



# El diamant: passat, present i futur

En col·laboració amb la Comissió Nacional Andorrana per a la UNESCO en l'Any Internacional de la Cristal·lografia

- 25 de febrer del 2014 a les 20.00 h
- Sala d'actes del Centre Cultural La Llacuna, Andorra la Vella

## Joaquim M. Nogués i Carulla

Doctor en geologia, gemmòleg i especialista en diamant, professor titular de Cristal·lografia i Mineralogia a la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona, i director de l'Escola de Gemmologia de la Universitat de Barcelona



## ▲ Currículum

Doctor en Geologia i professor titular de Cristal·lografia i Mineralogia a la facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona.

Professor de l'Escola de Gemmologia, de la Universitat de Barcelona, des de l'any 1972. L'escola es va crear l'any 1971.

Director de l'Escola de Gemmologia del 1985 al 1992. Vicedirector i cap d'estudis del juliol del 2001 al 2007. Actualment és el director de l'escola, des del 2007.

Vicedegà de la facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona, de l'any 1993 al 1999.

Vicepresident de la Federació Europea d'Escoles de Gemmologia (FEEG) de l'any 1994 al 1999.

President de la Federació Europea d'Escoles de Gemmologia (FEEG) de l'any 1999 al 2005. N'ha estat un dels principals impulsors.

Participa des de l'any 1999 en les Aules Universitàries per a la Gent Gran (AUGG). Hi imparteix xerrades de temes gemmològics i geològics.

Ha participat en nombroses escoles d'estiu del Col·legi de Doctors i Llicenciats de Catalunya, sobre l'ensenyament de la cristal·lografia, la mineralogia i la geologia, dirigides a professors d'ensenyament secundari.

Autor d'un diccionari de gemmologia en català, amb equivalències en castellà, francès, anglès, alemany i italià. Publicat per Edicions de la Universitat de Barcelona i el Termcat (1999).

Col·laborador del *Diccionari de geologia*, dirigit pel Dr. Oriol Riba Arderiu. Publicat per Edicions 62 (1997).

Coautor amb Teresa M. Correig dels articles de Cristal·lografia i Mineralogia de la *Gran Enciclopèdia Catalana*.

Col·labora habitualment amb el grup de treball de Materials i Gestió Ambiental (Matga) del departament de Cristal·lografia i Mineralogia de la facultat de Geologia, on desenvolupa la seva tasca de recerca.

Autor del llibre *Pedres precioses. Introducció al món de les gemmes*, publicat per Edicions Cossetània el novembre del 2013.

El diamant és un mineral natural que és molt conegut com a element ornamental des de l'antiguitat i constitueix un mercat molt important i d'un gran valor afegit des d'aquest punt de vista. A més a més, gràcies a les seves propietats físiques excepcionals, és també un element indispensable en certes aplicacions tecnològiques. Per conèixer-ne millor l'origen, la naturalesa i el futur, farem un breu passeig pel seu passat, n'examinarem el present i donarem pistes sobre el seu futur. La presentació està dividida en cinc apartats.



Figura 1. Cristalls octaèdrics de diamant qualitat gemma

## 1. Composició química i estructura

### *Estructura cristal·lina*

El diamant des d'un punt de vista composicional és un element químic, això vol dir que està format exclusivament d'àtoms de carboni en el seu estat més pur. Aquests àtoms de carboni estan enllaçats els uns amb els altres a través d'un enllaç covalent, que és un dels enllaços més forts en química, i forma des d'un punt de vista estructural una gran macromolècula en què cada àtom de carboni està enllaçat amb els altres quatre propers i forma una distribució tetraèdrica que es repeteix en les tres direccions de l'espai. Aquesta distribució i enllaç químic li confereixen les propietats físiques tan destacades, de les quals la més coneguda és la duresa. Existeix

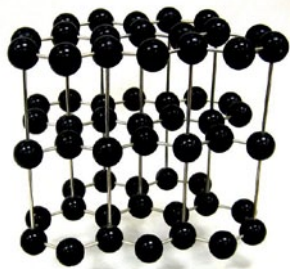


Figura 2. Estructura cristal·lina del grafit

en la naturalesa una altra forma de distribució dels àtoms de carboni, que és en forma d'hexàgons situats en un pla i enllaçats covalentment, i entre els diferents plans a través d'un enllaç químic residual anomenat de Van der Waals. En aquest cas l'enllaç és molt fort a dins de cada capa i fluïx entre capes; aquesta és l'estructura que anomenem grafit. Les dues estructures minerals constitueixen el que anomenem un cas de polimorfisme; això és, la mateixa composició química i diferent distribució espacial dels àtoms. Que tinguem una estructura o una altra depèn de les condicions termodinàmiques en el moment de la formació del mineral. En el cas del diamant, alta pressió i alta temperatura; i en el cas del grafit, baixa temperatura i alta pressió.

