



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO DE MACLAS EN CALCITAS MEXICANAS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA GEOLOGA
P R E S E N T A
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

I	Introducción	1
	I.1. Objeto de la tesis	1
II	Familia de los carbonatos	2
III	Ubicación de la calcita en el sistema, clase y grupo correspondientes	13
	III.1. Sistema Trigonal	13
	III.2. El Sistema Trigonal considerado como - Hemiedría del sistema exagonal	14
	III.3. Clase EscalenoedraI ditrigonal	15
	III.4. Clase Romboedrica trigonal	17
	III.5. Clase Trapezoedrica trigonal	17
	III.6. Clase Piramidal ditrigonal	18
	III.7. Clase Piramidal trigonal	18
IV	Maclas	20
	IV.1. Agregados cristalinos y cristales compuestos	20
	IV.2. Maclas o Gemelos	20
V	Localidades mexicanas de maclas en calcita y algunas del extranjero	22
	V.1. Localidades de calcita en México	22
	V.2. Localidades extranjeras	26
VI	Génesis	27
VII	Importancia económica y usos	29
VIII	Conclusiones y recomendaciones	30
	Bibliografía	32
	Apéndice fotográfico	35
	Apéndice mineralógico	37

I.- INTRODUCCION.

Qui quaerit invenit.
Palabras de Jesús., Van Lucas, XI, 9

Es de todo el mundo geológico conocido que uno de los minerales más comunes, abundantes, bellos y que prácticamente se presenta acompañando a todos los minerales de importancia económica es la Calcita (CaCO_3), pero aún cuando era conocida desde la antigüedad, donde los romanos la usaban ya para fabricar mortero, no se tiene esclarecida su situación en relación con la presencia de gemelos o maclas.

Mundialmente se conocen más de 1500 formas y combinaciones de formas entre las que destacan por lo menos 90 diferentes tipos de romboedros, 200 escalenoedros de agudos a obtusos y todos ellos forman ejemplares de extraordinaria belleza. Es por ello que es significativamente importante que no se conozcan trabajos "mexicanos" que se refieran a la morfología de dicho mineral y, por supuesto, ni que decir en relación a un fenómeno tan popular como es la geniculación, gemelos o maclas que se encuentran en ejemplares de Guanajuato y Pachuca y en general en varias localidades mexicanas.

Además se ignora si hay quien, a la fecha, se haya dedicado a la búsqueda y colección de este tipo de estructuras cristalográficas, las que no solamente ilustran un proceso natural, sino que forman edificios verdaderamente hermosos y sumamente importantes desde el punto de vista de la genética de los cristales.

I.1.- Objeto de la tesis.

En los libros de texto la situación de las maclas es caótica, ya que si se consultan diferentes autores se concluye que no existen bases para una clasificación lo suficientemente explícita que pueda ser universalmente usada; es por esto que se somete a la consideración de los diferentes especialistas en Ciencias de la Tierra la propuesta de "Clasificación general de maclas" y se incluyen todas las mencionadas en los libros consultados y algunas más. Esto no implica ni mucho menos, que pretenda ser la última palabra al respecto pero es permisible asegurar que se trata de un principio uniforme que podría ser de aceptación general.

II.- FAMILIA DE LOS CARBONATOS.

O altitud.

*San Pablo, Epistola a los
romanos, Cap. XI, v. 33.*

Un estudio descriptivo habrá de respetar el siguiente orden:

- A) Nitratos.
- B) Carbonatos anhidros sin otros aniones.
- C) Carbonatos anhidros con otros aniones.
- D) Carbonatos hidratados sin otros aniones.
- E) Carbonatos hidratados con otros aniones.
- F) Boratos anhidros.
- G) Boratos hidratados.

Sin embargo, debido a la extensión de los temas y por no estar incluido en el objetivo de este trabajo, sólo se analizará el segundo inciso de la subdivisión que aquí se indica.

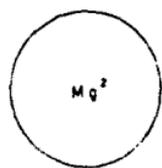
B) Carbonatos anhidros sin otros aniones.

- 1.- Grupo de los bicarbonatos.
- 2.- Grupo de la calcita-dolomita.
- 3.- Grupo de la aragonita-baritocalcita.

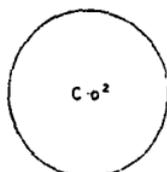
GRUPO DE LA CALCITA-DOLOMITA.

Comprende este grupo los carbonatos con cationes relativamente pequeños Mg, Zn, Co, Fe y Mn, y el siguiente, el de la aragonita, los de cationes relativamente grandes Sr, Ba y Pb. Como puede apreciarse en la Fig. 1. El Ca ocupa, por su radio iónico, un lugar intermedio entre los dos grupos de cationes mencionados; esta circunstancia facilita el polimorfismo del carbonato cálcico, que como especie mineral pertenece a los dos, bien como calcita o aragonita. En el grupo de la calcita hay isomorfismo ilimitado entre los carbonatos de Mg, Co y Fe y aun con el de Mn pero en cambio éstos no son isomorfos con el de Ca o lo son en muy pequeña proporción; existe en cambio isomorfismo ilimitado entre los carbonatos de Mn y Ca.

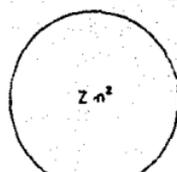
Los carbonatos comprendidos en este grupo, que son los de mayor importancia mineralógica y práctica, reconocen todos un mismo origen: la acción conjunta del agua y del anhídrido carbónico sobre los silicatos primarios, que dan lugar a los carbonatos de calcio, magnesio, hierro y manganeso, difícilmente solubles en el agua y a los de sodio y potasio, fácilmente solubles. La presencia de CO₂ aumenta la solubilidad de los



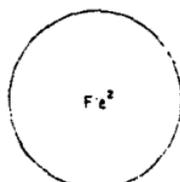
0.75



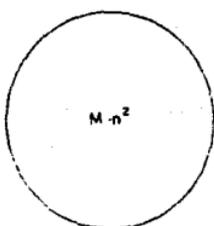
0.77



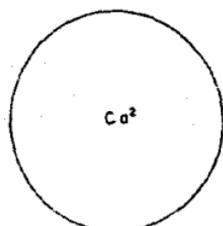
0.79



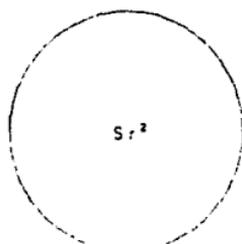
0.79



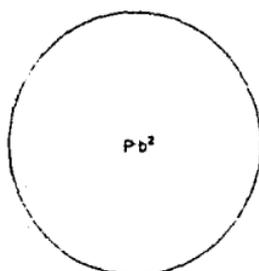
0.91



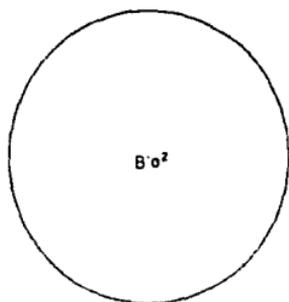
1.01



1.18



1.32



1.36

FIG 1

U . N . A . M .

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

RADIOS IÓNICOS DE ALGUNOS ELEMENTOS

QUÍMICOS EN ANGSTROMS

DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA

sin escuela

1990

3.
primeros porque los transforma en bicarbonatos, así como la elevación de la presión parcial de dicho gas en la solución, factores ambos que no influyen en la solubilidad de los carbonatos alcalinos. Al ascender hacia la superficie de la corteza terrestre las aguas cargadas de bicarbonato de Ca, Mg, Fe y Mn y disminuir, en consecuencia, la presión, se escapa parte del CO₂ que permanecía disuelto gracias a ella y se depositan los correspondientes carbonatos en las grietas y cavidades del terreno.

El carbonato más frecuente y abundante entre los indicados es el de calcio, que como se ha dicho antes, se presenta como "calcita" (holoedría trigonal) o como "aragonita" (ortoclínico). Se diferencian no solo por la forma cristalina y otros caracteres, sino también por la solubilidad en el agua; la aragonita es más fácilmente soluble que la calcita, calentada en seco, a los 450 grados centígrados, se transforma irreversiblemente en ésta.

De una solución acuosa pura y a la temperatura ordinaria, el carbonato cálcico cristaliza como calcita, pero por encima de los 29 grados centígrados lo hace como aragonita, si bien esta temperatura de transformación desciende en presencia de otras sustancias, en especial las sales de magnesio, y por ello la aragonita se deposita ya en las aguas de los mares a los 20 grados centígrados. En presencia de bases libres, como el amoníaco, se deposita en forma de "vaterita" esferulítica. Si preexisten núcleos de calcita, sigue formándose ésta aun por encima de los 29 grados centígrados, y a temperatura elevada se forma siempre calcita y nunca aragonita; existe paramorfosis de calcita según aragonita, pero no al contrario. En presencia del agua la aragonita se transforma en calcita a los 100 grados y aún a temperatura más baja si hay exceso de CO₂.

El hecho de que la aragonita, forma inestable del carbonato de calcio, se encuentre como especie mineral a la temperatura ordinaria se explica porque la transformación requiere un cierto tiempo para su realización y a medida que aquella desciende decrece la velocidad de la reacción hasta llegar a anularse.

Se incluyen en este grupo los carbonatos que a continuación se relacionan, divididos en dos series: la de la calcita (holoedría trigonal) y la de la dolomita (hemoedría paramórfica trigonal).

SERIE DE LA CALCITA.

Holcedral Trigonal.-Grupo espacial: D R _{3c} .			
Calcita	CaCO ₃	ar = 6,41	
		$\alpha = 101^{\circ} 55'$	Z = 4
		a $\bar{1}$ = 6,30	
		$\alpha' = 45^{\circ} 07'$	Z = 2
Esferocobaltita	CoCO ₃	ar = 5,91	
		$\alpha = 103^{\circ} 22'$	Z = 4
		a $\bar{1}$ = 5,71	
		$\alpha' = 48^{\circ} 14'$	Z = 2
Globerita	MgCO ₂	ar = 5,94	Z = 4
		$\alpha = 103^{\circ} 20'$	
		a $\bar{1}$ = 5,61	
		$\alpha' = 48^{\circ} 10'$	Z = 2
Otavita	CdCO ₃	a $\bar{1}$ = 6,11	Z = 2
		$\alpha' = 47^{\circ} 24'$	
Rodocrosita	MnCO ₃	ar = 6,01	Z = 4
		$\alpha = 102^{\circ} 50'$	
		a $\bar{1}$ = 5,94	
		$\alpha' = 47^{\circ} 20'$	Z = 2
Siderita	FeCO ₃	ar = 6,02	Z = 4
		$\alpha = 103^{\circ} 05'$	
		a $\bar{1}$ = 5,82	
		$\alpha' = 47^{\circ} 45'$	Z = 2
Esmitsonita	ZnCO ₃	ar = 5,97	
		$\alpha = 103^{\circ} 30'$	Z = 4
		a $\bar{1}$ = 5,62	
		$\alpha' = 43, 20$	Z = 2

Todos los minerales incluidos en esta serie tienen estructura del tipo calcita que se describe más adelante. Las notaciones ar y a corresponden, respectivamente, a la arista y ángulo del romboedro unitario $[10\bar{1}1]$ y las a $\bar{1}$ y α' a las de la verdadera celdilla elemental hemimétrica $[40\bar{4}1]$.

CALCITA. - Espato calizo, Calizo. - CaCO_3 .

Etimología. - Del latín *calx*, calcinar.

La calcita pura corresponde exactamente a la fórmula CaCO_3 con 56,03 por 100 de CaO y 43,97 por 100 de CO_2 pero lo más frecuente es que contenga en mezcla isomorfa cantidades variables de Mg, Mn y Fe así como también, pero en menor cantidad, Zn, Ba, Sr y Pb lo que da lugar a una serie de cristales mixtos que han recibido los nombres de "manganocalcita" o "esparteita" (con MnO hasta en 14%), "cincocalcita", "baritocalcita" o "neotipo", "estronciocalcita" o "plumbocalcita"; esta última cristal mixto anómalo de calcita y cerusita. Cuando las cantidades de MgO o FeO son moderadas se tienen las calizas dolomíticas, como son la mayoría o la ferrocaldita; pero cuando son elevadas se debe a mezclas mecánicas con dolomita o ankerita, respectivamente. Además, la caliza presenta frecuentemente impurezas por una mezcla con limonita, hematita, sustancias carbonosas o bituminosas, partículas arenosas, etc.

ASPECTO. - Cristales transparentes de formas muy variadas, incolores, blancos o amarillentos, todos los cuales presentan crucero fácil por el golpe, da un romboedro de 105° . Muy frecuente en masas espáticas o compactas de grano grueso o fino, columnares, fibrosas, estalactíticas, estalagmíticas, con formas imitativas, terrosa, botólica o pisolítica.

CRISTALIZACION. - (Holoedría trigonal)

La calcita es el mineral cristalizado más rico en formas, excede del millar el número de combinaciones estudiadas. Los cristales, ricos en caras, se presentan por lo general agrupados o implantados en una matriz y pueden ser referidos a tres tipos principales: "romboédricos", "escalenoédricos" y "prismáticos"

Cristales romboédricos. - se han encontrado cerca de ochenta romboedros distintos, desde los obtusos a los agudos, entre los cuales son los más frecuentes: $a(01\bar{1}2)$, $f(02\bar{2}1)$, $m(40\bar{4}1)$, $q(16.0\bar{1}6.1)$, (0554) , $(01\bar{1}1)$, (0332) , este último con un ángulo de $91^\circ 42'$, lo que da a los cristales aspecto cúbico (Fig. 2)

El romboedro por crucero $r(10\bar{1}1)$ no es tan frecuente en la calcita como en los otros miembros de la serie y suele tener las caras mates y rugosas. Esta forma sólo la presentan aquellos cristales formados en el seno de soluciones purísimas de carbonato cálcico.

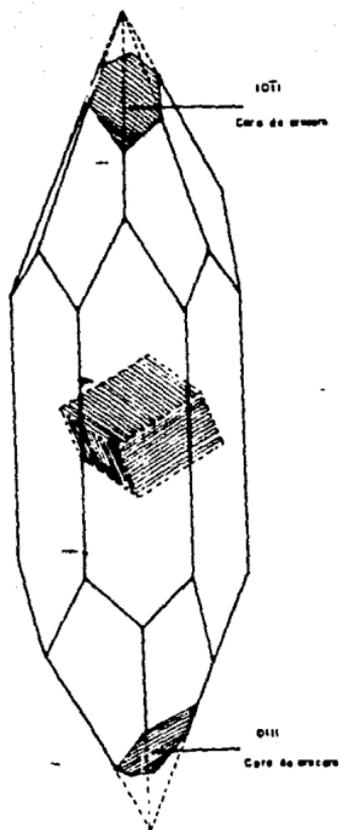
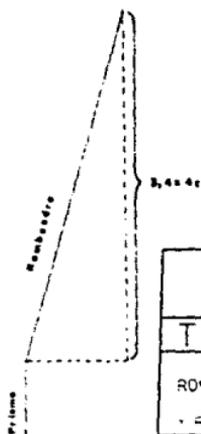
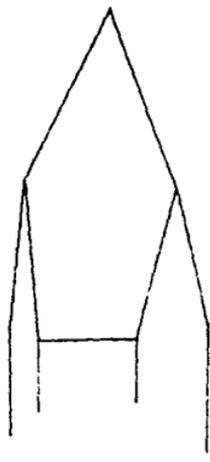
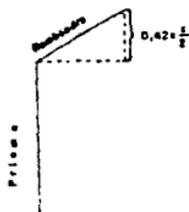
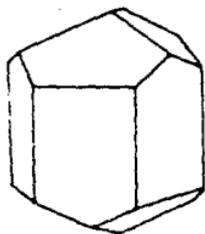


FIG 2

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
ROMBOEDRO OBTUSO, AGUDO, ESCALENEDRO Y ROMBOEDRO DE CRISTALO DE LA CALTA	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala	1990

Cristales escalenoédricos.-Se conocen más de 200 escalenoedros de tipos muy variados, en general muy modificados. El más frecuente es el $v(21\bar{3}1)$, se presenta también el $(31\bar{4}2)$, estriado paralelamente a la arista de combinación con r con el mismo rayado, $(21\bar{3}4)$, $(31\bar{4}5)$, $(32\bar{5}1)$, $(13\bar{2}1)$, etc.

