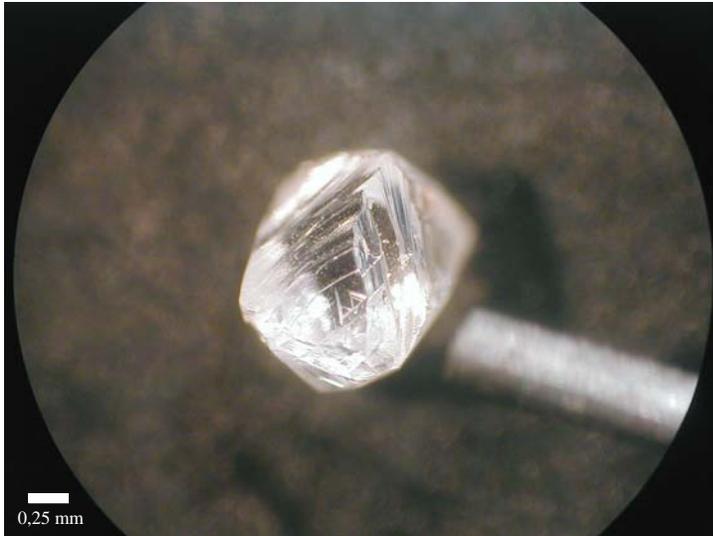


Foto 86. Figura de corrosión compuesta (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal (var. cristalina).

Foto 87. Figura de corrosión (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal, con una baja densidad de incidencia. Ésta se caracteriza por apuntar en sentido contrario a la de la cara donde se desarrolla (var. cristalina).

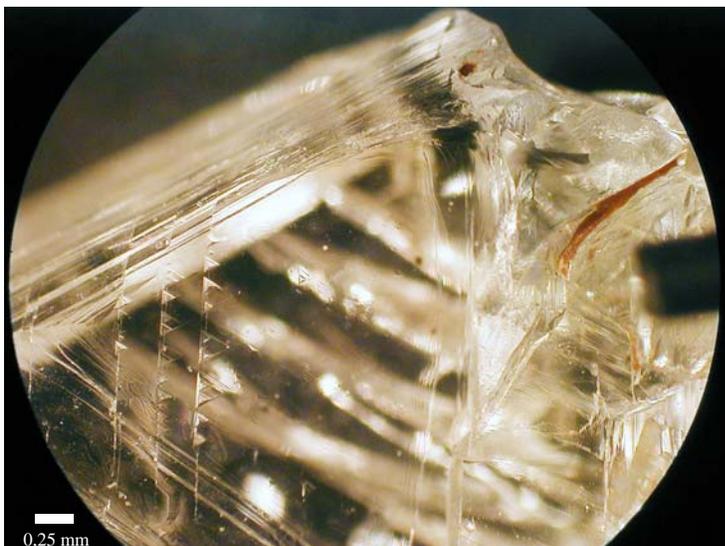
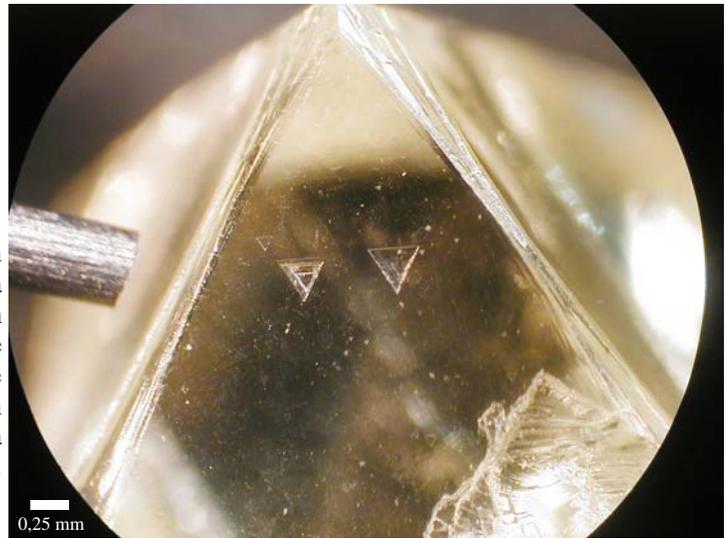


Foto 88. Figuras de corrosión (trigones), sobre la cara octaédrica de un cristal maclado, con una alta densidad y dispuestas en filas, asociadas a líneas de exfoliación (var. cristalina).



Foto 89. Figuras de corrosión (trigones), en un cristal maclado. Nótese la disposición simétrica de estas marcas, respecto al plano de macla (var. cristalina).

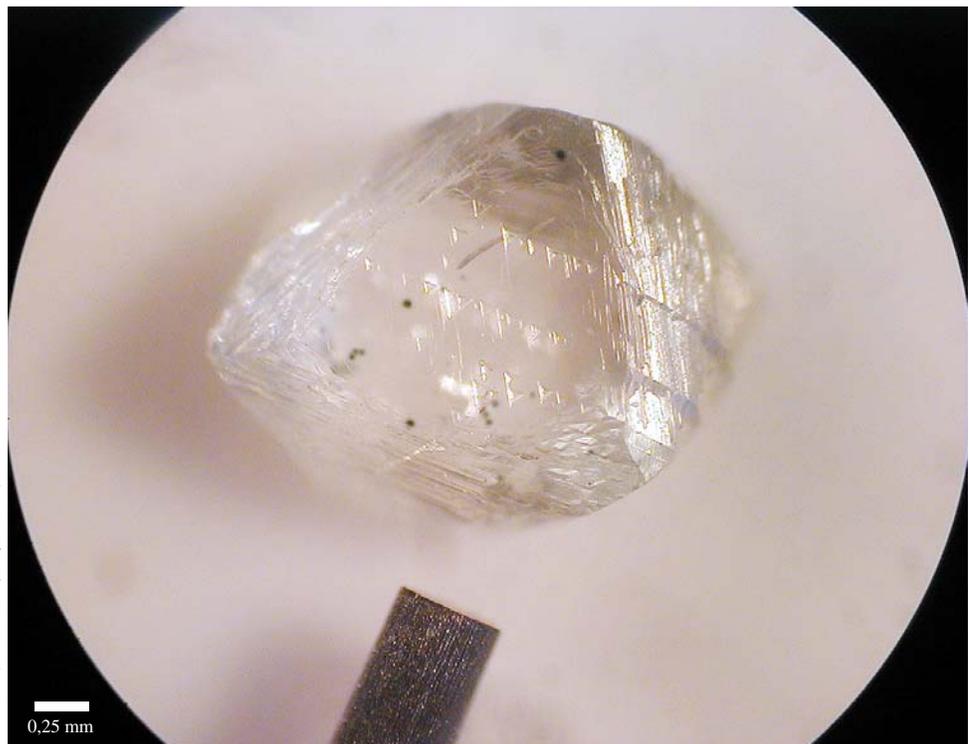


Foto 90. Figuras de corrosión (trigones), sobre la cara octaédrica de un cristal, con una alta densidad y con disposición en fila a lo largo de líneas de exfoliación (var. cristalina).



Foto 91. Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un cristal O-R (var. cristalina).



Foto 92. Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un cristal O-R, con un mayor grado de desarrollo que en el caso anterior (var. cristalina).



Foto 93. Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un cristal O-R, con un alto grado de desarrollo (var. cristalina).



Foto 94. Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un agregado de dos cristales O-R (var. cristalina).

7.4.5. Contenido de impurezas

Aspectos generales

El contenido de impurezas es un punto de gran importancia para la evaluación económica, tanto de diamantes en bruto como ejemplares ya elaborados.

La preferencia comercial de diamantes, tanto calidad gema como industriales, es que exista la menor incidencia de impurezas, principalmente, de inclusiones minerales. Esto se debe a que le resta belleza y valor a los ejemplares de calidad gema y resistencia mecánica, a los de uso industrial.

Los diamantes una vez tallados son graduados de acuerdo a sus inclusiones y a la capacidad de ser detectados bajo un lente de 10X y a simple vista, de acuerdo a la tabla siguiente (Tabla 32.):

Tipo	Abrev.	Descripción
Puro	F	Carente de defectos internos y externos a 10X.
Interiormente Puro	IF	Carente de inclusiones a 10X.
Inclusiones extremadamente pequeñas	VVS – 1 VVS – 2	Alguna inclusión extremadamente pequeña y difícil de ver a 10X.
Inclusiones muy pequeñas	VS – 1 VS – 2	Una o algunas inclusiones muy pequeñas detectables por un experto a 10X.
Inclusiones pequeñas	SI – 1 SI – 2	Algunas inclusiones muy pequeñas, fácilmente detectables a 10X.
1 ^{er} Piqué	P – 1	Inclusiones que se detectan fácilmente a 10X, pero que no disminuyen de manera apreciable el brillo de la piedra.
2 ^{do} Piqué	P – 2	Inclusiones más grandes que se detectan a simple vista y que reducen ligeramente el brillo de la piedra.

Tomado de FONTANA, M. (1999). *Piedras Preciosas, cómo reconocerlas*.

Como la determinación de la naturaleza química de las inclusiones minerales no es objetivo en este trabajo, se presenta un resumen de la naturaleza de éstos, según el estudio realizado por Kaminsky et al. (2000).

De acuerdo a ello, se identifican tres tipos de asociaciones de impurezas para los diamantes de la región de Guaniamo:

a) *Paragénesis eclogítica (diamantes tipo E)*, donde las impurezas están representadas por granate (serie piropo-almandino), clinopiroxeno (onfacita), ilmenita, pirrotita y coesita. Estos diamantes, según los estudios realizados, son los más abundantes (~ 85,7%).

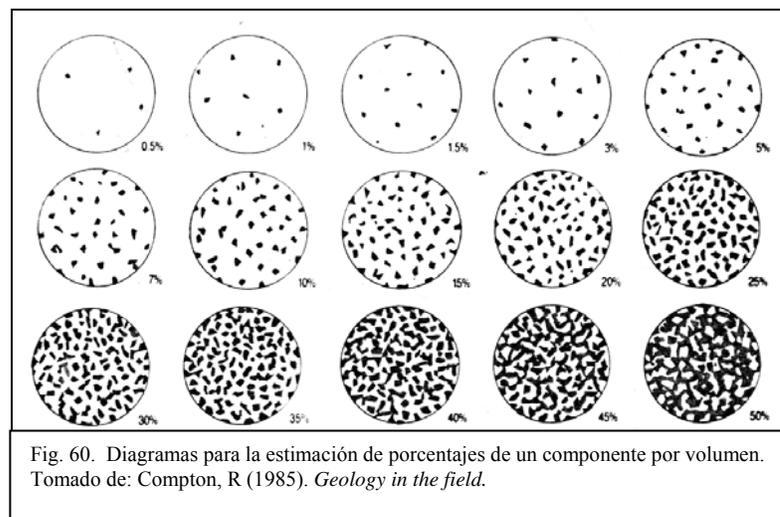
b) *Paragénesis peridotítica (diamantes tipo P)*, donde destacan el piropo y espinela cromianos y olivino.

c) *Paragénesis de alta-profundidad*, como un sólo caso reportado en el trabajo de Kamisky et. al. (2000), representado por una inclusión de ferro-periclasa ($(Mg,Fe)O$), con una composición similar a las halladas en diamantes de otras localidades del planeta.

Metodología

La identificación de las impurezas abarcó la determinación de tres aspectos:

- Estimación de porcentaje de ocurrencia (en volumen), mediante la utilización de la referencia de la Fig. 60 a continuación.



- Determinación de la naturaleza de las inclusiones, de acuerdo a dos grupos: inclusiones primarias (inclusiones minerales y fluidas), e inclusiones secundarias (manchas internas de óxido).

- Estimación del patrón de distribución de las impurezas identificadas de manera general, en dos grupos: homogéneo y heterogéneo.

Se realizó mediante la observación bajo microscopio estereoscópico, generalmente a alto aumento (40 – 50X).

