

recomendamos muy especialmente su estudio: son esos caracteres comparables por su importancia, á las letras, sin cuyo conocimiento previo no es posible formar palabras ni practicar la lectura.

CAPÍTULO II

DEL ESTADO DE AGREGACION.

Tres son los estados físicos de los cuerpos: *sólido, líquido y gaseoso*. Del primero nos ocuparemos con más detención, por ser el que corresponde especialmente á los minerales que vamos á estudiar: pocos son los que se consideran pertenecientes al estado líquido, como el mercurio entre los metales, los aceites y betunes entre los combustibles minerales, etc., y harémos abstracción de los cuerpos gaseosos, como el ácido carbónico, y otros, por estar perfectamente estudiados en la Química general.

Agrupamos los cuerpos sólidos en dos secciones principales que comprenden los *amorfos* y los *crystalizados*.

§ I.

Cuerpos amorfos.

Los cuerpos amorfos no presentan figuras geométricas, y para definirlos buscaremos algunas semejanzas entre sus figuras particulares y las de algunos cuerpos muy conocidos, para que se presente con facilidad á la memoria esa comparación, como por ejemplo, la *malaquita* ó carbonato verde de cobre, que á veces se encuentra formando masas esferoidales más ó menos completas, y entónces se dice que se presenta *en figura globosa*, etc.

Cuáles son los amorfos.

Su definición por figuras imitativas.

Para facilitar este estudio agruparemos las figuras de cada orden, de la manera siguiente:

A. *Minerales que no presentan figuras imitativas bien definidas.*
En masas. Cuando están en pedazos irregulares como un fragmento de mármol. *En pedazos esquinados*, como fragmentos pequeños que se separan al labrar una roca. *En granos*, fragmentos relativamente pequeños y por lo regular arredondados, como se observa en la arena. Cuando un mineral se halla desparramado, por decirlo así, ó incrustado en otro, se le llama *diseminado*; así, cuando en una masa de calcita ó carbonato de cal se ven algunas masas pequeñas de galena, esparcidas é incrustadas en el carbonato, la galena está diseminada, y el otro mineral se llama la *matriz* ó *ganga* de la última.

B. *Minerales en figuras ensanchadas.* Cuando una sustancia se halla formando una capa sobre otra, y que tenga un espesor de medio milímetro á dos ó tres milímetros, se la llama *figura en chapas*, como por ejemplo, las láminas de cobre nativo sobre su matriz. Si la lámina es de menor espesor se la llama *pegadura*, y si es más gruesa que tres milímetros, ya se la puede considerar como una *masa*. Aquí debe considerarse también la *figura dendrítica*, que la constituyen agrupamientos de pequeños cristales ó pegaduras colocados en cierto orden figurando ramificaciones de árboles. Ejemplo: los dibujos que forma el óxido de manganeso sobre las rocas, simulando frondas de helechos.

C. *Figuras concrecionadas.* Se comprenden en este grupo las de los minerales que generalmente están constituidos por capas sobrepuestas: agregaremos aquí algunos que aunque de constitución diferente, tienen analogías de forma general con los verdaderamente concrecionados. *Figura arriñonada*, formada de cascotes de esferas de diversos diámetros: ejemplo, la hematita. *Globosa*, en partes de esferas más desarrolladas. *Coagulada*, la que está formada de partes esferoidales aplanadas. En *racimos*, cuando se encuentran varias partes esferoidales sobrepuestas. Si éstas parten de un tronco común, dirigiéndose en varios sentidos, se llama *figura de coliflor*.

Si las figuras son más ó menos rectas y alargadas, se las llama

Clasificación de las figuras.

A. Minerales sin figuras indeterminables.
 MASAS.
 Pedazos esquinados.
 GRANOS.

Diseminados.

Qué se entiende por matriz.

B. Minerales en figuras ensanchadas.

Chapas.

Pegaduras.

Dendritas.

C. Figuras concrecionadas

Arriñonadas.

Globosa.
 Coagulada.

Racimos.

Coliflor.

Cilíndricas. *cilíndricas*, cuando tienen el mismo diámetro en toda su longitud: *tubulosas*, si además de esa circunstancia son huecas: *estalactitas* cuando tienden á la forma cónica: en *mazas* si la figura es irregular y más aumentada en su extremo superior.

