AÑO 3. Nº 2. ABRIL DE 1916

GUÍA DE LAS COLECCIONES DE ENSEÑANZA

DEL MUSEO MINERALÓGICO-GEOLÓGICO
DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

1.ª Sección: CRISTALES (n.º 1 a n.º 178, vidriera 1 y 2)

El carácter de los cristales, consistente en formas más o menos regulares, limitadas por planos, y en propiedades físicas como ser las de cohesión, ópticas, térmicas, etc., es el resultado de una agrupación regular, quedando constatado por la experiencia que cualquiera propiedad física cambia cuantitativamente con la dirección, pero que es la misma en todas las líneas y en todos los planos paralelos.

La especie del reino mineral llega, al cristalizar, a su más completa individualización.

La morfología de los cristales no se funda en la naturaleza de los planos mismos, cuya forma y tamaño son de poca o de ninguna importancia, sino en los ángulos, estando comprobado por la experiencia que los planos correspondientes se cortan en cada cristal siempre bajo el mismo ángulo ("ley de la constancia de los ángulos") siendo determinante, pues, la situación de los planos entre sí. Para relacionar los planos, como en general para poder sujetar los cristales a una investigación matemática, se los refiere a "ejes" (sistema de coordinadas), es decir, líneas, que se imagina trazadas por el centro de los cristales y las que terminan en dos vértices, aristas o planos equivalentes y opuestos. En cuanto al largo, a la cantidad y a la posición de los ejes, los cristales dejan agruparse en seis sistemas, como sigue:

Los cristales están referidos:

I A ejes iguales: Tres ejes iguales se cortan bajo ángulos rectos:

1) *Sistema regular*

II A ejes de dos distintos valores:

a. Dos ejes iguales se cortan bajo ángulo recto, siendo el terreno de otro valor perpendicular a ellos:

2) *Sistema tetragonal*

b. Tres ejes iguales se cortan bajo ángulo de 60°, siendo el cuarto de otro valor perpendicular a ellos.

3) *Sistema hexagonal.*

III A ejes de tres distintos valores:

a. Tres ejes desiguales se cruzan bajo ángulo recto:

4) *Sistema rómbico.*

b. Dos ejes desiguales se cortan bajo ángulo oblícuo, siendo el tercer eje de distinto valor perpendicular a ellos:

5) *Sistema monoclínico.*

c. Tres ejes desiguales se cortan bajo ángulo oblícuo:

6) *Sistema triclínico.*

El mayor o menor grado de simetría desempeña un importante papel en el carácter de los sistemas. Es de hacer presente que la cantidad de los planos simétricos anotados en la descripción de los sistemas se refieren a las formas holoédricas (formas enteras), y que las derivadas formas hemiédricas (la mitad de las holoédricas) tienen menor grado de simetría, mientras el carácter de los sistemas, basado en los ejes, es válido tanto para las formas poliédricas como hemiédricas

Para introducir al principiante en la cristalografía, es indispensable servirse de modelos, de los cuales los de vidrio son preferibles por estar señalados en ellos los ejes, según su natualeza, por hilos de iguales o distintos colores. Todos los modelos de nuestra colección están orientados, es decir, los ejes tienen la dirección correspondiente al observador, lo que es de suma importancia para relacionar los planos con los ejes, como en particular para interpretar las combinaciones.

Hay que darse cuenta de la calidad y de la cantidad de los planos, de las aristas y de los vértices de cada forma simple, representada en la colección de los modelos, lo que por ser sencillo, no es siempre anotado. Así, por ejemplo, el dodecaedro rómbico (Nº 3) es limitado por 12 rombos iguales; tiene 24 aristas iguales, (de 120°) 6 vértices tetragonales y 8 trigonales.

Por "parámetro", palabra que se repite en la descripción de los sistemas, se entiende la mitad de dos ejes.

Medidos los ángulos (por medio del goniómetro de contacto o por el goniómetro de reflexión), formados por planos correspondientes, se procede a calcular la proporción de los parámetros, mediante de la trigonometría esférica, con cuales elementos los cristales están determinados, siendo expresado el resultado por símbolos. Hemos elegido como símbolos los de *Naumann,* los que son muy convenientes para una fácil comprensión de las formas en el conjunto de todos sus planos. Otros símbolos, también muy usados son los de *Miller.*

A. MODELOS DE CRISTALES (Nº 1 a Nº 92)

Sistema regular.

Caracteres del sistema (Nº 1): Tres ejes iguales se cortan bajo ángulos rectos. Hay nueve planos simétricos. Tres de ellos, llamados "planos simétricos principales" — un plano simétrico principal es un plano sobre el cual por lo menos otros dos planos están perpendiculares — pasan por los ejes; los otros seis, llamados "secundarios", pasan por los puntos medios de las aristas y por el centro.

En los sistemas siguientes se distinguen siempre estas dos clases de planos simétricos, disminuyéndose su cantidad más y más hasta faltar por completo, como es el caso en el sistema triclínico, llamado también por esta razón sistema asimétrico.

Minerales que cristalizan en el sistema regular son: Diamante, Oro, Pirita de hierro, Galena, Blenda, Magnetita, Granate y muchos otros.

A. *Formas poliédricas.*

Las formas poliédricas son enteras, teniendo ellas completa cantidad de los planos simétricos que corresponden al sistema, mientras que en las "hemiédricas" se encuentra solamente la mitad de ellos. Esto vale para todos los otros sistemas.

Nº 1. *El Octaedro.* Está caracterizado por la proporción 1 : 1 : 1, es decir, cada plano corta los tres ejes en distancias iguales (desde el centro). Es limitado por 8 triángulos equiláteros. Su símbolo es: *O* (inicial del Octaedro).

Nº 2. *El Cubo* (Hexaedro). Tiene la proporción 1 : ∞ : ∞, es decir, cada plano corta un eje a distancia 1 y los otros dos al infinito. Es limitado por seis iguales cuadrados. Símbolo: ∞ O ∞.

Nº 3. *El Dodecaedro rómbico.* 12 rombos iguales.
1 : 1 : ∞. — ∞ O.

Nº 4. *El Cubo cuadrifacetado.* 24 triángulos isosceles.
1 : m : ∞. — ∞Om

Nº 5. El *Octaedro trifacetado.* 24 triángulos isosceles.
1 : 1 : m. — mO.

Nº 6. El *Deltoedro* (Ikositetraedro). 24 deltoides.
1 : m : m. — m O m.

Nº 7. El *Octaedro sexfacetado.* 48 triángulos escalenos.
1 : m : n. — m O n.

No hay más formas poliédricas que estas siete y no pueden existir más.

Se comprende fácilmente, como ellas pueden derivarse del octaedro, sustituyendo otros valores en él. Se puede partir en la derivación también del octaedro sexfacetado,

Ejemplos: Déjese achatar la faceta de los seis triángulos (puestos sobre los planos del octaedro), es decir, póngase *m* y *n* igual 1, y se forma el octaedro. Al achatarse los ocho planos del octaedro sexfacetado, los que se encuentran en los extremos de los ejes, de manera que ellos forman un solo plano, es decir, póngase en vez de los valores *m* y *n* el valor infinito, se reproduce el cubo.

Hay que buscar, pues, siempre en el octaedro sexfacetado un cierto conjunto de planos, imaginándose que ellos formen un solo plano, teniendo presente que los valores de *m* y *n* cambian con tal operación. Así se derivan fácilmente todas las formas.

En los sistemas siguientes una de sus formas desempeña el mismo papel, así en el sistema tetragonal la pirámide ditetragonal, en el hexagonal la pirámide dihexagonal, en el rómbico la pirámide rómbica, cuyos detalles explicaré más adelante.