Es importante destacar que la identificación de las impurezas fue uno de los aspectos más difíciles debido a las siguientes características:

- Grado de rugosidad de la superficie del cristal. A mayor grado, las impurezas tienden a mostrar un tamaño mayor, favoreciendo una sobre-estimación de los porcentajes.
- Presencia de superficies de fracturas internas, que bajo ciertos ángulos de observación aparecen de color negro, simulando una impureza.
- Los factores arriba indicados, sumado al cambio de angularidad de las caras hacia las aristas, generan lo que se puede llamar *efecto multiplicador*. De esta manera, bajo ciertos puntos de vista, la imagen de una impureza puede repetirse en distintas caras, favoreciendo su sobre-estimación.
- Un alto contenido de superficies rugosas y de fracturas internas, dificulta enormemente la estimación de los porcentajes, distribución y tipos de impurezas, por lo cual, estos casos se indicaron con la nota: nd (no determinable).

Es por ello, y por el carácter subjetivo del observador, que los resultados aquí determinados no son datos definitivos, sino que sirven para marcar una tendencia general en el contenido, distribución y tipo general de impurezas.

Análisis de resultados

Los diamantes estudiados presentaron tres tipos de impurezas:

- Inclusiones minerales (IM), de colores oscuros (negro a castaño muy oscuro), de diversos tamaños y formas, las cuales, se encuentran hacia los bordes del cristal en la mayoría de los casos (aristas, vértices y caras).
- Inclusiones de manchas de óxido (S), principalmente, asociadas a fracturas internas que dejan al descubierto inclusiones minerales. Este tipo de inclusión es causa de heterogeneidad del color y, en muchos cristales incoloros, actúa como un indeseable factor colorante.
- Inclusiones fluidas (IF), de forma esférica u oval, muy pequeñas y sólo observables a través de las caras del octaedro. Se caracterizan por su baja ocurrencia o detección. Sin embargo, es importante realzar, que el pequeño tamaño de éstas, no permite asegurar su naturaleza con absoluta seguridad, pudiendo representar inclusiones de otra naturaleza (p. ej. pequeños minerales incoloros).

Las observaciones realizadas permiten inferir una relación directa entre el contenido de inclusiones minerales y el fracturamiento interno de los cristales, sin importar su variedad. Por tanto, la inclusión actúa como un *ruido* en la estructura interna del cristal, siendo éste y sus alrededores una zona de debilidad, a partir de la cual, se puede generar una superficie de fractura o marcarse un plano de exfoliación.

a) Variedad cristalina

Los resultados obtenidos se pueden resumir en la Tabla 33. siguiente:

Tabla 33. Porcentaje de impurezas (en volumen), en diamantes según el color. Variedad cristalina										
Color	nd	0%	< 1%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	> 3%	Porcentaje mayor detectado
Incoloro	-	32,6%	35,4%	23,8%	4,6%	2,2%	0,3%	0,8%	0,3%	4%
Verde	0,7%	39,3%	27,4%	20,4%	8,5%	2,6%	-	1,1%	-	3%
Amarillo	0,5%	30,2%	29,2%	26,1%	5,2%	4,2%	0,5%	3,1%	1,0%	5%
Pardo	9,3%	9,3%	8,3%	24,7%	19,6%	13,4%	2,0%	8,2%	5,2%	9%
Gris	9,8%	-	8,5%	19,5%	13,4%	11,0%	3,7%	7,3%	26,8%	12%

De acuerdo a los resultados, existen dos tendencias en cuanto a la proporción de impurezas:

- Los cristales incoloros, verdes y amarillos tienden a tener un bajo porcentaje de impurezas, lo cual, desde el punto de vista económico, es muy conveniente. El porcentaje de cristales incoloros, verdes y amarillos sin impurezas detectables a 50X o con un porcentaje mínimo (<1%) son, respectivamente, 68%, 66,7% y 59,4%.
- Los cristales pardos y grises tienden a contener un mayor porcentaje en el contenido de impurezas. Efectivamente, el mayor porcentaje reportado para un cristal gris fue de 12% y, para uno pardo, de 9%. Esta característica, afecta la posibilidad de que muchos cristales pardos sean considerados calidad gema.

El tipo de impurezas y su manera de distribución se muestra en la tabla siguiente:

Color	Tipo de Impureza			Distribución	
	IM	S	IF	Homogéneo	Heterogéneo
Incoloro	63,1%	56,6%	6,0%	0,8%	99,2%
Verde	66,0%	66,7%	9,9%	-	100%
Amarillo	40,6%	85,0%	5,3%	4,5%	95,5%
Pardo	84,8%	64,6%	2,5%	-	100%
Gris	97,3%	41,9%	1,4%	-	100%

A partir de la Tabla 34, se puede deducir que los tipos de impurezas más comunes son las inclusiones minerales y las manchas de óxido, siendo las primeras más usuales en los cristales pardos y grises y, las segundas, en los amarillos.

La alta presencia de impurezas minerales puede ser la causa del color en muchos cristales grises, principalmente, en los más oscuros. Igualmente, muchos cristales amarillos, principalmente los de tonalidades ligeras e intensas, pueden deber su coloración a la presencia de óxido en su interior.

El alto porcentaje de impurezas secundarias es un aspecto negativo, que le puede restar valor comercial a los diamantes de la región. Verdaderamente, existe la posibilidad de que esta condición no pueda ser eliminada durante la talla, pudiéndose obtener una gema con un falso tono amarillento (teñido natural), y con una probable saturación heterogénea.

En relación con la distribución de las impurezas, ésta es completamente aleatoria y heterogénea. A excepción de las inclusiones fluidas, que tienden a aparecer hacia el centro del cristal, las inclusiones minerales y manchas de óxido se distribuyen, con preferencia, hacia la periferia: vértices, aristas o caras. Sólo en un 2,2% de los cristales con inclusiones minerales, mostró una distribución hacia el centro de los mismos.

b) Variedad bort

En el caso de los ejemplares de esta variedad, la distribución y el comportamiento de las variables asociadas al contenido de impurezas, se resumen en las tablas siguientes:

Tabla 35. Porcentaje de impurezas (en volumen), en diamantes según el color.
Variedad bort

Color	nd	0%	< 1%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	> 3%	Porcentaje mayor detectado
Incoloro	4,5%	17,9%	20,9%	26,9%	7,5%	8,9%	1,5%	11,9%	-	3%
Verde	4,2%	16,7%	12,5%	37,5%	25,0%	4,1%	-	-	-	2%
Amarillo	9,1%	9,1%	9,1%	45,5%	18,1%	9,1%	-	-	-	2%
Pardo	16,7%	-	-	16,7%	33,3%	33,3%	-	-	-	2%
Gris	8,0%	-	10,0%	22,0%	16,0%	14%	0%	2,0%	28%	15%

Tabla 36. Porcentaje de ocurrencia de impurezas por tipo y por distribución, en ejemplares donde se presentan – Variedad bort

Color	Tipo de Impureza			Distribución	
	IM	S	IF	Homogéneo	Heterogéneo
Incoloro	61,5%	76,9%	-	5,8%	94,2%
Verde	79,0%	68,4%	-	-	100%
Amarillo	44,4%	100%	-	-	100%
Pardo	100%	80,0%	-	-	100%
Gris	91,3%	50,0%	-	2,2%	97,8%

Los datos de la tablas 35 y 36 indican que los ejemplares de la variedad bort tienden a presentar un alto porcentaje de impurezas, tanto de inclusiones minerales como de manchas de óxido.

La elevada incidencia de este último tipo de inclusiones indica el alto nivel de fracturamiento interno de estos especímenes que, sumado a la alta proporción de ejemplares con inclusiones minerales, constituyen un factor negativo para la valoración de este tipo de diamantes. Hay que recordar, que las fracturas internas y la considerable presencia de inclusiones minerales, constituyen factores que reducen significativamente su resistencia mecánica, al hacerlos más frágiles.

El estilo de la distribución es igual al observado en la variedad cristalina, es decir, heterogéneo y con tendencia a concentrarse hacia la periferia.

Este último punto es otro factor negativo para el uso industrial de estos diamantes, debido a la alta probabilidad de exposición de inclusiones minerales, reduciendo su carácter abrasivo.

Conclusión

En los diamantes analizados se determina la presencia de tres tipos de inclusiones: minerales singenéticos (oscuros y opacos), manchas de óxido e inclusiones fluidas, con una distribución heterogénea hacia la periferia del cristal, para los dos primeros casos y, hacia el centro, para el último.

La cantidad de ejemplares con estos tipos de inclusiones en la variedad cristalina es alta, con la salvedad de que aquellos con mayor potencialidad a ser considerados calidad gema (incoloros, verdes y amarillos), presentan una alta tendencia a mostrar un contenido igual o inferior al 1% en volumen. Sin embargo, es relevante la presencia de manchas de óxido (en los amarillos principalmente), aspecto que afecta el valor de los diamantes considerados con calidad gema o cercana a gema.

En relación a los diamantes bort, éstos exhiben una mayor probabilidad a presentar impurezas, tanto minerales singenéticos como manchas de óxido. Esta circunstancia puede afectar su valoración comercial, al reducir drásticamente su resistencia mecánica (inclusiones minerales como puntos de debilidad), y su carácter abrasivo (exposición de inclusiones minerales).

Finalmente, las más altas proporciones de impurezas están relacionadas con los cristales de color pardo y gris, aspecto que puede ser la causa de coloración para este último o bien, un factor intensificador de este color.

IMPUREZAS



DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
MINERALÓGICAS DE UNA COLECCIÓN DE
DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN
DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.



Foto 95. Inclusiones minerales dentro de un cristal. Nótese, además, la presencia de inclusiones de manchas de óxido, a través, de fracturas internas (var. cristalina).



Foto 96. Inclusiones minerales dentro de un cristal. Se observa una mayor incidencia que en la foto siguiente, debido al efecto multiplicador señalado en este trabajo. Las manchas negras del fondo, no son impurezas minerales, sino superficies de fracturas (var. cristalina).



Foto 97. Vista inferior del cristal de la foto anterior. Se observa una menor cantidad de inclusiones minerales y las superficies de fractura, que aparecen oscuras en la imagen previa, simulando ese tipo de impurezas (var. cristalina).



Foto 98. Cristal con un alto contenido de inclusiones minerales, pero que no permite establecer su porcentaje, por su alto fracturamiento interno (var. cristalina).

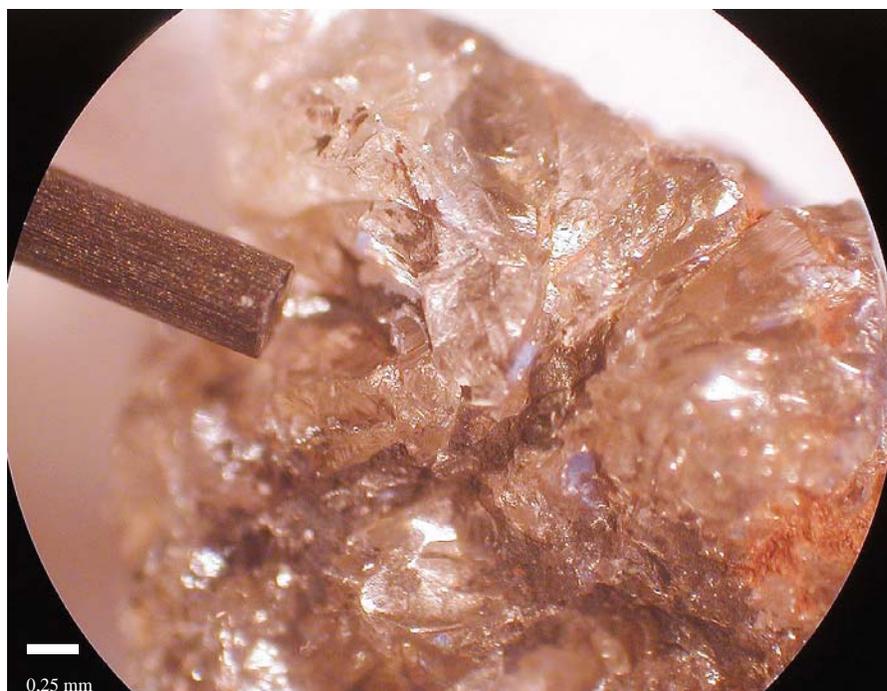


Foto 99. Las inclusiones minerales son ruidos en la estructura cristalina, actuando como puntos de debilidad. Por ello, el fracturamiento de un cristal está asociado a ellas, quedando, éstas últimas, expuestas en la superficie, tal como se observa en esta foto (var. cristalina).