Cristales prismáticos.-Son los más corrientes, varían sus formas desde tabulares delgados a prismáticos largos. Presentan el protoprisma $m(10\bar{1}0)$ y deutoprisma $(11\bar{2}0)$ combinados con la base $c(0001)$ y más frecuentemente con los diversos romboedros y escalenoedros antes mencionados dan lugar a formas muy diversas. El protoprisma es brillante y liso; el deutoprisma presenta estriaciones paralelas a las aristas polares del romboedro de crucero $(10\bar{1}1)$ y de diversos escalenoedros. La base (0001) suele ser mate y blanca. Las deutopirámides como la $(11\bar{2}3)$ y los prismas dihexagonales son formas raras. La presencia de romboedros muy obtusos y aplastados, unido a la frecuencia con que aparecen redondeadas las caras y aristas da lugar a cristales lenticulares. Para orientar los cristales ricos en caras o deformados, sirven de guía las caras del romboedro de crucero, presentes o colegibles, y el aspecto de algunas caras, liso o rugoso, como queda antes indicado.

Presenta crucero perfecto y fácil (basta un ligero golpe) según $(10\bar{1}1)$ y en las tres direcciones resulta un romboedro de $105^{\circ}5'$ $(10\bar{1}1 \cdot \bar{1}101)$. El plano de deslizamiento es paralelo a $e(01\bar{1}2)$.

ESTRUCTURA.-Hipotéticamente la estructura de la calcita puede ser derivada de la del cloruro de sodio. Imaginada esta última orientada de modo que un eje ternario quede vertical (Fig. 3) y ejerciendo una presión conveniente hacia abajo hasta que el ángulo de 90° , que forman las aristas, se convierta en otro de $101^{\circ}55'$, se obtendría por deformación una celdilla romboédrica centrada en las caras, como era la cúbica del cloruro sódico. Si en estas condiciones se sustituyen los átomos de Na por los de Ca y los de Cl por grupos de CO_3 formados por un carbono que ocupa el centro de un triángulo equilátero cuyo plano es perpendicular al eje ternario y en el que los vértices están ocupados por los átomos de O, grupos que quedan alternativamente opuestos, se llega a la representación estructural de la calcita. El romboedro obtenido de esta manera es el norfológico de crucero $(10\bar{1}1)$ con un ángulo $\alpha = 101^{\circ}55'$, pero el análisis de la estructura por medio de los rayos X ha demostrado que la verdadera celdilla romboedral elemental de la calcita corresponde a un romboedro más agudo (Fig. 3A), el

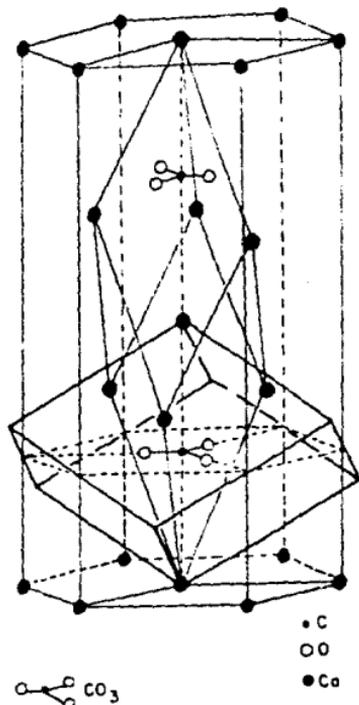
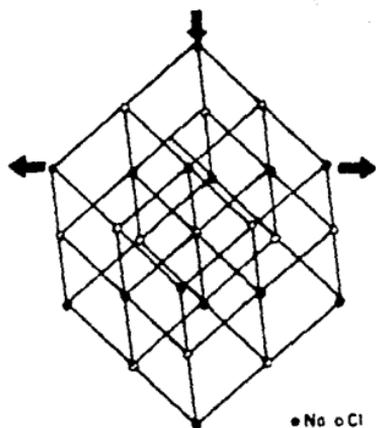


FIG 3A

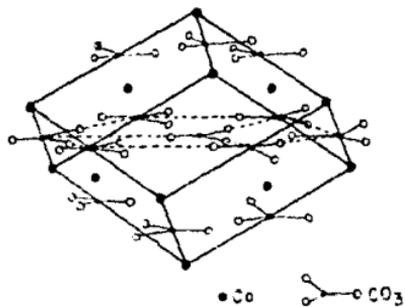


FIG 3

U . N . A . M . FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
CELDILLA ROMBOEDRAL DE LA CALCITA (1011) y VERDADERA CELDILLA ELEMENTAL DE LA CALCITA (4041) y ROMBOEDRO DE CRUCERO (001)	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escom.	1990

(40 $\bar{4}$ 1) cuyo ángulo α es de 46° 7' y que contiene dos complejos CaCO₃⁷ situados a un cuarto y tres cuartos del vértice superior a lo largo del eje ternario, con un átomo de calcio en cada vértice que en el edificio cristalino queda rodeado octaédricamente por seis de oxígeno. La calcita tiene, como es sabido, tres ejes binarios en un plano que es el mismo donde quedan los átomos de oxígeno, y el punto de intersección de los tres ejes está ocupado por el átomo de carbono. El romboedro elemental (10 $\bar{1}$ 1) contiene cuatro CaCO₃, igual número que el cubo centrado del cloruro sódico, en tanto que la verdadera celdilla romboédrica (40 $\bar{4}$ 1) sólo contiene dos CaCO₃. Resulta de todo ello que la estructura de la calcita puede ser considerada como una estructura cúbica deformada del cloruro sódico, en la que al ser sustituido el ión esférico Cl por el complejo plano CO₃ pasa de cúbica a romboédrica y por tanto, desciende la simetría del cristal. El crucero de la calcita según (10 $\bar{1}$ 1) se corresponde con la de la sal común (100), y se explica por corresponder a planos de mayor densidad reticular que los del romboedro elemental (40 $\bar{4}$ 1).

Propiedades físicas

Dureza: 3.5 - 4. Variable según la dirección.

Brillo: Vitreo o subvitreo a terroso. Algunos cristales presentan un brillo satinado especial, debido a estrias de combinación.

Raya: Blanca. La calcita se deja rayar fácilmente por la navaja.

Color: Incolora, blanca, amarillenta, gris, rojiza, verde, azul, violeta, en tonos pálidos, puede llegar hasta el negro cuando contiene sustancias carbonosas.

Peso específico: 2.6 - 2.8. La forma más pura o sea el Espato de Islandia, tiene 2.72.

Transparencia: Transparente, translúcida u opaca.

Tenacidad: Frágil. Por el golpe se obtiene crucero romboedral.

Fractura: concoidal; difícil de observar por lo fácil del crucero.

Fluorescencia: Fluorescente a la luz ultravioleta cuando contiene tierras raras.

Caracteres ópticos: Uniaxial negativa. Birrefringencia muy fuerte. Doble refracción muy marcada y fácilmente observable.

Minerales parecidos.

Los de la misma serie de este grupo, de los que se diferencia por la riqueza en caras de sus cristales, lo poco frecuente del romboedro (10 $\bar{1}$ 1), las maclas polisintéticas según (01 $\bar{1}$ 2) y la viva efervescencia que produce con los ácidos en frío. Se diferencia de la aragonita aparte de la forma cristalina por el color lila que toma éste al ser hervido con solución de nitrato de cobalto. El cuarzo, esencialmente en agregados drúsicos, la barita, fluorita, yeso y anhídrita también se parecen en ocasiones a la calcita, pero además de tener dureza y crucero distintos, no dan efervescencia con los ácidos. Ópticamente se confunde con la dolomita y se diferencia por el tefido obtenido al utilizar alizarina roja.

Reconocimiento megascópico.

Al soplete sobre el carbón, es infusible; colorea la llama de rojo anaranjado y a los 900° se descompone, transformándose en cal viva. Cuando está en masa de efervescencia al depositar sobre ella una gota de ácido clorhídrico o nítrico diluido; en fragmentos o en polvo se disuelve rápidamente en frío con vivo desprendimiento de gas carbónico. La disolución clorhídrica da con el amoníaco y oxalato amónico precipitado blanco de oxalato cálcico soluble en los ácidos minerales e insoluble en los orgánicos.

Microquímica.

Para el reconocimiento rápido de la calcita basta poner el mineral pulverizado sobre un vidrio de reloj y añadir unas gotas de ácido clorhídrico. Se produce una viva efervescencia, prueba de la presencia del CO₂. Al mismo tiempo se forma cloruro de calcio, compuesto volátil en la llama de Bunsen, a la que comunica el color rojo anaranjado característico del calcio.

Variedades de la calcita.

Calcita "cabeza de clavo", combinación de romboedro bajo y prisma. "diente de perro", combinación de escalenoedro y prisma. "Espato de Islandia", calcita pura y transparente, que al principio se traía de Islandia. Por su absoluto crucero romboedral, su total transparencia y elevada birrefracción, se empleaba para la construcción de prismas de nicol; en la actualidad se emplean plásticos. Las formas de los cristales dependen no solamente de los acompañantes de la disolución y presión, sino también de la temperatura de formación; pero hay que proceder con mucha

cautela si se quiere sacar consecuencias en orden inverso (0001) con (10 $\bar{1}$ 1) y otras formas son señales de temperatura elevada; simplemente (10 $\bar{1}$ 1) con (21 $\bar{1}$ 1) o esta última sola, de temperatura media; (01 $\bar{1}$ 2), en parte con (10 $\bar{1}$ 0), de temperatura baja, y (02 $\bar{2}$ 1) de temperatura muy baja. Con lo dicho, se está todavía lejos de haber agotado lo concerniente a este grupo de variedades (Fig. 4).

"Espato satinado", variedad compacta, finamente fibrosa, de lustre satinado, que se realiza con magnífico efecto cuando está pulida. Se ha formado por lo general, en vetas, en las hendiduras de las rocas, con la fibrosidad transversal a las paredes de la grietas. El término "espato satinado" se aplica también al yeso fibroso; los picapedreros ingleses llamaban "beef" a una calcita fibrosa semejante al espato satinado.

"Afrita" y "argentina" son variedades laminares de poca importancia.

"Estalactitas", son concreciones en forma de carámbanos, que cuelgan de la bóvedas de las grutas en caliza y en otros lugares semejantes. La estalactita se forma por el goteo de agua cargada de carbonato cálcico, el mineral se deposita en capas superpuestas y la sección transversal de la estalactita muestra anillos concéntricos de crecimiento. El exceso de goteo da origen a una formación análoga en el suelo de la gruta, consistente en costras superpuestas que se llaman "estalacmitas"; debajo de estas incrustaciones se han encontrado restos prehistóricos del hombre de las cavernas y de animales.

"Alabastro oriental", "ónice argelino"; variedades de calcita estalacmitica, notable por su marcada estructura zonal; con este material se hacían antiguamente, redomas para ungüentos. Ambos nombres son improcedentes, porque el verdadero alabastro es sulfato cálcico y el ónice una variedad criptocristalina y zonal de sílice.

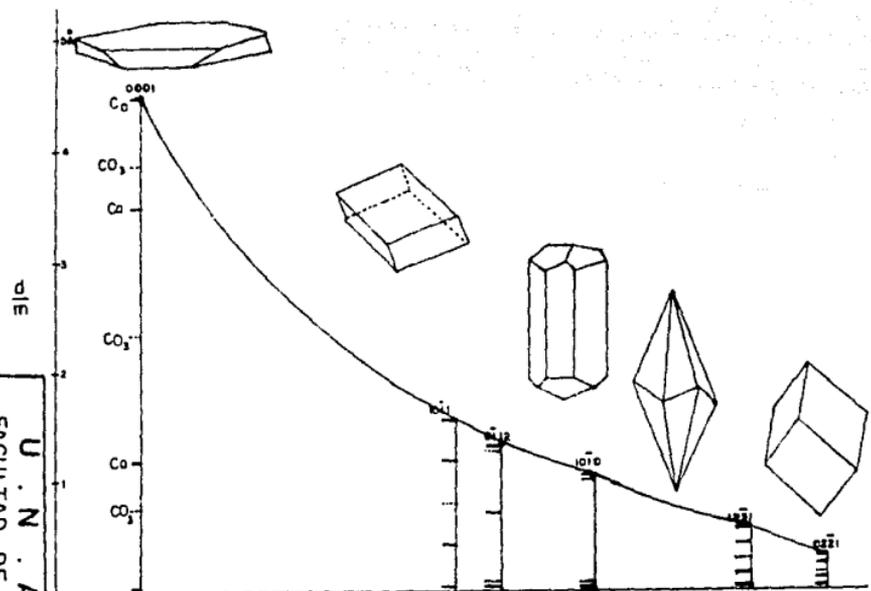
"Travertino". Depósito de carbonato cálcico, más o menos celular, procedente de aguas que llevan en disolución material calcáreo. En varias localidades hay surtidores de agua muy calcárea; cuando en ellas se introduce algún objeto (cestos, nidos, etc.) queda recubierto al poco tiempo de una dura capa calcárea, es decir, travertino.

"Mineral agárico", "leche de montaña", "harina de montaña". Así se denominan ciertas variedades terrosas y blancas, mas blandas que la creta, depositadas por disolución en las grutas y parajes semejantes.

"Creta". Carbonato de calcio terroso, blanco y blando, que se presenta en capas potentes y extensas. La creta se ha depositado en las

U . N . A . M.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 VARIACIONES DEL HABITO DE LA
 CALCITA EN FUNCION DE Δ
 DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA
 sin escalar 1990

FIG 4



Sucesión (Disminución de la temperatura)
 Variación sucesiva en el hábito de la calcita al cambiar la densidad reticular (H Z Ezikova)
 Tomado de MINERALOGY, Koster I, 1968.

aguas de antiguos mares, como lo demuestra el carácter marino de los ^{10.} fósiles que contiene; muchas veces consiste en gran cantidad de restos de foraminíferos, organismos microscópicos. Se ha emitido la opinión de que la creta de Inglaterra debió de formarse en un mar rodeado de un área desértica, pues ni la arcilla ni la arena han contribuido a la constitución del depósito marino.

"Caliza, mármol". Caliza es término general que se aplica al carbonato de calcio cuando forma agregados con otros minerales; puede ser cristalina, oolítica o terrosa; por sus impurezas, las calizas se clasifican en arcillosas, silíceas, bituminosas, ferruginosas y dolomíticas. Los verdaderos mármoles, son calizas que han cristalizado por el calor y la presión en un proceso metamórfico, pero el nombre de mármol se aplica muchas veces a tipos especiales de calizas sin metamorfismo. Las calizas y los mármoles reciben nombres derivados de la localidad en que se encuentran, de la formación en que yacen, de los fósiles que han contribuido a su materia y de diversas particularidades de su estructura, etc. Así se tiene mármol de Carrara, caliza carbonífera, mármol conchífero, mármol en ruinas, etc.

"Caliza litográfica". Variedad de grano muy fino, empleada en las artes gráficas.

"Caliza pisolítica", "Caliza oolítica". Estas variedades consisten en esferillas formadas por aposición de capas concéntricas en torno a un núcleo muy pequeño; las pisolitas son esferillas del tamaño de un guisante, y las oolitas recuerdan por su grosor los huevos de los peces. Algunos geólogos atribuyen a la estructura oolítica un origen orgánico, y otros consideran, que es resultado de un proceso enteramente inorgánico, consistente en el movimiento sufrido por los granos durante su formación, por impulso del vaiven de las aguas en las costas, playas, etc.

"Antracnita" o "Caliza fétida". Caliza oscura que contiene materia bituminosa o compuestos sulfurosos, y desprende un olor desagradable cuando se le golpea o frota.

"Arenisca de Fontainebleau". Nombre dado a la calcita cuando lleva considerable mezcla de arena; algunas veces las variedades concrecionadas contienen el 90%, y cuando está cristalizada, que es un romboedro, más del 65%, se encontró primeramente en Fontainebleau, Francia.

"Tinolita". Cristales entrelazados, amarillos o pardos, propios de los depósitos de Nevada, Australia, etc. los cristales suelen ser esqueléticos.

Estos son sólo algunos ejemplos de las diferentes variedades ¹¹ de calcita, conocidos, ya que en realidad, es prácticamente imposible especificar, no sólo las variedades conocidas mundialmente sino las conocidas en cada una de los diferentes países que elevarían al infinito los nombres particulares de cada uno, cuyo es el caso del "Tecali", variedad de travertino muy conocido en México con el nombre de "Onix de Puebla".

Los 230 grupos de operaciones de simetría.

La deducción de las 32 clases cristalinas se lleva a cabo con la rotación, la reflexión y la combinación de ambas que se ha llamado rotación reflexiva; pero cabe también suponer la rotación y simultánea traslación paralela al eje y la reflexión con traslación paralela al plano. La primera combinación da origen a los ejes helicoidales; la segunda a los planos de deslizamiento.

En los cristales no hay señal externa, simplemente visible, de que las formas estén producidas por estas nuevas operaciones de simetría, más, de largo tiempo, ciertas observaciones de orden físico advertían la necesidad de admitir en la simetría de la estructura cristalina, además de los elementos considerados para la deducción de las 32 clases, los ejes helicoidales y los planos de deslizamiento.