D. Figuras fibrosas. Comprendemos aquí todas las que están compuestas de fibras regulares é irregulares, gruesas ó delgadas. Se llama *filamentosa* á la figura cuando presenta fibras largas y delgadas, y si se mezclan en varios sentidos, como una madeja, se designa con el nombre de *fieltro*: ejemplo, la plata nativa. Si las fibras son en extremo delgadas se las llama *capilares*.

Denticular. *Denticular*, es la figura gruesa por la parte en que está adherida y aguda en su extremo libre: *reticular* cuando las fibras se cruzan en ángulos de 90°, y *celosías* cuando lo verifican en ángulos de 60.

E. Figuras con huecos é impresiones. Si son láminas las que se cruzan, se da el nombre de *celular* á la figura que resulta; *ojosa* cuando tiene cavidades arredondadas; *ampollosa* con cavidades esféricas.

Impresiones. Se llaman impresiones á las huellas que dejan algunos minerales sobre otros, quedando en éstos el molde ó parte ahuecada.

Minales pulverulentos. Los minerales pulverulentos se definen en su conjunto por el aspecto general, ó en particular describiendo los granos ó partículas de que se hallan compuestos.

Generalidad de las figuras imitativas. La referencia por figuras imitativas que acaba de citarse, se puede pormenorizar siguiendo el mismo método de comparación. Así, al referirse á la figura celular, se expresará si los espacios encerrados por los planos que se cruzan son tetraédricos, arredondados, etc.; si las figuras globosas tienden á la forma elipsoidal, y así se procederá con las partes de las figuras imitativas generales.

§ II.

Cristalografía.—Generalidades.

Pasamos ahora á ocuparnos de los cuerpos cristalizados.

Dáse el nombre de Cristalografía á la ciencia que se ocupa del estudio de esas figuras geométricas de los minerales.

En el lenguaje vulgar se da el nombre de cristales ó cuerpos cristalinos á los que, como el vidrio, son transparentes y de colores claros; en Mineralogía se hace abstracción de la transparencia y del color, y se llaman cristales á los cuerpos de figuras geométricas limitados por caras ó planos colocados ordenadamente, respecto de ciertas líneas llamadas ejes; cuando las formas geométricas no están bien desarrolladas, pero que se manifiestan las tendencias á la cristalización por la existencia de planos colocados ó interrumpidos por secciones también ordenadas de alguna manera, entónces se da el nombre de *cuerpo cristalino* al que presenta esos caracteres. Los cuerpos cristalinos y los cristalizados presentan ciertas direcciones en que se parten ó separan con más facilidad y regularidad que en otras; á estas direcciones se les llama *cruceros* ó *clivages*, cuya palabra deriva del idioma frances [*clivage*] ó división cristalográfica. Los cruceros tienen diversas posiciones en los cristales; pueden existir paralelos á los ejes, á las diagonales, á las caras, etc.

Las partes ó elementos que se consideran en los cristales son los siguientes:

Caras ó planos que los encierran.

Aristas, líneas de intersección de los planos.

Ángulos sólidos: los que forman las caras en su encuentro; se les llama también esquinas, y clasificados dichos ángulos sólidos por el número de planos que los forman, se les da los nombres de diedros y poliedros, según que consten de dos ó más caras.

Ejes de los cristales son ciertas líneas que se supone pasan por su centro y terminan en el medio de dos elementos análo-

Cuerpos cristalizados.
Definición de la voz Cristalografía.

Cuáles son los cristales.

Cuerpos cristalinos.

Cruceros ó clivages.

Elementos de los cristales.

Caras.

Aristas.

Ángulos sólidos.

Ejes.

Elementos de un cristal.

gos y opuestos, como en dos caras, dos aristas ó dos esquinas. Para mayor claridad de lo expuesto, supongamos que tenemos á la vista un *cubo* ó *dado* que podemos clasificar como tipo de un cristal sencillo y perfecto.

Los elementos cristalográficos de este sólido son los siguientes:

Caras: C C' C''.....

Aristas: m m' m''.....

Esquinas: A A' A''

Ejes: E E' E'' E'''..... Estos son ejes de caras, porque terminan en los medios de los planos del cristal.

Para hacer la aplicacion de la ley de simetría, que citaré-

Conviene observar la posición, magnitud y otras circunstancias de esos elementos, así como sus iguales y homólogos.

Caras y aristas terminales, laterales y bases.

