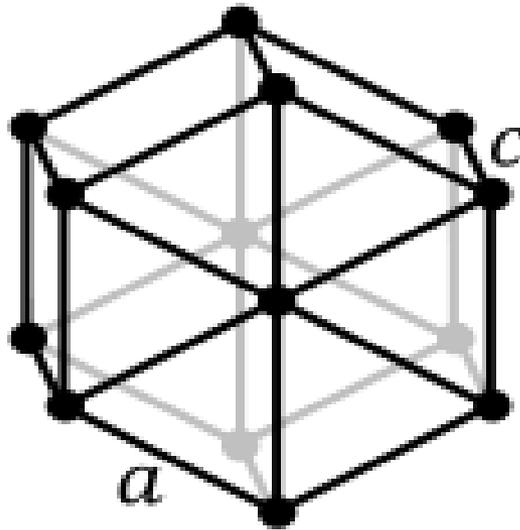


# CRISTALOGRAFÍA VI

## SISTEMA HEXAGONAL

# SISTEMA HEXAGONAL



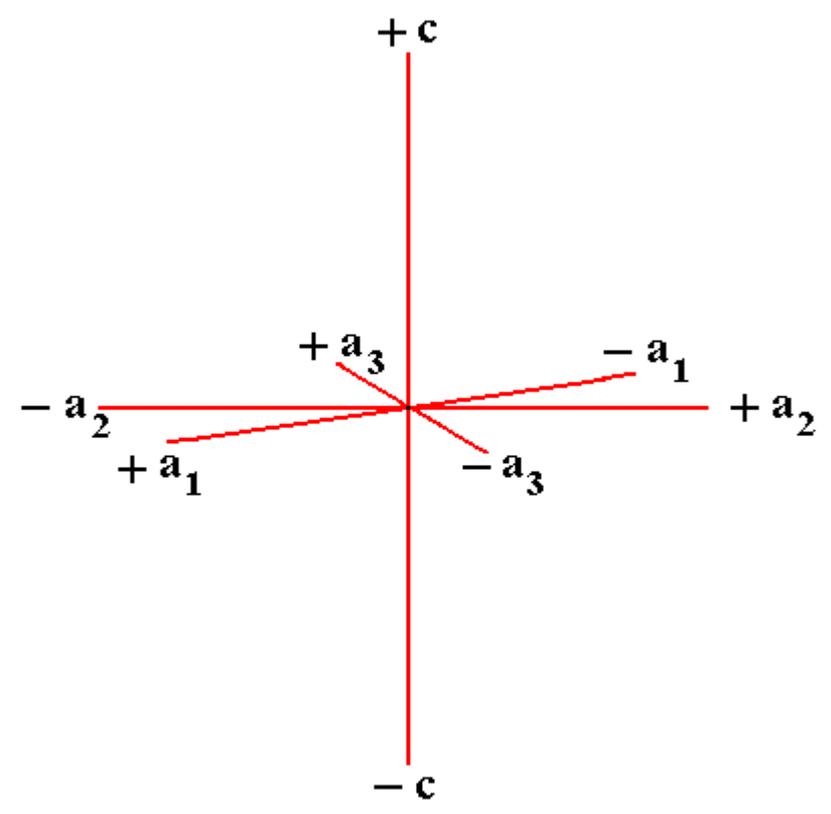
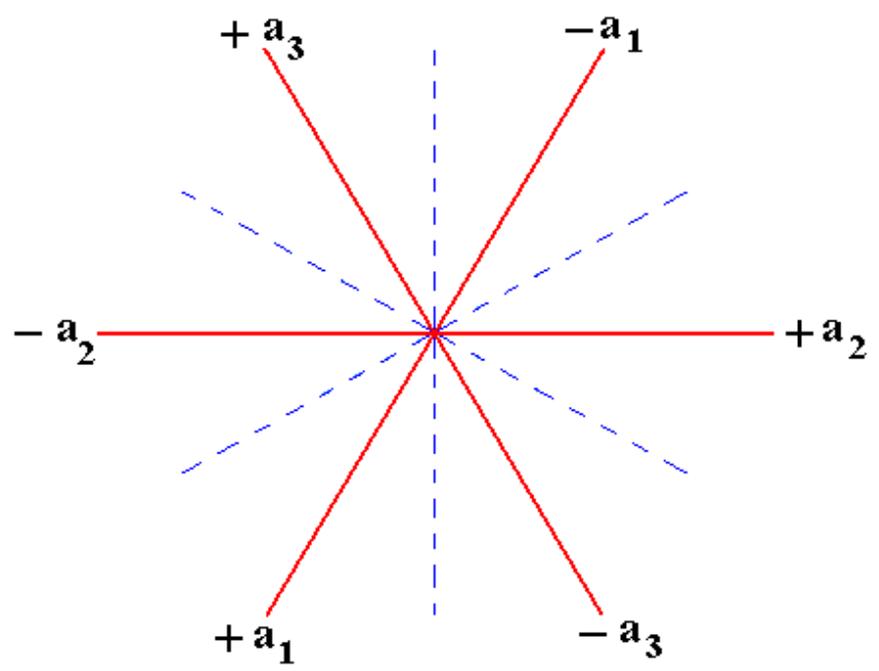
Existen 12 clases cristalinas en el Sistema Hexagonal, cada una de las cuales tiene un único eje de simetría ternaria o senaria. Estos pueden ser tanto ejes de rotación sencilla como ejes de rotoinversión. Algunos cristalógrafos han dividido estas clases en 2 sistemas cristalinos separados, pero actualmente, se incluyen todos en 2 divisiones del sistema Hexagonal, que son:

- La División *HEXAGONAL* propiamente dicha y,
- La División *TRIGONAL O ROMBOÉDRICA*.

## • EJES CRISTALOGRÁFICOS

Las 2 divisiones tienen 4 ejes cristalográficos, tal como propuso Bravais. 3 de estos, los ejes  $a$ , descansan en el plano Horizontal y son de igual longitud, con ángulos de  $120^\circ$  entre los extremos positivos; el cuarto eje,  $c$  es vertical. Los ejes horizontales se toman como una unidad, y el eje vertical, que es de diferente longitud en cada uno de los minerales hexagonales.

EJEMPLO: En el Berilo, la longitud del eje  $c$  es la mitad de la longitud de los ejes horizontales.



- **DIVISIÓN HEXAGONAL**

- **CLASE BIPIRAMIDAL DIHEXAGONAL (BERILO)**

- ✓ **Simetría:**  $A_6$ , 6  $A_2$ , 7P C

El eje cristalográfico vertical es un eje de simetría Senario. 6 ejes horizontales de simetría Binaria, 3 de ellos coincidentes con los ejes cristalográficos y los otros 3 situados entre ellos. Dispone de 6 Planos de simetría perpendiculares a los ejes binarios, y un plano horizontal de simetría.

- ✓ **Formas**

Las Formas de la clase Bipiramidal dihexagonal son las siguientes:

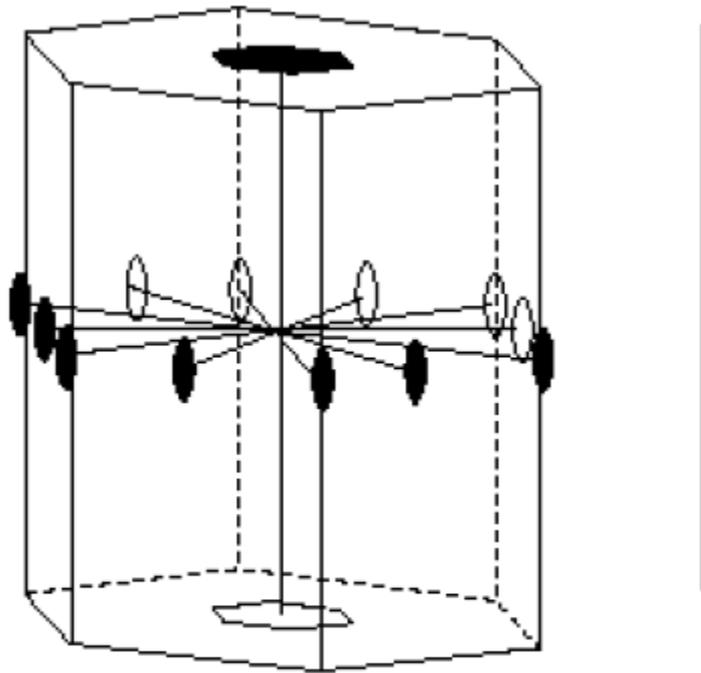


Figure 6.2a

Elementos de simetría rotacionales

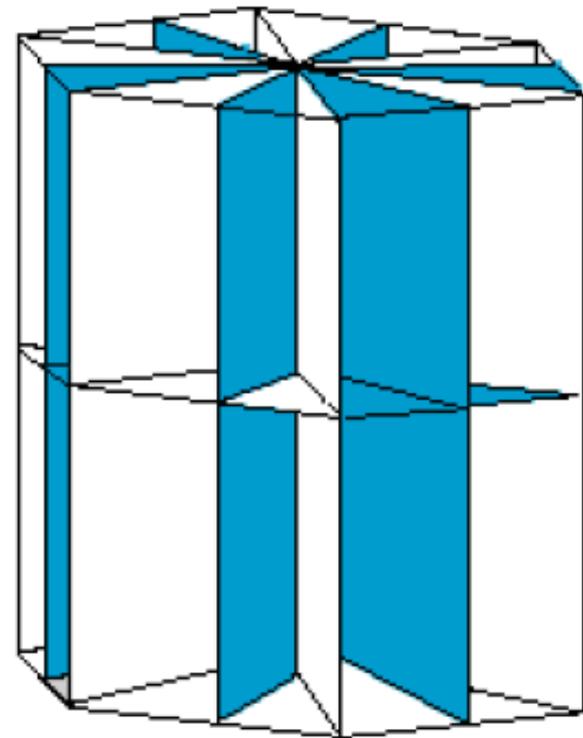
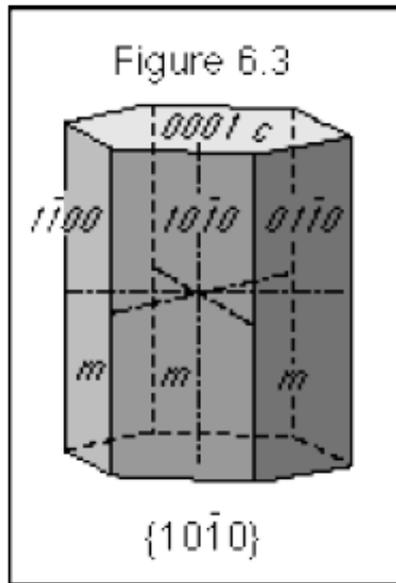


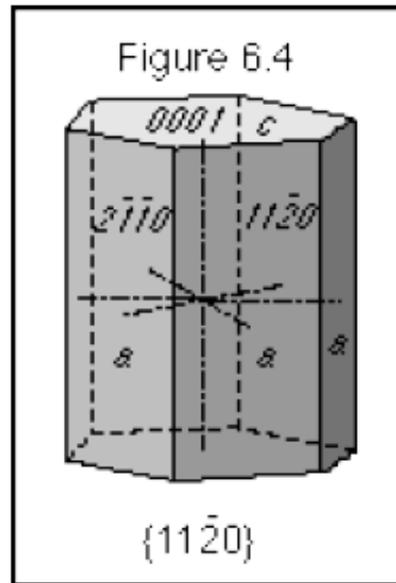
Figure 6.2b

s Planos de Simetría

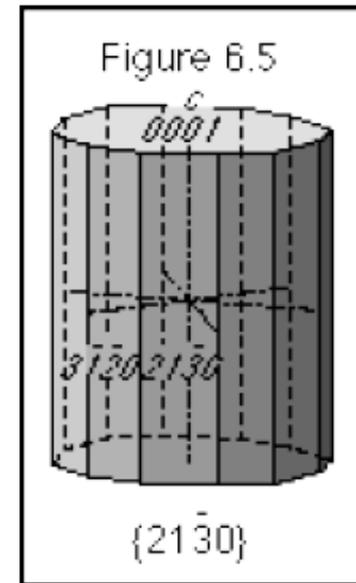
- ❖ ***Pinacoide Básico (0001)***: Es una forma cristalina hexagonal constituido por 2 caras horizontales.
- ❖ ***(1010) Prisma Hexagonal de primer orden***. Seis caras verticales, cada una de las cuales corta por igual a dos de los ejes cristalográficos horizontales, y es paralela al tercero.
- ❖ ***(1120) Prisma Hexagonal de segundo orden***. Seis caras verticales, cada una de las cuales corta por igual a dos de los ejes horizontales, y al eje horizontal intermedio entre estos dos, a la mitad de dicha distancia.
- ❖ ***(hki0) Prisma Dihexagonal***. Se compone de doce caras verticales, cada una de las cuales corta a los tres ejes horizontales a longitudes distintas.



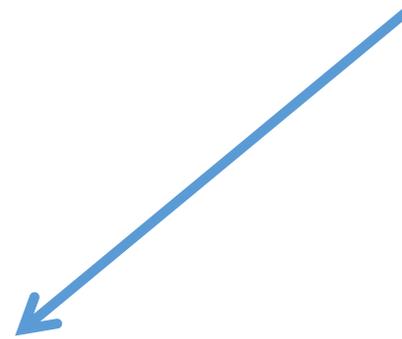
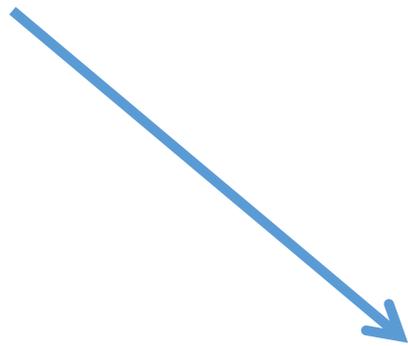
Prisma hexagonal de primer orden y Pinacoide c