Combinaciones de formas holoédricas.

Hay que tener presente la siguiente ley: Existen combinaciones de formas holoédricas entre sí y de hemiédricas entre sí pero no hemiédricas con holoédricas.

Naturalmente, cuando se combinan diversas formas se modifican mutuamente. Muchas veces se conoce inmediatamente, por lo menos una de las formas, especialmente cuando una predomina, siendo así posible "orientarla" (dirigir los ejes referente al observador). Un medio de la interpretación, es contar los planos iguales de una combinación, lo que en los modelos no tiene dificultad. Si una combinación del sistema regular tiene, por ejemplo, seis planos iguales y otros ocho también iguales, las formas que los corresponden no pueden ser otras que el cubo y el octaedro.

El símbolo de una combinación es el conjunto de los símbolos de cada forma, siendo puestos adelante los símbolos de las formas que prevalecen.

Nº 8. Combinación del octaedro con el cubo.

Los planos del cubo cortan las vértices del octaedro $O. \infty O \infty$.

Nº 9. La misma combinación que la anterior, pero domina el cubo. $\infty O \infty. O$.

Nº 10. $O. \infty O$. Los planos del dodecaedro rómbico (Nº 3) cortan las aristas del octaedro (Nº 1).

Nº 11. $\infty O. \infty O \infty$. Los planos del cubo (Nº 2) cortan las vértices tetragonales del dodecaedro rómbico (Nº 3).

Nº 12. $\infty O. 2O2$. Dodecaedro rómbico (Nº 3) en combinación con un Deltoedro (Nº 6), siendo cortadas todas las aristas de éste por los planos de aquel.

Nº 13. $\infty O \infty. O. \infty O$, es decir, combinación del cubo (Nº 2) del octaedro (Nº 1) y del dodecaedro rómbico (Nº 3).

B. *Formas hemiédricas.*

La hemiedría consiste en el desarrollo alternativo de caras o de grupos de caras de las formas holoédricas, representando pues la mitad de estas. En todas las hemiedrías hay formas "positivas" y "negativas", según desarrollo o desaparición de los unos o de los otros planos o grupos de ellos, lo que está representado en los modelos por distintos colores.

Nº 14. El *Tetraedro;* es la forma hemiédrica del octaedro, desarrollándose las caras alternativamente. Si se toma este tetaedro, formado por desarrollo de las caras blancas (en el inscrito octaedro) como positivo, pues con el símbolo $+ \frac{O}{2}$, entonces:

N° 15 representa el tetraedro negativo con el símbolo $-\frac{O}{2}$. Este se reproduce por el desarrollo de los planos rojos del octaedro inscrito en el N° 14. Estas relaciones expuestas en N° 14 y N° 15 se refieren a todas las formas hemiédricas siguientes. Hay que darse cuenta del curso de los ejes en las formas hemiédricas.

N° 16. El *Tetraedro trifacetado.* Es la forma hemiédrica del deltoedro (N° 16ª), desarrollándose las caras alternativamente (las pintadas o las no pintadas) $+\frac{mOm}{2}$.

Si N° 16 es la posición del positivo, el negativo tendría la misma posición que tiene el tetraedro en N° 15.

N° 17. El *Dodecaedro deltoide,* la forma hemiédrica del octaedro trifacetado (inscrito en el modelo) con desarrollo alternativo de los grupos de tres planos puestos sobre el plano del octaedro. $\pm\frac{mO}{2}$.

N° 18. El *Tetraedro sexfacetado,* la forma hemiédrica del octaedro sexfacetado (N° 18ª), desarrollándose alternativamente los grupos de los seis triángulos puestos sobre los planos del octaedro. $\pm\frac{mOn}{2}$.

N° 19. El *Dodecaedro pentagonal,* la forma hemiédrica del cubo cuadrifacetado (19ª) con desarrollo alternativo de planos. $\pm\frac{\infty Om}{2}$.

N° 20 El *Dyakisdodecaedro* (Diploedro). Es una segunda hemiedría del octaedro sexfacetado, desarrollándose alternativamente grupos de dos caras situados en las aristas menos obtusas; es, por consiguiente, el congénere del tetaedro sexfacetado (N° 18), por cuya razón para distinguirle se pone el símbolo entre paréntesis: $\left[\pm\frac{mOn}{2}\right]$.

Las hemiedrías Nº 14 a Nº 18 se llaman hemiedrías "tetraédricas" (sin planos paralelos), las de Nº 19 y Nº 20 hemiedrías "dodecaédricas" con planos paralelos). Una tercera clase es la "hemiedría plagiédrica". El Ikositetraedro pentagonal, por ejemplo, es tal hemiedría del octaedro sexfacetado con desarrollo alternativo de caras, siendo limitado por 24 pentágonos escalenos. Se ve como el octaedro sexfacetado dá muy distintas formas según que está sujeto a la hemiedría tetraédrica, a la dodecaédrica o a la plagiédrica. Estas tres modalidades de hemiedría están basadas en la distinta eliminación de los planos simétricos. Para comprenderlas bien, es necesario recurrir a las leyes de simetría, las que por falta de modelos no pueden ser tratadas aquí.

Además de formas hemiédricas hay "tetartoédricas", consistentes en el desarrollo de la cuarta parte de formas holoédricas, es decir, la hemiedría de las formas hemiédricas. Tienen importancia solamente las hemiedrías tetraédricas y dodecaédricas.

Combinaciones de formas hemiédricas.

Nº 21. — Combinación del tetraedro positivo y negativo, pues $+\frac{O}{2}.-\frac{O}{2}$. Los planos del uno cortan las vértices del otro, como sale de la posición de los dos en Nº 14 y Nº 15. Cuando los planos están en equilibrio, resulta un octaedro.

Nº 22. Combinación de un tetraedro (Nº 15) con el cubo (Nº 2). Las aristas del tetraedro están cortadas por los planos del cubo. $-\frac{O}{2}. \infty O \infty$.

Esto parece contra la ley arriba citada, según la cual, formas hemiédricas pueden combinarse solamente con hemiédricas y no con holoédricas, pero hay que tomar en consideración que el cubo, sujeto a la hemiedría tetraédrica no cambia su forma geométrica, si bien hay que imaginarse la desaparición de la mitad de los planos. El modelo Nº 23 lo demuestra. Se ve que las partes azules, las que hay que imaginarse como desaparecidas, caen con las partes blancas en un plano. Así, igualmente, el dodecaedro rómbico y el cubo cuadrifacetado, sujetos a la hemiedría tetraédrica no cambian su forma, pero sí este último, sujeto a la hemiedría dodecaédrica, como está demostrado en Nº 19.

Las formas holoédricas cambian o no su forma, según la clase de hemiedría, si ella es tetraédrica, dodecaédrica o plagiédrica. Se comprende, pues, porque en seguida encontramos en las fórmulas de una combinación los símbolos de formas hemiédricas juntos con los de holoédricas, siendo los últimos en realidad también hemiédricos.

Nº 24. Combinación del octaedro (Nº 1) con el dodecaedro pentagonal (Nº 19). O. $\frac{\infty O m}{2}$.

Nº 25. La combinación anterior, pero los planos están en equilibrio. La combinación es parecida al Ikosaedro de la geometría.

Nº 26. Combinación del dodecaedro pentagonal (Nº 19) con el octaedro (Nº 1) y el cubo (Nº 2). $\frac{\infty O m}{2}$. $\infty O \infty$. O.