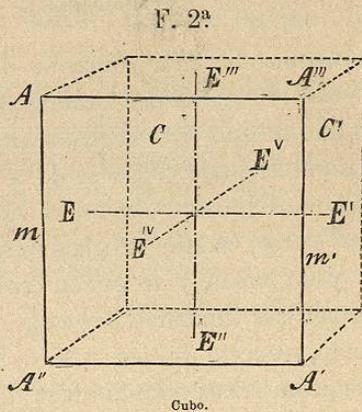
Clasificación de aristas.

mos más adelante, deben observarse los elementos de los cristales relacionados unos con otros y tambien comparados entre sí, para determinar cuáles son de cierto género y buscar los análogos que les sean iguales, así como señalar los elementos que estén arreglados en cierta posición respecto de alguno que se tome por guía, como un eje por ejemplo, y buscar en seguida cuáles les son homólogos.

Elegido el eje principal, como se dirá despues, se verá cuáles caras ó aristas concurren en sus extremos, las que se llamarán *terminales* ó *de apuntamiento*, considerándose como *laterales* ó *prismáticas* las que sean paralelas al eje principal. Cuando una sola cara es en la que termina el eje principal, se le llama *base*, y sus aristas se les llama tambien de la base.

Las esquinas se clasifican con relacion á la naturaleza de sus aristas, y se llaman *uniaristadas*, *biaristadas*, etc., segun que tengan una, dos ó más especies de aristas.

Un cristal simple ó perfecto seria como el *cubo* que hemos citado de ejemplo: en él están sus diversos elementos, *caras*, *aristas* y *ángulos* en su estado de pureza, y así pueden presentarse muchos cristales, pero sucede tambien que esos elementos se en-



F. 2ª

encuentran cortados ó interrumpidos por otros, á cuyos accidentes se les llaman *modificaciones*. Para mayor claridad supongamos que en un cubo cortamos verticalmente una de sus aristas; se trasformará ésta en un plano vertical en vez de una línea. Consideraciones análogas pueden hacerse con los otros elementos.

Esas modificaciones tienen nombres particulares:

Truncamiento: es la sustitucion de un plano á un ángulo ó á una arista.

Biselamiento: es la modificacion producida por dos planos á uno de los elementos.

Apuntamiento: es la modificacion ocasionada por tres ó más planos.

Por estas modificaciones se derivan cristales que siempre están sujetos á sus respectivos sistemas ó grupos cristalinos de que hablaremos adelante.

Esas modificaciones de los cristales no se verifican al acaso, sino conforme á las leyes de la cristalografía, y especialmente la que se llama *ley de simetría*, que puede enunciarse así: *Las modificaciones ó accidentes que se efectúan sobre determinado elemento de los cristales, afectan de igual manera á todos los elementos de la misma especie que el modificado.*

Por consiguiente, si en un prisma que tiene cuatro aristas de una misma especie debiera cortarse una de ellas, aparecerian las cuatro con el mismo accidente.

Teniendo presente esa ley de simetría, es muy fácil reconocer las modificaciones que sufren los cristales, y de ellas nos ocuparemos en las páginas siguientes; mas ántes de entrar en esas consideraciones, darémos á conocer algunos nombres con que se distinguen ciertos casos que presentan los cristales.

Se llama *forma primitiva* á la del cristal tipo de cada sistema y que es la más sencilla de su clase; *formas derivadas* son las que provienen de las modificaciones de aquella. En general, y salvo pocas excepciones, los cristales obtenidos por tres cruces se consideran como formas primitivas.

Generalmente los cristales se asocian conservando paralelos sus ejes principales, pero en algunos casos se inclinan en diversas

Modificaciones.

Truncamiento.

Biselamiento.

Apuntamiento.

Ley de simetría.

Formas primitivas y derivadas.

Cruzamientos y agrupamientos de cristales.

direcciones resultando agrupamientos y aun penetraciones de los mismos cristales; así se definen esos grupos diciendo que se hallan dispuestos en rosas, si irradian de un centro comun, ó entremezclados de diversos modos. Para indicar la penetracion de unos cristales en otros hay en frances la palabra *Macle* que se ha adoptado en otros idiomas. Este fenómeno puede verificarse entre dos ó en mayor número de cristales; como ejemplo del primer caso debe citarse la *estauroлита*, llamada tambien *pedra de cruz*, á causa de su figura: de penetraciones de cristales, en mayor número, hay muchos ejemplos que referir, siendo muy notable el que presenta la piritá prismática en la que se asocian varios cristales. En estos casos aparecen á veces muy deformados los cristales, presentando ángulos entrantes; pero una observacion atenta pone de manifesto el origen de esas anomalías.

Hemitropia.