Mucho antes de que se tuviera sospecha de las dimensiones reales de estas traslaciones, dedujo Schönflies, en 1892, los grupos posibles que pueden formarse asociando las rotaciones, reflexiones, rotaciones reflexivas, rotaciones helicoidales y reflexiones traslativas, sin admitir, como es lógico, otros órdenes que los posibles cristalográficos.

En total son 230 los grupos resultantes y quedan distribuidos en número variable (de 1 a 28) entre las 32 clases cristalinas. La notación adoptada para ellos consiste en el símbolo de la clase a que pertenecen con un exponente que indica el lugar que les corresponde, por virtud del orden de la deducción, dentro de su clase. Se apartaría excesivamente del propósito del trabajo si se tratase aquí la derivación de los 230 grupos; pero si se pueden presentar en una tabla, distribuidos en clases y singonias. Los exponentes de los símbolos literales expresan el número de grupos de aquella clase; así en la C_4 hay 10 grupos, en la D_{2h} 28 grupos. C_6 , D_{2h}^6 , etc., son símbolos de otros tantos grupos de las respectivas clases.

Desde un principio se emplearon para los símbolos letras góticas y modernamente se han sustituido por las latinas.

La notación fue establecida por Schönflies y no es, en verdad, muy lógica y comprensible.

C, inicial de cyclisch, palabra griega escrita al modo latino, indica simetría cíclica; V, en cambio, es la primera letra del término alemán Vierergruppe, que significa grupo cuaternario, lo que es completamente erróneo porque no implica simetría tetragonal; D, se ha tomado de Diedergruppe, grupo digonal; O, de octaedro; T, de tetraedro, también símbolo impropio pues la clase T_h no es tetraédrica; h, expresa plano de simetría horizontal; v, plano de simetría vertical; i, con centro de inversión, (centro de simetría); etc. (Tabla 1).

TABLA SINTÉTICA DE LOS 230 GRUPOS.

Cúbico.		Exagonal.		Ortoclínico.	
C_h	O_h^{1-10}	D_{6h}	D_{6h}^{1-4}	(V ₄)	D_{2h}^{1-28}
C	O^{1-8}	D_6	D_6^{1-6}	S_{2v}	C_{2v}^{1-22}
T_h	T_h^{1-7}	C_{6v}	C_{6v}^{1-4}	(V)	D_2^{1-8}
T_d	T_d^{1-6}	C_{6h}	C_{6h}^{1-2}		
T	T^{1-5}	C_6	C_3^{1-6}		
Tetragonal.		Trigonal.		Monoclínico.	
D_{4h}	D_{4h}^{1-20}	D_{3h}	D_{3h}^{1-4}	C_{2h}	C_{2h}^{1-6}
C_{4v}	C_{4v}^{1-12}	C_{3h}	C_{3h}	C_2	C_2^{1-3}
C_{4h}	C_{4h}^{1-6}			C_s	C_s^{1-4}
D_4	D_2^{1-10}			Triclínico.	
C_4	C_4^{1-6}	D_{3d}	D_{3d}^{1-6}	C_1	C_1^3
(V ₄)	D_{2d}^{1-12}	C_{3i}	C_{3i}^{1-2}	C_2	C_2^2
S_4	S_4^{1-2}	C_{3v}	C_{3v}^{1-6}		
		D_3	D_3^{1-7}		
		D_3	C_3^{1-4}		

TABLA 1

III.- UBICACION DE LA CALCITA EN EL SISTEMA, CLASE Y
GRUPO CORRESPONDIENTES.

*Ces caprices divins sont des larmes gelées
Les Stalactites., Teodoro de Barville, 1846*

III.1.- Sistema trigonal. (Tabla II)

Ejes cristalográficos.

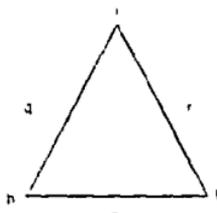
Algunos autores de acuerdo con Miller, toman como ejes cristalográficos las tres aristas polares del romboedro fundamental; se tienen que determinar en este caso el valor del ángulo de las aristas en un vértice O (Fig. 5)

Las tres aristas constituyen tres ejes oblicuos iguales; forman también entre sí ángulos iguales, pero no rectos.

El sistema de Miller ofrece la ventaja de dar una notación de tres índices (pqr). Aunque estos tres ejes de Miller son los más adecuados para las formas de los tipos trigonales, con todo, en el presente trabajo se emplearan los de Bravais (propios del sistema exagonal), como más didácticos, y para evitar el parámetro angular que caracteriza los ejes de Miller.

Como ejes de Bravais se toman: para vertical el ternario (que equivale al senario en el sistema exagonal); y simultáneamente los tres ejes binarios del sistema trigonal que adoptan la misma posición relativa que los ejes cristalográficos característicos del sistema exagonal (Fig. 6).

La notación de una cara en el sistema trigonal, podrá expresarse con los tres ejes de Miller (pqr), o los cuatro de Bravais (hkil), existiendo fórmulas que permiten el paso de unos índices a otros.



$$\begin{aligned} p &= h - k + l \\ \text{Miller } q &= l - h + k \\ r &= k - l + i \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= p - q / 3 \\ \text{Bravais } l &= q - r / 3 \\ k &= r - p / 3 \\ l &= p + q + r / 3 \end{aligned}$$

FIG. 6

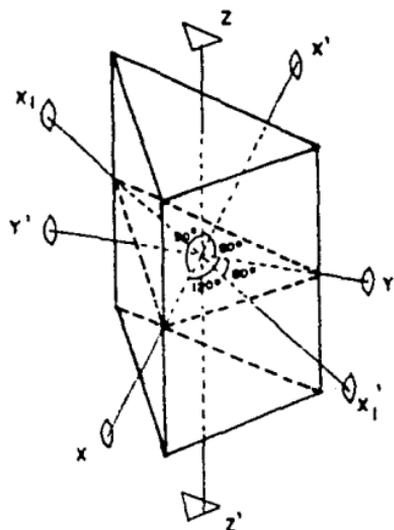
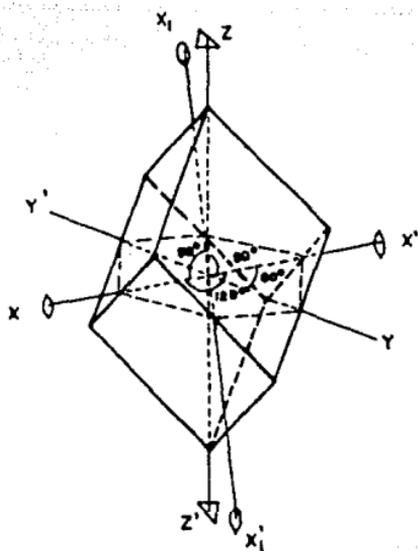


FIG. 5

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
LOS CUATRO EJES DEL	
SISTEMA TRIGONAL.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala.	1930

Clase de simetría	Sb	Elementos de simetría
Holoedría Trigonal	D _{3d}	E ³ , 3E ₂ , 3P, C.
Hemiedría Paramórfica	C _{3i}	E ³ , C.
Hemiedría Enantiomórfica	D ₃	E ³ , 3E ₂
Hemiedría Hemimórfica	C _{3v}	E ³ , 3P
Tetraedría Trigonal	C ₃	E ³

TABLA II

Fórmulas para pasar de los índices de Miller a los de Bravais y viceversa, fáciles de deducir, para el paso de unos índices a otros, que se recuerdan teniendo un triángulo como el dibujado arriba, en el que se escriben los índices en orden cíclico.

Mutua relación entre los ejes cristalográficos.

Si se toman las tres aristas del romboedro (sistema Miller) los tres ejes son iguales (Fig.7). Si se toman los cuatro ejes del sistema exagonal (Bravais), los tres ejes horizontales son binarios iguales y equivalentes a₁, a₂, a₃, y el vertical ternario, distinto, (Fig.8) y perpendicular a los otros tres. (Los tres ejes horizontales se denominan, respectivamente, X, Y, Y₁ y el vertical Z).

La notación de las formas correspondientes al sistema trigonal es la misma que las correspondientes del exagonal, de las cuales pueden considerarse como hemiedros. Así, la notación del escalenoedro o de la bipirámide ditrigonal es la misma que la de la bipirámide diexagonal (h, k, l, l), la del romboedro o de la bipirámide trigonal es la misma que la de la bipirámide exagonal de que proceden, (h, 0, h, l) para los de primera especie y (h, h, 2h, l) para los de segunda.

III.2.- El sistema trigonal considerado como

Hemiedría del sistema exagonal.

Desde el momento en que este sistema admite los ejes cristalográficos de Bravais, se concibe la posibilidad de considerar sus formas como derivadas de las del sistema exagonal, por supresión de dominios fundamentales, de forma que el eje senario se convierta en ternario.

Dos son las posibilidades que se presentan para ello:

a) Suprimir dominios fundamentales agrupados de dos en dos alternativamente arriba y abajo del plano H (Fig. 9), con lo cual resulta un eje ternario giral, se conserva el centro y quedan tres ejes binarios.

FIG. 7

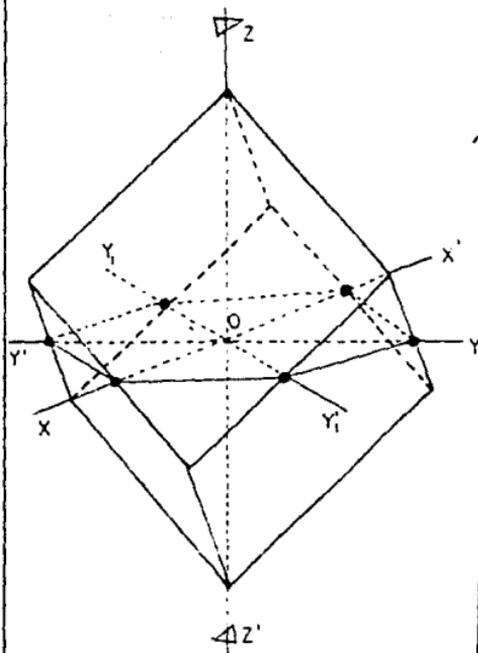
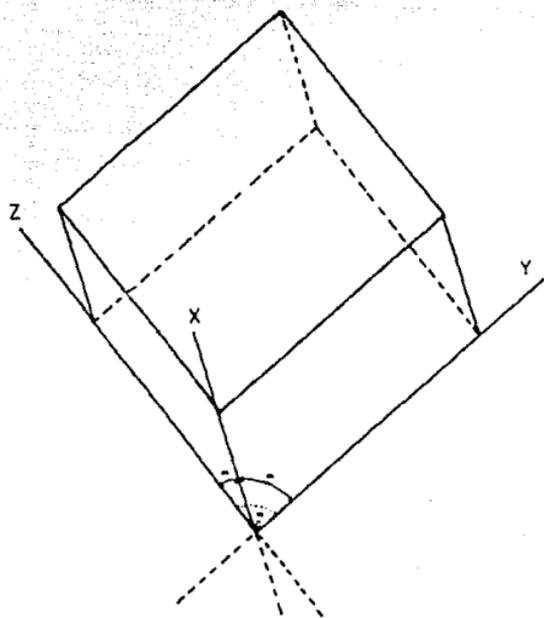


FIG. 8

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
EJES DE MILLER Y BRAVAIS EN EL	
SISTEMA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala	1980

Así resulta la clase escalenoedraled tritrigonal que corresponde a la 3m, y se suele tomar como holocédrica del sistema trigonal.

b) Suprimir dominios fundamentales de dos en dos simultáneamente arriba y abajo, de forma que el eje senario resulte ternario (Fig. 10). De esta forma se conserva el plano H, pero se pierde el centro, el eje ternario es ahora giroidal, y quedan además, tres ejes binarios. Así resulta la clase bipiramidal tritrigonal que corresponde a la 3s, y que también se podría tomar como holocédrica.

Es de notar que estas dos clases, correspondientes a los ritmos giral y giroidal, son independientes, sin que sea posible la derivación de una a partir de la otra.

Proyección estereográfica.

Esta proyección se hace sobre un plano perpendicular al eje ternario. Los planos de simetría estarán representados por tres diámetros equidistantes. Los tres ejes binarios se proyectarán en los extremos de los diámetros. El eje ternario estará representado en el centro del círculo fundamental, (Fig. 9 y 10). Todo como en el sistema exagonal.

III.3.- CLASE ESCALENOEDRAL DITRIGONAL. " HOLOEDRIA TRIGONAL ".

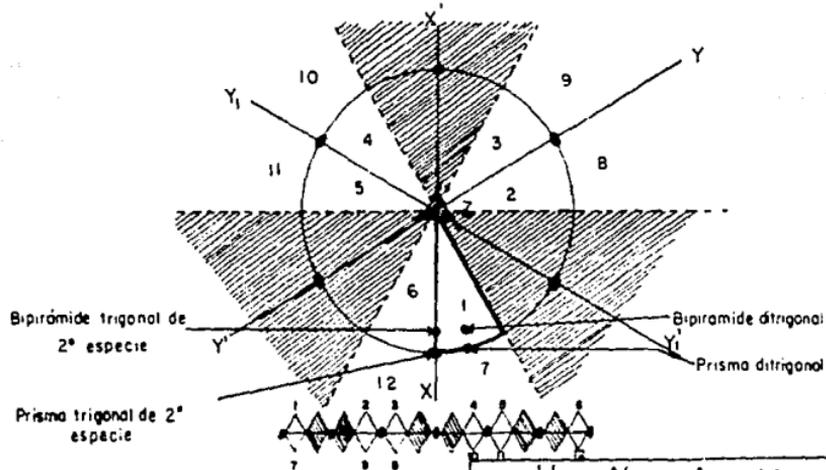
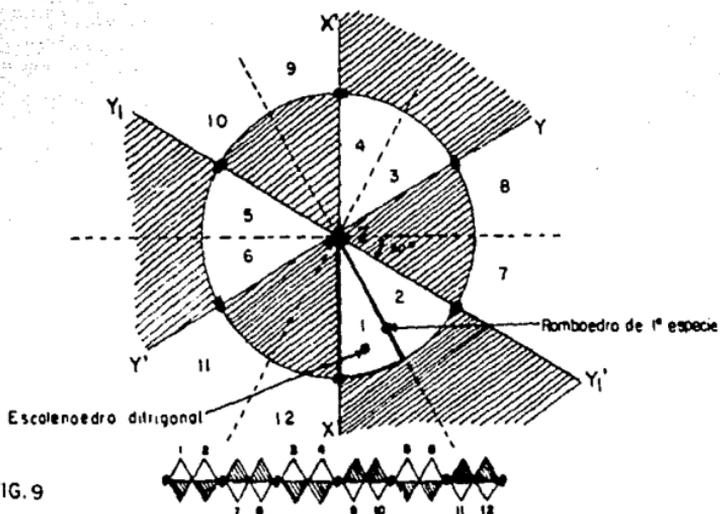
Esta clase carece de plano principal H por que el eje ternario, por ser de orden impar, a pesar de coexistir con centro de simetría no fuerza su aparición, contrariamente a lo que ocurre en todos los demás sistemas en que existe un eje de orden par.

El dominio fundamental está limitado por un plano de simetría y dos cristalográficos, y en dos de sus vértices están situados el eje ternario y uno binario (Fig. 11, 11A y 11B).

Si el polo se sitúa en el vértice que contiene al eje ternario, resulta el pinacoide basal, si cae sobre el plano de simetría, se tiene el romboedro (Fig.9), y si ocupa la posición general, dentro del dominio, se obtiene el escalenoedro tritrigonal. Cualquier otra posición del polo origina formas geoméricamente idénticas a las estudiadas en el sistema exagonal.

Romboedro trigonal de 1a. especie.

Es un poliedro que consta de seis caras rómbicas (Fig. 12) limitadas por 12 aristas, de las que seis son polares en dos grupos de tres, y los seis restantes son ecuatoriales en zigzag; todas iguales. De sus ocho vértices triédricos, dos están formados por las aristas polares y los seis restantes por dos aristas ecuatoriales y una polar. El eje ternario une los dos vértices triédricos de aristas polares. Los binarios



U . N . A . M .
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL

SISTEMA TRIGONAL COMOHEMIEDRÍA DEL
 SISTEMA EXAGONAL Y HOLOEDRÍA DEL
 SISTEMA TRIGONAL

DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA

sin escala.