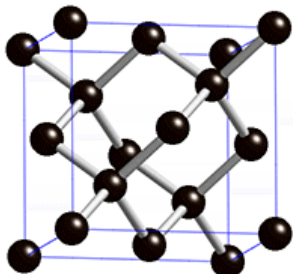


Figura 3. Estructura cristal·lina del diamant

Els àtoms en qualsevol substància cristal·lina s'ordenen de manera que ocupin l'espai de la millor manera possible d'acord amb la grandària d'aquests àtoms i les característiques químiques de l'enllaç, per tal que l'energia dels cristalls que en resultin sigui mínima. Aquest és un principi que s'aplica a qualsevol substància cristal·lina i com a resultat els cristalls presenten una determinada distribució simètrica, que originen formes geomètriques que poden ser més o menys perfectes en funció de tres paràmetres: espai per poder-se desenvolupar, temps per poder-ho

fer amb tranquil·litat i sense presses, i repòs per evitar les interferències exteriors. Quan un cristall creix ho fa a partir de milions d'àtoms o molècules i la possibilitat que es produeixin defectes en aquest procés és elevada. En el cas del diamant sovint alguns dels àtoms de carboni són substituïts per altres àtoms, especialment de nitrogen i de bor. Si ens fixem en la taula periòdica dels



Figura 4. Cristalls octaèdrics de diamant qualitat gemma



Figura 5. Cristalls cúbics de diamant qualitat industrial

elements químics, veurem que l'àtom de bor és l'anterior al carboni en aquesta taula i el nitrogen el que el segueix. La conclusió és clara: la similitud de grandària i característiques químiques faciliten aquestes substitucions. La més freqüent és la del nitrogen.

D'aquests defectes en diem defectes puntuals i són molt importants a l'hora de caracteritzar els diferents tipus de cristalls de diamant.

### **Formes cristal·lines**

Per l'especial distribució dels àtoms, les formes geomètriques dels cristalls de diamant presenten una simetria que pertany al sistema cúbic. La forma geomètrica més abundant és la de l'octàedre, que és una forma amb vuit cares de triangles equilàters i que es presenta en més del 95% dels casos. També pot presentar la forma de cub i la de rombododecàedre, és a dir dotze cares en forma de rombe. Totes aquestes formes geomètriques naturals no són perfectes i les de més bona qualitat constitueixen el que en el mercat s'anomena diamant gemma. De tots els diamants que s'extrauen al món, de mitjana un 80% és de qualitat industrial i només un 20% de qualitat gemma. També depèn de cada mina; n'hi ha en què pràcticament tot és industrial i d'altres on domina la qualitat gemma.

Convé remarcar que la forma geomètrica dels cristalls ha condicionat l'estil de talla que s'aplica per a cadascun. Així doncs no és estrany que la talla brillant, la més utilitzada en el diamant, derivi de la forma octaèdrica dels cristalls de diamant, que és majoritària. La major part de diamants que trobem al mercat presenten la talla brillant, però es poden fer també altres tipus de talla. L'objectiu del tallador en dissenyar un tipus de talla és doble: d'una banda, destacar les propietats òptiques i de l'altra, aprofitar al màxim el material en brut, ja que els cristalls naturals de qualitat gemma són excepcionals i per tant la seva compra implica una despesa econòmica important. De totes maneres, el valor afegit d'un diamant en talla brillant prové sobretot de la feina durant la talla. Quan parlem hem de dir que tenim un diamant en talla brillant i no un brillant ja que aquest últim terme es refereix només al tipus de talla.

### **Propietats físiques**

La propietat més destacada i per la qual s'utilitza més en els processos industrials és la duresa. És el material més dur conegut i per ara encara no ha estat superat per cap altre. És cert que

es fan recerques per trobar materials sintètics tant o més durs que el diamant perquè durant el seu ús com a eina de tall o abrasiu s'escalfa i té tendència a combinar-se amb altres elements químics i formar carburs que no són tan durs. L'escala de duresa més coneguda és l'escala de Mons, en la qual el diamant ocupa la màxima posició, el número 10. De totes maneres l'escala no és lineal i per tant el diamant és cinc vegades més dur que el seu predecessor en l'esmentada escala, el corindó. La duresa en un cristall de diamant no és igual en totes les direccions i per això podem tallar el diamant amb la mateixa pols del diamant, ja que existeixen direccions més dures i altres de més toves.

Les propietats òptiques són també excepcionals, començant pel seu índex de refracció (2,417), que fa que presenti una reflectivitat molt bona, ja que com més gran és l'índex de refracció més quantitat de llum reflectida tenim. Segueix el coeficient de dispersió (0,044), que és la capacitat de separar les diferents longituds d'ona de l'espectre visible i que com a resultat presenta un joc de colors que els professionals de la joieria anomenen foc. Aquest fenomen el podem apreciar en les vores d'un vidre tallat en bisell. La seva transparència òptica és excel·lent, ja que deixa passar des de la radiació ultraviolada fins als raigs X passant pel visible i l'infraroig. Això li atorga una aplicació com a finestra, especialment en els vehicles espacials i en certs equipaments on intervé qualsevol tipus de radiació de l'espectre electromagnètic.

Per acabar aquest apartat citarem la baixa expansió tèrmica, que el fa indispensable per a usos en els quals s'han de suportar canvis tèrmics notables. En aquests casos el factor dilatació-contracció és molt important. La inèrcia química i la seva tenacitat fan que sigui útil en molts camps específics com ara la medicina i algunes aplicacions de recerca d'altres pressions.