Nº 27 y 27ª. *Maclas* (gemelos). Dos octaedros (Nº 27ª) están unidos según plano del octaedro, quedando uno referente a este "plano de unión" en posición completamente simétrica, es decir, su posición es "espejada" (tomando el plano de unión como espejo). Pero en Nº 27 que representa las maclas en realidad, de los dos individuos 27ª, están desarrolladas solamente sus mitades opuestas. Podemos imaginarnos esta clase de maclas ("con ejes inclinados", por ser un individuo inclinado hacia el otro) del siguiente modo: Córtese un individuo por un plano paralelo a un plano del octaedro en dos mitades y gírese una mitad por 180° alrededor del "eje de unión" (la perpendicular al plano de unión). Esta clase de maclas se llaman, por las propiedades expuestas, "hemitropos."

Sistema tetragonal (o cuadrático)

Dos ejes (Nº 28) son iguales, llamados los "horizontales" o basales, cuyo parámetro (mitad de los ejes) es a. El tercer eje desigual, cuyo parámetro es c, se llama "eje vertical" o "principal". Los tres ejes se cruzan bajo ángulos rectos. — Hay cinco planos simétricos, pero un solo "plano principal", que pasa por los ejes horizontales, formando la base que es un cuadrado; de allí el "sistema cuadrático". De los otros cuatro pasan dos por el eje principal y por los ejes horizontales, los dos restantes por los puntos medios de las aristas horizontales, (pues por ejes intermediarios) y el eje principal.

Para un mineral que cristaliza en este sistema, — son relativamente pocos —, se precisa la determinación de la proporción de los parámetros de una pirámide, pues $a : a : c$ ó (poniendo $a = 1$) $1 : c$. Así el Casiterita (óxido de estaño) tiene 1 :0'0724 (valor irracional, como en todos los siguientes sistemas). El ángulo en las aristas polares de la protopirámide es 87° 7'. El Casiterita cristaliza en muchas formas, casi siempre combinadas. Por medición de ángulos y por calculaciones resulta que todo el complejo de formas tiene por base una pirámide, llamada protopirámide (primera pirámide) con aquellos valores.

Los valores delante de P (inicial de pirámide) se refieren siempre — también en los sistemas siguientes — al eje principal, los detrás de P a los ejes horizontales.

Nº 28. *Protopirámide.* Los ejes horizontales unen las vértices de la base. mP ($m = \frac{1}{2}$,2,3 etc).

Nº 29. *Deuteropirámide* (segunda pirámide). Los ejes horizontales pasan por los puntos medios de las aristas horizontales, teniendo pues referente a la protopirámide la orientación expuesta. Su símbolo es: $P\infty$. Cuando P entra en combinación con $P\infty$, como es el caso en el Casiterita, los planos de la última cortan las aristas de la primera.

Nº 30 *Protoprisma.* Cuando el valor del eje vertical de la protopirámide crece hasta infinito, es decir cuando los planos de la pirámide cortan el eje vertical en la infinidad, resulta el protoprisma, por consiguiente tiene el símbolo ∞P. Todos los prismas por sí son abiertos — en los sistemas se distinguen formas "abiertas" y "formas cerradas", (como por ejempo la pirámide) — pero son cerrados por dos planos paralelos a la base. Estos dos planos se llaman "El Pinacoide" (= tabla) con el símbolo oP, es decir, son derivados de la pirámide, cuando el valor m del eje vertical es igual cero. Entre *mP* y *oP están* situadas otras pirámides más obtusas que *mP*. Nuestra forma tiene pues el símbolo: ∞P.oP.—

Nº 31 *Deuteroprisma.* Corresponde a la deuteropirámide, con el símbolo ∞P∞. (La derivación véase más abajo).

Nº 32 *Pirámide ditetragonal.* mPn. Se deriva de la pirámide tetragonal, tomando en cada eje basal la longitud n (mayor que 1); en seguida se pone en cada arista polar (las aristas polares corren de los extremos del eje vertical, los "polas" hacia la base) dos planos que deben cortar el eje horizontal que no pertenece a la arista polar, en la que se han puesto los planos, por sus dos lados en distancia *n.* De allí el símbolo mPn.

Nº 33 *Prisma ditetragonal* que corresponde a la pirámide ditetragonal, teniendo pues el símbolo ∞Pn.

Como hemos relacionado en el sistema regular todas las formas con el octaedro, así podemos derivar en el sistema tetragonal todas las formas de la protopirámide mP.

Ya está dicho, como ella con el valor de m=∞, m=O o por aumento del valor de los ejes horizontales por n, ella se transforma en el protoprisma (∞P), el pinacoide (0P) y la pirámide ditetragonal (mPn). Dejando crecer en esta (Nº 32) n hasta ∞, con lo que dos planos respectivos forman un solo plano, se produce la deuteropirámide Nº 29 (mP∞), la que al llegar m hasta ∞ se transforma en el deuteroprisma Nº 31 (∞P∞). Si en la pirámide ditetragonal solamente m crece hasta infinito, resulta el prisma ditetragonal. Estas son todas las formas holoédricas posibles. Se ve, como la pirámide ditetragonal ocupa un puesto central entre las otras formas (como en el sistema regular el octaedro sexfacetado), pasando ella al sustituir los respectivos valores en el valor del eje vertical y de los ejes horizontales en las demás formas.

Como en el sistema regular, existen en este sistema también hemiedrías de distinto orden. Así por hemiedría de la pirámide tetragonal resulta un tetaedro, formado por triángulos isosceles (en el sistema regular el tetaedro se compone de triángulos equiláteros), llamado "esfenoide

tetragonal" con símbolo $\pm\frac{P}{2}$. Esta clase de hemiedría se llama por eso "hemiedría esfenoidal". Tal hemiedría es característica para la Pirita de cobre, cuyos cristales más sencillos se componen del esfenoide positivo y negativo, truncando los planos del uno las vértices del otro, y si los dos llegan al equilibrio, se produce una forma de apariencia de una pirámide. (Compárese la análoga fomación en el sistema regular Nº 21).

Otra clase de hemiedría es la "piramidal", perteneciendo "tritopirámide", es decir, una pirámide de tercer orden, en la que los ejes horizontales no terminan ni en los vértices basales (como es el caso en la protopirámide) ni en los puntos medios de las aristas basales (como la deuteropirámide) sino en otros puntos de estas aristas.

Es la hemiedría de la pirámide ditetragonal, desarrollándose alternativamente los planos situados sobre la misma arista basal abajo y arriba. (Modelo 34). Ejemplo: Scheelita (wolframato de calcio). Símbolo $\left[\frac{mPn}{2}\right]$. A la tritopirámide corresponde un tritoprisma $\left[\frac{\infty Pn}{2}\right]$.

Una tercera modalidad es la hemiedría "trapezoédrica". Así el "trapezoedro tetragonal" se produce por desarrollo alternativo de los planos (no de grupos!) de la pirámide ditetragonal (Modelo 35). Es limitado por ocho trapezoides isosceles, corriendo las aristas medias en un zig-zag. Símbolo $\frac{mPn}{2}$ r. Ejemplo: Sulfato de Nikel. Esta hemiedría como la piramidal tienen muy pocos representantes en los minerales. Hay también formas tetartoédricas, como en el sistema regular, tampoco de importancia.

Combinaciones de formas holoédricas.

Nº 36 Protopirámide (Nº 28) combinada con el protoprisma, (Nº 30) cortando los planos de éste las aristas horizontales de aquella mP. ∞P.

Nº 37 Protopirámide combinada con el Pinacoide mP. oP.

Nº 38 Protopirámide con una otra más obtusa mP. iP (i menor que m).

Nº 39 Pirámide ditetragonal con otra tetragonal más obtusa y con el protoprisma.

Nº 40 Combinación, como se halla en el Casiterita, de la protopirámide (Nº 28) con la deuteropirámide, (Nº 29) el protoprisma, (Nº 30) el deuteroprisma (Nº 31) y el pinacoide. Los planos de la deuteropirámide cortan las aristas de la protopirámide, y los del deuteroprisma las aristas del protoprisma. P. P∞. ∞P∞. ∞P.