1930

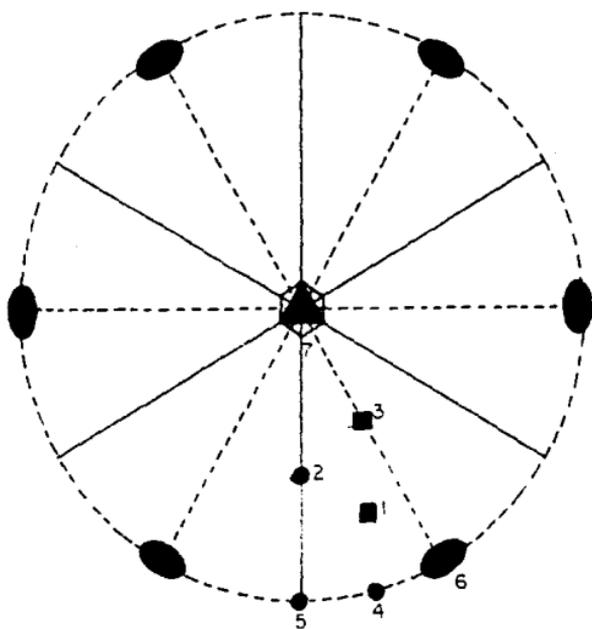


FIG.11

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
DOMINIO FUNDAMENTAL	
HOLCEDRÍA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
SIN ESCALO	990

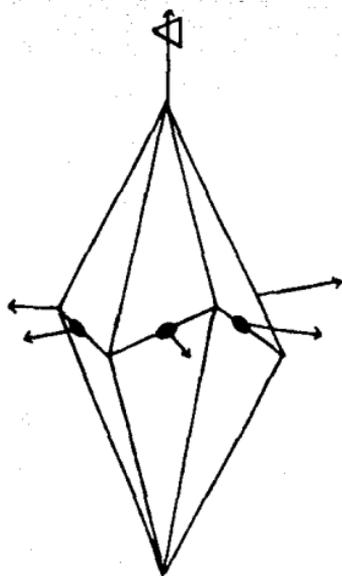


FIG. 11A

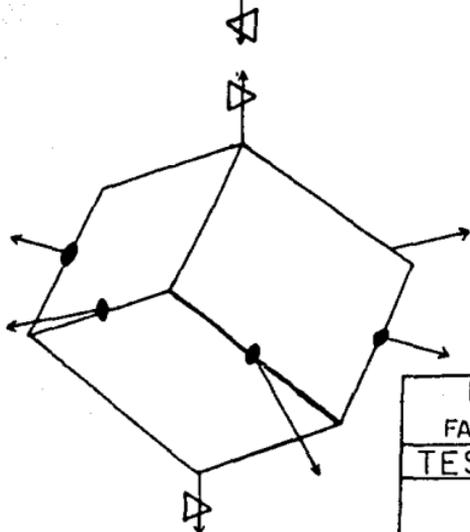


FIG. 11B

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
FORMAS DE LA	
HOLOEDRÍA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA .	
sin escolo.	1990

unen puntos medios de aristas ecuatoriales opuestas. Los planos de simetría pasan por las aristas polares.

El romboedro de primera especie se orienta colocando vertical el eje ternario y uno binario cualquiera, que coincide con uno cristalográfico, hacia delante (Fig. 15), para lo cual basta colocar hacia delante una arista ecuatorial.

El romboedro de primera especie es geoméricamente idéntico a los de segunda y tercera especie (Fig. 15, 16 y 17); se diferencia de ellos sólo por su orientación, y, por tanto, sólo puede demostrarse su presencia en combinación con otras formas, cuando la posición de los ejes cristalográficos esté ya definida.

El romboedro es un poliedro inconfundible por su aspecto de "cubo deformado" que conserva todas sus aristas iguales, pero cuyos ángulos no son rectos. En el romboedro agudo (Fig. 12), los ángulos que forman las aristas polares son agudos, y en los vértices ecuatoriales hay dos ángulos obtusos y uno agudo. En el romboedro obtuso (Fig. 13) los ángulos de las aristas polares son obtusos pero menores de 120° , y los vértices ecuatoriales tienen dos ángulos agudos y uno obtuso. Cualquier romboedro en proyección ortogonal sobre un plano perpendicular al eje ternario, origina un contorno exagonal (Fig. 14).

Escalenoedro ditrigonal.

Es un poliedro que consta de 12 caras, triángulos escalenos, limitados por 12 aristas polares en dos grupos de seis alternativamente equivalentes y seis ecuatoriales en zigzag. De sus ocho vértices, dos son exaédricos formados por las aristas polares y los otros seis son tetraédricos con dos aristas polares y dos ecuatoriales.

El eje ternario une los dos vértices exaédricos.

Los ejes binarios unen los centros de las aristas opuestas en zigzag. Los planos de simetría pasan por las aristas polares.

Se orienta colocando vertical el eje ternario. Una de las aristas en zigzag se coloca frente al observador, por lo que uno de los ejes binarios, que pasa por su punto medio y por el de la arista opuesta, quedará con posición anteroposterior: los otros dos ejes quedarán también horizontales y equidistantes de la visual del observador. Se distingue del escalenoedro tetragonal, por tener éste ocho caras. Vista esta forma en la dirección del ejemplo ternario, se ven sus aristas ecuatoriales y forman un exágono de contorno regular, aunque en realidad no están en un plano. (Fig. 18).

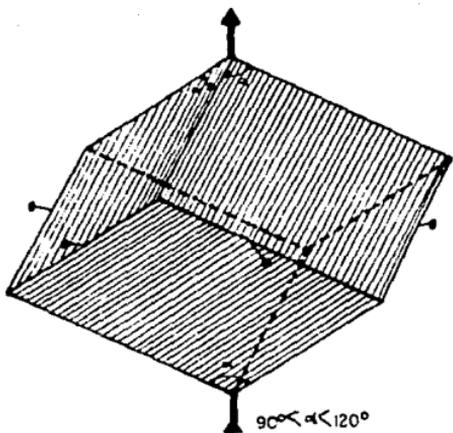


FIG. 13

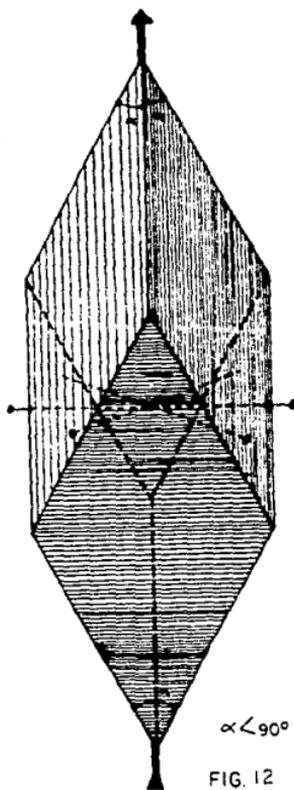


FIG. 12

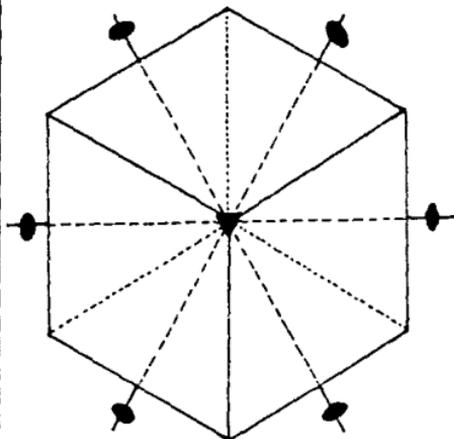


FIG. 14

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
ROMBOEDRO OBTUSO, ROMBOEDRO AGUDO Y PROYECCION ORTOGONAL DEL EJE TERNARIO.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
517 ESCOIO.	1990

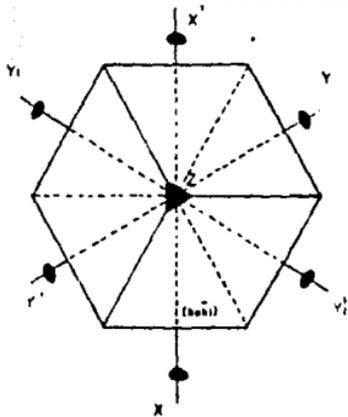


FIG 15

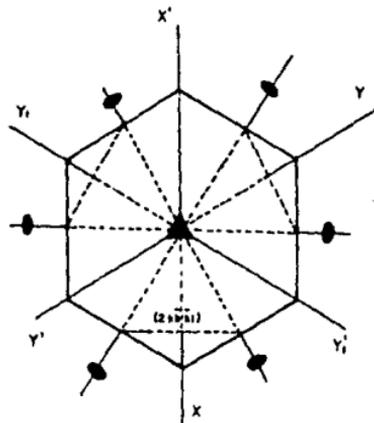


FIG 16

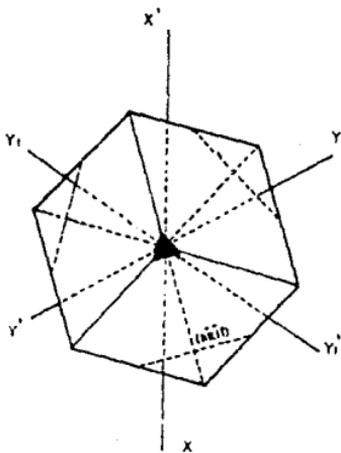


FIG 17

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
ROMBOEDROS DE 1º, 2º Y 3º ESPECIE	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala.	1990

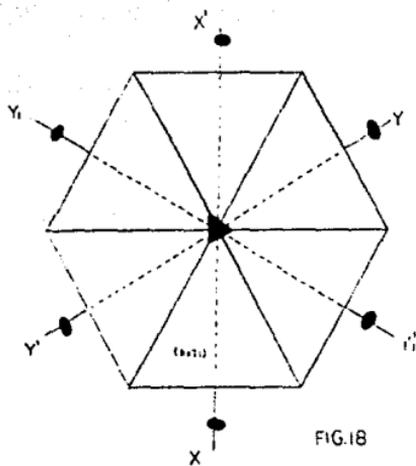


FIG.18

U . N . A . M .
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

ESCALONCERO D. T. R. G. O. N. A. L

DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA

sin escala.

1950

III.4. CLASE ROMBOEDRICA TRIGONAL. HEMIEDRIA PARAMORFICA TRIGONAL.

Se distingue su dominio fundamental porque está limitado por lados que no son planos de simetría, de los que carece esta clase.

Si el polo cae en el interior del dominio se tendrá el romboedro trigonal de tercera especie. Si cae sobre el plano XZ se tendrá el romboedro trigonal de segunda especie. (Fig. 19, 19A y 19B).

Romboedro Trigonal de 2a. y 3a. Especie.

Ambos son idénticos, geoméricamente, al de 1a. especie, del que sólo difieren por su orientación respecto a los ejes cristalográficos.

Cada romboedro deriva de una bipirámide exagonal de su misma especie, por supresión alterna de sus caras arriba y abajo. El de tercera especie puede derivar también del escalenoedro ditrigonal por supresión alterna de sus caras, arriba y abajo.

El romboedro de segunda especie se orienta con el eje ternario vertical, y una cara hacia delante (Fig. 16), en una posición girada 30° con relación al de primera especie. Los ejes cristalográficos salen de las caras por un punto situado sobre su diagonal vertical y a $1/4$ de su longitud a partir del vértice inferior.

El romboedro de tercera especie se orienta como el anterior pero en una porción intermedia entre los de primera y segunda especie (Fig. 17). El punto de emergencia de los ejes cristalográficos es intermedio entre el centro de las aristas ecuatoriales y el definido para el de segunda especie.

III.5. -CLASE TRAPEZOEDRICA TRIGONAL. HEMIEDRIA ENANTIMORFICA TRIGONAL.

El dominio fundamental deriva del holoédrico por desaparición de los planos de simetría.

La única forma nueva en el trapezoedro trigonal que se origina cuando el polo cae en el interior del dominio. (Fig. 20 y 21).

Trapezoedro trigonal. - Sus seis caras son trapezoides. De sus doce aristas, seis son polares (3+3) y seis ecuatoriales en zigzag pronunciado, alternativamente equivalentes. Sus ocho vértices son triédricos, dos de ellos formados por aristas polares y los seis restantes formados por las tres clases de aristas.

El eje ternario une los vértices de aristas polares. Los binarios unen los puntos medios de las aristas ecuatoriales opuestas. (Fig. 22).

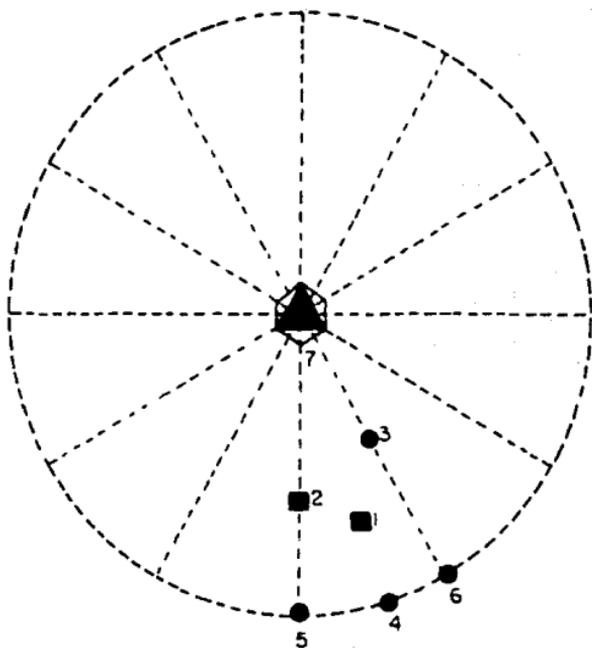


FIG.19

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
DOMINIO FUNDAMENTAL	
HEMIEDRÍA PARAMÓRFICA.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala.	1990

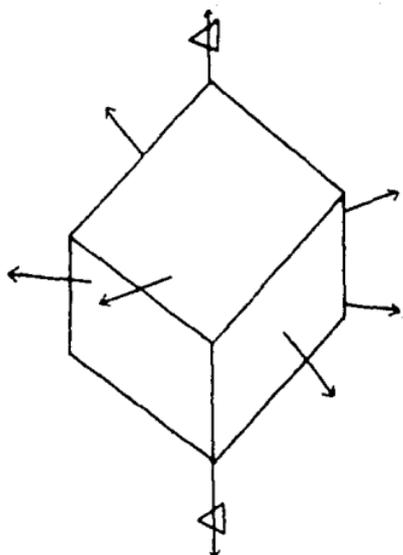


FIG 19A

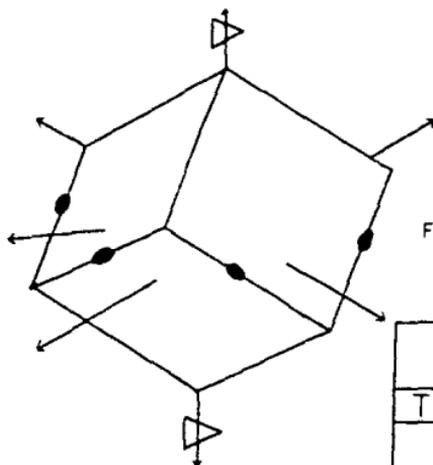


FIG 19B

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
FORMAS DE LA	
HEMIEDRIA PARAMÓRFICA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala	1990

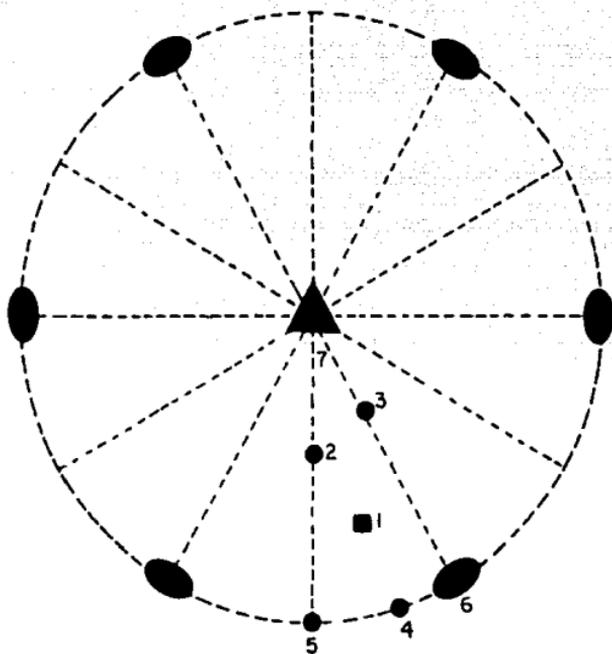


FIG. 20

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
DOMINIO FUNDAMENTAL	
HEMIEDRÍA ENANTIOMÓRFICA.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escuela.	1990

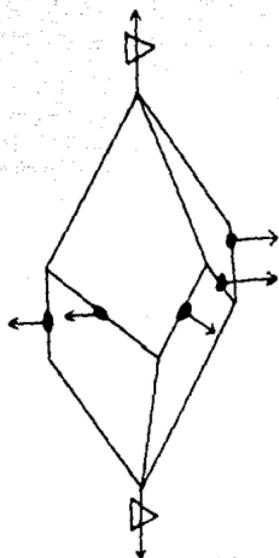


FIG. 21

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
FORMA DE LA HEMIEDRÍA ENANTIOMÓRFICA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escuela.	1390

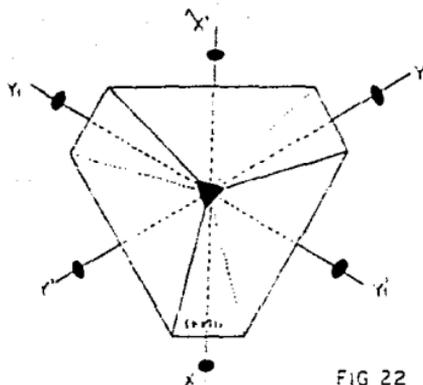


FIG 22

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
TRAPEZOIDO TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala.	1990

Deriva del escalenoedro ditrigonal, suprimiendo caras alternas y adyacentes una en cada hemipirámide.