Foto 100. Otro ejemplo de exposición de impurezas, asociado a superficies de fractura (var. cristalina).



Foto 101. Manchas de óxido que alcanzan el interior de un cristal, a través de fracturas internas (var. cristalina).



Foto 102. Cristal de un color amarillo, con saturación heterogénea, producto de la presencia de manchas internas de óxido (var. cristalina).



Foto 103. Cristal incoloro con inclusiones de manchas de óxido, sin alteración del color del ejemplar (var. cristalina).



Foto 104. Posible inclusión fluida, de forma oval (var. cristalina).



Foto 105. Posibles inclusiones fluidas en un cristal (var. cristalina).



Foto 106. Posible inclusión fluida en un cristal (var. cristalina).

7.4.6. Fluorescencia

Aspectos generales

Se define con el término de luminiscencia a la capacidad que tiene cualquier mineral de emitir luz, motivado a diversos factores (radiación, presión, calor, etc.). Cuando la causa de la luminiscencia es la exposición a la luz ultravioleta (UV), rayos X o catódicos, el fenómeno se denomina fluorescencia.

La causa de la fluorescencia es similar a la causa del color, debiéndose a la presencia de ciertos átomos (activadores), sean impurezas o constituyentes químicos primordiales del mineral, correspondiendo, por lo general, a metales de transición.

Éstos, al ser alcanzados por las radiaciones electromagnéticas citadas, resultan afectados de la siguiente manera: sus electrones son excitados y saltan a un nivel superior de energía, los cuales, al regresar a su nivel correspondiente a otro intermedio, emiten un fotón (luz), de longitud de onda menor a la de la radiación incitadora, que compensa la pérdida de energía de dicho electrón.

La emisión de luz, por lo general, es perceptible mientras la fuente de radiación excitadora permanece incidiendo sobre el mineral. Sin embargo, si éste continúa emitiendo luz después de retirada la fuente de radiación, se dice que es fosforescente, siendo el fenómeno conocido con el nombre de fosforescencia.

En realidad, casi todos los minerales fluorescentes son fosforescentes, lo que sucede es que en la mayoría de ellos, el tiempo de emisión de luz de fosforescencia es imperceptible para el ojo humano (en el orden de los 10^{-8} segundos). Por ello, se refiere que un mineral es fosforescente cuando el fenómeno es percibido a simple vista.

La fluorescencia más común y la empleada en este trabajo es la generada por la luz ultravioleta (UV).

La luz UV tiene un rango de longitud de onda bastante ancho, abarcando, en el espectro electromagnético, desde los 380 nm hasta, aproximadamente, los 5 nm. Por esta razón, se clasifican de la siguiente manera:

UV-A: abarca desde los 390 hasta los 320 nm.

UV-B: abarca desde los 320 hasta los 280 nm.

UV-C: desde los 280 hasta los 200 nm de longitud de onda.

UV lejano: inferior a los 200 nm de longitud de onda, fuertemente absorbido por pequeños espesores de aire (ozono).

Para el estudio de la fluorescencia en minerales se emplean lámparas de luz UV-A (onda larga), y UV-C (onda corta).

La fluorescencia en el diamante es un factor que puede, en ciertas circunstancias, mejorar el valor de la gema, o bien, perjudicarlo. Esto se debe a que el color de fluorescencia puede ser ligeramente activado por ciertas fuentes lumínicas comunes que contienen fracciones de luz UV (luz solar y lámparas fluorescentes) y, por ende, afectar la graduación del color, en caso de que el experto no evalúe correctamente este aspecto.

Uno de los colores de fluorescencia que más se desprecia es el amarillo, pues, si éste es muy intenso, puede darle un matiz amarillento a la piedra, pudiéndose vender por un valor de 10 a 15% menos que el de una pieza de igual graduación de color, peso y calidad de corte.

En la tabla siguiente (Tabla 37), se ilustra como la fluorescencia azul, con ciertos grados de intensidad puede beneficiar o perjudicar el precio de un ejemplar.

Intensidad de la fluorescencia	Graduación del color	Claridad		
		IF – VVS	VS	S1 – I3
Muy fuerte	D – E	-10 a -15%	-6 a -10%	0 a -3%
Fuerte		-7 a -10%	-3 a -5%	0 a -1%
Mediana		-3 a -7%	-1 a -2%	0%
Débil		0%	0%	
Muy fuerte	F – H	-7 a -10%	-3 a -5%	0%
Fuerte		-5 a -7%	-2 a -3%	
Mediana		-1 a -3%	0 a -2%	
Débil		0%	0%	
Muy fuerte	I – K	0 a +3%	0 a +3%	0 a +3%
Fuerte		0 a +2%	0 a +2%	0 a +2%
Mediana		0 a +2%		
Débil		0%	0%	0%

Tabla 37. Porcentaje de afectación del precio de un diamante, causado por una fluorescencia azul.

Intensidad de la fluorescencia	Graduación del color	Claridad		
		IF – VVS	VS	S1 – I3
Muy fuerte	L – N	0 a +4%	0 a +4%	0 a +3%
Fuerte		0 a +2%	0 a +2%	0 a +2%
Mediana		0 a +2%	0 a +2%	0 a +2%
Débil		0%	0%	0%

Tomado de: The Ultimate Diamond Information Site – Fluorescente en: <http://www.gov.nt.ca/RWED/diamond/industry.htm#world>

El autor de la tabla anterior – Martin Rapaport – sugiere que una fluorescencia amarilla añada, a los valores indicados, una depreciación adicional de 5 a 10% al valor de la pieza.

Metodología

La observación de la fluorescencia en los diamantes de la muestra sometida a estudio, se realizó mediante el uso de una lámpara ultravioleta, portátil, de marca VERSALUM, cuyo bulbo está constituido por un tubo de cuarzo-vidrio de marca SANKIO-DENKI, capaz de generar luz UV-C y UV-A.

Cada ejemplar fue sometido a los dos tipos de radiación, por un período de unos 10 a 15 segundos, con su retirada posterior, para verificar la fosforescencia. Este proceso se realizó en un cuarto oscuro, con el uso de lentes protectores y mediante observación directa de los especímenes.

El uso del microscopio sólo fue empleado para la obtención de las fotografías de los grupos de fluorescencia más intensos.

Análisis de resultados

A partir de las observaciones se identificaron doce grupos, según el comportamiento de los ejemplares bajo luz ultravioleta, de la siguiente manera:

	Grupo	Descripción	
		UV-C	UV-A
		Fluorescencia fuerte a intermedia	1
2	Azul sin fosforescencia		Azul violáceo sin fosforescencia
3	Verde algo azulado con fosforescencia verdosa débil		Verde a azul con fosforescencia verdosa débil
4	Verde algo azulado con fosforescencia verdosa débil		Verdoso a azul muy débil sin fosforescencia
5	Amarillo con fosforescencia verdosa débil		Verdoso débil sin fosforescencia
6	Amarillo o pardo amarillento con fosforescencia amarilla		Pardo – amarillo a pardo sin fosforescencia
Fluorescencia débil	7	Pardo – amarillo sin fosforescencia	No identificable a violeta muy débil sin fosforescencia.
	8	Rosa – lila a violeta sin fosforescencia	Verdoso a no identificable sin fosforescencia.
	9	Verdoso o no identificable sin fosforescencia	Verdoso a no identificable sin fosforescencia
	10	Naranja sin fosforescencia	No identificable sin fosforescencia
	11	Verdoso o no identificable sin fosforescencia	No fluorescente
No fluoresc.	12	No fluorescente	No fluorescente

Estos doce grupos pueden incluirse dentro de otros tres más generales, de acuerdo a la intensidad de la luminiscencia: fluorescencia fuerte a intermedia, débil y no fluorescentes. Es importante destacar que los grupos 1 al 10 implican fluorescencia bajo ambos tipos de onda (UV-C y UV-A), mientras que el grupo 11 es el único caso de fluorescencia sólo bajo UV-C.

Otro aspecto importante es que, en muchas ocasiones, el color verde de los grupos 3 y 4, visto bajo microscopio, aparece como una luminiscencia heterogénea, compuesta por sectores de color amarillo y azul.

A continuación se presentan los resultados por variedad, relacionando la frecuencia de los grupos de fluorescencia con el color de los ejemplares.

a) Variedad cristalina

Los resultados obtenidos permiten determinar que el porcentaje de ejemplares fluorescentes bajo UV-A es de 89,7%, bajo UV-C, 99% y no fluorescentes, 1%.

La fluorescencia fuerte a intermedia predomina ampliamente en los ejemplares incoloros, verdes y amarillos, con una proporción de 63,7; 66,0 y 73,9%, respectivamente, representada, en su mayoría, por el color azul (grupos 1 y 2), y, en segundo lugar, por el amarillo (grupo 6).

La fluorescencia débil predomina en los especímenes pardos y grises, con una proporción respectiva de 65,0 y 53,6%. Además, éstos tienen una alta proporción de no mostrar fluorescencia bajo UV-A (grupo 11).

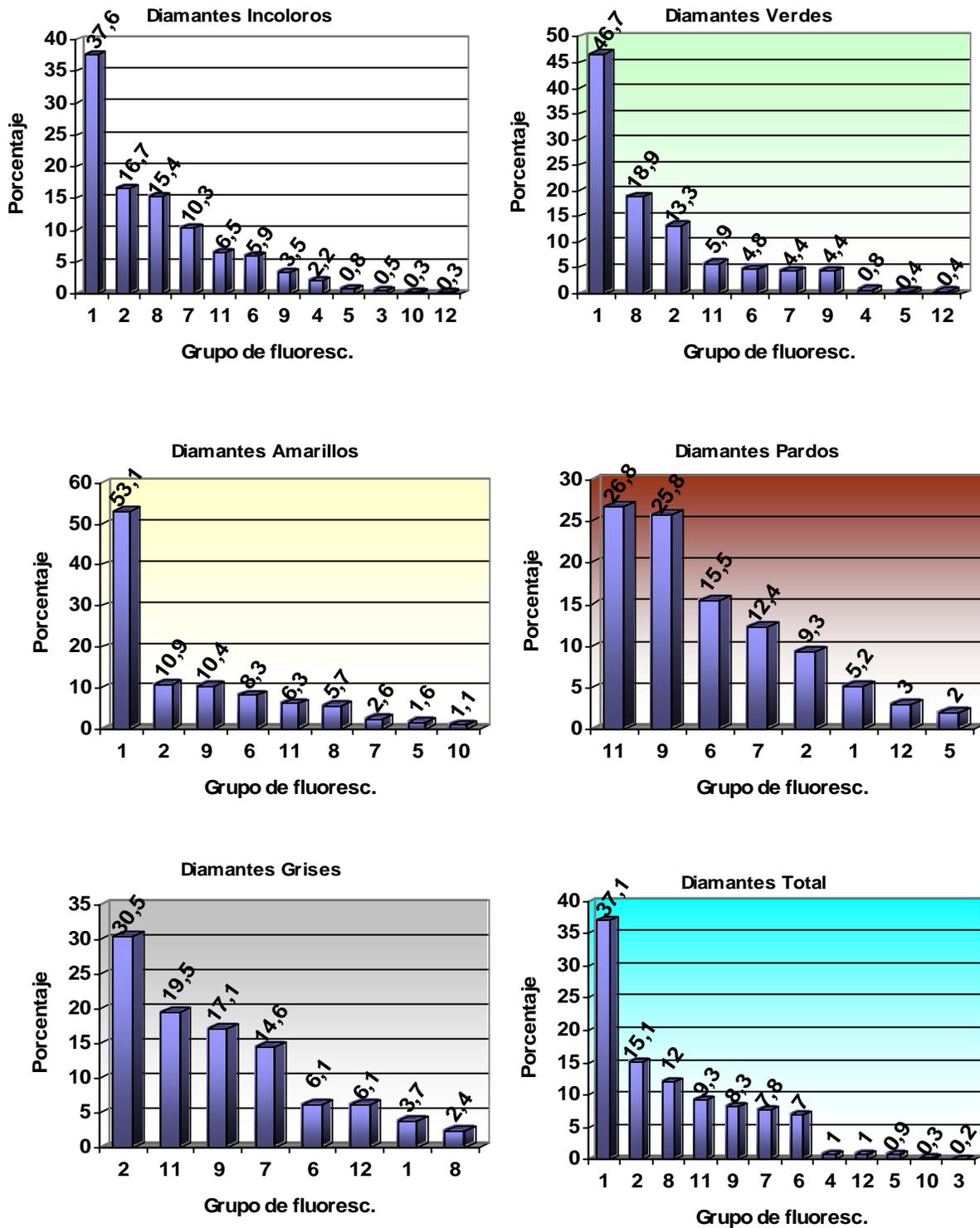
Los grupos que predominan, como fluorescencia débil, son el 8 (incoloro y verde), 11 y 9 (pardos, grises y amarillos).