## 2. Context geològic del diamant

### *Diagrama de fases*

Tenint en compte el diagrama de fases del diamant veiem que entre l'interval de temperatura de 1.000 a 2.000 °C i pressions d'entre 50.000 i 100.000 atmosferes trobem les condicions ideals per a la formació del diamant. Aquestes condicions a la Terra es produeixen a una profunditat mitjana de 160 km. A nosaltres aquesta distància ens pot semblar molt poca cosa, ja que 160 km en horitzontal no és una gran distància, però en vertical en direcció al centre de la Terra és molt. Pensem que en les prospeccions dels pous de petroli la profunditat és d'uns 3.000 a 5.000 m, que de fet són només 3 i 5 km, i la perforació més profunda que s'ha fet fins ara ha estat d'uns 15 km i per a finalitats de recerca. Alguns autors creuen que els cristalls de diamant es podrien haver format a més profunditat.



Figura 6. Jaciment primari de diamant. Mina Udachnaya (Rússia)



Figura 7. Jaciment secundari al·luvial. Sierra Leone (Àfrica)

### ***Roques mare del diamant***

El context geològic en què es desenvolupen els cristalls de diamant correspon al que en geologia anomenem el mantell superior, que està per sota de l'escorça terrestre. En aquest ambient tenim un conjunt de roques ígnies, les característiques de les quals són tenir una textura cristal·lina, que vol dir que tots els minerals de la roca estan cristal·litzats i en contacte els uns amb els altres. Si fem un paral·lelisme amb el món del petroli podem anomenar aquestes roques roques mare, perquè és en aquest context on es formen els cristalls del diamant. Les més importants són les eclogites, peridotites, harzburgites i lherzolites. Totes són de colors foscos i tons entre el verd i el blau. Des de la profunditat de 160 km, aquestes roques emprenen un llarg viatge que dura molts milions d'anys fins a arribar prop de la superfície terrestre. La Terra és dinàmica, però a una escala de temps geològic, la unitat del qual és el milió d'anys.

### ***Roques magatzem del diamant***

Seguint amb el model del món del petroli, allí on el trobem s'anomena roques magatzem, ja que ha migrat des del lloc de la formació fins on el trobem. En el cas del diamant, quan les roques mare són a prop de la superfície acaben sortint a l'exterior a través d'un procés volcànic anomenat magmatofreàtic, que és molt violent. D'acord amb aquest model, les roques són arrossegades a l'exterior i formen un tipus de roca volcànica detrítica, en la qual podem trobar fragments pràcticament sense modificar i d'un volum equivalent a un metre cúbic o més. Aquestes roques constitueixen els jaciments primaris del diamant, i són principalment la kimberlita i la lamproïta. D'acord amb el procés volcànic que els ha originat, els jaciments presenten una forma d'embut o pastanaga que s'endinsa a l'interior de l'escorça terrestre. Els jaciments primaris de diamant es van descobrir per primera vegada a Sud-àfrica l'any 1870 i el nom de kimberlita prové de la ciutat de Kimberley.

### ***Jaciments primaris***

La descoberta el 1870 dels jaciments primaris del diamant a Sud-àfrica és una etapa molt important en la història d'aquest mineral, perquè permet estudiar quines són les característiques geològiques on es troben els diamants i dona les pistes per poder començar a fer les prospeccions geològiques en altres països. En menys d'un segle (1870–1970) ja s'havien fet prospeccions a escala mundial i es coneixien pràcticament quasi tots els principals jaciments primaris. L'explotació dels jaciments primaris es fa primer a cel obert i després en galeria subterrània. Aquestes són les tècniques que s'utilitzen habitualment per explotar qualsevol jaciment mineral. Tots els jaciments primaris han estat poc o molt erosionats i per tant una part important dels diamants han anat a parar als jaciments secundaris.

### ***Jaciments secundaris***

Els jaciments secundaris es formen a partir de l'erosió dels jaciments primaris. El factor d'erosió més important és l'aigua de la pluja que cau constantment durant l'any amb més o menys regularitat. Aquesta aigua altera la roca magatzem del diamant, kimberlita o lamproïta, i els minerals que formen la roca queden lliures entre ells el diamant i a continuació segueixen el seu camí arrossegats per l'aigua, que els acaba portant a rius i finalment al mar. Els diferents tipus de jaciments secundaris són:

- a. Dipòsits al·luvials, que són un conjunt de sediments dispersos per una àrea amb un cert pendent i que al final acabarà portant tots aquests sediments al riu.
- b. Dipòsits de plaçer, que són un conjunt de sediments que es concentren a les zones del riu on l'aigua perd força. En aquests placers es poden trobar diferents tipus de minerals de densitat elevada i que precipiten per gravetat.
- c. Dipòsits de platja, que són un conjunt de sediments a la vora del mar i que redistribuïts per l'acció d'aquest formen les platges. Moltes d'aquestes platges són platges fòssils. Cal per tant explotar els sediments inferiors que en part ja estan mitificats.
- d. Dipòsits de plataforma continental, que són un conjunt de sediments que es troben a dins de l'aigua del mar fins a una profunditat de 200 m, que és la que defineix aquesta zona. Aquests sediments estan poc cohesionats i s'exploten mitjançant vaixells ancorats a prop de la costa. Aquests vaixells són autèntiques factories on se separa el diamant dels altres minerals.

En general l'explotació dels jaciments secundaris en les seves diferents versions no és complicada ja que els sediments encara no estan litificats o en tot cas molt poc. Això facilita l'extracció, que pot ser artesanal a través de garbells, o bé més industrial amb màquines que separen el diamant dels seus acompanyants. Alguns d'aquests jaciments secundaris tenen un percentatge de diamant gemma molt elevat, ja que és la mateixa naturalesa la que ha fet el procés de selecció. Un exemple notable és el cas de Namíbia, amb l'explotació de jaciments de plataforma continental.