III.6. CLASE PIRAMIDAL DITRIGONAL. *HEMIEDRIA HEMIMORFICA TRIGONAL.*

El dominio fundamental está limitado por el plano H (que no es de simetría), por el plano P y por un interplano. En uno de sus vértices tiene un eje ternario.

Si el polo está situado en el interior del dominio resulta la hemipirámide ditrigonal; si se coloca sobre el plano P se obtiene la hemipirámide trigonal de segunda especie; y si coincide con el eje ternario se obtiene el pedión básico, (Fig. 2J, 23A y 23B).

Monopirámide ditrigonal.- Es una pirámide formada por seis caras triángulos escalenos (cuando está cerrada por el pedión en su parte inferior) o más propiamente un ángulo poliedro abierto de seis caras, cuyas aristas (diedros) son equivalentes tres a tres alternativamente. El eje ternario es el del ángulo poliedro, y los planos P están determinados por cada dos aristas opuestas.

Deriva de la bipirámide ditrigonal, por supresión de la mitad limitada por el plano H.

Se orienta colocando vertical el eje ternario, y una arista hacia delante. Es la única pirámide sencilla de seis caras, triángulos escalenos.

Monopirámide trigonal de segunda especie.- Es un ángulo triedro abierto (una pirámide si está limitada por el pedión) formado por tres caras iguales con diedros también iguales.

El eje ternario es el del ángulo triedro; los planos P están determinados por cada arista y por la bisectriz de la cara opuesta del ángulo poliedro.

Deriva de la bipirámide trigonal de segunda especie, por supresión de una mitad limitada por el plano H.

Pedión trigonal.- Está formado por un solo plano, que siempre se encuentra combinado con otra forma también abierta, generalmente con los prismas o las monopirámides.

Deriva del pinacoide trigonal básico, por supresión de una de sus caras, conservando todas sus demás propiedades.

III.7.- CLASE PIRAMIDAL TRIGONAL. *TETARTOEDRIA TRIGONAL.*

Esta tetartoedria hemimórfica del sistema trigonal puede considerarse, suponiendo que este sistema sea hemiedria del exagonal como el único caso conocido de ogdoedria.

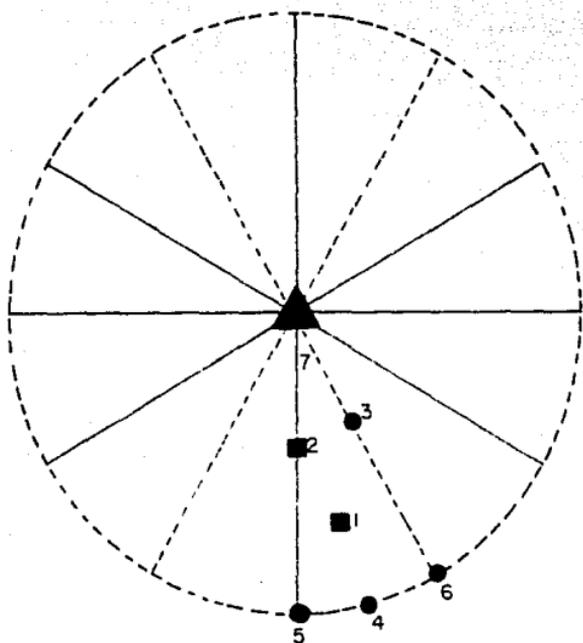


FIG. 23

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
DOMINIO FUNDAMENTAL	
HEMIEDRIA HEMIMÓRFICA .	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escuela	1990

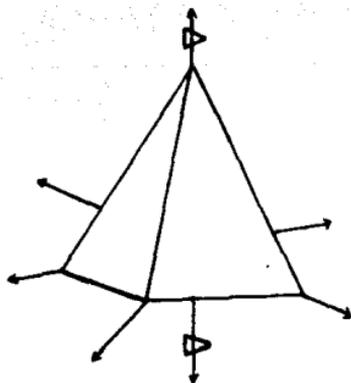


FIG. 23A

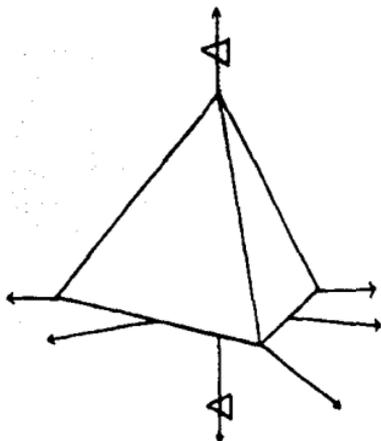


FIG. 23B

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
FORMAS DE LA	
HEMIEDRÍA HEMIMÓRFICA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escala.	1990

El dominio fundamental está limitado como en la clase anterior, pero sin el plano H de simetría (Fig. 24, 24A y 24B).

Si el polo está situado en el interior del dominio fundamental, se obtiene la hemipirámide trigonal de tercera especie; y si se sitúa sobre un plano cristalográfico o sobre un interplano, resultan las de segunda y primera especie, respectivamente.

Monopirámides trigonales de primera y tercera especie.-

Geométricamente idénticas a las de segunda especie, sólo se diferencian por su orientación que es como la de las bipirámides de que proceden.

Para mejor ilustración se anexan las figuras números 25, 26 y 27 que explican la proyección ortogonal sobre un plano horizontal de las formas de la segunda y tercera especie (pirámide y prismas) del Sistema Trigonal, con sus elementos de simetría y ejes cristalográficos, para que se pueda comparar su posición relativa.

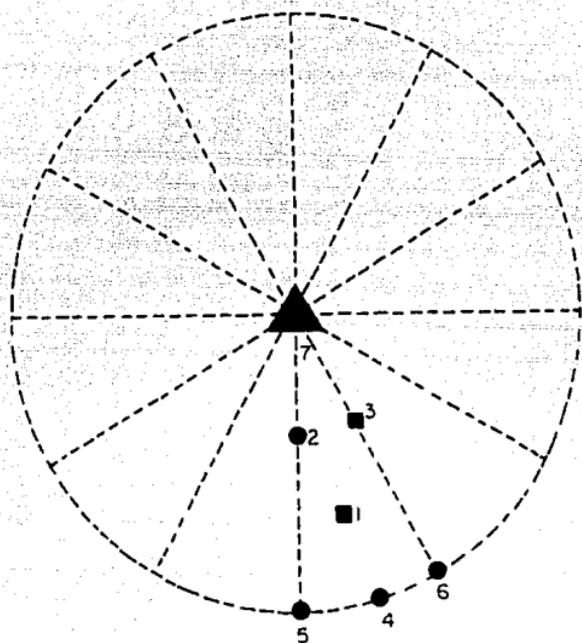


FIG. 24

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
DOMINIO FUNDAMENTAL	
TETARTOEDRIA TRIGONAL	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escola.	1993

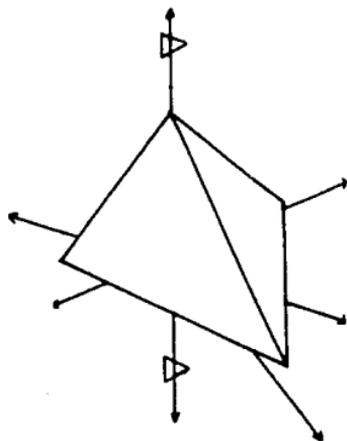


FIG. 24A

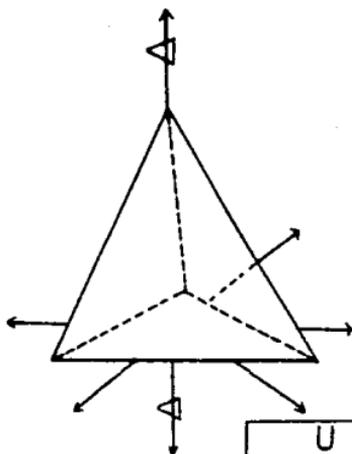


FIG. 24B

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
FORMAS DE LA	
TETARTOEDRÍA TRIGONAL.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escola.	1990

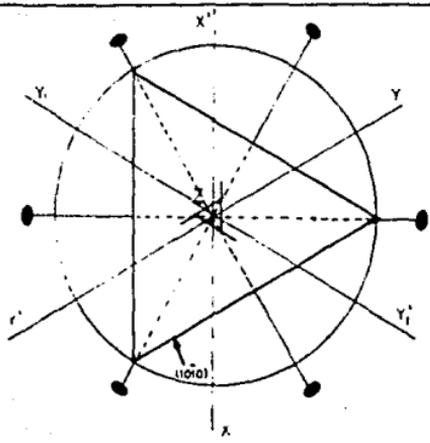


FIG. 25

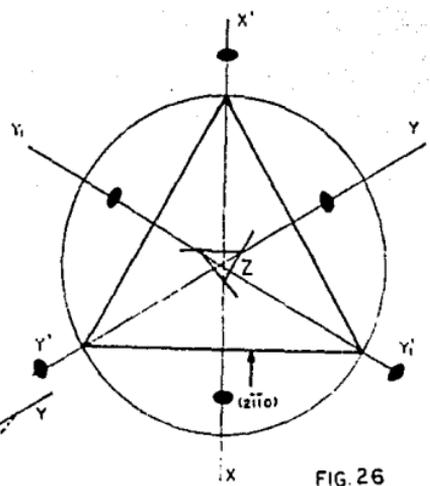


FIG. 26

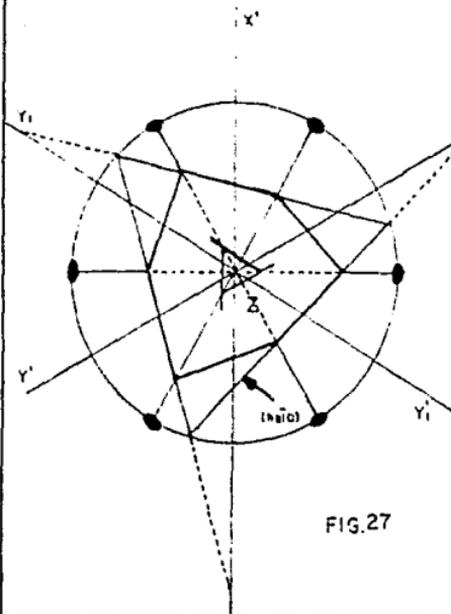


FIG. 27

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PROYECCIÓN DE PRISMAS Y PIRAMIDES	
DE 1º, 2º Y 3º ESPECIE.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escuela	33

IV.- MACLAS

*Se tu se' or, lettore, a creder lento cio,
ch' io dira, non sara maraviglia: che io,
che 'l vidi, appena il mi consento.*

Dante, Inferno, canto XXV, v. 46, 47 y 48.

IV.1.- AGREGADOS CRISTALINOS Y CRISTALES COMPUESTOS.

En lo expuesto hasta ahora se ha tratado de cristales aislados que rara vez se encuentran bien formados; son mucho más frecuentes los agregados cristalinos. La cristalización tiene lugar a partir de muchos centros, de manera simultánea y el resultado suele ser una manera de cristales entrelazados en la que, por lo general, es desordenada la disposición de los individuos que la componen. En otras ocasiones, sin embargo, series de cristales aislados aparecen alineados en crecimientos paralelos o también formando agrupaciones paralelas. El crecimiento de las series de cristales parciales tiene lugar comúnmente, según ejes de simetría o ejes cristalográficos y continuando la cristalización estos agregados pueden llegar a convertirse en grandes cristales independientes.

IV.2.- MACLAS O GEMELOS .- CRISTALES MACLADOS.

Esta clase de agregados tiene especial importancia, de una parte porque constituyen caracteres salientes de muchos minerales, y de otra parte porque su interpretación contribuye al conocimiento más profundo de la estructura reticular.

"Se entiende por macla, dos cristales asociados simétricamente de modo que uno de ellos pueda ponerse en posición paralela al otro y, por tanto, puede llevarse a coincidir con él, mediante reflexión sobre una cara común, que se denomina plano de macla, o por giro de 180° alrededor de una recta común llamada eje de macla.

De los elementos de la macla, plano y eje, uno de ellos es cristalográficamente racional, por lo común de índices muy sencillos: en las clases de simetría elevada, frecuentemente son ambos, y en las triclinicas, por lo contrario pueden ser simplemente planos y rectas.

La formación de las macas responde a ciertas normas o "leyes de macla".

1.- En un cristal individual, un eje de simetría par nunca es eje de macla: sólo puede serlo un eje de simetría ternaria.

2.- Los planos de macla nunca coinciden con planos de simetría en ninguna de las partes de un cristal compuesto.

3.- Un eje o plano de macla puede coincidir en posición con un eje o plano de simetría en las clases de simetría superior a la implicada en la macla. Por ejemplo, en la hemiedría paramórfica del Sistema Regular, son posibles los piritoedros maclados. El eje de macla es normal a la cara del dodecaedro (110) que es el plano de macla. Este eje no lo es de simetría en la hemiedría paramórfica, pero sí en la holoedría cúbica. Cuando se presenta una macla de este tipo en un cristal de una clase de simetría menor, la macla resultante puede adoptar la de la clase de simetría superior.

4.- Las maclas que se presentan en cristales centrosimétricos, tienen a la vez un eje de macla y un plano de macla normal a éste. Los cristales que no son centrosimétricos pueden maclarse en torno a un eje o con respecto a un plano, pero no con respecto a ambos al mismo tiempo.

Frecuencia de las maclas.- El maclado no debe ser considerado como un fenómeno raro pues algunos cristales de casi un 20% de las especies minerales descritas presentan uno o más tipos de maclas. La importancia del maclado varía de un sistema a otro, y, aproximadamente, los sistemas pueden ser enumerados como sigue, en orden de importancia decreciente del maclado; monoclinico; ortoclinico, cúbico, trigonal, tetragonal, triclinico y exagonal.

Las maclas en la calcita.- Las maclas muy frecuentes en la calcita, pueden ser referidas a cuatro leyes:

I.- El eje de macla es perpendicular a la base (0001), que es plano de unión, coincidiendo el eje vertical en los dos individuos. (Fig. 28).

II.- Plano de macla (10 $\bar{1}$ 1). Más rara que la anterior. Cuando los individuos son escalenoedrales la macla adopta la forma de corazón o de mariposa con los ejes casi en ángulo recto.

III.- Plano de macla (0221), quedando los ejes a 53°46'46" y 126°14'. Esta macla que es la menos frecuente de todas, tiene también forma acorazonada o de mariposa (Fig. 29).

IV.- Plano de macla el romboedro e (01 $\bar{1}$ 2). Los ejes verticales quedan cruzados bajo ángulos de 127°29'30" y 52°30'30". Es la macla más frecuente, con estructura polisintética, que se traduce en finas estriaciones. Cuando las laminillas están orientadas según las diversas caras del romboedro (01 $\bar{1}$ 2) y se cruzan, dan lugar a canales huecos. (fig. 30). Esta macla puede ser obtenida artificialmente por presión con un instrumento cortante sobre la arista obtusa del romboedro de crucero y es característica en los mármoles y calizas granudas que han sufrido presiones. (Fig. 31).