Sistema hexagonal.

Carácter del sistema (véase Nº 41): Tres ejes "horizontales" (o basales), situados en un hexagon regular (la base) cada uno con parámetro a (mitad de los ejes) se cruzan bajo ángulo de 60º. El tercer eje, "el vertical" (o el principal) con parámetro c es perpendicular a ellos. — Hay siete planos simétricos: 1 principal que es el hexagon basal y 6 secundarios, pasando tres de ellos por los ejes *c* y *a* y los otros por el centro y los puntos medios de las aristas basales.

Una pirámide hexagonal es determinada por la proporción de los parámetros a : a : a : c o (poniendo a = 1) 1 : c. El Cuarzo critaliza en este sistema en muchas formas, pero todas dejan derivarse de una pirámide cuya proporción es: 1 :1,0999.. con un ángulo basal = 103º 34º y un ángulo polar = 133º 44'. Muchos son los minerales que cristalizan en este sistema, especialmente en formas hemiédricas.

A. *Formas holoédricas*

Nº 41 La *Pirámide hexagonal* mP, representando en la posición dada una protopirámide, es decir, los ejes horizontales terminan en las vértices del hexagon basal.

Nº 42 La *Deuteropirámide* mP2. Los ejes horizontales pasan por los puntos medios de las aristas basales y el centro (análogamente al sistema tetragonal).

Nº-43 *Protoprisma* ∞P, correspondiente a la protopirámide.

El pinacoide oP le cierra (véase lo dicho en el sistema tetragonal Nº 30).

Nº 44 *Deuteroprisma* ∞P2. Corresponde a la deuteropirámide; es iguamente cerrado por el pinacoide.

Nº 45 La *Pirámide dihexagonal* mPn. Su formación es análoga a la pirámide ditetragonal (véase Nº 32).

Nº 46 El *Prisma dihexagonal,* correspondiente a la pirámide dihexagonal, estando cerrado por el pinacoide.

La derivación de las formas que parte de una protopirámide es la misma que en el sistema tetragonal, pero debido al carácter geométrico del hexagon regular, la deuteropirámide y el deuteroprisma tienen los símbolos mP2 y ∞P2 (y no mP∞ y ∞P∞ como en el sistema tetragonal), es decir, la pirámide ditetragonal mPn se transforma ya con la doble distancia de cada eje horizontal de la protopirámide, uniéndose cada dos planos respectivos en uno solo, en una deuteropirámide, y análogamente el prisma dihexagonal en el deuteroprisma. Figura Nº 47 explica las relaciones geométricas. La pirámide dihexagonal ocupa, pues, referente a las otras formas un puesto análogo a la pirámide ditetragonal y al octaedro sexfacetado, transformándose ella con el cambio de los valores m y n en las demás formas.

Combinaciones de formas holoédricas

Son pocos los minerales, ejemplos: El Berilo y el Apatita, los que cristalizan en formas holoédricas.

Nº 48 Combinación del prisma y de la pirámide hexagonal con el pinacoide, como se halla en el berilo. ∞P. P. oP.

Nº 49 Se compone de un prisma hexagonal, de dos pirámides (una más obtusa que la otra, con planos situados entre las aristas del prisma), además de una deuteropirámide(sus planos se encuentran en la continuación de las aristas verticales del prisma), el pinacoide y una pirámide dihexagonal.

B. *Formas hemiédricas.*

Hemiedría romboédrica.

Hay muchos minerales que cristalizan en formas hemiédricas (Espato calizo etc.), las que son comprendidas a veces bajo el nombre "sistema romboédrico", encontrando esto su expresión en los símbolos por la letra R, inicial del romboedro.

Nº 50 El *Romboedro* $\pm \frac{mP}{2}$ ó mR (poniendo $\frac{P}{2} = R$).

Es la forma hemiédrica de la protopirámide hexagonal, siendo desarrollados alternativamente sus planos. Correspondiente a lo dicho en cuanto a la hemiedría en general, deben haber dos romboedros, un positivo y un negativo.

Nº 50 a y Nº 50 b derivados de la pirámide hexagonal (modelo adjunto); según que se desarrollan los planos pintados o los otros representan los dos romboedros en su relativa posición.

Cuando un mineral cristaliza en esta hemiedría, se toma un romboedro como forma principal, a la cual se refiere las otras, eligiendo como tal, en el caso que el mineral tiene clivaje romboédrico, el romboedro formado por este.

Los romboedros están limitados por seis rombos iguales, cuyas aristas medias descienden y ascienden en un zig-zag.

Hay romboedros agudos y obtusos; los más obtusos se acercan al cubo.

Nº 51 a Nº 53. El *Escalenoedro*. Es la forma hemiédrica de la pirámide dihexagonal (inscrito en el modelo), siendo desarrollados alternativamente grupos de dos caras situados en las aristas polares de igual valor. Según que se desarrollan los planos blancos o los colorados del modelo, se forma el positivo o el negativo escalenoedro. El símbolo es $\pm \frac{mPn}{2}$ ó mRn.

Un escelenoedro puede ser derivado también de un romboedro mR (Nº 52), prolongando el valor del eje principal por *n* y poniendo en las aristas medias planos que cortan el eje principal en la distancia n. Así se obtiene mRn; pero es de notar que aquí el valor n se refiere al eje principal (excepción de la regla que dice que los valores detrás de la letra se refieren a los ejes basales).

Cada escalenoedro tiene pues inscrito un romboedro. El curso de las aristas medias en un zig-zag distingue inmediatamente un escalenoedro de una pirámide dihexagonal; siendo además las aristas polares desiguales; Romboedros como escalenoedros son muy comunes en el Espato calizo.

Otras hemiedrías son:

1) La **tritopirámide** (hemiedría piramidal), es decir, una pirámide hexagonal del tercer orden, es la hemiedría de una pirámide dihexagonal en la que los dos planos, por arriba y por abajo, que pertenecen a la misma arista basal, están desarrollados alternativamente (figura 54). En ella los ejes basales no terminan ni en los vértices (como en la protopirámide) sino en otros puntos de las aristas basales. Tiene el símbolo $\left[\frac{mPn}{2}\right]$.

A ella corresponde un prisma hexagonal del tercer orden, $\left[\frac{\infty P\bar{n}}{2}\right]$ Es característico para el Apatita, Piromorfita, etc.

2) El **trapezoedro hexagonal** (hemiedría trapezoédrica, Nº 55 (en dibujo) limitado por 12 trapezoides isosceles, cuyas aristas medias corren en un zig-zag; es la hemiedría de una pirámide dihexagonal, producida por desarrollo alternativo de sus planos (no de grupos como en el Escalenoedro). Es conocido solamente en algunos cristales artificiales.

Es de recordar lo dicho en el sistema regular, que varias formas sujetas a una o a otra clase de hemiedría no cambian su forma geométrica.

En la hemiedría romboédrica no hay más que tres planos simétricos que pasan por los ejes basales intermedios, cortándose bajo ángulo de 60º. En la hemiedría piramidal existe solamente la base horizontal como plano simétrico y en la hemiedría trapezoédrica todos los siete planos simétricos se han perdido.

C. *Formas tetartoédricas.*

Las formas tetartoédricas representan la cuarta parte de las holoédricas. Ejemplo:

Nº 56 El *Trapezoedro trigonal,* limitado por seis trapezoides isosceles, cuyas aristas medias corren en un zig-zag, es la forma hemiédrica del Escalenoedro, siendo desarrollado alternativamente los planos que están situados abajo y arriba en la misma arista media. No hay más plano simétrico. Símbolo $\frac{\mathrm{mPn}}{4}$.