Llámase *hemitropia* al agrupamiento de dos medios cristales segun su eje mayor, y cuyas mitades se colocan en sentido inverso, es decir, el extremo inferior del uno va á corresponder al superior del otro, y recíprocamente. La hemitropia puede considerarse como un cristal único dividido por su medio y en el cual se hace girar una mitad para invertirse sobre la otra. En los cristales hemítropos se presentan frecuentemente ángulos entrantes; pero en algunos casos el cristal parece completo, sin este accidente, y para reconocer la hemitropia hay necesidad de recurrir al estudio de los cruceros ó de los fenómenos ópticos.

Epigenia.

Se llama *epigenia* al resultado de la sustitucion de una sustancia en otra que estaba cristalizada, y por consiguiente la forma que toma la primera no es propia ni debida al efecto de la cristalización, sino más bien á un amoldamiento: así aparece en cubos el óxido de hierro formado por alteracion de la piritá.

Figuras hemiedras.

En fin, se llaman *hemiedras* á las figuras que parecen como mitades de otras; así el tetraedro es la mitad del octaedro. Este accidente llamado *hemiedría*, se verifica conforme á la siguiente ley: las caras alternas, los pares de caras y los grupos de caras, tambien alternos, de una figura *holoedra* ó completa, crecen, haciendo desaparecer los otros, siendo las mitades figuras cerradas. Las figuras hemiedras son de caras paralelas ú oblicuas.

Ley de la hemiedría.

Hay que advertir, ántes de pasar adelante, que algunas sustancias tienen la propiedad de cristalizar en dos formas diferentes, y entónces se las llama *dimorfas* ó *polimorfas*, y ese fenómeno se designa con el nombre de *dimorfismo*.

Dimorfismo.

Para medir los ángulos de los cristales, es decir, las inclinaciones respectivas de sus caras, se hace uso de los instrumentos llamados *goniómetros*.

Medida de los ángulos.

Los más usados son el de *aplicacion* y el de *reflexion*.

Goniómetros.

El primero consiste en un semicírculo graduado cortado por un diámetro: en el centro hay una alidada móvil que lleva un *nonius* para leer las partes de los grados. Esta alidada se coloca contra una de las caras del cristal por medir, y la otra se aplica tangencialmente al diámetro del círculo: la amplitud del ángulo se lee en la graduacion atendiendo á la posicion de la alidada.

Goniómetros de aplicacion.

El método para usar el goniómetro de reflexion consiste en colocar el cristal en una posicion conveniente para ver, por reflexion, la imágen de cualquier objeto en una de las caras del ángulo diedro que se va á medir: en seguida se mueve el círculo vertical, graduado, del instrumento hasta que la otra cara reciba la misma imágen refleja; el espacio recorrido por el círculo da el valor del ángulo.

Goniómetros de reflexion.

Sin poder detenernos en descripciones detalladas, sólo anunciamos los modos de usar esos goniómetros; pero el lector que quiera especializarse en la cristalografía, tiene que recurrir á las obras particulares sobre esta ciencia.

Pasamos á ocuparnos de los sistemas cristalinos: se llaman así ciertos agrupamientos que se forman para facilitar el estudio de los cristales.

Sistemas cristalinos.

Los sistemas son seis solamente, y en ellos están comprendidos todos los cristales conocidos.

Seis sistemas de cristales.

Para agrupar así esos sólidos, se han tomado por base las posiciones y longitudes relativas de sus ejes. Siendo tres los ejes de caras de que se habló ántes, pueden presentar los casos siguientes: 1º que los ejes sean perpendiculares entre sí; 2º que sean oblicuos. En el primer caso, como en el segundo, puede suceder que los tres ejes sean iguales, que sólo dos, ó que los tres

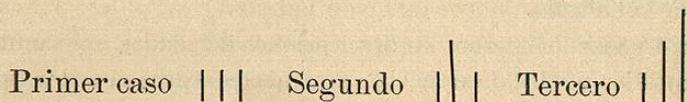
Primer caso. Ejes perpendiculares.

Segundo caso. Ejes oblicuos.