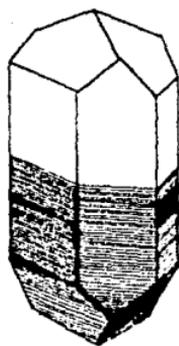


FIG. 28

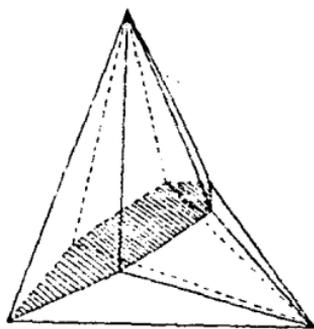


FIG 29

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MACLA PRISMÁTICA SECCIÓN CON SIN ÁNGULO ENFRANTE Y MACLA CON PLANO PARALELO A SU CARA DE $(01\bar{1}2)$	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA	
sin escolar.	1990

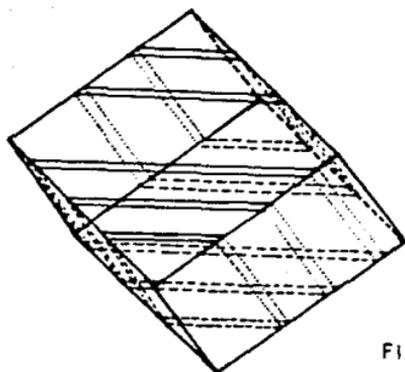


FIG. 30

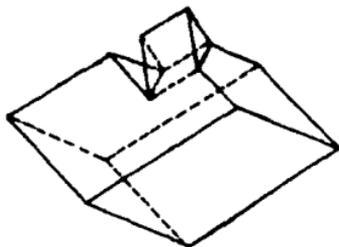


FIG. 31

U . N . A . M .	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MACLA POLISINTÉTICA Y MACLA MECÁNICA.	
DALIA DEL CARMEN ORTIZ ZAMORA .	
sin escole.	1990

V.- LOCALIDADES MEXICANAS DE MACLAS EN CALCITA
Y ALGUNAS DEL EXTRANJERO.

Qui addit scientiam, addit et laborem.
Eclesiástico, cap. 1, v. 18

V.1.- Localidades de calcita en México.-

Municipio de Asientos, Aguascalientes. Hermosos cristales de aproximadamente 60 centímetros de longitud, muchos con fantasma.

Municipio de Tepezalá.- Especialmente en las vetas de Nopal y Amarilla.

Baja California.- Municipio de Ensenada. Especialmente el llamado Onix Mexicano.

Calamahi.- Especialmente en la mina del Rio Salmon.

Rosarito.- En el rancho Ballistero se encuentran hermosos cristales romboedrales de 0.25 m., de color rosado, asociada con estilbita y analcima.

Baja California Sur.-

Santa Rosalía.- Mineral de Boleo.- Se encuentran cristales de hasta 0.02 m teñidos de un hermoso color azul por crisocola.

Chiapas.- Municipio de Pichucalco.

mina de Santa Fe.- Cristales de hasta 0.02 m.

Chihuahua.- Municipio de Ahumada.

Constitución mina de Mojina, rancho de Mojina, al sur de Constitución. Cristales de 0.02 m asociados con celestita.

Los Lamentos.-Muy abundante en la mina de la Erupción, asociada con wulfenita, descloizita y goethita.

Municipio de Aquiles Serdán.- Distrito minero de Santa Eulalia, especialmente en las minas de Potosi y Buenas Tierras. Se encuentran cristales de hasta 0.45 m de longitud de color pardo rojizo.

Mina de San Antonio el Grande.- Se encuentran grandes cristales de hasta 0.60 m de longitud asociados con magníficos cristales de fluorita, galena, esfalerita, pirita, calcopirita y arsenopirita.

Municipio de Batopilas.

Amplia distribución de cristales de calcita de hasta 5 m. asociados con plata nativa y acantita.

Mina de la Bufo.- En 1960, se encontraron algunas choyas repletas de grandes cristales de calcita con finos cristales de cobre nativo.

Municipio de Bocoyna.-

Areonapuchic.- Abundantemente distribuida en las minas de el Porvenir, la Perla, Flor de Esperanza, La Aurora, y el Carmen, obteniéndose cristales de hasta 20 cm. de longitud.

Barranca del Cobre.- Cristales de hasta 2 cm. asociados con cobre nativo.

Municipio de Chenipas.- Cristales de hasta 4 cm.

Municipio de Ciudad Camargo.

En las minas de La Negra y La Perla se obtienen cristales de hasta 4 cm de longitud asociados con hematita y magnetita.

Municipio de Guadalupe y Calvo.- Especialmente en las minas del Rosario y El Refugio, se encuentran cristales de hasta 4 cm.

Municipio de Guazapares.- Se encuentran cristales de hasta 6 cm. especialmente en las minas de las Trojes y de Arechuchique.

Municipio de Madera.

Chihuichupa.- Abundantes cristales mayores de 60 cm, habiéndose obtenido algunos de más de 1 000 kg

Municipio de Manuel Benavides .

Rancho del Murciélagos.- Hermosos cristales de 8 cm asociados con pectolita.- En el arroyo de la Monilla, se han encontrado romboedros de hasta 45 kg.

Rancho del Parran.- Se encuentran buenos cristales de hasta 4 cm Esta localidad es prolongación del rancho de Murciélagos.

San Pedro Corralitos.- De muy amplia distribución especialmente en la mina del León. Se encuentra asociada con goethita y mimetita.

Municipio de Saucillo.- Hermosos cristales de hasta 15 cm de color blanco, rojo y gris. Asociada con pirita, galena, esfalerita, cuarzo, etc. Los cristales son generalmente romboedrales fuera de lo común.

Municipio De El Urique.

Agua Caliente.- Amplia distribución de bellos cristales de hasta dos centímetros de longitud .

Guagueybo.- Cristales de hasta 12 centímetros en La mina de La Esmeralda. Se encontraron cristales de hasta 11 kg y magníficos gemelos en "V".

Distrito Federal.

Sierra de Guadalupe. distribución moderada en las rocas volcánicas.

Estado de Durango.

Municipio de Coloma.- Buenos cristales de hasta 5 cm de longitud.

San Isidro.-En el cañón del río de Las Viborillas se encuentran cristales escalenodrales de más de 20 cm de longitud y 14 kg.

Municipio de Cuencamá.

Cuencamá de Ceniceros.-Cristales escalenodrales de color rosado de hasta 5 cm de longitud, Asociados con estibiconita.

Municipio de Mapimi.

Buruguilla Muy diseminada especialmente en la mina de la Descubridora.

Muy buenos ejemplares con las minas de La China, La Reina, y la Ojuela. Asociada con Wulfenita, Auricalcita, Esmitsonita, Goethita, Adamita y Hemisorfita.

Municipio de San Pedro del Gallo.

Peñoles. Buenos cristales diseminados en la veta Peñoles.

Municipio del Oro.

Santa María del Oro. Buenos cristales, especialmente en la mina de La Cocinera.

Municipio de Topia. Se encuentran buenos cristales especialmente en La mina del Salto.

Municipio del Rodeo.

San Antonio.- Muy diseminada en el área. Cristales en forma de placas de hasta 60 centímetros de longitud, especialmente en la mina de La Fe. Esta mina produjo gran cantidad de calcita óptica de muy buena calidad.

Municipio de Poanas.

Amplia distribución en el cerro del Sacrificio, especialmente en las minas La Purísima y La Candelaria.

Estado de Guanajuato.

Municipio de Guanajuato. En bellísimos cristales de hasta 30 y 40 centímetros, en las minas de La Valenciana, San Juan de Reyes La Luz, Jesús María, asociada con ortoclase, dolomita, acantita, pirargirita, pollbasita, y plata nativa.

Municipio de San Luis de la Paz

Mineral de Pozos.- Bastante difundida, pero muy notoria especialmente en las minas de La Escondida y Garibaldi.

Municipio de San Miguel de Allende.

Mineral de Puerto de Nieto. Bien distribuida, en cristales de 4 centímetros, asociada con pirita, galena, cuarzo, calcopirita, calcocita, malaquita y azurita, especialmente en las minas de San Antonio, Guadalupe y La Argentina.

Estado de Guerrero.

Municipio de Huitzucó.

Huitzucó de Los Figueroa. Medianamente distribuida, especialmente en las minas de Tumbaga, Trinidad y La Cruz.

Municipio de Taxco.

Taxco de Alarcón. Ampliamente distribuida especialmente en la mina de Acatitlán en donde se encuentran hermosos cristales de 6 centímetros de longitud, asociados con cuarzo, plata nativa y acantita.

Tehuilotepéc. - Buenos cristales en la mina de San Agustín.

Estado de Hidalgo.

Municipio del Mineral del Chico.

Mineral del Chico. - Muy amplia distribución en hermosos cristales de hasta 4 centímetros, asociados con cristales de cuarzo ametista y clorargirita.

Municipio de Pachuca.

Pachuca de Soto. - Abundantes cristales de hasta 5 centímetros de longitud, especialmente en las minas de San Nicanor, Rosario, San Cayetano, Guadalupe, El Encino, Jacal, San Rafael y Barrón. Asociados especialmente con cuarzo ametista y clorargirita; esta zona mineral es más conocida con el nombre de Pachuca.

Municipio de Zimapán.

Bonanza. - Distribución moderada en hermosos cristales de hasta 6 centímetros especialmente en la mina de San Judas.

Zimapán. Cristales de hasta 7 centímetros medianamente distribuidos.

La lista anterior no termina ni mucho menos, puesto que faltarían por lo menos 500 localidades para recuperar hermosos cristales de calcita, en infinidad de formas, colores y tamaños, pero, en definitiva, es prácticamente imposible detallar la totalidad de zonas mineras distribuidas a lo largo y ancho de la República Mexicana, por lo que a continuación se mencionarán algunas de las localidades extranjeras que suministran como México, hermosos cristales de calcita para admiración de aquellos que quieren el orden natural sin ninguna mixtificación.

V.2.- Localidades extranjeras.-

Como localidades típicas de calcita en hermosos cristales pueden ser citadas, entre otras, las drusas de los filones minerales y las cavidades vesiculares de los meláfidos, diabasas y basaltos; por ejemplo St. Andreasberg, Iberg e Ilfeld en el Harz. Freiberg, Bräunsdorf y Schneeberg en el Erzgebirge, Auerbach en la Bergtrasse, Oberstein del Mahe; Příbram, Japnix, Schemnitz, en Eslovaquia; Rhisnes, Belgica; numerosas localidades de las grietas alpinas; Derbyshire, Egremont, en Cumberland, Cornualles. Lago Superior en América del Norte. Joplin, en Misuri. Pertenecen a este grupo el espato doble de Islandia, formado en una cueva de la dolerita de Helgustadir, en el Fiordo Esji, material casi exclusivo para los originales Prismas de Nicolás Traversella, Italia, Bieiberg, Carintia.

En España, hermosos cristales y combinaciones de formas de Las Ermitas y Alacaracejos, en Córdoba; Picos de Europa y Comillas, en Santander. Aránzazu, Barambio y Dima, en donde se encontró un lentejón de espato de Islandia hoy agotado; Alhama de Aragón, Libros, Teruel, Papiol y Tibidabo, Barcelona, y muchas localidades más sin contar por supuesto las innumerables localidades de Asia, Africa, Oceanía y América del Sur.

VI.- GENESIS.

Ce n'est pas sculpté, c'est pétri !

Teofilo Gautier.

Yacimientos.- La calcita es un mineral muy difundido; en grandes cantidades. Las variedades bien cristalizadas son privativas de las drusas y cavidades, (en México, choyas), especialmente de los filones minerales y rocas ígneas. Los agregados en masa tienen los más variados yacimientos todos por sí ya petrogenéticos o con la categoría de elementos secundarios de numerosas rocas sedimentarias de todas las formaciones geológicas; mineral filoniano frecuente y característico; incrustante y de depósito termal; separado en formas concrecionadas. Producto de alteración muy frecuente sobre todo de los silicatos cálcicos; por lo contrario es raro como mineral primario de rocas eruptivas, según se observa en la sienita nefelínica. Es la fase más estable del carbonato cálcico, salida de la aragonita, la vaterita a la modificación gellmorfe.

La calcita es el mineral característico de las rocas calcáreas y de la cual se puede recordar rápidamente sus condiciones genéticas:

Precipitación directa a partir de las aguas marinas especialmente por su cercanía a los arrecifes o por aumento de la temperatura, procesos cuantitativamente importantes.

Absorción de anhídrido carbónico por los vegetales (formación de los travertinos en agua dulce); fijación por los organismos más diversos (foraminíferos, moluscos, corales, algas, etc.); este proceso se sobrepone, en aguas agitadas al primeramente descrito.

Los restos de organismos sirven de gérmenes a envolturas concéntricas de calcita, determinando la formación de calizas oolíticas y pisolíticas.

En países cársicos la puesta en solución de CaCO_3 es frecuentemente seguida por su reprecipitación (estalactitas, estalagmitas, perlas de las cavernas, paleotemas, etc.). En estas condiciones igualmente pueden formarse variedades arenosas y finas de calcita (leche de luna o leche de las cavernas). Siempre se encuentra en los sedimentos por infiltraciones pudiendo cementar arenas silisosas y dar romboedros (021) agrupado o masas esferulíticas en las cantera.

La calcita sirve de ganga frecuentemente en las vetas metalíferas, poco común en los yacimientos de alta temperatura en donde los cristales

son muy aplastados en relación con el eje ternario; en cambio es común en las formaciones de media y baja temperatura, donde las formas son frecuentemente notables, por ejemplo en Guanajuato son formas de media y baja temperatura, en cambio en El Rodeo, Durango son de alta temperatura con la presencia de las formas mencionadas arriba.

Por último, la calcita es como la aragonita, frecuente en fuentes termales apareciendo en geodas en las rocas volcánicas, aparentemente esto corresponde al célebre yacimiento de Helgustadir, en Islandia de donde provinieron los originales nicoles.

VII.- IMPORTANCIA ECONOMICA Y USOS.

*Quidquid praecipies esto brevis**Locución Latina.*

La calcita se usa para la fabricación de cementos y cal para morteros. La caliza, al calentarla a 900°C , pierde el CO_2 , y se convierte en cal viva, CaO que, mezclada con agua, forma el hidrato cálcico (cal apagada), se hincha, produce mucho calor y se endurece o, como corrientemente se dice, fragua. La cal viva mezclada con arena forma el mortero corriente.

El mayor consumo de caliza se produce en la fabricación de cementos.

En gran escala se fabrica el denominado cemento Portland. Está formado por un 75 por ciento de carbonato cálcico (caliza), 13 por ciento de sílice y 5 por ciento de alúmina.

También hay pequeñas cantidades de carbonato magnésico y óxido de hierro. La sílice y la alúmina se obtienen de las arcillas con que se mezcla la caliza antes de ser "quemada". Al añadir agua al cemento se forman aluminatos cálcicos y silicatos cálcicos hidratados. Determinadas calizas tienen ciertos materiales arcillosos como impurezas en las proporciones correctas, y se conocen con el nombre de cemento natural. Los cementos fabricados con tales rocas tienen el valor incalculable de endurecerse bajo el agua; se conocen entonces con el nombre de cementos hidráulicos.

La cal se emplea como fertilizante, blanco de España, cal de blanquear, tiza, etc.

La caliza, especialmente la fosilífera se utiliza como piedra de edificación y ornamento. Grandes masas de caliza se utilizan anualmente como fundentes en la extracción de diversas menas metálicas. La caliza de grano fino es empleada en litografía y se denomina caliza litográfica.

Los mármoles se utilizan como material de edificación y decoración.

Se utiliza también en minas telescópicas, de artillería y en el rayo laser.

El espato de Islandia tiene gran valor para la fabricación de diversos instrumentos ópticos.

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

*Ibi deficit arbor
Columnas de Hércules.*

La consulta de los diferentes autores sobre el problema de las maclas no solamente no permite establecer un criterio adecuado, sino que confunde al consultante sobre la disparidad de criterios en función de los diferentes elementos de las maclas. Por tanto y suponiendo que a alguien interese el problema se sugiere una clasificación general sobre maclas, misma que incontestablemente es susceptible de mejorarse dado que para lo que se infiere en este trabajo no se cuenta con la cantidad de ejemplares cristalinos para hacer una mejor interpretación.

Es así que se sugiere a las diferentes instituciones educativas la creación de un centro de investigación relacionado exclusivamente con el estudio de la Mineralogía teniendo en cuenta que hasta la fecha se han descubierto en México 55 especies minerales, 9 dudosas y dos elementos, sin apenas contar con los materiales más necesarios. México es un país con un potencial minero increíble que con las debidas facilidades superaríamos a países que en la actualidad presumen con lo que no tienen pero que cuentan con las facilidades tecnológicas suficientes para una mejor investigación.

Al considerar lo anterior se pone a la consideración de los investigadores de la materia la siguiente clasificación, atendiendo diversos criterios:

Clasificación de las maclas:

1.- Según la posición relativa de los planos de macla y de unión, las maclas pueden ser:

Normales. cuando ambos planos de macla y de unión, coincidan.

Paralelas, cuando ambos planos no coinciden, siendo por lo general perpendiculares entre sí.

2.- Atendiendo a la superficie de separación entre los dos individuos que forman la macla:

De contacto o yuxtaposición, cuando los dos individuos que forman la macla, están separados por una superficie plana y definida, que es precisamente el plano de macla.

De penetración, cuando están formadas por cristales que tienen una superficie de unión irregular, y su ley queda definida por el eje de macla.