Se destaca la influencia de la fluorescencia del grupo 8, que le imprime un tinte rosa muy débil a algunos ejemplares incoloros.

La alta proporción de fluorescencia débil (grupos 11 y 9), y de ausencia de ésta (grupo 12), en los diamantes grises y pardos, puede sugerir que la alta proporción de impurezas que éstos presentan interfiere, de alguna manera, con dicho fenómeno, disminuyéndolo o evitándolo.

Estas observaciones se resumen en los gráficos de la Fig. 61, siguiente:

Fig. 61. Proporción de grupos de fluorescencia por color y en grupo total.
Variedad cristalina



b) Variedad bort

En relación con los ejemplares de esta variedad, hay que destacar que el tipo de fluorescencia débil (grupos 11, 9 y 7) y ausencia de fluorescencia (grupo 12), presenta una mayor incidencia que en el caso de los diamantes de la variedad cristalina. Hay que recordar que los diamantes bort se caracterizaron por un mayor contenido de impurezas, aspecto que parece obstaculizar este fenómeno.

Al igual que el caso anterior, los especímenes incoloros, verdes y amarillos, se destacan por presentar un color de fluorescencia fuerte a intermedio (representados en su mayoría por el grupo 2), con proporciones respectivas de 61,3; 58,3 y 81,8%. Es significativo el incremento de la proporción de individuos incoloros y verdes que no reaccionan a ningún tipo de radiación UV (grupo 12).

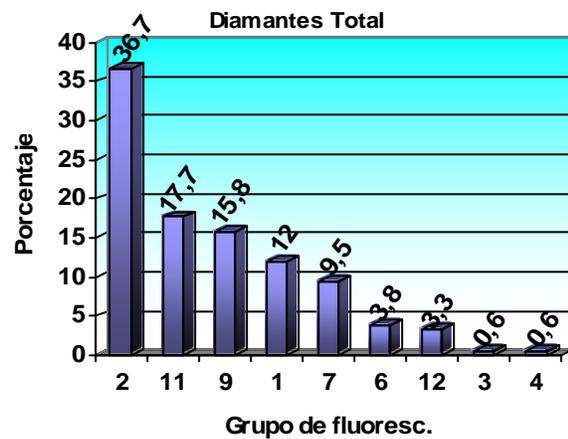
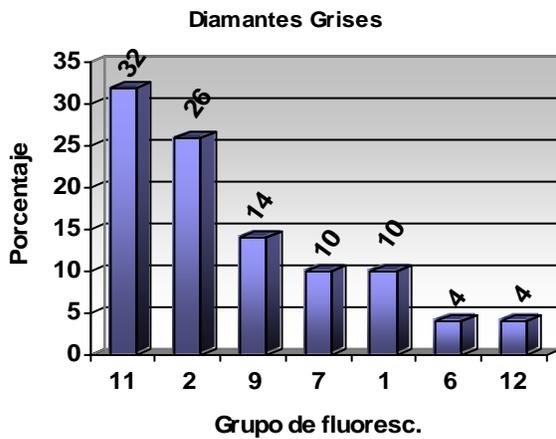
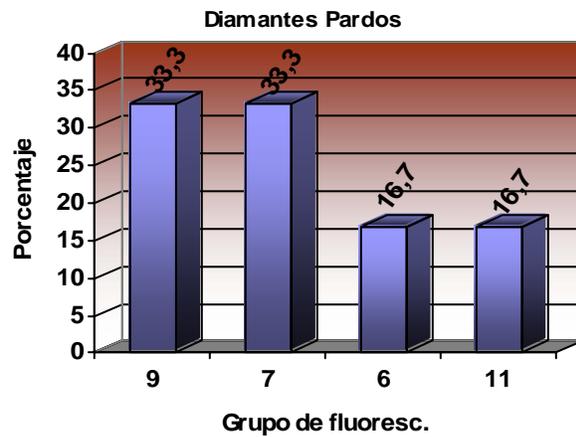
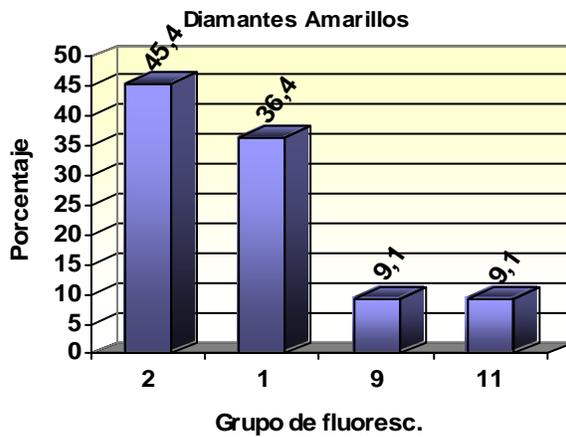
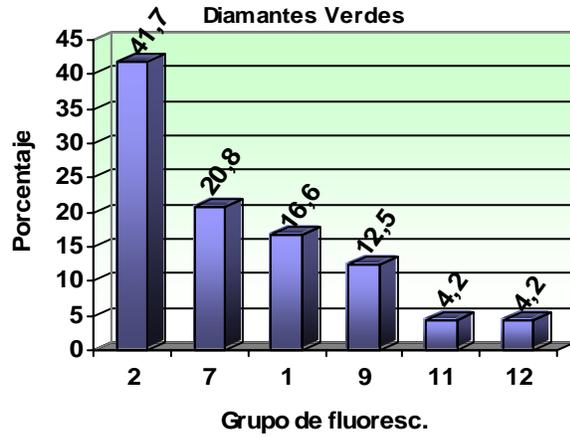
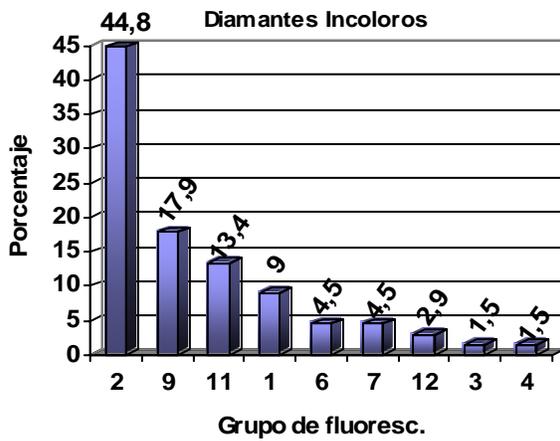
Con relación a los cristales pardos y grises, el comportamiento es similar a los de la variedad cristalina, donde la proporción de fluorescencia débil, representada, en su mayoría, por los grupos 9, 7 y 11, es alta (83,3 y 56% respectivamente).

La fluorescencia amarilla del grupo 6 (fluorescencia fuerte a intermedia), se manifiesta con predominio en los cristales pardos, al igual que en los de la variedad cristalina.

Por último, el número de grupos de fluorescencia en esta variedad es más reducido, al no reportarse casos de los grupos 5, 8 y 10.

Las proporciones de los grupos de fluorescencia por color y de manera general, se resumen en los gráficos de la Fig. 62, siguiente:

Fig. 62. Proporción de grupos de fluorescencia por color y en grupo total.
Variedad bort



Conclusión

En la muestra analizada, el 98,7% de los diamantes mostraron fluorescencia bajo luz UV-C y el 93%, bajo UV-A; mientras que, el porcentaje que no reaccionó fue de sólo un 1,3%.

Los colores de fluorescencia más comunes son el azul, el rosa – lila (incolores y verdes), el verdoso débil y el pardo-amarillo.

No se observa una relación directa entre los colores de los ejemplares con la luminiscencia bajo UV, debido a que los grupos de fluorescencia se manifiestan en todos los ejemplares a pesar de su color. No obstante, los ejemplares incolores, verde y amarillo tienden a evidenciar una fluorescencia fuerte a intermedia, mientras que los pardos y grises, una fluorescencia débil y una mayor incidencia de individuos sin ella.

Esa relación también está manifiesta cuando se comparan las dos variedades: fluorescencia fuerte más común en la variedad cristalina y débil, en la bort.

Lo anterior puede ser consecuencia directa de la presencia de impurezas – mayor porcentaje en volumen en los cristales grises y pardos y en la variedad bort – las cuales, actuarían como una especie de obstáculo para este fenómeno.

Finalmente, la fosforescencia está asociada a aquellos grupos de fluorescencia de fuerte intensidad, principalmente, a la azul y amarilla y, en consecuencia, más común en la variedad cristalina y en los ejemplares incolores, verdes y amarillos.

FLUORESCENCIA



DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE UNA COLECCIÓN DE DIAMANTES DE ALUVIÓN DE LA REGIÓN DE GUANIAMO, EDO. BOLÍVAR.

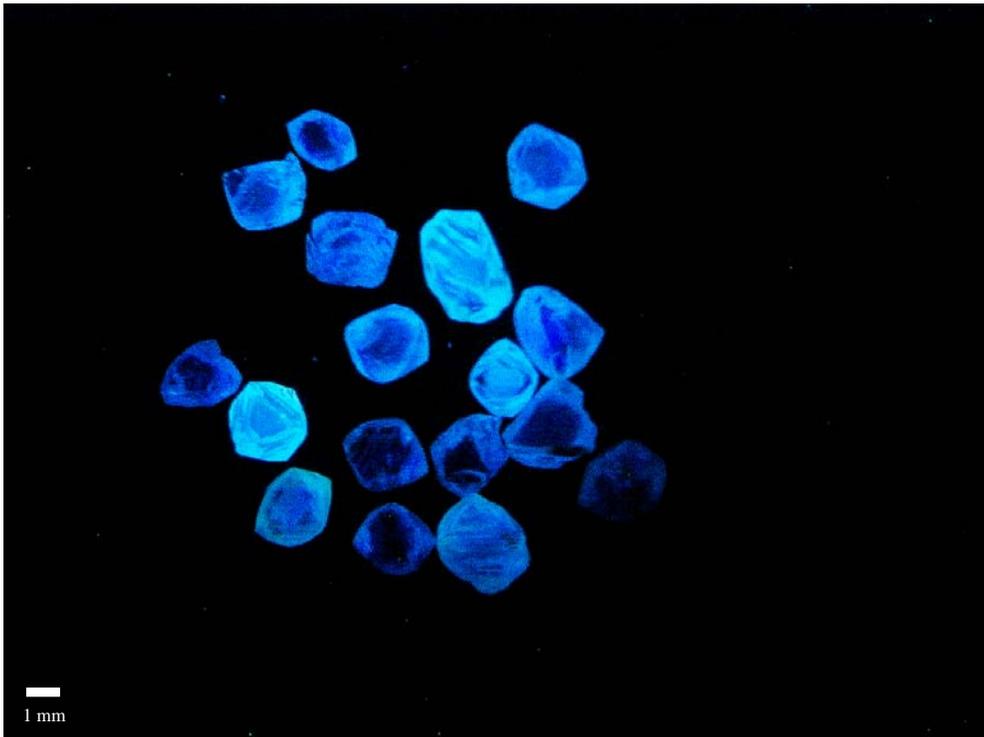


Foto 107 y 108. Ejemplares que muestran la fluorescencia azul del grupo 1. Esta coloración es seguida por una fosforescencia de color verdoso de intensidad débil. El color azul del grupo 2 es similar a éste, pero de menor intensidad (var. cristalina).



Foto 109 y 110. Ejemplares que muestran la fluorescencia azul del grupo 1. Esta coloración es seguida por una fosforescencia de color verdoso de intensidad débil. El color azul del grupo 2 es similar a éste, pero de menor intensidad (var. cristalina).