### ***Edat geològica del diamant***

Quan parlem de l'antiguitat del diamant des d'un punt de vista geològic cal distingir entre l'edat dels cristalls de diamant, és a dir quan es van formar, i l'edat dels jaciments primaris, que és on trobem els cristalls de diamant. Tots els treballs de recerca fets fins ara en relació amb la datació geològica dels cristalls de diamant els situen en un interval d'entre 900 i 3.000 milions d'anys d'antiguitat. Aquestes dades confirmen el diamant com un dels minerals més antics i que s'ha format abans del període geològic més conegut, que són els últims 570 milions d'anys. Recordem que la unitat de temps en geologia és el milió d'anys. Si fem un exercici matemàtic molt senzill, que és dividir l'edat mitjana dels cristalls de diamant (2.100 milions d'anys) per la profunditat mitjana on s'ha format (160 km) obtindrem que per desplaçar-se 1 cm necessiten 131 anys. Això és una velocitat molt lenta però no és zero, per tant la Terra és dinàmica. A nosaltres ens costa molt entendre aquest problema perquè només vivim com a molt un segle i no podem apreciar directament aquests canvis.

En canvi, els jaciments primaris del diamant són molt més joves. La gran majoria pertanyen al final del període cretàci i això representa una antiguitat des del punt de vista geològic d'uns 60-65 milions d'anys. És evident doncs que des de la formació del cristall fins que apareix a la superfície de l'escorça terrestre el temps transcorregut és molt gran i per tant els cristalls durant aquest període poden presentar modificacions.

### ***Principals països productors***

En aquest moment els principals països productors estan encapçalats per Rússia, Sud-àfrica, Botswana, el Congo, Angola, Austràlia i el Canadà. La producció de Sud-àfrica es manté

bastant estable i amb una lleugera tendència a l'alça. Rússia es configura com una primera potència quant a producció, encara que en relació amb el nivell de vendes no està en primera línia. Austràlia i el Canadà tenen o han tingut bones produccions però una mica irregulars. Angola presenta un bon potencial de cara al futur i el Congo obté bàsicament producció de diamant industrial. Altres països amb produccions menys importants són Tanzània, Zimbabwe, Veneçuela, el Brasil i la Xina.

### **Evolució de la producció**

L'evolució de la producció del diamant ha anat canviant d'acord amb les seves aplicacions i també dels canvis en el control del mercat. Podem parlar d'evolució de la producció des de la creació de la companyia De Beers a Sud-àfrica l'any 1888. Abans era molt irregular i la demanda del mercat també i d'altra banda no s'utilitzava a la indústria. És, doncs, a partir de començament del segle xx que podem parlar d'evolució de la producció. En aquesta etapa podem distingir diferents fases:

- a. La creació de De Beers i la seva consolidació (1888-1930).
- b. L'època daurada de De Beers, amb la creació d'un mercat estable i regulat del diamant (1930-1990).
- c. La desintegració de De Beers com a monopoli de la venda de diamant tant de la qualitat gemma com industrial (1990-2000).
- d. La situació actual, amb diferents actors en el mercat, però que intenten mantenir un equilibri per no perjudicar les vendes (2000-2014).

La producció procura mantenir-se al marge dels esdeveniments i la seva finalitat és poder proveir el mercat d'una manera regular i sense saturar-lo per evitar una baixada de preus que seria conseqüència d'un excés d'oferta. És molt important poder mantenir el preu lleugerament a l'alça i evitar en tot moment una inflació. En els últims anys la producció ha augmentat a causa de la demanda dels nous països en desenvolupament, especialment la Xina i l'Índia, on la classe mitjana ha augmentat molt i per tant també la demanda d'articles de luxe, com és en aquest cas el diamant. De moment els països productors poden fer front a la demanda i fins al 2050 no es preveuen problemes. Més endavant caldrà veure què passa amb l'explotació de noves mines i el captament de la demanda.

### **3. El passat del diamant**

En l'antiguitat tots els diamants venien de l'Índia. Els jaciments d'aquest país tots eren secundaris i no es coneixia la tècnica per tallar el diamant. En algunes peces extra hi feien una inscripció i les utilitzaven com a amulets. Les mines més conegudes van ser les de Kollur i Golkonda. Les condicions d'explotació eren molt precàries i els propietaris de les mines feien córrer tota mena de llegendes per fer por a la gent i evitar que fessin el tafaner a les mines. L'exclusiva



Figura 8. Gravats que reproduïen l'explotació dels jaciments secundaris al Brasil, segle XVIII

d'aquesta producció va durar fins al 1725. Alexandre el Gran va donar a conèixer el diamant a Grècia i Roma després de les seves expedicions a l'Orient. En el cas de Roma s'han trobat en algunes excavacions arqueològiques alguns anells d'or amb un octàedre de diamant brut encastat al metall. És el tipus de talla que s'anomenava talla en punta, que de fet és el cristall octaèdric en brut. L'historiador romà Plini el Vell (segle I dC) en la seva obra *Historia Naturalis* ja cita el diamant.