Con el trapezoedro están combinadas otras formas, de apariencia poliédricas o hemiédricas, pero las que son consideradas también como tetartoédricas.

Las formas tetartoédricas son características para el Cuarzo.

Combinaciones de la hemiedría romboédrica

Ellas se encuentran especialmente en el Espato calizo.

Nº 57 Las aristas de un romboedro positivo (R) están truncadas por los planos de otro romboedro negativo (— ½R), siendo a la vez truncadas las aristas medias por un prisma (deuteroprisma ∞P2).

Nº 58. Las aristas polares cortas de un escalenoedro (mRn) están truncadas por un romboedro negativo.

Nº 59. Combinación de un protoprisma (∞R) con un romboedro negativo y otros dos romboedros positivos (el uno más obtuso que el otro), que cortan las aristas de aquel, además el pinacoide (oP).

Nº 60. Un deuteroprisma con un romboedro. ∞P2.R.

Nº 61. Un escalenoedro con un romboedro.

Nº 62. *Maclas* de R3 (escalenoedro del espato calizo). Las mitades de dos individuos, el uno arriba, el otro abajo, están unidos según un plano paralelo a la base (o al pinacoide), pero los dos están girados por 180º.

Sistema rómbico

Nº 63. Carácter: Tres ejes desiguales, que se cruzan bajo ángulos rectos. Uno de los ejes se elige como "eje principal" o eje vertical. En su elección (en sí arbitraria) se toma en cuenta varios factores (propiedades físicas, cálculo, etc.). De los otros dos situados en la base, que es un rombo, el mayor, llamado "Macroeje" (macros = largo) corre del lado izquierdo al lado derecho del observador, recibiendo un trazo horizontal como seña sobre su valor; entonces el eje menor, llamado "Microeje", (micros = corto) con un semicírculo como seña corre de adelante para atrás. Los parámetros (mitad de los ejes) del eje vertical, macroeje y microeje son: c, b y a respectivamente.

Una pirámide rómbica es determinada por la proporción a:b:c ó a:1:c (poniendo b, como es regla, igual 1). Para el azufre es la proporción 0,8130 : 1 : 1,9037.. con un ángulo polar (situado en las aristas polares) = 106° 38′ y con un ángulo basal (situado en las aristas basales) = 101° 58′; todas las otras formas rómbicas del Azufre son derivadas de esta pirámide.

Los valores delante de P (inicial de la pirámide) se refieren al eje principal, los de atrás de P a los ejes horizontales (macro y microeje).

Hay tres planos simétricos secundarios que pasan por a y b, por *c* y *a* y por *c* y *b*. Sus cortes son rombos (de allí el nombre del sistema). No hay más plano simétrico principal.

Hay formas cerradas (pirámides) y abiertas (prismas, domas, pinacoides), formas holoédricas y hemiédricas.

Todas las formas se derivan de:

Nº 64 La *Protopirámide, mP*. Ella es limitada por ocho triangulos escalenos. Cuando m crece hasta ∞ se reproduce:

Nº 65 El *Protoprisma,* ∞P. Cuando en la protopirámide m se disminuye hasta cero, resulta:

Nº 65 El *Pinacoide,* oP; representado por dos planos paralelos a la base, los que cierran el prisma.

Entre la protopirámide y el protoprisma están situadas pirámides más agudas.

De la protopirámide se derivan además:

Nº 66 La *Macropirámide,* $mP\bar{n}$, poniendo en las aristas polares, que corren hacia los extremos del microeje, planos de tal modo que ellos cortan el macroeje en distancia n (mayor que la que tiene la protopirámide).

Nota: Los modelos no corresponden bien, teniendo los ejes verticales de la protopirámide y de la derivada macropirámide distintos valores.

Si se pone en las aristas polares que corren hacia los extremos del macroeje planos que cortan el microeje en distancia n, resulta:

Nº 67 La *Micropirámide,* $mP\breve{n}$.

Dejando crecer ahora $\bar{n}$ ó $\breve{n}$ hasta ∞, se producen prismas horizontales, cuyos planos corren paralelos al macro — o al microeje. Estos prismas se llaman "domas". Ellos son pues:

Nº 68 El *Macrodoma,* $mP\bar{\infty}$, y

Nº 69 El *Microdoma,* $mP\breve{\infty}$.

Si se sujeta el protoprisma al mismo cambio (prolongando el macro — ó el microeje por el valor n), resulta un *macroprisma* o *microprisma,* $\infty P\bar{n}$ ó $\infty P\breve{n}$, los que al crecer n hasta ∞ se convierten (uniéndose dos planos en uno) en dos planos paralelos al macro - ó al microeje, y los que se llaman Macropinacoide $\infty P\bar{\infty}$ y Micropinacoide $\infty P\breve{\infty}$. El primero cierra por consiguente el microdoma, el segundo el macrodoma (véase Nº 68 y Nº 69).

Nº 70. El *Esfenoide rómbico* $\frac{mP}{2}$ sea mencionada aquí de las formas hemiédricas, que son escasas en la naturaleza. Se deriva de la pirámide rómbica por desarrollo alternativo de los planos (como el tetraedro regular, el esfenoide tetragonal del sistema regular y tetragonal respectivo). Es limitado por cuatro triángulos escalenos.

Combinaciones holoédricas

Nº 71 Una pirámide con un prisma. $P; \infty P$.

Nº 72 Un Prisma con el pinacoide $\infty P . oP$.

Nº 73 Macro y micropinacoide y el pinacoide. $\infty P\bar{\infty}; \infty P\mathring{\infty}; oP$

Nº 74 Pirámide, Prisma, Macro- y microdoma, Macro- y micropinacoide y el Pinacoide.

$$P;\ \infty P;\ P\bar{\infty};\ P\mathring{\infty};\ \infty P\bar{\infty};\ \infty P\mathring{\infty};\ oP.$$

Nº 75. Un macro- y un microdoma con el pinacoide.

Nº 76. Un microdoma con el macropinacoide.

Nº 77. *Macla del Aragonita.* Dos individuos (sus mitades) de la combinación: Prisma, micropinacoide y microdoma están unidos según plano del prisma (en posición espejada). Nº 77ª explica su formación. Se ve en este modelo dos individuos (compuestos de aquellas formas, pero además de dos pirámides) unidos según plano del prisma. Como de los dos están desarrollados solamente sus mitades opuestas ("posición espejada"), faltando las otras mitades, resulta Nº 77. Conforme a lo dicho referente a la macla del sistema regular Nº 27; imagínese un individuo del Nº 77ª cortado por un plano paralelo a un plano del prisma en dos mitades y una mitad girada por 180º alrededor del eje de unión (= perpendicular al plano de unión).

Sistema monoclínico (clinorómbico).

Nº 78 á Nº 82. Tres ejes desiguales. Dos de ellos (hilo blanco y colorado) se cortan bajo ángulo oblícuo, siendo el tercer (azul) perpendicular a ellos. Uno de aquellos dos (hilo blanco) se elige como "eje principal" o "eje vertical", cuyo parámetro es c, entonces el otro, llamado "clinoeje" con parámetro a, corre inclinado hacia el observador. El tercer eje, "ortoeje", perpendicular a estos dos, corre horizontalmente de la derecha a la izquierda del observador. El valor del ortoeje recibe como seña un trazo horizontal, el clinoeje un trazo inclinado. El ángulo oblicuo, constante en cada complejo de formas, es β, situado entre c y a. Hay un solo plano simétrico que pasa por c y a, existiendo pues simetría entre las partes a la derecha y a la izquierda, pero no entre las de por atrás y las por delante del observador. La proporción determinante de una pirámide es: a : b : c ó a : 1 : c.