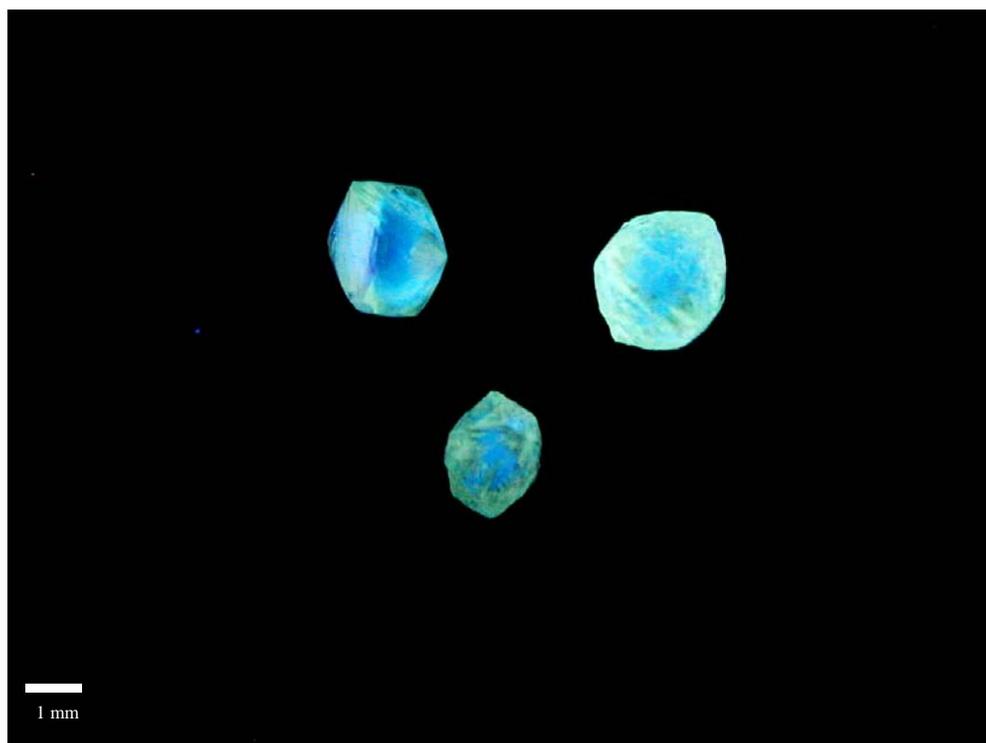


Foto 111 y 112. Ejemplares que muestran la fluorescencia verde-azulado del grupo 3. La visión bajo microscopio muestra que, en algunos casos, es consecuencia de zonas de fluorescencia azul y amarilla en un mismo cristal (var. cristalina).

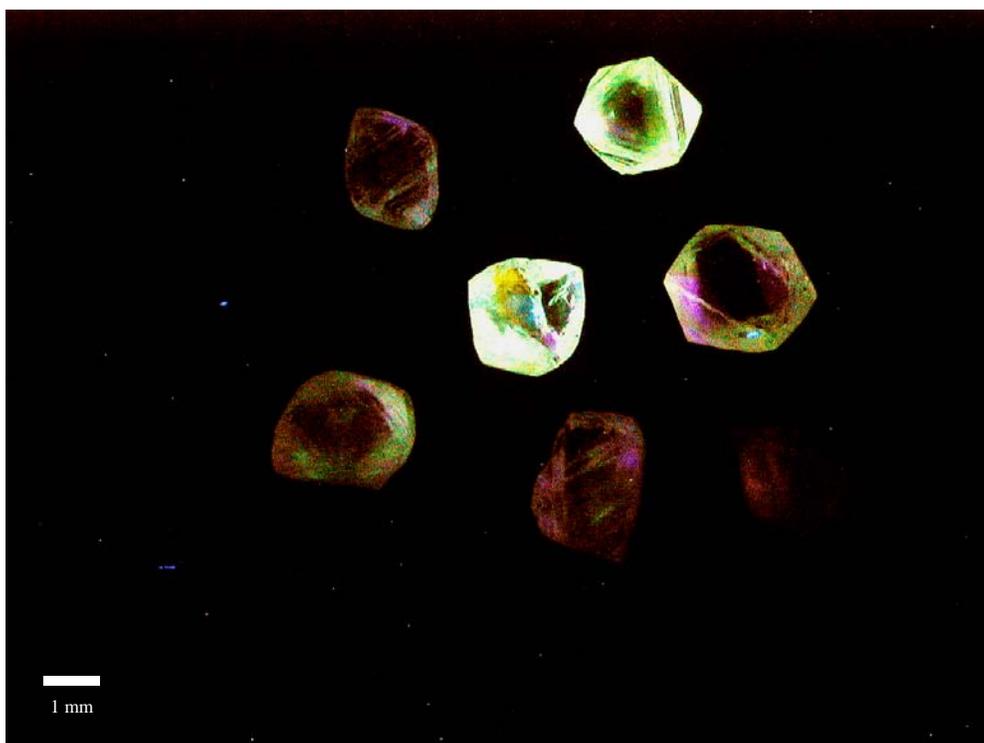


Foto 113 y 114. Ejemplares que muestran la fluorescencia amarilla a amarilla pardusca bajo UV-C, de los grupos 6 y 7 (var. cristalina).

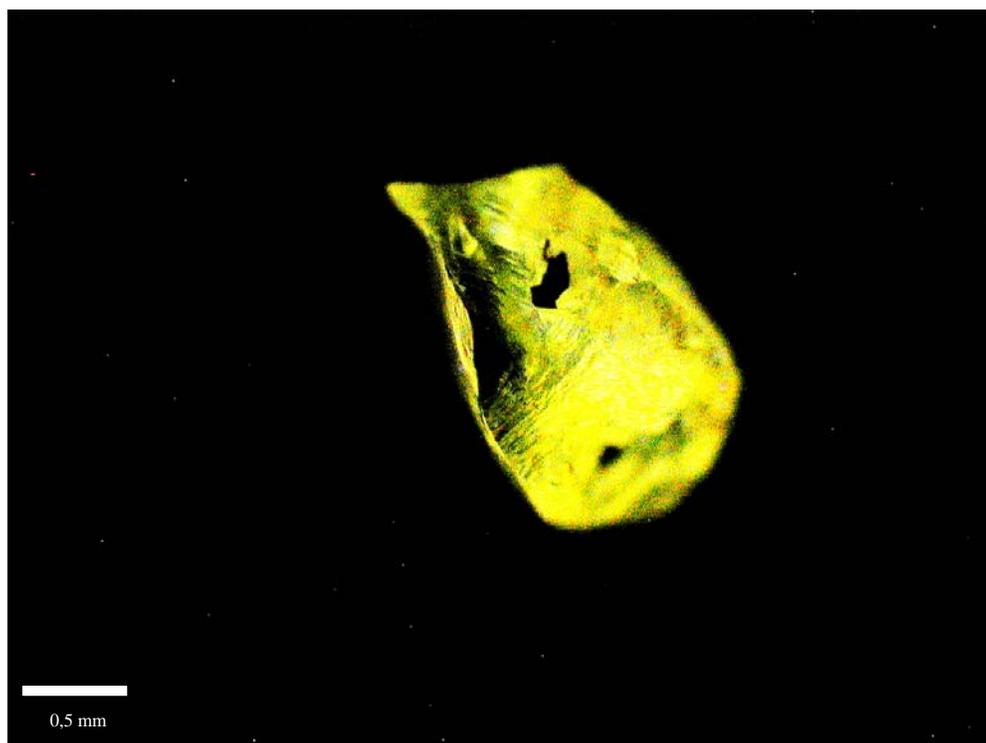


Foto 115 y 116. Ejemplar que muestran la fluorescencia amarilla bajo UV-C, del grupo 6. Es tan intensa, que la fosforescencia posterior es amarilla, muy fuerte y duradera (var. cristalina).



Foto 117 y 118. Ejemplares que muestran la fluorescencia rosa-lila, bajo UV-C, del grupo 8 (var. cristalina).

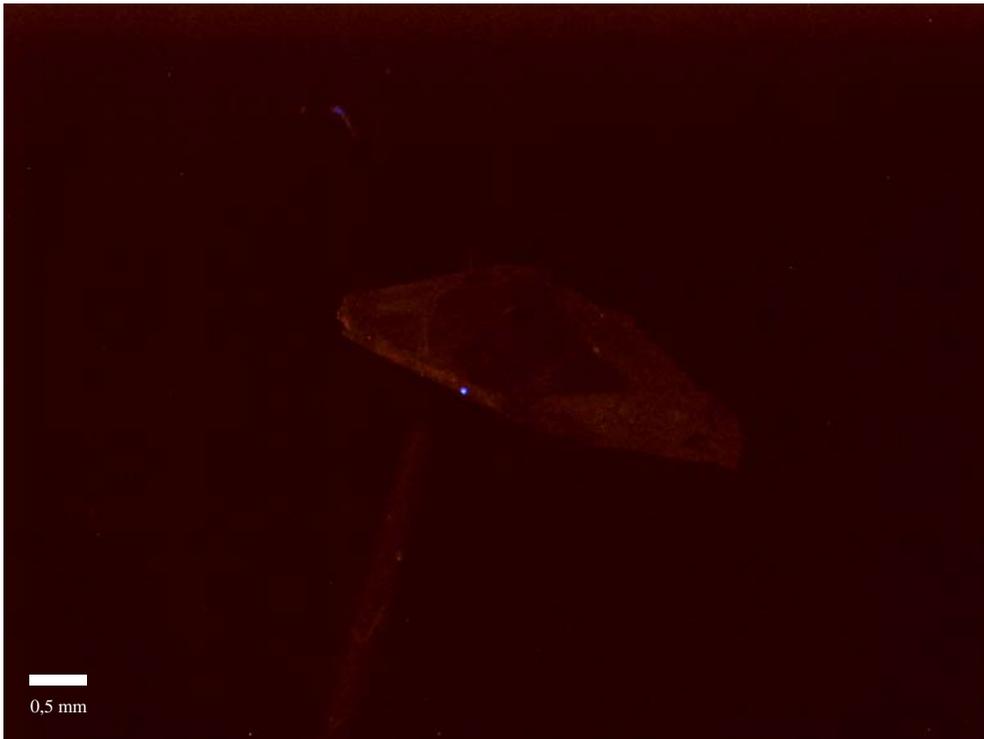


Foto 119 y 120. Ejemplar que muestra la fluorescencia naranja, bajo UV-C, del grupo 10 (var. cristalina).