Durant l'alta edat mitjana el diamant no s'utilitza gaire i el més usual en les joies es veure pedres de color. Més endavant a Europa durant els segles xv i xvi es perfecciona la tècnica de la talla amb els processos que es coneixien d'Orient i d'aquesta manera s'aconsegueix avançar en la tècnica de la talla del diamant. Les rutes de la seda que venien d'Orient conflueixen al port de Venècia, que era l'entrada principal d'aquestes mercaderies que venien d'Orient. Des d'aquest port el diamant es distribuïa als principals centres de talla d'aquella època: París, Bruges i Anvers. Un altre factor que va contribuir al coneixement i la difusió del diamant va ser l'obra de Jean Baptiste Tavernier, que va estar molts anys

viatjant per Turquia, Pèrsia i l'Índia. Aquest llibre es va publicar en francès l'any 1676. A partir de l'any 1725 es descobreix també diamant al Brasil. Els jaciments són també de tipus secundari igual que a l'Índia. Tenim, per tant, una explotació artesanal que dura des del 1725 fins al 1870, quan es descobreixen els diamants a Sud-àfrica. Com a anècdota curiosa cal esmentar que la gent pensava que els diamants que venien del Brasil no eren bons. Per aquesta raó, com que el Brasil era una colònia de Portugal i els portuguesos també tenien colònies a l'Índia –la zona de Goa–, el que feien era enviar els diamants del Brasil a Goa, i allí els despatxaven com si fossin de l'Índia.

El 1870 es descobreix el diamant a Sudàfrica i aquí comença una nova etapa de la història d'aquest mineral, ja que per primera vegada es descobreix com és el jaciment primari del diamant i es pot establir quines són les seves característiques geològiques. Això va permetre que anys més tard es fessin prospeccions geològiques a nivell mundial i que en poc menys d'un segle es coneguessin totes aquelles zones susceptibles de contenir kimberlites i per tant diamant. Dos homes es van proposar controlar l'explotació de diamant a Sudàfrica, Barney Barnato (1851-1897) i Cecil Rhodes (1853-1902). El guanyador d'aquest pols va ser C. Rhodes que és qui va fundar al 1888 la "De Beers Mining Company" que de fet va acabar com una associació de companyies mineres sota una mateixa direcció. Des de 1888 fins al 1930 la companyia passa per molts alts i baixos, i finalment en aquest últim any pren la direcció Ernest Oppenheimer, jueu d'origen Alemany i establert a Sudàfrica. A ell li devem l'estructura de la companyia i del mercat del diamant tal com el coneixem actualment. Aquesta estructura es manté des del 1930 al 1990 per tant 60 anys de monopoli de venda del diamant tant la qualitat gemma com la qualitat industrial.



Dressed in the Robes of Honour presented to him by the Shah of Persia.

Figura 9. Jean Baptiste Tavernier en la reproducció del seu llibre de l'any 1676



Mentrestant a la URSS a la dècada dels anys 1950 comencen les prospeccions de matèries primeres a la zona de Sibèria i es descobreix diamant cap a l'any 1955. Al 1960 estava a punt la primera explotació. De totes maneres degut al règim polític els diamants no els podien vendre al seu país perquè era un article de luxe i per tant prohibit. Per això i degut a la necessitat d'obtenir divises en dòlars per fer front a les despeses en el mercat internacional, que no acceptava el ruble, tota la producció li comprava la "De Beers", excepte una petita part que es quedaven per treballs de recerca. D'aquesta manera tenien una simbiosi, la companyia "De Beers" mantenia el control sobre el mercat del diamant i la URSS obtenia a canvi divises en dòlars que li eren molt necessaris. Això va ser així fins a l'any 1990 en que es va acabar el règim polític del comunisme. Rússia actualment és el primer productor mundial de diamant.

A partir de la dècada dels anys 1980 comença l'explotació de diamant a Austràlia. De tota la producció que treuen, la majoria dels de qualitat gemma són de colors rosa i groc i per tant es plantegen de començar a vendre els diamants pel seu compte. Això en principi a la "De Beers" no li agrada, però Austràlia forma part de la Commonwealth i la cap d'estat és la reina d'Anglaterra i per tant es troben en una situació no prevista, ja que la companyia "De Beers" tenia la seva seu a Londres. El fet és que Austràlia va començar a vendre pel seu compte i d'aquesta manera es va iniciar la fi del monopoli per part de la "De Beers". Finalment a partir de 1990 comencen les explotacions de diamant al Canadà, especialment a la part nord del país a la zona dels grans llacs. En principi és una zona geològicament prometedora, no obstant sembla que una gran part de les kimberlites descobertes són estèrils i per tant caldrà que passin encara uns quants anys per poder confirmar si és tan ric en diamant com en principi es pensava. En resum doncs veiem que el diamant està present en pràcticament tots els continents si bé en un grau de riquesa diferent segons els casos.