Así el complejo de las formas del Yeso tiene la proporción: 0,6899.. : 1 : 0,4124... y B = 80° 42ª.

Cada pirámide se compone de dos "hemipirámides", una "positiva", la otra "negativa", siendo compuesta cada una por cuatro planos (dos a dos paralelos). Los planos de la positiva están situados sobre el ángulo agudo, los de la negativa sobre el ángulo obtuso. Las hemipirámides son independientes entre sí, es decir, no es necesario que las dos aparezcan a la vez; al contrario, más común es el caso que una sola (N° 84 y 86) está desarrollada.

La derivación de las formas es la del sistema rómbico, pero hay que tener en cuenta que algunas formas se componen de hemiformas, análogamente a la pirámide.

De una pirámide $\pm$mP al crecer m hasta ∞ resulta un Prisma ∞P N° 79, y al disminuirse m hasta cero el Pinacoide, oP, el que está formado por dos planos paralelos a la base, cerrando pues el prisma N° 79.

De $\pm$mP se deriva al prolongar el ortoeje por el valor n una ortopirámide $m\bar{P}n$, la que pasa al llegar n = ∞ á un prisma horizontal que se llama "Ortodoma" N° 80. Se ve que este doma se compone de dos hemidomas, formado cada uno por dos planos paralelos. Hay que distinguir por consiguiente entre ortodoma positivo, $m\bar{P}\infty$, y ortodoma negativo, $-m\bar{P}\infty$. Los dos planos del positivo están situados sobre el ángulo agudo, los del negativo sobre el ángulo obtuso. Los dos domas son independientes entre sí. El ortodoma está cerrado por el clinopinacoide, cuya derivación está tratada más abajo.

La misma operación aplicada al clinoeje, da primero una clinopirámide, $\pm m\overset{\diagdown}{Pn}$ y en seguida, al crecer n hasta ∞, un clinodoma, $m\overset{\diagdown}{P\infty}$, Nº 81, pero se nota inmediatamente que el clinodoma es uno solo porque sus cuatro planos son iguales. El clinoma está cerrado por el ortopinacoide.

Se comprende fácilmente, haciendo siempre las mismas operaciones, como un ortoprisma ó clinoprisma, $\infty\overline{Pn}$. y $\infty\overset{\diagdown}{Pn}$ se deriva del protoprisma, y cómo ellos llegan con el valor $n = \infty$ (uniéndose dos planos en uno solo) al ortopinacoide y al clinopinacoide, $\infty\overline{P\infty}$ y $\infty\overset{\diagdown}{P\infty}$, siendo representado el primero por dos planos paralelos al ortoeje y al eje principal, el segundo por dos planos paralelos al eje principal y al clinoeje, cerrando ellos el clinodoma y el ortodoma respectivamente. La combinación de los tres pinacoides está representada en Nº 82.

Nº 83. Combinación del prisma, de la pirámide negativa y positiva y del clinopinacoide.

$\infty P. - P. + P. \infty\overset{\diagdown}{P\infty}$, en la que el Yeso cristaliza.

En Nº 87a (igualmente Yeso) falta la pirámide positiva.

Nº 84. $P. \infty P; \infty\overline{P\infty}; \infty\overset{\diagdown}{P\infty}; P$. Augita.

Nº 85. $\infty P; oP; \overline{P\infty}; \infty\overset{\diagdown}{P\infty}$. Ortoclasa.

Nº 86. $\infty P; P; oP; \infty\overset{\diagdown}{P\infty}$. Anfibol.

Nº 87. *Maclas "flechas del Yeso"*. Dos individuos (sus mitades) de la combinación:

$\infty P; \infty\overset{\diagdown}{P\infty}; - P$ (Nº 87) son unidos en posición espejada según ortopinacoide. En cuanto a su formación compárese lo dicho referente a los Nos. 27 (sistema regular) y 77 (sistema rómbico).

Sistema triclínico (o asimétrico).

Nº 88. Tres ejes desiguales se cruzan bajo tres ángulos distintos. Se elige uno de ellos (la elección es arbitraria) como "eje vertical" ó "principal" con parámetro c. Entonces el mayor de los otros dos, llamado "Macroeje, (hilo blanco) con un trazo horizontal como seña, y con parámetro b, debe correr de la izquierda a la derecha del observador, mientras el tercero, el "Microeje", que recibe un semicírculo como seña (las señas son las mismas que en el sistema rómbico), y con parámetro *a* queda inclinado hacia el observador. Los tres ángulos son *α entre b* y *c*, *β* entre *a* y *c* y *g* entre *a* y *b*. No hay más plano simétrico. Una pirámide triclínica, es determinada por la proporción a : b : c ó a : 1 : c y por estos tres ángulos.

Una pirámide triclínica se compone de 4 tetartopirámides (tetartos = cuarta parte). Cada una de ellas se compone de dos planos opuestos y paralelos, cuya posición referente al observador permiten distinguir:

un plano al lado izquierdo (arriba de la base)
otro plano al lado derecho arriba
otro plano al lado izquierdo abajo
otro plano al lado derecho abajo.

A cada uno de estos planos corresponde un plano paralelo, formando su conjunto una tetartopirámide. A aquellos cuatro planos, por consiguiente, también a las cuatro tetaropirámides corresponden los siguientes símbolos:
m^1P. mP^1. m_1P. mP_1. ó $m_1{}^1P_1{}^1$ (una pirámide entera). Las tetartopirámides son independientes entre sí, es decir, su aparición simultánea en los cristales no es necesaria.

La derivación de las otras formas (prismas, pinacoides, macro- y micro-pirámides, macro- y micro-domas) es análoga a la del sistema monoclínico y rómbico, pero todos los prismas y domas se componen de hemiprismas y hemidomas, es decir, cada uno de ellos, de dos planos paralelos (N° 89). En el sistema rómbico todos los prismas y domas son enteros; en el sistema monoclínico solamente el prisma y el clinodoma son enteros, mientras el ortodoma se compone de dos hemi-ortodomas. Se ve pues, como en el sistema triclínico las formas más sencillas están compuestas solamente de dos planos paralelos, faltando por eso la simetría (sistema asimétrico).

El sistema tiene pocos representantes. Son ante todos los feldespatos "plagioclásicos" (los ortoclásicos son monoclínicos) que cristalizan en este sistema. El Vitriolo de cobre pertenece igualmente a este sistema.

N° 89. Demuestra una combinación sencilla del Albita (feldespato) compuesto de: oP. $\infty{}^1P$. ∞P^1. $\infty P\overset{\circ}{\infty}$. (prescindiendo de los planos de color negro). Se ve como los planos del prisma no son más iguales, componiéndose él de dos hemiprismas, el uno al lado izquierdo, el otro al lado derecho del observador. Tales individuos se hallan casi siempre en maclas, siendo unidos según el micropinacoide, $\infty P\overset{\circ}{\infty}$.

N° 90. Representa tal *macla* con los individuos I y II, de los cuales cada uno está desarrollado solamente por la mitad. A causa de la posición espejada los planos del pinacoide oP, forman ángulos entrantes (sin embargo un carácter propio a todas las maclas). Imagínese el individuo N° 90 cortado en dos mitades por un plano paralelo al microdoma y girada una mitad alrededor del eje de unión por 180°, resulta la macla N° 89. Ahora, como la formación de maclas se repite, uniéndose muchos individuos, cuyo tamaño sin embargo, queda muy reducido, siempre según la misma ley ("maclas polisintéticas"), se forma una agregación de lamelas que se manifiesta sobre el plano de clivaje (según el pinacoide) en forma de estriamiento. Así se distinguen los feldespatos triclínicos (ó plagioclásicas) de los monoclínicos (ó ortoclásicos), los que no tienen esta clase de maclas, faltando pues en ellos el estriamiento sobre aquel plano de clivaje.