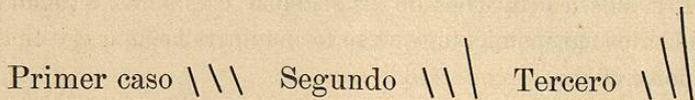
Longitud relativa de los ejes en ambos casos. sean diferentes en longitud. De estas diversas consideraciones resulta la clasificacion de los cristales en los seis sistemas siguientes:

- Primer sistema y su sinonimia. *Primer sistema.* Tres ejes iguales. Sinonimia. Sistema cúbico, monométrico, regular, teseral, etc.
 - Segundo idem. *Segundo sistema.* Dos ejes iguales y el tercero diferente. Sinonimia. Sistema cuadrado, dimétrico, piramidal, etc.
 - Tercer idem. *Tercer sistema.* Tres ejes diferentes. Sinonimia. Sistema rombalo recto, prismático, ortorómbico, etc.
 - Cuarto idem. Segundo caso: ejes oblicuos. *Cuarto sistema.* Ejes iguales. Sinonimia. Sistema romboédrico, exagonal, etc.
 - Quinto sistema y su sinonimia. *Quinto sistema.* Dos ejes iguales y otro diferente. Sinonimia. Sistema rombalo oblicuo, monoclinico, etc.
 - Sexto idem. *Sexto sistema.* Tres ejes diferentes. Sinonimia. Sistema rombalo no simétrico, triclinico, etc.
- Estas consideraciones podemos expresarlas gráficamente así:

PRIMERA SECCION: EJES RECTANGULARES.



SEGUNDA SECCION: EJES OBLÍCUOS.



Eleccion de la forma primitiva. Como debe comprenderse, tomaremos por tipo de cada sistema cristalino la figura más sencilla, la formada por seis caras sin modificacion alguna, constituyendo el prisma simple del sistema que se considera. Esa uniformidad de eleccion facilita y compendia en extremo el estudio de los cristales.

Vamos á ocuparnos en particular de cada uno de esos sistemas, advirtiendo que sólo consideraremos algunos casos, á fin

de enseñar el medio de estudiar todos los que ocurran en cada grupo, y que el lector podrá definir.

Debe observarse que al estudiar un cristal, se colocará frente al observador, de modo que si hubiere un eje más largo quede su posicion vertical, y á éste se le considerará como *eje principal*. Se llamará entónces *zenit* al extremo superior y *nadir* al opuesto: las caras laterales se citarán con referencia á su posicion respecto á los puntos cardinales.

Tambien es bueno advertir que á veces se usan las siguientes notaciones, para indicar los elementos de los cristales. Cuando las caras primitivas son todas de una misma especie como en el cubo y en el romboedro, se señalan con la letra P; en el prisma recto de base cuadrada y en el oblicuo de base rombalo, las bases se designan por la misma letra P y las caras del prisma por M. En el prisma del tercer sistema así como en el sexto, las bases se designan siempre por P y las caras prismáticas, que son de dos especies, por M y por T. Los ángulos que pueden ser de una, dos, tres ó cuatro especies, se señalan por las letras A, E, I, O. Las aristas de las bases se citan con las consonantes B, C, D, F, y las del prisma por G. y H.

Se usan letras minúsculas para indicar las caras derivadas sobre los ángulos ó sobre las aristas señaladas por las mayúsculas respectivas: los índices 1, 2, 3, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, que se acompañan á las minúsculas, indican los valores de los ángulos, ó el decrecimiento que se supone ha determinado ese valor: por ejemplo $a^2 a^{\frac{1}{2}}$ señalan decrecimientos sobre el ángulo A y b^2 sobre la arista B.

Comprendidas estas advertencias, pasamos á ocuparnos de cada uno de los sistemas indicados.

Primer sistema cristalino.

Para el estudio de este sistema tomamos como tipo al cubo, que presenta los siguientes elementos cristalográficos:

- Caras: seis iguales.
- Esquinas: ocho iguales.
- Aristas: doce iguales.

Colocacion de los cristales. Eje principal.

Zenit y nadir.

Notaciones particulares.

Primer sistema cristalino.

Elementos del cubo.

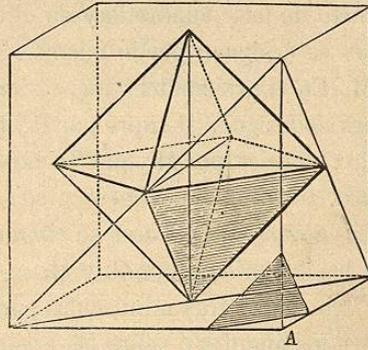
Conocidos esos elementos, veamos cómo puede modificarse el cristal en cuestion, conforme á la ley de simetría, ántes citada.

Modificaciones sobre los ángulos.

Derivacion del octaedro regular.