De cruzamiento, es un caso perpendicular del anterior, cuando ambos cristales quedan materialmente "cruzados", atravesándose mutuamente.

3.- **Maclas de complemento.**- Se denominan las formadas por dos hemiedros, los cuales, al combinarse, originan un conjunto que, geoméricamente, reconstruye la simetría holoédrica.

4.- Por el valor del ángulo que hay que girar alrededor del eje de macla, para obtener la superposición de los dos cristales, se clasifican en:

Por hemitropía, cuando el ángulo de giro es de 180°

Por trasposición, cuando el ángulo de giro es de 60° comportándose el eje en cuestión, como si fuera senario en la macla; por ejemplo la de los dos romboedros de la calcita en la que la cara (0001) es el plano de macla.

Por giro de 90° , como ocurre generalmente sobre un eje binario del cristal, que de esta forma resulta cuaternario.

5.- **Maclas múltiples.**-

Maclas centradas o cíclicas.

Maclas polisintéticas.

Maclas compuestas.

Lo ideal sería poner un ejemplo en cada una de los casos mencionados arriba, pero desgraciadamente no hay en todo el país algo parecido a una colección tipo del problema que se ha abordado.

BIBLIOGRAFIA

MINERALOGY FOR AMATEURS.

John Sinkankas.

Van Nostrand Reinhold Company.

MINERAL RECOGNITION.

Iris Vanders. Paul F. Kerr.

John Wiley & Sons, Inc.

A TEXTBOOK OF MINERALOGY.

Edward Salisbury Dana.

Revisada por William E. Ford.

John Wiley & Sons, Inc.

THE SYSTEM OF MINERALOGY. Séptima edición. 3 Volúmenes.

Charles Palache, Harry Berman, Clifford Frondel.

John Wiley & Sons, Inc.

MINERALOGY.

L. S. Berry, Brian Mason.

W. H. Freeman y Compañía.

Traducción al español por Ediciones Aguilar.

ELEMENTOS DE MINERALOGIA.

H. H. Read.

Traducción al español de la 24a. Edición Inglesa, por el Dr.

Francisco Pardillo Vaquer.

CURSO DE MINERALOGIA.

A. Betejtin. Traducida del ruso por L. Vladov.

Editorial Paz, Moscú.

CRISTALOGRAFIA GENERAL.

W. F. F. de Jong, J. Bouman.

Traducción del holandés por Julio Garrido Mareca y Federico

Portillo García.

Ediciones Aguilar.

AN INTRODUCTION OF MINERAL KINGDOM.

Richard M. Pearl.

Editada y adaptada por J. F. Kirkaldy.

Blandford Press.

TRATADO DE MINERALOGIA.

F. Klockmann., P. Randohr.

Traducción española de la 14a., edición alemana, ampliada y
revisada por el Dr. Francisco Pardillo Vaquer.

Editorial Gustavo Gill, S. A.

CRISTALOGRAFIA.

A. J. Boldyrev. Traducción directa del ruso por Rafael Candel Vila. Editorial Labor S.A.

CRISTALOGRAFIA GEOMETRICA.

Francisco J. Fabregat.

Textos niversitarios. U.N.A.M. México D.F.

TABLES FOR DETERMINATION OF MINERALS.

Edward Henry Krauss. Walter Fred Hunt.

Mc-Graw Book Company, Inc.

AN INDEX OF MINERAL SPECIES & VARIETES ARRANGED CHEMICALLY.

Max H. Hey.

Printed by order of the trustees of the British Museum.

CRYSTAL STRUCTURE ANALYSIS.

Martin J. Buerger.

John Wiley & Sons.

CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA MEXICANA.

Ortiz Asialn Raúl.

En prensa.

ELEMENTOS DE CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA.

F. Alton Wade, Richard B. Mattox.

Traducción al español por José Ma. Fuster, Pablo Martinez Strong.

Ediciones Omega S.A.

MINERAL TABLES.

Richard V. Dietrich.

Mc. Graw Hill Book Co.

GLOSSARY OF MINERAL SPECIES.

Michael Fleischer, con apéndice de John S. White Jr.

Mineralogical Record Inc.

ELEMENTOS DE ORITOGNOSIA.

Andrés Manuel del Rio

Imprenta de Juan F. Hurtel. Filadelfia.

AN INTRODUCTION TO CRYSTALOGRAPHY.

F. C. Phillips. Longmans, Green & Co.

ETUDES CRISTALLOGRAPHIQUES.

M. A. Bravais.

Sin casa editorial.

SINOPSIS MINERALOGICA O CATALOGO DESCRIPTIVO DE LOS MINERALES.

Carlos F. Landero.

Of. Tipográfica de la Sria. de Fomento.

TRAITE DE MINERALOGIE.

M. L'abbé Haüy.

Bachelier, Libraire.

EL ESTUDIO DE UN CRISTAL.

(Método de análisis cristalográfico).

Francisco Fabregat G.

C.R.N.N.R. Publicación 6-E.

CRISTALOGRAFIA.

R. Rath.

Editorial Paraninfo Madrid.

LOS CRISTALES Y SU CRECIMIENTO.

Alan Holden, Phillis Singer.

E.U.D.E.B.A.

PROBLEMAS DE CRISTALOGRAFIA.

Pierre Dueres. Janine Lajzerowicz.

Editorial Paraninfo, Madrid.

MINERALS OF THE WORLD.

Charles A. Serrell.

Golden Press, N. Y.

CURSO PRACTICO DE CRISTALOGRAFIA GEOMETRICA.

Vulf. G. V., Y. Shubnijev.

Edición Paz.

MINERALOGY FOR STUDENTS.

Battey, M. H.

Longman Group, Londres.

CRYSTALS AND CRYSTAL GROWING.

Holden A. and Singer P.

Doubleday & Co., Inc.

CRYSTALS (Symmetry in the Mineral Kingdom).

Vincenzo de Michele.

Crecent Books.

LES MINERAUX, LEURS CISEMENTS, LEURS ASSOCIATIONS.

P. Bariand, F. Cestron, J. Geoffroy.

Vol. 2.

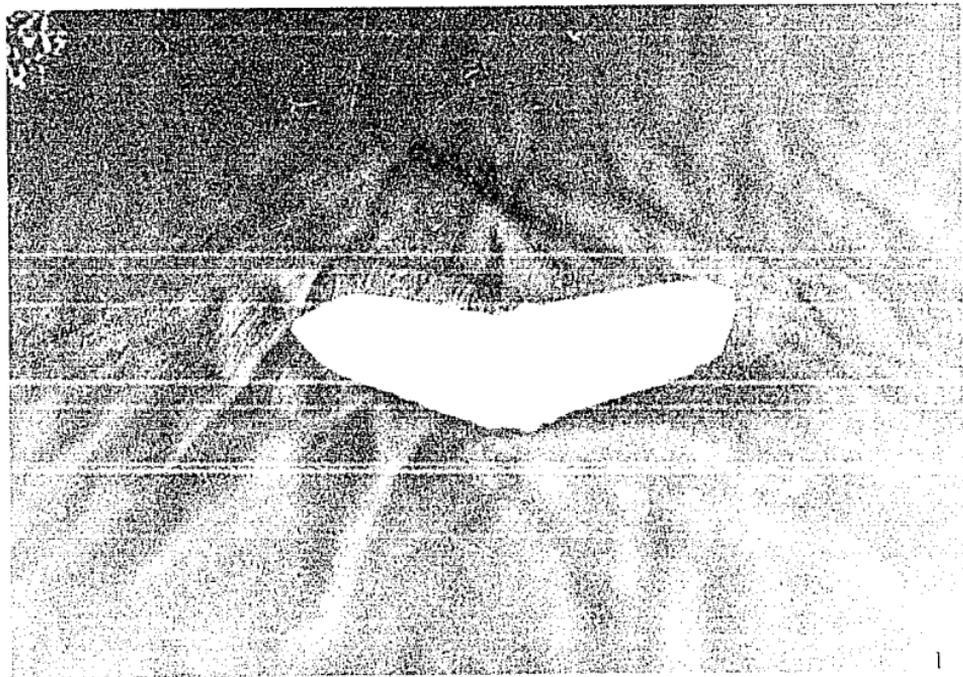
Editions DU BRGM.

APENDICE FOTOGRAFICO.

1. Calcita maclada según la cara ($10\bar{1}1$) del romboedro positivo. Mina de la Ojuela, Mapimí, Municipio de Mapimí, Estado de Durango.
2. Macla de dos romboedros según ($01\bar{1}2$) Mina de la Negra, Municipio de Ca-
dereyta, Estado de Queretaro.
3. Calcita maclada según la cara ($01\bar{1}2$) del romboedro negativo. Mina de San
Juan Rayas, Guanajuato, Municipio de Guanajuato, Estado de Guanajuato.
4. Macla de dos romboedros según ($01\bar{1}2$) Mina la Negra, Municipio de Cade-
reyta, Estado de Queretaro.
5. Macla de dos escalenoedros, según (0001) Cañon del Río de las Viborillas,
San Isidro, Municipio de Coloma, Estado de Durango.
6. Macla de dos escalenoedros según (0001). En primer plano se aprecian muy
claramente maclas polisintéticas, con estriaciones paralelas a la diago-
nal mayor de la cara del romboedro ($10\bar{1}1$).
7. Macla en mariposa según ($10\bar{1}1$) Mina de las Trojes, Monterde, Municipio -
de Guazapares, Estado de Chihuahua.
8. Canales sensiblemente paralelos a la diagonal mayor de la cara del rombo-
edro ($10\bar{1}1$), cuando las laminillas están orientadas según las diversas-
caras del romboedro ($01\bar{1}2$) y se cruzan, dan lugar a canales huecos.
9. Macla en corazón según ($10\bar{1}1$) Mina de La Fe, San Antonio, Municipio de
El Rodeo, Estado de Durango.
10. Combinación de maclas polisintéticas cristal izquierdo y de dos romboe-
dros según ($01\bar{1}2$) Mina de San Cayetano. Pachuca de Soto, Municipio de -
Pachuca, Estado de Hidalgo.
11. Macla según una cara del romboedro negativo ($02\bar{2}1$) Mina de San Bartolo -
Charcas, Municipio de Charcas, Estado de San Luis Potosí.
12. Macla según una cara del romboedro positivo ($10\bar{1}1$).
13. Macla según una cara del romboedro negativo ($02\bar{2}1$) Mina de la Esmeralda,
Guagueybo, Municipio de Urique, Estado de Chihuahua, la macla esta limo-
nitizada.
14. Macla de dos escalenoedros según (0001) Mina de San José, Wadley, Munic-
pio de catorce, Estado de San Luis Potosí.
15. Calcita aerchidro: obsérvese una gota de agua hacia la derecha del plano

ligeramente inclinada, abajo, en la parte basal maclas polisintéticas
Mina el Amparo, San Atonio, Municipio de el Rodeo, Estado de Durango.

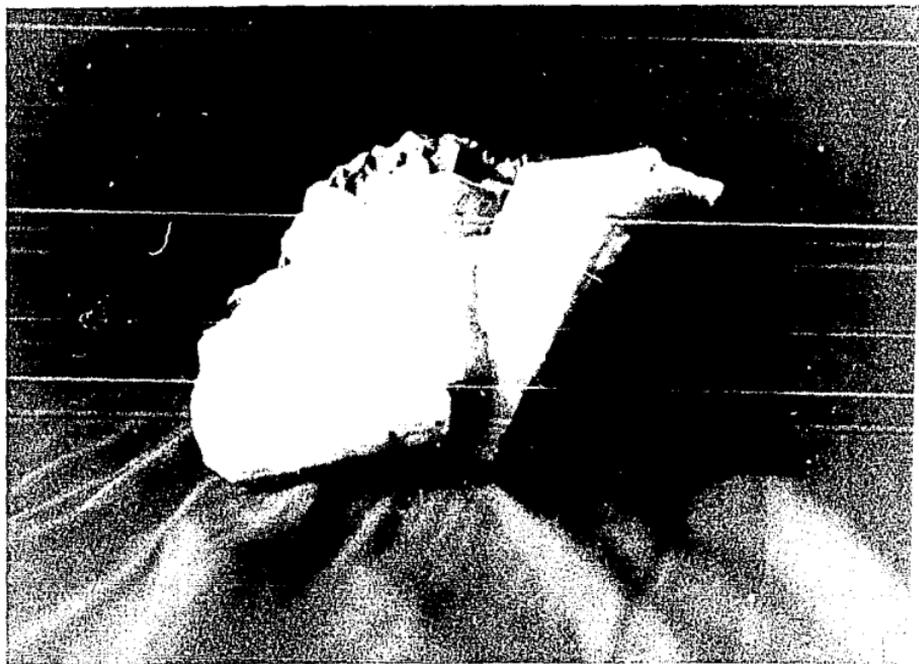
16. Macla según el romboedro negativo obtuso ($01\bar{1}2$) Mina Santa Inés, Muni
cipio de Cadereyta, Estado de Queretaro.
17. Macla según romboedro negativo ($02\bar{2}1$) Mina San Judas, Zimapán, Muni -
cipio de Zimapán, Estado de Hidalgo.



1



2

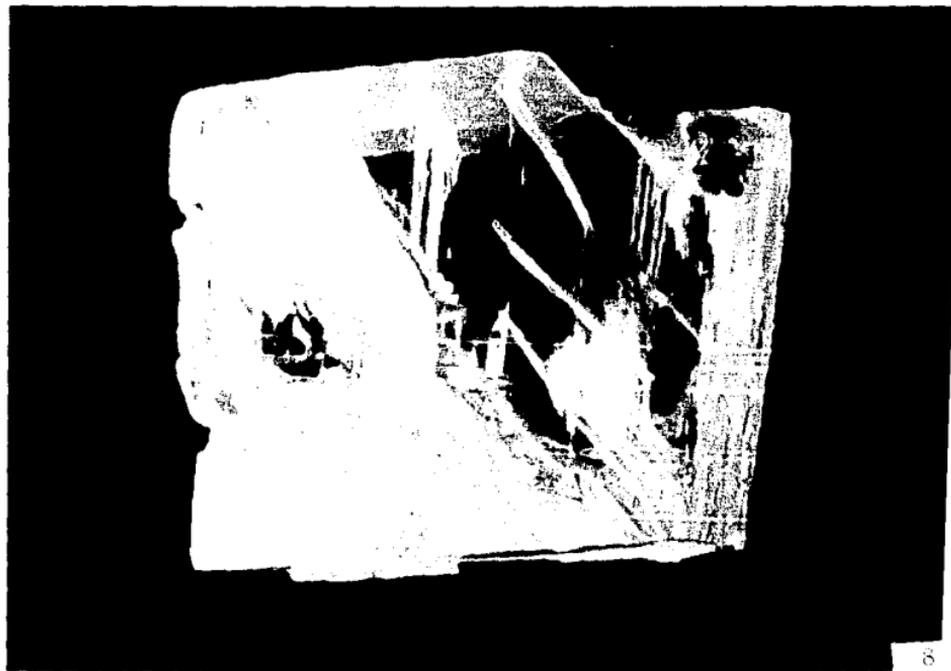


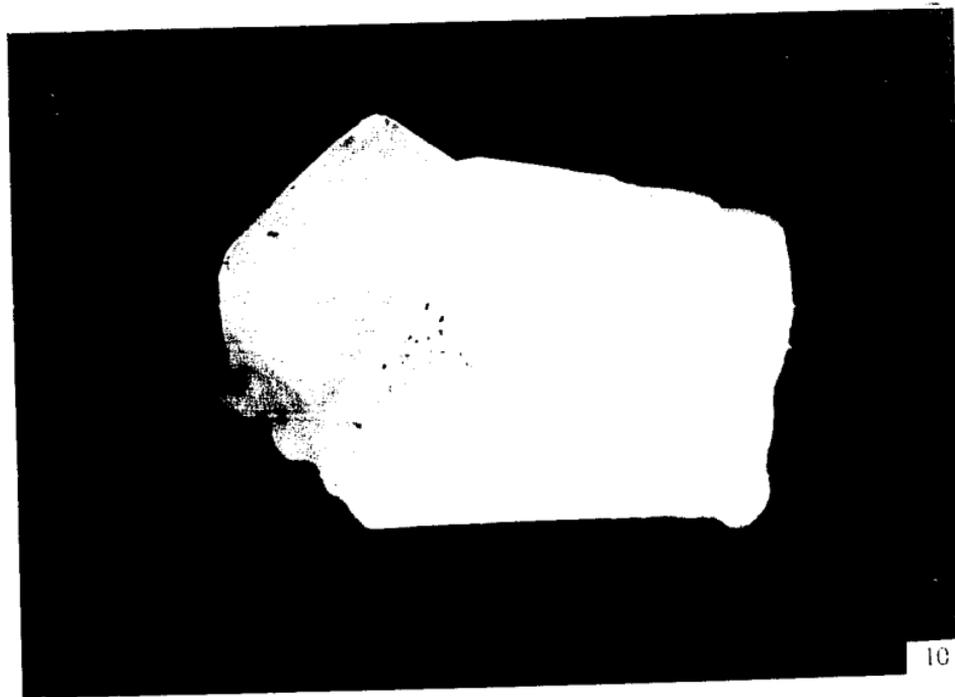
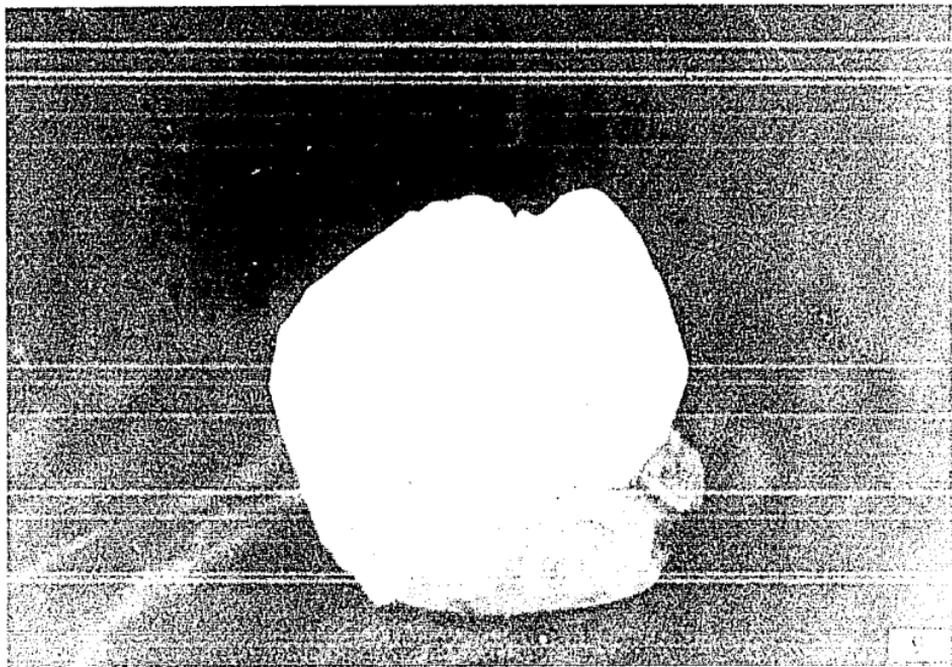