Nº 91. Combinación del Axinita (un silicato).

$P = \infty{}^1P. \; r = {}^1P. \; s = 2{}^1P^1\overline{\infty}.$

$u = \infty P^1. \; x = P^1. \; l = \infty P\overline{\infty}.$

Nº 92. Maclas del Albita (feldespato) según la misma ley, representada en Nº 90.

B. CRISTALES (Nº 93 á Nº 178).

Generalidades.

Cristales de formas absolutamente normales, en las que todos los planos equivalentes son iguales, como los modelos los tienen, son muy escasos porque no puede desarrollarse el individuo en todas direcciones a causa de la falta de espacio libre.

Así son comunes *irregularidades* en cuanto a la forma de los planos, su cantidad, así como en cuanto a las distancias centrales, etc. Son constantes, como ya está dicho en otro lugar, los ángulos.

Ejemplos de irregularidades demuestran:

Nº 93. Los dibujos (faltan muestras) enseñan, cómo cristales por desarrollo excesivo en una dirección pueden llegar a tal grado de deformación, que parecen pertenecer a un otro sistema. Nº 93a, es un octaedro regular que parece como un prisma rómbico con un braquipinacoide. Nº 93b, es un cristal hexagonal de Cuarzo, que recuerda las formas rómbicas (prisma, ortopinacoide, ortodoma y pirámide). Compárese Nº 118, que representa el cuarzo en su forma normal.

Nº 94. Granate en dodecaedro rómbico. Por mayor crecimiento en una dirección los rombos no son más iguales. Compárese el dodecaedro rómbico adjunto, que es normal. Los granitos adjuntos (en caja chica) son igualmente granate; ellos son más o menos redondeados con desaparición de planos; (de allí viene el nombre Granate, que quiere decir grano).

Nº 95. Yeso. Los planos de los cristales monoclínicos tienen cavidades. Compárese el cristal normal adjunto.

Nº 96. Yeso. Los cristales (varios se cruzan) son lentiformes por ser curvados los planos.

Son conocidos los cristales casi esféricos del Diamante por curvadura de los planos del octaedro sexfacetado.

Nº 97. Sal común en cubos, pero ellos son imperfectos por no haberse llenado todo el espacio entre los ejes.

Nº 98. Turmalina. Los planos prismáticos son rayados (por combinación de varios prismas).

Los cristales mas completos, llamados "embutidos", se han formado en líquidos acuosos (como los cristales artificiales) y en igneo-fluidos.

Nº 99. Granate en forma del dodecaedro rómbico, en mármol.

Nº 100. Feldespato monoclínico en granito.

Nº 101. Augita (el mineral negro, monoclínico) en toba basáltica.

Una gran parte de los cristales sueltos, descritos en lo siguiente, son de esta procedencia; otros también relativamente perfectos son de las "agregaciones cristalizadas".

El tamaño de los cristales es muy variable. El Cuarzo por ejemplo, varía entre 1^m y más, (en las cavernas del Granito en los Alpes) hasta tamaño microscópico. Los más grandes cristales del país son los de Berilo, (Nº 119) hexagonal, que se encuentran en el Pegmatita (granito de grano muy grueso) de las sierras de Córdoba y de San Luis.

Interpretación de cristales

Nos limitamos a "leer" algunos cristales sencillos.

Las anotaciones de los símbolos en los rótulos informan al interesado sobre otras formas más complicadas.

Sistema regular.

Nº 102. Cubo de la *Pirita de hierro.*
Nº 103. Dodecaedro pentagonal del mismo.
Nº 106. Dodecaedro rómbico del *Granate.*
Nº 110 y Nº 111. Deltoedro del *Leucita* y del *Analcima.*

Sistema tetragonal.

Nº 112. Prisma y pirámide del *Zircono.*

Sistema hexagonal.

Nº 114. Prisma y pirámide (holoédricos) del *Apatita.*

Nº 115 á Nº 118. Prismas y pirámides (tetartoédricos) del *Cuarzo.* Cada pirámide se compone de dos romboedros o trapezoedros.

Nº 119. Prisma hexagonal del *Berilo* (holoédrico)

Nº 120 á Nº 128. Representan cristales hemiédricos del *Espato calizo.* Nº 120 es un romboedro, Nº 123 un prisma limitado por el pinacoide, Nº 124 un prisma limitado por un romboedro, Nº 125 una combinación de un escalenoedro con un romboedro.

Nº 131. Turmalina. Dos prismas con un romboedro.

Sistema rómbico

Nº 133. Cristales tabulares de *Baritina,* compuestos de prismas y pinacoide (ó dando a los ejes otra orientación: Micropinacoide y macrodoma).

Nº 138. *Andalusita,* con prisma y pinacoide.

Sistema monoclínico

Nº 146. *Yeso.* La combinación del cristal mayor comprende: Prisma, clinopinacoide (dos planos paralelos laterales) y pirámide (negativa como positiva). En el cristal más pequeño, la pirámide está desarrollada solamente como hemipirámide negativa (la misma forma véase Nº 95).

Nº 141 *Augita.* Se conoce un prisma (4 planos verticales, con un ángulo de 87° 10′), un ortopinacoide (dos planos paralelos adelante y atrás), un clinopinacoide (dos planos paralelos, a los dos lados) y una hemipirámide (por arriba y por abajo).

Nº 142. *Anfíbol.* Prisma con un ángulo de 124° 11^{m}, clinopinacoide (dos planos paralelos al lado), una hemipirámide y el pinacoide.

Nº 144 y Nº 145. *Ortoclasa* (feldespato monoclínico). Prisma, clinopinacoide, pinacoide, ortodoma.

Nº 146. La combinación anterior del Ortoclasa, pero falta el ortodoma.

Sistema triclínico

Nº 147. *Vitriolo de cobre.* Es difícil interpretarle, pero se conoce el carácter triclínico, consistente en que todas las formas se componen no más que de dos planos paralelos; ante todo, que los planos del prisma no son más iguales.

Nº 148. *Periclina* (feldespato triclínico).

Maclas

Hay que informarse primero en cuanto a lo dicho sobre los modelos Nº 27, 62, 77 y 87.

Bajo maclas (gemelos) se entiende la unión de dos o más cristales iguales de la misma especie de mineral, según cierta ley que consiste principalmente en que los individuos tienen siempre común el mismo plano; él se encuentra en el cristal o puede ser imaginado en él. "Plano de maclas" que coincide muchas veces con este plano, es en la mayor parte de los casos el plano referente al cual existe simetría. "Eje de maclas" es la perpendicular sobre este, alrededor de la cual hay que imaginarse girado uno de los cristales (o su mitad) por 180°, para que llega en cuanto al segundo cristal en la posición de las maclas. La palabra "Hemitropia", la que significa también maclas, se refiere a este procedimiento, el que — demás es decirlo — no existe en la naturaleza.

Los individuos pueden unirse por contacto :"maclas de contacto" o de juxtaposición, o penetrarse el uno en el otro :"maclas de penetración."

Los ejes de los individuos pueden ser inclinados (en formas holoédricas y hemiédricas) o paralelos (en formas solamente hemiédricas). La posición de los individuos con ejes inclinados es la que tiene un objeto referente a su imágen en el espejo, siendo representado éste por el plano de la macla.

El mismo mineral puede tener varias leyes de maclas; así el ortoclasa (feldespato) según oP, según $\infty P\overline{\infty}$ ó según $2P\overline{\infty}$, indicando el símbolo el "plano de la macla". Damos en seguida algunos ejemplos del muestrario.