Conclusiones y recomendaciones

1. A partir de los estudios realizados, se concluye que la tendencia de las características estudiadas de los diamantes de aluvión de la región de Guaniamo, de acuerdo a la muestra analizada, es la siguiente:

1.1. Variedad cristalina

Aspecto	Descripción
Proporción	Alta, alrededor del 85%.
Color	<p>Los ligeramente coloreados (verde, amarillo, pardo y gris), son los más abundantes, seguidos por los incoloros. Los medianamente coloreados (amarillo, pardo, gris y verde), son poco abundantes y muy escasos los de intensa coloración (amarillo, gris, verde y pardo).</p> <p>La saturación de los colores amarillo y verde tiende a ser homogénea en los tonos ligeros y heterogénea, en los intensos; mientras que, en los grises y pardos, escasamente homogénea.</p>
Diafanidad	Principalmente transparentes a translúcidos, asociada al tipo de cara cristalina predominante (octaedro, aspecto transparente y rombododecaedro, translúcido). La presencia de fracturas externas e internas afecta esta propiedad, aumentando la tendencia hacia el translúcido y subtranslúcido.
Hábito	<p>La forma más común es la combinación octaedro-rombododecaedro (alrededor del 70%), con distinto grado de predominio de cada uno de ellos. Le siguen, con menos representatividad, el rombododecaedro, la macla según la Ley de la Espinela, agregados de 2 ó 3 cristales y el octaedro.</p> <p>Los fragmentos de origen incierto son abundantes (alrededor del 20%).</p> <p>El aspecto liso o rugoso depende del predominio de la cara del octaedro (liso) y de la cara del rombododecaedro y de fracturas (rugoso)</p>
Cristalinidad	El carácter euedral es más representativo en los cristales octaédricos, seguidos por los rombododecaedros y la forma combinada O-R. Las maclas y agregados se caracterizan por su elevado carácter subhedral, como indicador de su menor resistencia mecánica.
Aspectos superficiales	<p>Los aspectos superficiales más comunes son las láminas de crecimiento, manchas de óxido y los surcos en canal (tipo I). En segundo lugar se destacan los surcos cóncavos y elípticos sobre las caras (tipo II), las manchas radiogénicas, y los trigones, estos últimos limitados a la cara del octaedro.</p> <p>El crecimiento policéntrico sobre las caras, a pesar de estar presente, no es característico.</p>

Aspecto	Descripción
Impurezas	<p>Se destacan tres tipos de impurezas: inclusiones minerales singenéticas (minerales opacos), manchas de óxido e inclusiones fluidas, donde las dos primeras son las de mayor relevancia.</p> <p>Los ejemplares de alto potencial para calidad gema o cercana a ella (incoloros, verdes y amarillos), se caracterizan por un escaso contenido de impurezas (<1 a 1% en volumen), o bien por la ausencia de éstas (a 50X). Por el contrario, los grises y pardos se caracterizan por un alto contenido.</p> <p>El color gris puede ser causado o afectado en su saturación por la presencia de inclusiones minerales.</p>
Fluorescencia	<p>La mayoría de los ejemplares son fluorescentes, tanto bajo UV-C como UV-A, con el predominio del primero.</p> <p>Los colores más comunes son el azul, el verdoso de intensidad débil, el rosa-lila (ejemplares incoloros y verdes), y el pardo-amarillo.</p> <p>La fosforescencia está asociada a aquellos grupos de fuerte fluorescencia bajo UV-C, en especial, seguida al azul (verde débil), y amarillo (amarilla).</p> <p>Los ejemplares pardos y grises tienden a mostrar una fluorescencia de intensidad débil, motivada, quizás, a la alta proporción de impurezas en estos ejemplares.</p>
Pesos y tamaños	<p>Importante predominio de las fracciones de pequeño tamaño y peso (1 y 4 mm y menor a 25 puntos), muchos de ellos fragmentos de especímenes de mayor tamaño (tendencia con sesgo positivo).</p> <p>Especímenes de peso mayor a 25 puntos son comunes, siendo poco frecuente los que superan el quilate.</p>
Calidades económicas	<p>Los grupos económicos más frecuentes son la calidad gema (talla IV) y, en segundo lugar, la industrial. Los cercanos a gema (industria fina y gruesa), son de menor importancia.</p> <p>Entre los factores que pueden afectar el valor comercial de los diamantes calidad gema y cercana a ella, destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta proporción de coloraciones muy ligeras (verde amarillento y amarillo). • Presencia de manchas de óxido internas, como agente de teñido natural. • Alto carácter subhedral (fracturas y surcos), que disminuyen la perfección de las formas cristalinas • Considerable fracturamiento interno, principalmente en las fracciones de bajo peso. • Alto contenido de impurezas en los ejemplares pardos y el carácter heterogéneo de este color. • Mediana incidencia de manchas verdes radiogénicas (ejemplares incoloros y verdes).

1.2. Variedad *bort*

Aspecto	Descripción
Proporción	Muy baja, alrededor del 15%.
Color	Se destacan los ejemplares incoloros y grises, como los de mayor incidencia. Los ejemplares coloreados (verde, amarillo y pardo), son escasos. Los tonos y las saturaciones de los ejemplares con color se caracterizan por ser más ligeros y heterogéneos que en la variedad cristalina.
Diafanidad	Principalmente translúcido a subtranslúcidos, como consecuencia del carácter irregular de la superficie y a la alta incidencia de fracturas internas de los cristales que constituyen este grupo.
Hábito	Están representados por agregados microcristalinos, múltiples y de aspecto caótico, de aspecto no esférico y los del tipo ballas. Los ejemplares criptocristalinos, están presentes en menor proporción.
Cristalinidad	El carácter subhedral es el más característico, asociado a los agregados policristalinos. El criptocristalino está representado por fragmentos que han perdido toda evidencia de cara cristalina.
Aspectos superficiales	Los aspectos superficiales más comunes son las manchas de óxido, las láminas de crecimiento, los surcos tipo I, seguido por las surcos tipo II y las manchas radiogénicas. La proporción de las láminas de crecimiento y de los trigones es menor que en la variedad cristalina, debido a las imperfecciones de las caras cristalinas de los ejemplares de este grupo. La susceptibilidad de los ejemplares <i>bort</i> a la radiación es igual a la de los de la variedad cristalina, mostrada por la misma proporción de incidencia de manchas radiogénicas para ambas variedades.
Impurezas	Presentan un alto contenido de impurezas, principalmente en los ejemplares pardos y grises, representadas por inclusiones minerales y manchas de óxido. Debido al carácter altamente fracturado de estos ejemplares, las manchas de óxido son más comunes que en la variedad cristalina.
Fluorescencia	La mayoría de los ejemplares son fluorescentes, tanto bajo UVC como UVA, con el predominio del primero y con una mayor presencia de individuos no fluorescentes bajo ambas radiaciones. Se destacan los colores azul, verdoso débil y amarillo. La fluorescencia débil es más común, por tanto, la fosforescencia es poco manifiesta.
Pesos y tamaños	Predominan las fracciones de pequeño tamaño y peso (1 y 2 mm y menor a 25 puntos). Especímenes de peso mayor a 25 puntos son realmente extraños.
Calidades económicas	Por sus características estos ejemplares son de calidad industrial. Sin embargo, el carácter caótico de su estructura, la alta frecuencia de fracturamiento interno y de inclusiones minerales, constituyen factores que le restan resistencia mecánica, al hacerlos más frágiles y, por tanto, menos valiosos.

2. La presencia de especímenes intermedios entre las variedades cristalina y bort permite establecer la siguiente hipótesis: Puede existir una relación genética entre ambas variedades, de tal manera que el desarrollo de una variedad cristalina (fase madura) se produciría a partir de un ejemplar bort (fase inmadura), que actúa como núcleo. Se sugiere, entonces que, en estudios sucesivos relacionados, se incluya la verificación de tal postulado.

3. Finalmente, se recomiendan los siguientes aspectos:

3.1. Analizar muestras de diamantes aluvionales obtenidas directamente en la región de Guaniamo, con la finalidad de obtener valores estadísticamente representativos para los tamaños, pesos y calidades comerciales.

3.2. Evaluar, con un procedimiento igual o similar al empleado en esta obra, muestras de diamantes provenientes de las capas kimberlíticas, a fin de compararlos con los aluvionales, en función a los aspectos estudiados, en especial a los relacionados con el fracturamiento interno.

3.3. Complementar el estudio, mediante el análisis de diamantes de otras regiones del Edo. Bolívar, con un procedimiento igual o similar al aquí aplicado.

Ultílogo

El 27 de julio de 2003, se dieron a conocer los primeros frutos de las investigaciones adelantadas, desde 1999, por la Universidad de Gantes y el Alto Consejo del Diamante (Bélgica), relacionadas con la búsqueda de huellas que permitan correlacionar cada diamante con su yacimiento.

En efecto, los investigadores han determinado las *huellas dactilares* para algunas minas de cuatro localidades: Canadá, Sudáfrica, Botsuana y Rusia. El método se fundamenta en el análisis de las sustancias liberadas por el diamante al ser alcanzado por un rayo láser, siendo posible de aplicar tanto en diamantes en bruto como en ejemplares ya procesados.

A pesar de ello, el punto más problemático para la investigación continua siendo el referido a los diamantes aluvionales, los cuales, pudieron haber sido transportados a grandes distancias desde sus lugares de origen.

Finalmente, solo resta decir que Venezuela, con importantes reservas de diamantes, está obligada a dirigir parte de sus investigaciones científicas hacia esa dirección, a fin de aportar su grano de arena en la solución de un problema de alcance mundial, como lo son los *diamantes del conflicto*, esperándose que este trabajo sirva de apoyo y motivación para esos estudios futuros.

REFERENCIAS

- Añez, G. (1985). *Exploración y evaluación de posibles depósitos diamantíferos en el Distrito Cedeño del estado Bolívar*. Memoria 1, Simposio Amazónico, Boletín de Geología, Publicación Especial 10, Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, 443 – 463.
- Barthelmy, D. (2003). *Diamond*. Mineral database. Disponible en: <http://webmineral.com/data/Diamond.shtml> [consulta: julio, 2003].
- Channer, D., Egorov, A. & Kaminsky, F. (2001). *Geology and structure of the Guaniamo diamantiferous kimberlite sheets, south – west Venezuela*. Revista Brasileña de Geociencias, **31**: 615 – 630.
- _____ & Anderson, P. (2000). *Volcanogenic massive sulphide occurrences and potential in Venezuela, with emphasis on the Guayana shield*. VMS deposits of Latin America, Geological Association of Canada, Publicación Especial 2: 293 – 313.
- _____, Cooper, R. & Kaminsky, F. (1998). *The Guaniamo diamond region, Bolivar state, Venezuela: a new kimberlite province*. 7^{mo} Conferencia Internacional de Kimberlitas, Cape Town, abril 1998, 144 – 146.
- Cockburn, A. (marzo, 2002). *Diamantes, la verdadera historia*. National Geographic en español, **10**(3): 2 – 35.
- Compton, R. (1985). *Geology in the field*. Ed. John Wiley & Sons, Nueva York, 478 p.
- Cox, D. (s/f). *Descriptive model of Diamond Pipes*. Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/bul/b1693/html/bull9fhv.htm> [consulta: julio, 2003].
- Dmitriev, A., Dyatlov, V. & Litasov, K. (1996). *Physical model of kimberlite pipe formation. New constraints from Theory of Non – Homogeneous Physical Vacuum*. Disponible en: <http://www.tmgnow.com/repository/planetary/kimberlite.html> [consulta: julio, 2003].

- Gaudette, H., Hurley, P. & Fairbairn, H. (1977). *U-Pb Zircon ages from the northern Guyana shield, Venezuela*. II Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas, **4**: 3045-3047.
- _____, Mendoza, V., Huerley, P. & Fairbairn, H. (1978). *Geology and age of the Parguaza rapakivi Granite, Venezuela*. Geological Society of America Bulletin, **89**: 1335 – 1340.
- _____, Olszewski, W. (1985a). *Determination of radiometric ages, Amazonas territory, Venezuela*. Memoria I, Simposium Amazónico, Puerto Ayacucho, Boletín de Geología, Publicación Especial 10: 733 – 746.
- _____, Olszewski, W. (1985b). *Determination of radiometric ages, Amazonas territory, Venezuela, and the tectonic evolution of the western Guiana shield*. Geologie en Mijnbouw **64**: 131 – 143.
- Gibbs, A. & Barron, C. (1993). *Geology of the Guiana shield*. Ed. Oxford University Press, 246 p.
- González de Juana, C., de Arozena, I. & Picard, X. (1980) *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Ed. Foninves, Caracas, Tomo I y II, 1031 p.
- Hurley, P., Fairbairn, H., Gaudette, H., Mendoza, V., Martín – Bellizia, C. & Espejo, A. (1977). *Progress report on age dating in the northern Guayana Shield*. Boletín de Geología, Publicación Especial 7: 3035 – 3044.
- Kaminsky, F., Zakharchenko, O. Griffin, W., Channer, D. & Khachatryan – Blinova, G. (2000). *Diamond from the Guaniamo area, Venezuela*. The Canadian Mineralogist, **38**: 1347 – 1370.
- _____, Sablukov, S. & Sablukova, L. (1997). *Results of a petrographic, mineralogical and geochemical study of kimberlites from the Los Indios and Desayuno sills, Guaniamo area, Venezuela*. Reporte para Guaniamo Mining Company.