#### 4.- El present del diamant

##### *El diamant industrial*

Tal com ja hem dit abans el diamant industrial constitueix com a valor mig un 80% de la producció total d'aquest mineral. Al principi el diamant només es feia servir com element ornamental, però a mesura que la societat es va anar industrialitzant la seva aplicació tècnica es va anar consolidant. Els inicis de la seva aplicació foren a començaments del segle xx, però actualment trobem que el seu ús s'ha anat estenent a la major part del processos industrials. Per fer-nos una idea donem a continuació les dades d'aplicació del diamant industrial als EUA. Aquestes dades es poden aplicar, amb petites variacions, a qualsevol país industrialitzat. Les dades són les següents:

##### *Aplicacions del diamant industrial als EUA*

Fabricació de maquinària	27%
Roques industrials i ceràmica	19%
Indústria minera	15%
Construcció	12%
Indústria automòbil	7%
Indústria òptica, electrònica i altres	20%

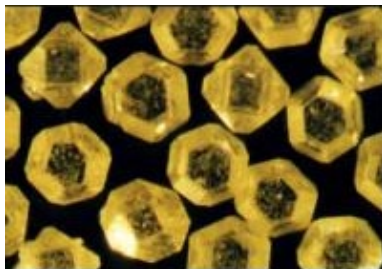


Figura 10. Microcristalls de diamant sintètic per aplicacions industrials

Actualment quasi tot el diamant que es fa servir a la indústria és sintètic. El diamant sintètic es fabrica des de l'any 1955. La raó per la qual s'ha anat substituint progressivament l'ús del sintètic en comptes del natural és perquè el comportament mecànic dels cristalls de diamant sintètic és molt millor que els del diamant natural, ja que justament els de qualitat industrial naturals són molt irregulars i amb molts defectes i això afecta el seu comportament mecànic. En aquest moment la producció de diamant sintètic per aplicacions industrials triplica tota la producció del diamant natural a nivell mundial. La utilització del diamant sintètic a la indústria és de l'ordre de més del 95%. En alguns casos específics com per exemple les perforacions de pous de petroli, encara es fan servir diamants naturals de qualitat industrial.

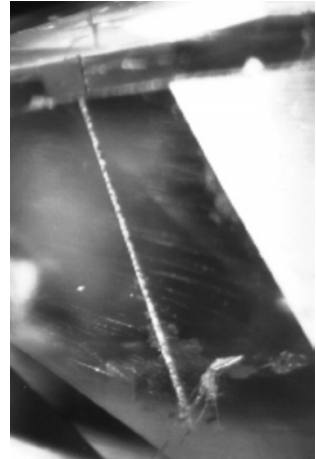


Figura 11. Diamant tractat amb laser per eliminar una inclusió fosca

### **El diamant gemma**

Ja hem dit abans que el diamant com element ornamental és una de les primeres aplicacions i podríem dir que la única durant molts mil·lennis. De fet no és fins al segle xx que s'aplica des d'un punt de vista industrial. Fins als segles xv-xvi en que es va perfeccionar els procediments de talla del diamant, aquest no va ser utilitzat en joieria d'una manera extensiva . Tot i així durant molts segles l'accés a la compra de diamant estava reservada a una classe social amb gran poder adquisitiu i a la noblesa. No és fins als descobriments dels jaciments de Sudàfrica que la producció de diamant es normalitza i pot oferir un mercat regular. De fet el diamant igual que els altres minerals pot presentar en els seus jaciments cristalls més perfectes, qualitat gemma, i cristalls amb imperfeccions i defectes, qualitat industrial. Evidentment la qualitat industrial és la que predomina i només un 20% en valor mig és de qualitat gemma. El diamant qualitat gemma es classifica i es comercialitza de la següent manera:

1.- Les companyies mineres tenen una cartera de clients amb solvència contrastada i que tenen dret a comprar els lots que els preparen les companyies. Quan la "De Beers" exercia el monopoli del mercat de diamant gemma en brut era la única que ho feia, actualment també ho fan altres productors com per exemple Rússia. Els clients se'ls avisa deu vegades a l'any per poder comprar lots de diamant gemma en brut. El lot el prepara la companyia i de fet hi ha barreja de diferents qualitats de diamant gemma, per evitar que tothom triï els millors. El client té dret a examinar el lot, però se l'ha de quedar sencer. De les deu vegades que el citen, només pot rebutjar una sola vegada el lot. D'aquesta manera la companyia minera s'assegura una sortida regular al mercat de totes les qualitats del diamant gemma en brut. Els clients són talladors de diamant.

2.- La segona etapa en la distribució i comercialització del diamant qualitat gemma, són les borses de diamant que actualment s'anomenen també amb la paraula anglesa "hub" que vol dir

distribuïdor i s'aplica als centres logístics i grans aeroports. En aquest cas les borses de diamant fan també aquesta missió de distribuir el diamant a altres tallers més petits o comerciants. En aquests moments els principals centres de distribució del diamant gemma tallat o en brut són: Anvers, Nova York, Tel-Aviv, Mumbai, Dubai, Hong Kong i últimament Panamà.

3.- La tercera i última etapa en la distribució del diamant gemma ja tallat són les joeries. Aquí el diamant està sempre muntat en una joia i els que van a comprar són els últims de la cadena, és a dir la gent que vol comprar una joia. És recomanable que quan es compra alguna joia amb diamant, es demani el certificat si aquest és igual o superior a 0,5 ct en pes.

Tal com hem pogut veure el mercat del diamant és un mercat controlat en que els objectius prioritaris són:

a.- Sortida regular del material en brut en el mercat per evitar l'excés d'oferta que faria baixar els preus.

b.- Aconseguir una demanda regular i sostinguda d'aquest mercat a través d'un sistema de propaganda. Aquesta propaganda en el cas de la "De Beers" era "Un diamant és per sempre" i l'altre frase era "Un diamant és per la persona que estimes". Tot plegat pensat en un context conservador que va durar uns 60 anys en el període que es coneix com a guerra freda.

c.- Els clients d'aquest mercat són sobretot la classe mitjana i en aquest context el conjunt de diamants que més es ven correspon a l'interval de 0,5 a 3,0 ct. Se suposa que cada família pot fer una compra de diamants dues o tres vegades a la vida, per exemple anell de prometatge, anell de casament i anell d'aniversari.