Si truncamos uno de los ángulos sólidos, como todos ellos son iguales, la ley de la simetría exige que todos sufran el mismo accidente, y resultarán ocho caras triangulares en vez de ocho esquinas. Como esos triángulos pueden crecer segun la magnitud del truncamiento, se presentará el caso de que los lados de los triángulos lleguen á tocarse, y entónces resulta un sólido limitado por ocho triángulos equiláteros y que se llama *octaedro regular*. En la figura 3 se ve el cubo, un truncamiento iniciado A, y el octaedro ya formado en el centro.

F. 3ª

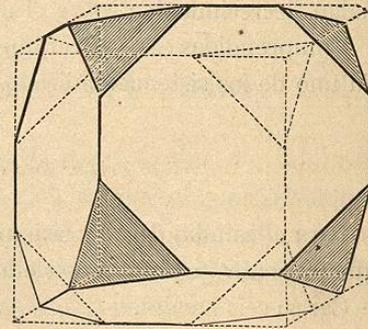


Derivacion del octaedro.

Figuras compuestas; cubo-octaedros, etc.

Cuando las caras triangulares no están bien desarrolladas, resultan cubos con esquinas truncadas y se les llama *cubo-octaedros*, cuyo nombre indica una combinacion de ambas figuras. Si en un octaedro se ven poco desarrolladas las caras cuadradas pertenecientes al cubo, se le considerará tambien como una combinacion en que *domina el octaedro*. Este mismo sistema de definicion se usará con todas las formas compuestas, teniendo cuidado de examinar las diferentes partes que se noten de otros cristales.

F. 4ª



Cubo-octaedro.

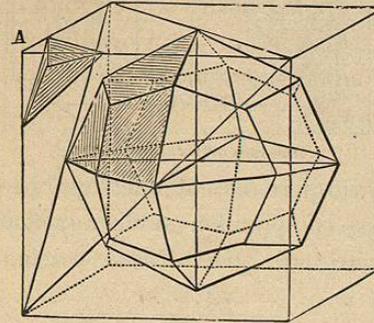
Modificaciones por apuntamiento.

Consideramos ya el caso de un simple truncamiento. Supongamos que se coloca un plano que tenga una inclinacion cualquiera sobre una de las caras; como son tres las que forman la esquina, exige la simetría que sobre las dos restantes se coloquen planos con aquella

inclinacion. Resultará entónces lo que hemos llamado *apuntamiento*, y éste tendrá que efectuarse sobre las ocho esquinas, puesto que son iguales. Se iniciarán así 24 caras, que si se desarrollan suficientemente, producirán el sólido marcado en el interior de la figura número 5 y el cual se llama *trapezoedro* por ser tra-

Derivacion del trapezoedro.

F. 5ª



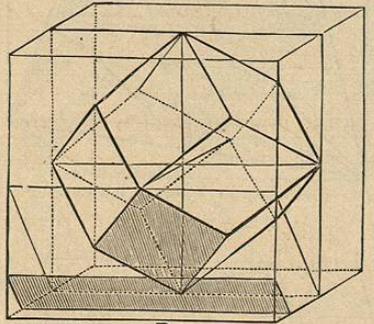
Derivacion del trapezoedro.

pezoidales las caras que lo encierran. Variando como pueden variarse las inclinaciones de los planos, se concibe que pueden originarse muchos trapezoedros. Se comprende tambien con facilidad que pueden variar en número las *facetas* ó caras de los apuntamientos.

Vamos ahora á examinar las modificaciones sobre las aristas. Usando métodos análogos á los anteriores, modificaremos primero una arista (B) como se ve en la figura 6, por un plano *igualmente inclinado á las caras adyacentes*. Todas las aristas sufrirán el mismo accidente, puesto que son iguales y quedarán sustituidas por doce caras. Si se desarrollan suficientemente resultará la figura encerrada en la número 6 y la cual se llama *dodecaedro romboidal regular*. En el caso de que las caras sean poco extensas, resultarán cubos con truncamientos, ó más bien, combinaciones de cubos con aquella especie de dodecaedro.

Modificaciones sobre las aristas.

F. 6ª



Derivacion del dodecaedro romboidal.

Derivacion del dodecaedro romboidal regular.

Si en vez de truncamientos se efectúan biselamientos sobre las aristas, resultará un número de caras doble del caso anterior y serán entónces sólidos de veinticuatro caras los procedentes de esa alteracion. Desarrolladas suficientemente las caras, resultará el *hexatetraedro*, que parece un cubo con una

Modificaciones por biselamiento sobre las aristas.

Derivacion del hexatetraedro.