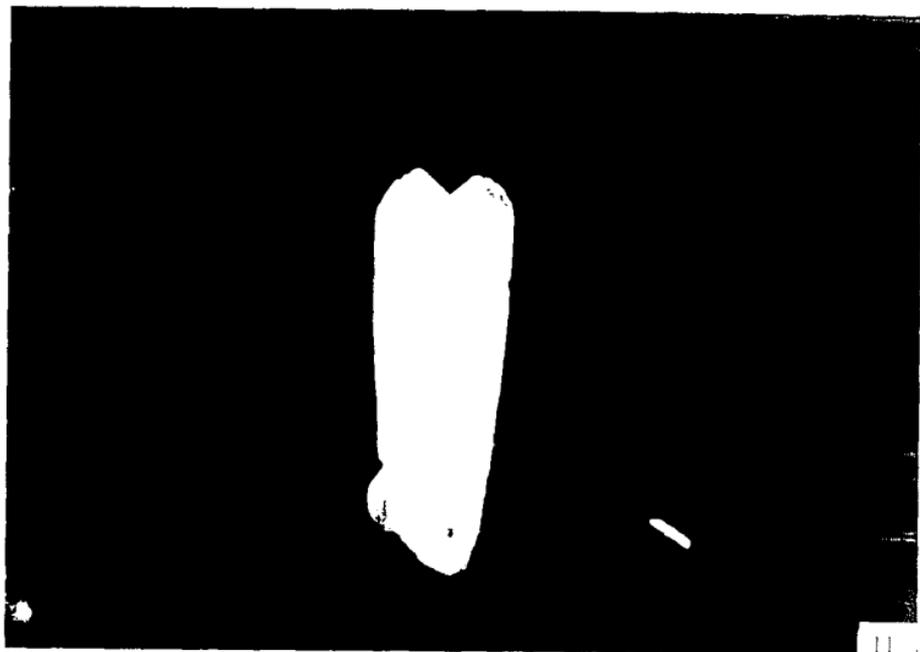
5

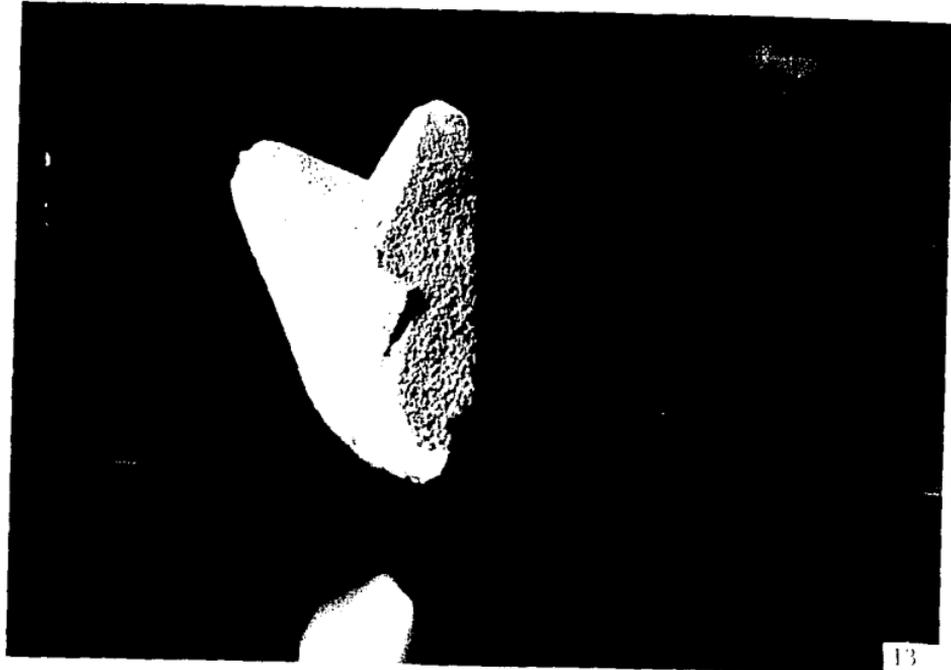


6



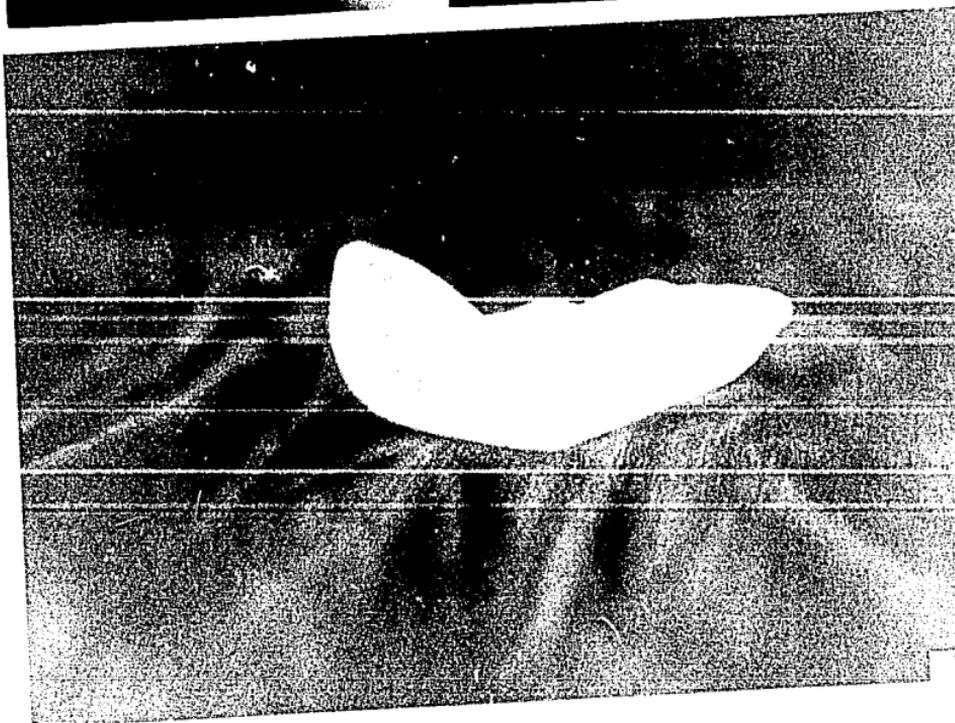








15





APENDICE MINERALOGICO

Como una contribución a la cultura mineralógica nacional que se encuentra archivada en el olvido, se presentan todos los minerales descubiertos en México hasta el mes de Noviembre de 1989 que incluyen los elementos Vanadio y Wolframio, estudiados por Don Andrés Manuel del Río (1801) y el profesor Fausto de El Huyar, director del real seminario de minería (fines S. XVIII) asimismo se revisaron detalladamente las fórmulas químicas correspondientes a cada mineral.

Aguilarita	Ag_4SeS	Ortoclínico	(?).
Alamosita	$PbSiO_3$	Monoclínico	(?).
Bambollaíta	$Cu(Te,Se)_2$	Tetragonal	Am. Min., 58, 805. (1973).
Barcenita	(?).		
Boleíta	$Pb_{26}Ag_{10}Cu_{24}Cl_{62}(OH)_{48} \cdot 3H_2O$	Cúbico	
Bustamita	$(Mn,Ca)_3Si_3O_9$		Compárese con
	Ferrobustamita $Ca(Fe^{+2},Ca,Mn)Si_2O_6$		Triclinico.
Carlfriesita	$CaTe^{+4}_2 Te^{+6}O_8$	Monoclínico	61, 1043 (1976) 63, 847-852, (1978)
Cesbronita	$Cu_5(TeO_3)_2(OH)_6 \cdot 2H_2O$	Ortoclínico	64, 653 (1979)
Choloalita	$PbCu(Te^{+4}O_3)_2 \cdot H_2O$	Cúbico	66, 1099, (1981)
Cosalita	$Pb_2Bi_2S_5$	Ortoclínico	Compárese con
	Veenita $Pb_2(Sb,As)_2S_5$	Ortoclínico	(1968)
Cristobalita	SiO_2	Tetragonal	Polimorfo con
	Goesita, Cuarzo, Estishovita y Tridimita.		
Cumengeíta	$Pb_{21}Cu_{20}Cl_{32}(OH)_{40}$	Tetragonal	
Cuztlitza	$Fe_2^3 Te^{+6}O_6 \cdot 3H_2O$	Exagonal	Min. Mag. 46, 257-259 (1982), 6S, 471, (1983)
Daubreíta	$BiO(OH)Cl$	Tetragonal	Compárese con
	Bismocilita y Zavaritsjita.		
Duranguita	$NaAl(AsO_4)F$	Monoclínico	Compárese con
	Lacroixita $NaAl(PO_4)F$	Monoclínico	57, 1914 (1972) 70, 849-855 (1985)

Energita	Cu_3AsS_4	Ortoclínico	Compárese con
	Luzonita	Tetragonal.	
Eztlita	$Pb_2Fe^{+3}(Te^{+4}O_3)_3(Te^{+6}O_6)(OH)_{10}.8H_2O$	Monoclínico	68, 471 (1953)
Guanajuatita	Bi_2Se_3	Ortoclínico	Dimorfo con
	Paraguanajuatita	Trigonal	34, 619 (1949)
Hidalgolita	$PbAl_3(SO_4)(AsO_4)(OH)_6$	Trigonal	38, 1218-1224 (1953)
Hillebrandita	$Ca_2SiO_3(OH)_2$	Monoclínico	(?)
Jalpalita	Ag_3CuS_2	Tetragonal	53, 1530-1542, 1778 (1968)
Krausita	$KFe^{+3}(SO_4)_2.H_2O$	Monoclínico	16, 352-360, (1931) 71, 202-205 (1986)
Legrandita	$Zn_2(AsO_4)(OH).H_2O$	Monoclínico	48, 1255-1265 (1963)
Livingstonita	$HgSb_4S_8$	Monoclínico	(?)
Mapimita	$Zn_2Fe^{+3}(AsO_4)_3(OH)_4.10H_2O$	Monoclínico	67, 623-624 (1982)
Massicot	PbO	Ortoclínico	Dimorfo con
	Litargirio	Tetragonal	
Mendozavilita	$Na(Ca, Mg)_2Fe^{+3}(PO_4)_2(P^{+5}Mo^{+6}O_9)(OH, Cl)_{10}33H_2O$	Monoclínico o Triclínico	
Mimetita	$Pb_5(AsO_4)_3Cl$	Monoclínico	Seudoexagonal 54, 993 (1969)
Moctezumita	$Pb(UO_2)(TeO_3)_2$	Monoclínico	50, 1158-1163 (1965)
Ojuelaita	$ZnFe_2(AsO_4)_2(OH)_2.4H_2O$	Monoclínico	67, 624 (1952)
Onofrita	Véase metacinnabrio de selenio		(?)
Ordoñesita	$ZnSb_2O_6$	Tetragonal	40, 64-69 (1965)
	Compárese con Bistromita $HgSb_2O_6$		
		Tetragonal	37, 53-57 (1952)
Paraadamita	$Zn_2(AsO_4)(OH)$	Triclínico	41, 958 (1956)
	Dimorfo con Adamita		
Paraatacamita	$Cu_2(OH)_3Cl$	Trigonal	Trimorfo con
	Atacamita y Botallackita		36, 354 (1951)
Paraguanajuatita	$Bi_2(Se, S)_3$	Trigonal	Dimorfo con
	Guanajuatita		34, 619 (1949)

Paramendozavilita	$\text{NaAl}_4\text{Fe}^{+3}(\text{PO}_4)_5(\text{P}^{+5}\text{Mo}_2\text{O}_{40}) \cdot 56\text{H}_2\text{O}$	Monoclínico-Triclínico	(?)
Paraespurrita	$\text{Ca}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{CO}_3)$	Dimorfo con Espurrita	
		Monoclínico	62, 1003-1005 (1977)
Parasimplesita	$\text{Fe}^{+2}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Dimorfo con Simplesita;	
		Monoclínico	forma series con Jottigita
Paratelurita	TeO_2	45, 1272-1274 (1960)	
		Dimorfo con Telurita,	Grupo del Rutilo
Percilita	$\text{PbCuCl}_2(\text{OH})_2$	Cúbico	5, 280-287 (1974)
			Mineral Rec.
Quetzalcoatlita	$\text{Zn}_9\text{Cu}_4(\text{TeO}_3)_3(\text{OH})_8$	Exagonal	59-874 (1974)
Schmitterita	$(\text{UO}_2)\text{TeO}_3$	Ortoclínico	59, 1139 (1974)
Sillenita	Bi_2SiO_6	Cúbico	28, 521-525 (1943)
Sonoraita	$\text{Fe}^{+3}\text{Te}^{+6}\text{O}_3(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Monoclínico	53, 1828-1832 (1968)
Polibasita	$(\text{Ag}, \text{Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$	Monoclínico	pseudoexagonal, forma series con pearceita
Margaritasita	$(\text{Ca}, \text{K}, \text{H}_2\text{O})_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Monoclínico	67, 1273-1289 (1982)
			Compárese con Carnotita y Tyuyamunita
Spirofflita	$(\text{Mn}, \text{Zn})\text{Te}_3\text{O}_8$	Monoclínico	49-444 (1964)
Spurrita	$\text{Ca}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{CO}_3)$	Monoclínico	Dimorfo con Paraespurrita
Tridimita	SiO_2	Monoclínico	(?)
Vanadinita	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Exagonal	Grupo de la Apatita
Xocometatlita	$\text{Cu}_3\text{Te}^{+6}\text{O}_4$	Ortoclínico	61-504 (1976)
Xonotlita	$\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$	Monoclínico-Triclínico	(?)
Yecoraita	$\text{Bi}_5\text{Fe}^{+3}(\text{Te}^{+6}\text{O}_3)(\text{Te}^{+6}\text{O}_4)_2\text{O}_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$		Fibrosa
Zapatallita	$\text{Cu}_3\text{Al}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_9 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Tetragonal	1911-1912 (1972)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Minerales que no se han podido comprobar como especies independientes.

Barcenita

Bustamantita

Embolita

Véase bromoclorargirita ó $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br})$ Cúbico

Guadalcazarita

Véase metacinnabario. El Hg es reemplazado en parte por Zn.

Jalapalta

Metacinnabario

Modificación tetraédrica del HgS.

Onofrita

Variedad selenífera del metacinnabario.

Sillanita

Valencianita

Adularia, subvariedad de la ortoclasa, con aspecto lechoso.