Actualment la demanda més important prové dels països en creixement especialment la Xina i la Índia on la classe mitjana ha augmentat molt en les últimes dècades. El mercat dels EUA es manté i fins i tot pot augmentar lleugerament, en canvi el mercat europeu i japonès actualment està estancat.

### ***Els tractaments del diamant***

En el món de les gemmes sempre s'ha utilitzat amb més o menys intensitat els tractaments per tal de millorar el color o la puresa dels exemplars. El diamant no s'escapa d'aquesta possibilitat i és sobretot a partir de la segona meitat del segle xx que es comencen a utilitzar els tractaments. En principi és una pràctica que la "De Beers" no vol, però que malgrat tot s'ha anat obrint pas. El primer tractament va ser utilitzar un raig làser molt fi per tal d'eliminar una inclusió molt visible en un diamant de qualitat. De totes maneres el canal que deixa aquesta intervenció és força visible. Per evitar que és veïés tan aquest canal, es va introduir un segon tipus de tractament que és la infiltració de vidre a l'interior del canal i així minimitzar la seva visió. De fet aquest segon tractament actualment s'està utilitzant per millorar la qualitat de diamants força dolents que d'altra banda no tindrien sortida com a diamants gemma. Aquests tractaments milloren la puresa.

Altres tractaments que s'estan utilitzant per modificar el color són les radiacions, el tractament amb alta pressió i temperatura i el recobriments superficials. No cal dir que actualment existeixen diamants tractats en el mercat i per això més que mai es fa necessari demanar el certificat, ja que en el certificat hi ha de figurar si el diamant està tractat o no i evidentment el preu no és el mateix.

### ***El diamant sintètic***

Els primers intents d'obtenir el diamant sintètic es produeixen a finals del segle XIX. És a principis del segle XX que trobem el primer intent seriós per part de Henry Moissan (1852-1907) que va estar a punt de aconseguir-ho però no va arribar a obtenir la pressió necessària. Henry Moissan va ser premi Nobel de química. Altres investigadors també ho van intentar però quasi sempre el factor que fallava era la pressió. No va ser fins a l'any 1953 que la companyia sueca ASEA va obtenir per primera vegada el diamant sintètic, però no van patentar el mètode. Dos anys més tard al 1955 la companyia nord-americana General Electric va patentar l'obtenció del diamant sintètic i així consta en la majoria de la bibliografia sobre el tema.

Hi han dos mètodes per obtenir el diamant sintètic el HPHT (High Pressure High Temperature) que és el mètode primitiu i el més utilitzat. Aquest mètode té algunes variants. L'altre mètode és més recent i permet obtenir làmines de diamant de gran puresa, que són principalment per aplicacions industrials. Aquest mètode s'anomena CVD (Chemical Vapour Deposition).

Les condicions termodinàmiques del primer mètode (HPHT) són un interval de temperatura entre 1500 – 2000° C i una pressió entre 60.000 i 100.000 atmosferes. Amb aquest mètode es poden obtenir microcristalls de diamant per aplicacions industrials i també cristalls de fins a 5 ct o més de pes. La diferència és en el temps de creixement, els cristalls petits s'obtenen amb alguns minuts i els grans poden trigar fins a dues setmanes. En el segon mètode (CVD) les condicions termodinàmiques són pressió quasi zero i temperatura de 850°C. En aquest cas es produeix un flux de plasma que provoca el creixement de microcristalls sobre un suport de creixement. El cristall de diamant en forma de làmina va creixent capa a capa fins assolir el gruix necessari d'acord amb la seva aplicació. Aquest tipus de diamant és molt pur. A l'any 1970 la "De Beers" va obtenir un diamant sintètic en brut qualitat gemma, d'un quirat de pes que un cop tallat va pesar 0,5 ct. De totes maneres el control mono polístic del mercat per part de la "De Beers" va impedir que el diamant gemma sintètic no aparegués en el mercat fins a partir de 1990 o més tard.

L'explicació d'aquest fet és doble d'una banda s'acaba el règim polític de la URSS i els científics d'aquest país que coneixen els sistemes d'obtenció del diamant sintètic, poden per primera vegada sortir del país i anar als EUA on hi havia inversors disposats a finançar aquests projectes. D'altra banda el mateix fet de l'acabament de la Unió Soviètica, va fer que Rússia gran productora de diamants comencés a vendre pel seu compte i trenqués definitivament el monopoli de la "De Beers" i aquesta no va poder impedir l'aparició al mercat del diamant gemma sintètic. En aquest moment existeixen fins a set fabricants de diamant sintètic que a més a més de les aplicacions industrials subministren cristalls per aplicacions gemmològiques. Aquestes companyies són: Adia, Apollo, Chatham. Gemesis, Iris Gem, Life Gem i Taurus. Un diamant sintètic de la mateixa grandària i qualitat que un de natural, pot arribar a costar una cinquena part del cost del natural.