- Kleim, C. & Hulburt, C. (1993). *Manual of Mineralogy*. 21^a ed., Ed. Wiley, Nueva York, 681 p.
- Mahesh, A. (2003). *Research Projects*. Disponible en: <http://web.utk.edu/~anandm/phd-research.htm> [consulta: julio, 2003].
- Martin-Belliza, C. (1972). *Paleotectónica del Escudo de Guayana*. IX Conferencia Geológica Inter-Guayanas, Ciudad Guayana, Boletín de Geología, Publicación Especial 6, 251 – 305.
- McCandless, G. (1965). *Reconocimiento geológico de la región noroccidental del Estado Bolívar*. Boletín de Geología, Caracas, **7**(13): 19-28.
- Menéndez, V. (1968). *Revisión de la estratigrafía de la Provincia de Pastora según el estudio de la región de Guasipati, Guayana Venezolana*. Boletín de Geología, Caracas, **10**(19): 309 – 338.
- _____ (1972). *Geología de la Región de Guasipati, Guayana Venezolana*. IV Congreso Geológico Venezolano, Boletín de Geología, Publicación Especial 5, 2001 – 2043.
- Mendoza, V. (1972). *Geología del área del Río Suapure, NW del Escudo de Guayana, parte noroccidental del escudo de Guayana, Edo. Bolívar, Venezuela*. IX Conferencia Geológica Inter. – Guayanas, Ciudad Guayana, Boletín de Geología, Publicación Especial 6, 306 – 338.
- Mitura, S. (s/f). *Nanocrystalline Diamonds Coatings for Medicine*. Disponible en: <http://www.p.lodz.pl/HighTech/118.html> [consulta: julio, 2003].
- Moser, D. (1996). *Report on Rb-Sr and U-Pb geochronology of kimberlite sample GL1 and granite sample Guan – I*. Reporte para Guaniamo Mining Company.
- Montgomery, C. (1979). *Uraniun-lead geochronology of the Archean Imataca Series, Venezuelan Guayana Shield*. Contributions to Mineralogy and Petrology, **69**: 167 – 176.

- Mottana, A., Crespi, R. & Liborio, G. (1995). *Guide to Rocks and Minerals*. Ed. Fireside, España, 607 p.
- Nixon, P. (1988). *Diamond source rocks from Venezuela*. *Indiaqua*, **51**: 23-29.
- _____, Davies, G., Rex, D. & Gray, A. (1992). *Venezuela kimberlites*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **50**: 101 – 115.
- _____, Griffin, W., Davies, G. & Condliffe, E. (1995). *Cr garnet indicators in Venezuela kimberlites and their bearing on the evolution of the Guayana craton*. *Kimberlites and related rocks, Brasilia*, **1**: 378 – 380.
- Olmata, M. (1968). *Determinación de edades radiométricas de rocas de Venezuela*. *Boletín de Geología, Caracas*, **10**(19): 340-344.
- Olszewski, W., Gaudette, H. & Mendoza, V. (1977). *R-Sr geochronolgy of the basement rocks, Amazonas territory, Venezuela*. V Congreso Geológico Venezolano, 519 – 526.
- PELL, J. (1998). *Kimberlite – hosted diamonds*. Dominio web de Ministry of Energy & Mines – British Columbia Government. Disponible en: <http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geosurv/MetallicMinerals/MineralDepositProfiles/profiles/n02.htm> [consulta: julio, 2003].
- PELL, J. (1998). *Lamproite – hosted diamonds*. Dominio web de Ministry of Energy & Mines – British Columbia Government. Disponible en: <http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geosurv/MetallicMinerals/MineralDepositProfiles/profiles/n03.htm> [consulta: julio, 2003].
- Ralph, J. (1993 – 2003). *Diamond*. Mindat.org. Disponible en: <http://www.mindat.org/show.php?name=Diamond> [consulta: julio, 2003].
- Reid, A. (1974). *Proposed origin for Guianian diamonds*. *Geology*, **2**: 67 – 68.

- Szczerban, E. & Urbani, F. (1974). *Carsos de Venezuela, Parte 4: Formas cársicas en areniscas Precámbricas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar*. Bol. Soc. Venez. Espel., 5(1): 27-54.
- Sidder, G. & Mendoza, V. (1995). *Geology of Venezuelan Guayana shield and its relation to the geology of the entire Guayana shield*. U.S. Geological Survey Bulletin, 2124: B1 – B41.
- Sienko, M. & Plane, R. (1982). *Química*. 8^{va} ed., Ed. Aguilar, Madrid, 631 p.
- Spalski, C. (2001). *Uso del diamante en la historia*. Revista electrónica Terralia, 21, disponible en: <http://www.terralia.com/revista21/pagina87.asp#INIPAG> [consulta, julio, 2003]
- Stanislaw, M. (1975). *El diamante en Venezuela*. Editorial Arte, Caracas, 129 p.
- S/A (s/f). *Alkaline rocks*. Disponible en: <http://geology.csupomona.edu/drjessey/class/GSC425/Ig-Met17.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *Diamonds 101*. Disponible en: <http://www.shearminerals.com/i/pdf/Diamonds101.pdf> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *Diamond Geology*. De Beers Group. Disponible en: <http://www.debeersgroup.com/exploration/expGeology.asp> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *Geology findings: kimberlites*. Bryson Burke Diamond Corporation. Disponible en: http://brysonburke.com/geology_kimberlites.html [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *Glossary*. Archangel Diamond Corporation. Disponible en: <http://www.archangeldiamond.com/glossary.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *Graphite and diamond – soft and hard*. Versión web del Poster Nobel de la Academia Real Sueca de las Ciencias. Disponible en:

- <http://www.nobel.se/chemistry/educational/poster/1996/greeks.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *History of diamond industry*. Mining India. Disponible en: <http://www.miningindia.com/writeups/798/80.htm> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *Kimberlite emplacement models*. EOS – The University of British Columbia. Disponible en: <http://www.eos.ubc.ca/public/people/faculty/kopylova/intro/emplacement.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *The Most Famous Polished Stones*. Bryson Burke Diamond Corporation. Disponible en: http://brysonburke.com/diamonds_famous_polished.html
- S/A (s/f). *The nature of diamonds*. American Museum of Natural History. Disponible en: <http://www.amnh.org/exhibitions/diamonds/composition.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *World diamond industry*. Republic of Sakha (Yakutia) – Mining and environment. Disponible en: <http://cei.sunderland.ac.uk/sakha/worlddiamond.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *World diamond industry*. GNWT. Disponible en: <http://www.gov.nt.ca/RWED/diamond/world> [consulta: julio, 2003].
- S/A (s/f). *World diamond mining production*. The Diamond Registry. Disponible en: <http://www.diamondregistry.com/world.htm> [consulta: julio, 2003].
- S/A. *Tras las huellas del diamante*. BBCmundo.com, 27/07/2003. Disponible en: http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_3099000/3099115.stm [consulta: agosto 2003].
- S/A. (2001). *Enlaces del carbono*. Curso hipertextual, la química del carbono. Disponible en: <http://www.geocities.com/jojoel99/principal/cec.html> [consulta: julio, 2003].

- S/A (2002): *The properties and determination of diamonds*. Melbourne Diamond Exchange, Ltd. Disponible en: http://www.diamondexchange.com.au/diamond_properties.htm [consulta: julio, 2003].
- S/A (2002): *The genesis of diamonds*. Ashton Mining of Canada, Inc. Disponible en: <http://www.ashton.ca/fundamentals/thegenesis/genesis.html> [consulta: julio, 2003].
- S/A (2002): *Chemistry of diamond*. Disponible en: <http://chemistry.about.com/library/weekly/aa071801a.htm> [consulta: julio, 2003].
- S/A (2002). *La cuchilla de diamante, el corte más fino*. Todo en Domingo, N° 157. Disponible en: <http://www.el-nacional.com/revistas/todoendomingo/todo157/reportaje1.htm> [consulta: julio, 2003].
- Taylor, L. (2001). *Physical and chemical properties of diamonds and their inclusions: Spectroscopic and Stable Isotope Analyses*. Disponible en: <http://web.utk.edu/~pgi/diamond/diamond.html> [consulta: julio, 2003].
- Thompson, R. (2003). *The world of famous diamonds and other famous gems*. Disponible en: <http://famousdiamonds.tripod.com/> [consulta, Julio, 2003].
- Wain, H. (1965). *The story of fluorescence*. Raytech, Middletown, 65 p.
- Wangensteen, O. (2001). *Diamantes: un futuro para la humanidad*. Disponible en: <http://www.cienciadigital.net/septiembre2001/diamantes.html> [consulta: julio, 2003].
- Weisstein, E. (s/f). *Kimberlite*. Disponible en: <http://scienceworld.wolfram.com/chemistry/Kimberlite.html> [consulta: julio, 2003].
- Zawidzki, P., Urbani, F. & Koisar, B. (1976). Preliminary on the geology of the Sarisariñama plateau, Venezuela, and the origin of its caves. Bol. Soc. Venez. Espel., 7(13): 29-37.

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Proporción promedio de elementos químicos en la corteza terrestre	1
2	Propiedades cristalográficas, físicas y químicas del diamante	11 – 12
3	Peso y características de las primeras <i>Estrellas de África</i>	15
4	Otros diamantes famosos por sus historias y colores	16 – 17
5	Cronología de los eventos más significativos de la industria del diamante en Venezuela	21 – 22
6	Producción mundial de diamante (gema e industria), entre los años 1999 y 2001..	23
7	Producción anual de diamante calidad gema, período 1999 – 2001	24
8	Producción anual de diamantes industriales, período 1999 – 2001	25 – 26
9	Tenor de diamante en depósitos kimberlíticos, en distintas minas operadas por De Beers.	30
10	Resumen de los eventos geológicos del Escudo de Guayana, Venezuela.	55
11	Colores observados en diamantes de la variedad cristalina	68
12	Hábitos observados en diamantes de la variedad cristalina	68
13	Aspectos superficiales en diamantes de la variedad cristalina	69
14	Impurezas en diamantes de la variedad cristalina	69
15	Fluorescencia en diamantes de la variedad cristalina	69
16	Colores observados en diamantes de la variedad bort	70
17	Hábitos observados en diamantes de la variedad bort	70
18	Aspectos superficiales en diamantes de la variedad bort	70
19	Impurezas en diamantes de la variedad bort	71
20	Fluorescencia en diamantes de la variedad bort	71
21	Muestras facilitadas por <i>Canteras El Toco C.A.</i>	72
22	Grupos de tamaños usados para la descripción de los ejemplares	73
23	Tipos económicos de diamantes en la región de Guaniamo	74
24	Número de ejemplares por grupo de peso – Variedad cristalina	76
25	Distribución de frecuencia – Especificación de distribución de peso en el intervalo 0,001 – 0,250 q.m. de la tabla 24.	77
26	Número de ejemplares por grupo de tamaño – Variedad cristalina	78
27	Número de ejemplares por grupo de peso – Variedad Bort	79
28	Distribución de frecuencia – Especificación de distribución de peso para el intervalo 0,001 – 0,250 q.m. de la tabla 27.	79
29	Distribución de frecuencia – Tamaño de ejemplares de variedad bort	80
30	Distribución de frecuencia – Clases comerciales	82

Tabla		Pág.
31	Distribución del color atendiendo al tono y matiz – Sin discriminación de variedad	93
32	Escala de pureza para diamantes tallados	155
33	Porcentaje de impurezas (en volumen), en diamantes según el color. Variedad cristalina.	158
34	Porcentaje de ocurrencia de impurezas por tipo y por distribución, en ejemplares con impurezas – Variedad Cristalina.	159
35	Porcentaje de impurezas (en volumen), en diamantes según el color. Variedad bort	160
36	Porcentaje de ocurrencia de impurezas por tipo y por distribución, en ejemplares donde se presentan – Variedad bort	160
37	Porcentaje de afectación del precio de un diamante, causado por una fluorescencia azul.	170 – 171
38	Grupos de fluorescencia identificados en la muestra de diamantes	172