Nº 148. *Espato fluor*. Dos cubos forman maclas de penetración con ejes inclinados, según O (plano del octaedro).

Nº 149. *Espinela*. Dos octaedros (sus mitades) forman maclas de contacto con ejes inclinados, según O. Corresponde al modelo Nº 27.

Nº 150. *Pirita de hierro*. Dos individuos — su combinación, en la que predomina el dodecaedro pentagonal, véase rótulo — se penetran con ejes paralelos.

Esta clase de maclas con ejes paralelos se encuentran solamente, como está dicho, en formas hemiédricas. Como las formas hemiédricas de los individuos en su unión se complementan a las respectivas formas holoédricas, estas maclas se llaman "complementarias". En los dibujos adjuntos se ve, cómo las maclas de tetraedros se complementan a un octaedro; las de dodecaedros pentagonales reproducen un cubo cuadrifacetado.

Nº 151. *Casiterita*. Sistema tetragonal. Dos individuos (sus mitades) de la combinación: Prisma ∞P, deuteroprisma $\infty P\infty$

Pirámide P y deuteropirámide $\breve{P}\infty$ están unidos con ejes inclinados según $\bar{P}\infty$. La macla corresponde al modelo adjunto. En la otra muestra de Casiterita se repite la formación de las maclas (tres individuos).

Nº 152. *Estaurolita.* (estauron = cruz) Sistema rómbico. Los individuos se cruzan bajo ángulo recto. El "plano de la macla" que divide la macla en dos partes simétricas, corresponde a un microdoma 3|2 $\breve{P}\infty$, pero él no se encuentra en los cristales. — Otra ley de unión, menos frecuente es representada en Nº 153.

Nº 154. *Aragonita.* Sistema rómbico. Dos individuos (con ejes inclinados) tienen un plano común del prisma. Más claro se reconoce esta macla en el modelo de vidrio Nº 77.

Nº 155. *Yeso.* Las maclas se llaman "flechas del Yeso". Sistema monoclínico. Maclas por juxtaposición. El plano de las maclas es el ortopinacoide, siendo los ejes verticales y cayendo los planos de los clinopinacoides de los dos individuos en el mismo plano. Compárese modelo Nº 87.

Nº 156. *Augita.* Las maclas están formadas del mismo modo que las del Yeso. La combinación del cristal simple, véase Nº 141 y modelo Nº 84.

Nº 157 á Nº 160. Maclas de penetración de la clase de los *Feldespatos* según varias leyes. Las del Nº 159 son frecuentes en los "cristalogranitos" del país. Las de completa penetración pueden llegar a formar cristales de apariencia simple como en Nº 160. Los detalles de estas maclas están anotados en los rótulos.

Nº 161 á Nº 164. *Maclas polisintéticas.* Ellas están compuestas, como el nombre indica, de varios hasta numerosos individuos, unidos siempre según la misma ley. El tamaño de los individuos está reducido a delgadas lamelas, lo que se manifiesta en los clivajes, destacándose sobre sus planos (o sobre uno de ellos) en forma de un estriamiento (no confundir con otra clase de estriamiento, como es la en Nº 98).

Las maclas polisintéticas (de contacto) son muy frecuentes en el Espato calizo. Nº 161, cuyos romboedros de clivaje casi siempre demuestran tal estriamiento sobre sus planos, además, en los feldespatos triclínicos (plagioclásicos), Nº 163 y Nº 164, cuyos planos de clivaje estriados permiten distinguir los de los monoclínicos (ortoclásicos). Compárese además los modelos Nos. 89 y 90.

Nº 162. Por otra parte, por la unión de varios individuos pueden formarse cristales de apariencia sencilla, como demuestra Nº 162, donde tres individuos (sus suturas son visibles sobre el pinacoide) del Aragonita componen un solo cristal de apariencia hexagonal prismático (Aragonita cristaliza en el sistema rómbico).

Unión paralela de cristales

No hay que confundir las maclas con la unión paralela de cristales, en la que *todos* los elementos de un cristal, es decir ejes, planos y aristas son paralelos.

Nº 165. Demuestra la unión de dos octaedros del Magnetita. Muchos individuos pueden participar en tal formación.

Nº 166. Representa un octaedro de Espato flúor, compuesto de muchísimos cubos pequeños en posición paralela. De allí y de otras formaciones de este carácter se ha deducido, que los cristales se componen de otros cristales pequeños no visibles, llamados "sub-individuos."

Unión regular de individuos de distintas especies

Esta clase de unión es sumamente particular, pero escasa. Los individuos son de tal modo orientados, que existe un cierto paralelismo entre ejes y planos, siendo paralelos a lo menos un plano y una arista de él.

Nº 167. Demuestra tal unión de Hematita y de Rutilo. Pirita de hierro y Fluorita ofrece otro ejemplo, siendo ellos unidos a veces con paralelismo de los tres ejes.

Inclusiones en cristales

Homogeneidad absoluta (: las mismas propiedades físicas y químicas en toda la extensión) existe raras veces en los cristales, habiendo casi siempre inclusiones de variada naturaleza. Las de tamaño microscópico son mucho más propagadas que las a simple vista.

Nº 168. Los *"Enhydrozde de Uruguay"*, compuesto de calcedonia, que incluye una libélula de agua que se mueve, nos proporciona uno de los más ilustrativos ejemplos, si bien no se trata en este caso de cristales.

Nº 169. Un cristal de Yeso, igualmente con una libélula de agua (su lugar es indicado por una flecha de papel). La inclusión de agua está muy propagada.

Nº 170 á Nº 172 demuestran inclusiones de clorita, óxido de manganeso y de rutilo en cuarzo. El "Agata de musgo" es debido a una inclusión de un mineral de manganeso, que imita la forma al musgo.

Nº 173. Feldespato con inclusión de escamitas de Hematita, que produce un cierto brillo, por cuyo efecto el mineral, llamado "Piedra de sol", pulido sirve de adorno. La aplicación de muchos minerales en la joyería es debido a inclusiones, en particular la clase de calcedonias.

Nº 174 y Nº 175 representan agregaciones de cristales de Yeso y de baritina resp. que incluyen arena. Espato calizo cristalizado también encierra muchas veces granitos de arena. De allí viene el inadecuado nombre de las "areniscas cristalizadas."

Todas las inclusiones se explican en razón de la formación de los cristales dentro de un cierto medio. Cuando este ha sido un líquido acuoso, partes de él pueden haber sido encerradas durante el crecimiento del cristal. El agua así incluída contiene muchas veces sales disueltas (cloruro de sodio, etc.), pudiendo formarse así por evaporación parcial del agua cristales (los de cloruro de sodio, etc.) que nadan en el líquido.

Si el cristal se ha formado en masa ignea-fluida, partes de esta (de tamaño microscópico) pueden entrar igualmente en el cristal, cristalizando más o menos, o formando por solidificación rápida una masa vidriosa.

Las inclusiones pueden tener por resultado una variable composición química de los cristales, la que no corresponde a la teórica.

Interrupción del crecimiento de los cristales

Nº 176 á Nº 178. La interrupción del crecimiento de cristales se destaca a simple vista en la muestra Nº 176. Es un cristal de cuarzo, compuesto de capas, las que por lo común son bien unidas, pero a veces tan flojas, debido a la sedimentación de otra sustancia agena pulverulenta durante la formación que se desprende.

La estructura "zonal" del ortoclasa, Nº 177, hay que atribuirla a la misma causa, mientras que la de un cristal de espato calizo, Nº 178, es debida a un cambio químico de la disolución, en la que el mineral se ha formado, consistente en carbonato de hierro, el que por oxidación se tranforma en óxido de hierro, causante de la coloración.

G. Bodenbender.