### **5.- El futur del diamant**

En aquest moment els problemes que presenta el diamant com a gemma, són els mateixos que presenten altres gemmes com pot ser la maragda, el robí, el safir, el crisoberil o l'espinel·la per posar alguns exemples. En totes aquestes gemmes ja fa molts anys que existeixen els equivalents sintètics, en canvi el diamant sintètic havia pogut resistir la pressió de la seva

aparició en el mercat de les gemmes gràcies al monopoli de la “De Beers” que ho impedia. Com ja hem dit abans el diamant sintètic s’aplica a la indústria des de l’any 1955 i el seu creixement ha estat exponencial. Actualment en el mercat gemmològic podem trobar:

- a.- Diamant natural de diferents qualitats i que en general es ven amb certificat.
- b.- Diamant natural tractat que també es ven amb certificat i el cost del qual ha de ser sempre inferior al natural sense tractar. Com a resultat d’aquests tractaments avui tenim diamant de color que abans no teníem, ja que en el cas dels naturals els de color no són gaire freqüents.
- c.- Diamant sintètic que generalment és de color groc però que es pot tractar per fer-lo incolor o d’altres coloracions. El diamant sintètic té un cost inferior al natural i ha d’anar també acompanyat de certificat.
- d.- Substituts del diamant que els més utilitzats actualment són la moissanita (carbur de silici) i la zirconita (òxid de zirconi). Altres substituïts utilitzats antigament són: corindó sintètic incolor, el zircó, el topazi, el quars i el vidre. Tots ells poden ser identificats fàcilment per un gemmòleg.

### ***Noves polítiques comercials***

La presència del diamant sintètic al mercat de les gemmes no l’hem de prendre com una tragèdia. La gent s’ha d’acostumar a conviure amb el diamant natural, el diamant sintètic i els substituïts del diamant. Cal tenir ben present que el diamant sintètic és diamant fet per mà de l’home en un laboratori, però insisteixo és diamant. Per tant té totes les propietats d’aquest mineral i l’únic que no té és l’antiguitat i l’origen natural. En definitiva és qüestió de que tant el comprador com el venedor sàpiguen exactament l’un què vol comprar i l’altre què està venent, i el millor és sempre informar correctament al comprador. Aquesta és sempre la millor carta de presentació i una excel·lent propaganda del tipus boca-orella.

Per poder donar sortida als estocs de la mina, s’ha posat de moda vendre el diamant en brut sense tallar i muntat en un collaret, anell o arracada. En aquest cas la puresa dels cristalls no cal que sigui tan gran com quan es talla i per tant permet donar valor afegit a uns cristalls que només tenien en principi aplicacions industrials. Val a dir que algun d’aquests dissenys són molt atractius. També s’ha posat de moda el diamant negre, que és una altra manera de donar valor afegit als estocs de diamant industrial. Davant el repte del diamant sintètic i per estar segurs que el que comprem és diamant natural, és possible que s’acabi posant de moda el diamant natural tallat amb inclusions ben visibles i clares, que identifiquin el seu origen i d’aquesta manera garanteixen l’antiguitat del cristall. També per descomptat es pot continuar venent com fins ara, però potser la gent preferirà que no sigui de la qualitat més alta precisament perquè es vegin bé les inclusions.



Figura 12. Collaret fet amb cristalls en brut de diamant

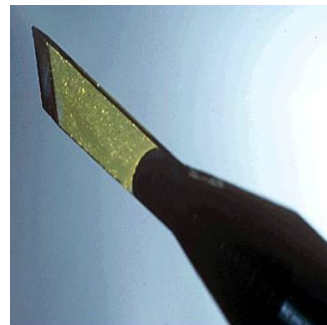


Figura 13. Bisturi fet amb ganiveta de diamant sintètic

En el camp del diamant industrial el seu ús anirà augmentant perquè cada dia s'exigeix més en els acabats dels productes. La gran duresa del diamant garanteix aquesta precisió en el tall tant en materials tous com durs. També en els àmbits de l'electrònica, l'òptica i la indústria aeroespacial té un gran futur degut a les propietats de transparència òptica, difusió tèrmica, baix coeficient de dilatació e inèrcia química. Com veiem és un ventall de propietats destacades que són molt útils en diferents camps, alguns més generals i altres més específics.

Per acabar, en l'àmbit de la recerca, tenim una aplicació que és l'estudi del comportament dels materials sotmesos a gran pressió i temperatura. Així podem conèixer quin és el comportament dels materials a l'interior de la Terra concretament del mantell terrestre. I un altre aspecte important és l'ús del diamant com a finestra òptica en el sincrotró i també en els satèl·lits espacials. De tot el que acabem de dir es dedueix que si bé el diamant és conegut quasi en exclusiva per la majoria de la gent com un element ornamental, no és menys cert que degut a les seves propietats excepcionals, la seva aplicació industrial i en recerca en fan un element estratègic de primer ordre molt més important que no pas el seu ús com a joia.

#### **Bibliografia**

- E. BRUTON, *Diamantes*. Publicacions de la Universitat de Barcelona, 1983.  
J.M. BOSCH- LL.MONÉS, *Diamantes. Génesis, talla, clasificación i síntesis*. Editorial Entasa. Madrid, 1979.  
GORDON DAVIES, *Diamond*. Adam Hilger Ltd. Bristol, 1984.  
G. LENZEN, *El diamante*. Editorial Entasa. Madrid, 1976.  
TIMOTHY GREEN, *El mundo de los diamantes*. Editorial Planeta. Barcelona, 1984.  
GIA Los Angeles, *The diamond dictionary*. California, 1960.