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Localización de las zonas de proveniencia de la muestra estudiada	vii
2	Red tridimensional asociada al diamante	4
3	Estructura planar del grafito	4
4	Mr. Frederick Wells, sosteniendo el diamante Cullinan.	8
5	Diamante Koh-I-Noor.....	14
6	Fotografía de Humberto Fernández Morán, inventor de la cuchilla de diamante... ..	18
7	Grupo de mineros artesanales extrayendo diamantes aluvionales. Zona de El Indio, Guaniamo – Edo. Bolívar.	20
8	Principales localidades diamantíferas del Edo. Bolívar	22
9	Valor de exportación de diamantes tallados por centro de producción (2001)	26
10	Representación de los principales puntos de producción, tallado y comercialización de diamantes en el ámbito mundial.	27
11	Diagrama de fase del carbono	28
12	Zonas arqueanas y proterozoicas del planeta, donde existe la posibilidad de encontrar rocas diamantíferas	30
13	Esquema donde se ilustra la Regla de Clifford.	31
14	Cuerpo Kimberlítico con sus estructuras asociadas	32
15	Representación esquemática de un conducto (pipe), kimberlítico	33
16	Desarrollo de un conducto kimberlítico, según el modelo magmático de fluidización.	35
17	Modelo de Fluidización	36
18	Formación de una kimberlita de acuerdo al modelo de hidrovulcanismo.	37
19	Modelo de formación de una lamproíta, indicando sus tres fases.	39
20	Esquema donde se ilustra la presencia de microdiamantes en rocas metamórficas en zonas de colisión continental.	43
21	Microfotografía que muestra microdiamantes como inclusiones en granates	43
22	Valor de $\delta^{13}\text{C}$ presente en los distintos tipos de diamantes, de acuerdo a sus inclusiones minerales.	45
23	Relaciones geológicas en el Escudo de Guayana venezolana	56
24	Dominios litotectónicos en la región de Guaniamo	59
25	Núcleo de kimberlita fresca	61
26	Núcleo de kimberlita saprolitizada	62
27	Núcleo de niveles de kimberlita silicificada	63
28	Kimberlita lateritizada	63

Figura		Pág.
29	Sección geológica esquemática de los mantos kimberlíticos de la región de Guaniamo	65
30	Proporción de las variedades mineralógicas identificadas en la muestra.	75
31	Proporción de grupos de peso. Variedad cristalina.	77
32	Distribución de ejemplares por grupo de tamaño. Variedad cristalina.	78
33	Distribución de ejemplares por grupo de tamaño. Variedad bort	80
34	Proporción de calidades comerciales. Muestra total	82
35	Proporción de calidades comerciales. Diamantes variedad cristalina	83
36	Proporción de diamantes industriales por variedad mineralógica.....	84
37	Gradación de color de la G.I.A. para diamantes tallados	86
38	Distribución de colores. Variedad cristalina.	87
39	Distribución porcentual del tono por matiz. Variedad cristalina.	88
40	Distribución porcentual de la saturación por matiz. Variedad cristalina.	89
41	Distribución de colores. Variedad bort.	90
42	Distribución porcentual del tono por matiz. Variedad bort.	91
43	Distribución porcentual de la saturación por matiz. Variedad bort	91
44	Distribución de colores sin discriminación de variedad	92
45	Distribución porcentual del tono por matiz. Sin discriminación de variedad	92
46	Distribución porcentual de la saturación por matiz. Sin discriminación de variedad.	93
47	Diafanidad en diamantes. Variedad cristalina	103
48	Diafanidad en diamantes. Variedad bort	104
49	Hábitos detectados en diamantes de la variedad cristalina	112
50	Porcentaje de fragmentos por tipo de hábito. Variedad cristalina	113
51	Cristalinidad por tipo de hábito. Variedad cristalina	114
52	Aspecto superficial general por hábito. Variedad cristalina	115
53	Hábitos detectados en diamantes de variedad bort	116
54	Cristalinidad por tipo de hábito. Variedad bort	117
55	Aspecto superficial general por hábito. Variedad bort	117
56	Porcentaje de fragmentos por tipo de hábito. Variedad bort.	118
57	Porcentaje de ocurrencia de aspectos superficiales. Variedad cristalina.	136
58	Porcentaje de ocurrencia de aspectos superficiales. Variedad bort.	137
59	Porcentaje de ocurrencia de aspectos superficiales sin discriminación de variedad.	138
60	Diagramas para la estimación de porcentajes de un componente por volumen.	156

Figura		Pág.
61	Proporción de grupos de fluorescencia por color y en grupo total. Variedad cristalina.	174
62	Proporción de grupos de fluorescencia por color y en grupo total. Variedad bort..	176

LISTA DE MICROFOTOGRAFÍAS

Foto		Pág.
1	Conjunto de diamantes incoloros (var. cristalina)	96
2	Conjunto de diamantes verdes de tono ligero (var. cristalina)	96
3	Diamantes de color verde (var. cristalina)	97
4	Diamantes de color verde (var. cristalina)	97
5	Conjunto de diamantes de color verde (var. cristalina)	97
6	Diamantes de color amarillo ligero (var. cristalina)	98
7	Diamantes de color amarillo medio (var. cristalina)	98
8	Diamantes de color amarillo intenso (var. cristalina)	98
9	Diamantes de color amarillo (var. cristalina)	99
10	Diamantes de color pardo o castaño (var. cristalina)	99
11	Diamantes de color gris (var. cristalina)	99
12	Conjunto de diamantes incoloros (var. bort)	100
13	Conjunto de diamantes verdes de distintos tonos: ligero y medio (var. bort)	100
14	Diamantes de color pardo (var. bort)	100
15	Diamante de color amarillo ligero (var. bort)	101
16	Conjunto de diamantes grises (var. bort)	101
17	Metodología base para la determinación de la diafanidad	107
18	Cristal transparente	107
19	Cristal subtransparente	107
20	Cristal translucido	108
21	Conjunto de cristales romboédricos, que muestran su carácter translucido típico.	108
22	Macla según la Ley de la Espinela, típicamente subtransparente	108
23	Macla según la Ley de la Espinela, translúcida	109
24	Macla según la Ley de la Espinela, translúcida	109
25	Ejemplar de la var. bort, subtranslucido	109
26	Conjunto de cristales de la forma combinada octaedro-rombododecaedro (O-R)	120
27	Cristal O-R, con más detalle	120
28	Fragmentos de cristales O-R	120
29	Conjunto de fragmentos de origen no identificables	121
30	Fragmento de origen no identificable	121
31	Conjunto de diamantes rombododecaédricos	122
32	Cristal rombododecaédrico	122
33	Fragmentos de cristales rombododecaédricos	122
34	Conjunto de cristales rombododecaédricos	123

Foto		Pág.
35	Cristal rombododecaédrico.	123
36	Conjuntos de cristales maclados, según la Ley de la Espinela.	124
37	Tres diamantes con hábito de macla.	124
38	Cristal maclado, donde observa la traza del plano de macla	125
39	Fragmentos de diamantes maclados.	125
40	Grupo de agregados.	126
41	Detalle de un agregado de dos cristales de diamantes O-R, interpenetrados.	126
42	Conjunto de diamantes octaédricos.	127
43	Diamante octaédrico.	127
44	Fragmento de diamante octaédrico.	127
45	Conjunto de diamantes de la variedad bort.	128
46	Agregado microcristalino múltiple (policristalino).	128
47	Fragmento de un agregado microcristalino múltiple (policristalino).	128
48	Conjunto de ejemplares bort, tipo ballas.	129
49	Diamante tipo ballas.	129
50	Fragmentos de diamantes sin caras cristalinas (criptocristalinos).	129
51 y 52	Muestra de un ejemplar intermedio entre las variedades cristalina y bort.	130
53 y 54	Otro ejemplo de un ejemplar intermedio entre las variedades cristalina y bort.	131
55	Conjunto de cristales donde predomina el aspecto liso	132
56	Conjunto de cristales donde predomina el aspecto liso-rugoso.	132
57	Conjunto de cristales donde predomina el aspecto rugoso.	133
58	Cristal rombododecaedro, cuyas caras aparecen finamente rugosas.	133
59	Cristal donde se muestran las laminillas de crecimiento.	140
60	Cristal maclado, donde su cara principal muestra una serie de láminas de crecimiento.	140
61	Ejemplar tipo ballas, donde también se destacan las láminas de crecimiento.	140
62	Conjuntos de cristales con manchas superficiales de óxido (var. cristalina).	141
63	Cristal con manchas superficiales de óxido (var. cristalina).	141
64	Grupo de cristales con manchas superficiales de óxido (var. bort).	141
65	Cristal donde se muestran surcos en canal en su etapa inicial (var. cristalina).	142
66	Cristal donde se muestran surcos en canal en una etapa más avanzada (var. cristalina).	142
67	Cristal donde se muestran surcos en canal en distintas etapas, asociadas a planos de exfoliación (var. cristalina).	143
68	Surcos Tipo I (en canal), en un ejemplar microcristalino (var. bort).	143
69	Estrías Tipo II sobre las caras de un cristal (var. cristalina).	144

Foto		Pág.
70	Estría Tipo II sobre las caras de un cristal (var. cristalina).	144
71	Estría Tipo I y II sobre las caras de un cristal (var. cristalina).	145
72	Estría Tipo II (var. bort).	145
73	Conjunto de cristales incoloros con manchas radiogénicas superficiales de color verde intenso (var. cristalina).	146
74	Cristal incoloro con manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	146
75	Cristal incoloro con una mayor incidencia de manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	146
76	Conjuntos de cristales verdes con manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	147
77	Conjuntos de cristales verdes, de tono ligero, con manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	147
78	Cristal verde de tono medio, con manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	148
79	Cristal verde, de tono intenso, con manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	148
80	Fragmento de cristal verde de tono ligero, con una elevada densidad de manchas radiogénicas superficiales (var. cristalina).	148
81	Manchas radiogénicas sobre las caras de un cristal amarillo de tono medio (var. cristalina).	149
82	Manchas radiogénicas sobre las caras de un cristal pardo (var. cristalina).	149
83	Manchas radiogénicas sobre las caras de un agregado policristalino incoloro (var. bort).	149
84	Figura de corrosión (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal (var. cristalina)..	150
85	Figura de corrosión (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal (var. cristalina)..	150
86	Figura de corrosión compuesta (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal (var. cristalina).	151
87	Figura de corrosión (trigón), sobre la cara octaédrica de un cristal, con una baja densidad de incidencia (var. cristalina).	151
88	Figuras de corrosión (trigones) sobre la cara octaédrica de un cristal maclado (var. cristalina).	151
89	Figuras de corrosión (trigones), en un cristal maclado (var. cristalina).	152
90	Figuras de corrosión (trigones), sobre la cara octaédrica de un cristal (var. cristalina).	152
91	Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un cristal O-R (var. cristalina).	153

Foto		Pág.
92	Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un cristal O-R (var. cristalina).	153
93	Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un cristal O-R, con un alto grado de desarrollo (var. cristalina).	154
94	Crecimiento policéntrico (en bloque), sobre las caras de un agregado de dos cristales O-R (var. cristalina).	154
95	Inclusiones minerales dentro de un cristal (var. cristalina).	164
96	Inclusiones minerales dentro de un cristal (var. cristalina).	164
97	Vista inferior del cristal de la foto anterior (var. cristalina).	165
98	Cristal con un alto contenido de inclusiones minerales (var. cristalina).	165
99	(Exposición de impurezas – var. cristalina).	166
100	Otro ejemplo de exposición de impurezas, asociado a superficies de fractura (var. cristalina).	166
101	Manchas de óxido que alcanzan el interior de un cristal, a través de fracturas internas (var. cristalina).	167
102	Cristal de un color amarillo, con saturación heterogénea, producto de la presencia de manchas de óxido internas (var. cristalina).	167
103	Cristal incoloro con inclusiones de manchas de óxido, sin alteración del color del ejemplar (var. cristalina).	167
104	Posible inclusión fluida, de forma oval (var. cristalina).	168
105	Posibles inclusiones fluidas en un cristal (var. cristalina).	168
106	Posible inclusión fluida en un cristal (var. cristalina).	168
107 y 108	Ejemplares que muestran la fluorescencia azul del grupo 1 (var. cristalina).	179
109 y 110	Ejemplares que muestran la fluorescencia azul del grupo 1 (var. cristalina).	180
111 y 112	Ejemplares que muestran la fluorescencia verde-azulado del grupo 3 (var. cristalina).	181
113 y 114	Ejemplares que muestran la fluorescencia amarilla a amarilla pardusca bajo UV-C, de los grupos 6 y 7 (var. cristalina).	182
115 y 116	Ejemplar que muestran la fluorescencia amarilla bajo UV-C, del grupo 6 (var. cristalina).	183
117 y 118	Ejemplares que muestran la fluorescencia rosa-lila, bajo UV-C, del grupo 8 (var. cristalina).	184
119 y 120	Ejemplar que muestra la fluorescencia naranja, bajo UV-C, del grupo 10 (var. cristalina).	185