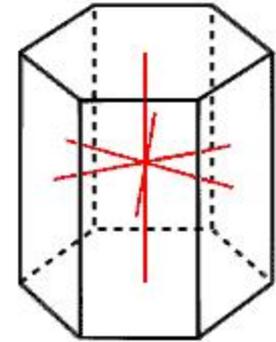


Prisma hexagonal de segundo orden y Pinacoide c



Prisma Dihexagonal y Pinacoide c

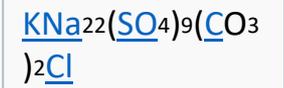




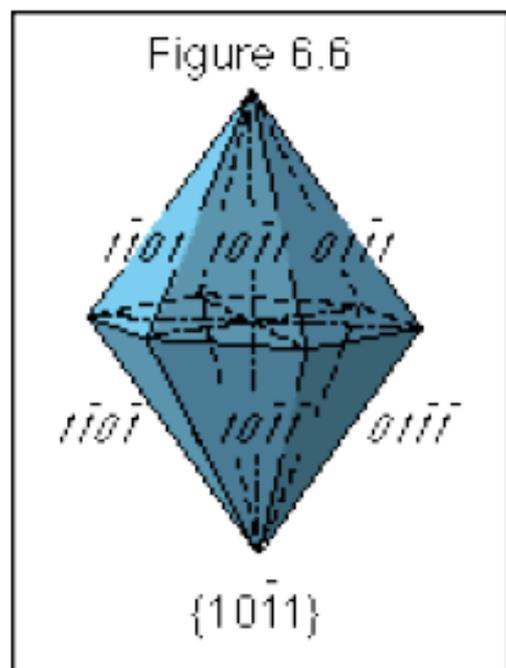
Hexagonal Crystal



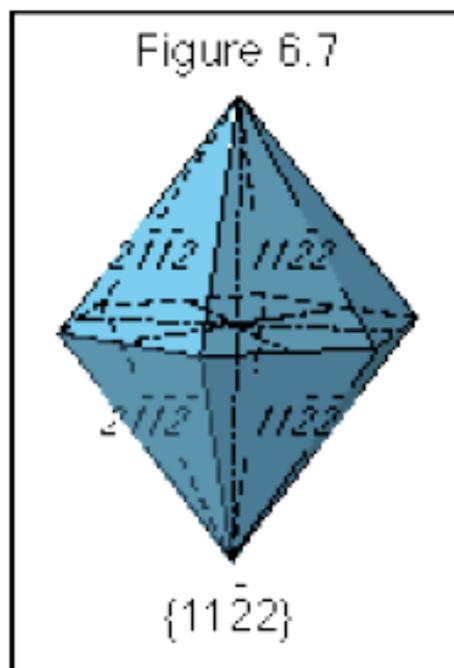
[química](#)



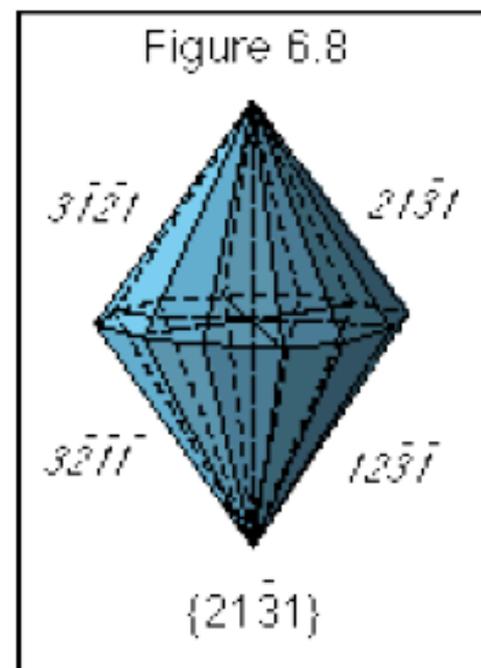
- ❖ ***(h0hl)* Bpirámide Hexagonal de primer orden.** Consta de 12 caras triangulares isósceles, cada una de las cuales corta por igual a dos de los ejes cristalográficos horizontales, es paralela al tercer eje y corta en distinta medida al eje vertical.
- ❖ ***(h2ht)* Bpirámide Hexagonal de segundo orden.** Se compone de doce caras triangulares isósceles, cada una de las cuales corta por igual a dos de los ejes horizontales, y al tercero o intermedio, lo corta a la mitad de esa distancia, cortando también el eje vertical en distinta medida.
- ❖ ***(hkil)* Bpirámide dihexagonal.** 24 caras triangulares escalenas que cortan a distancias distintas a los tres ejes horizontales y también corta al eje c, pero a distinta medida.



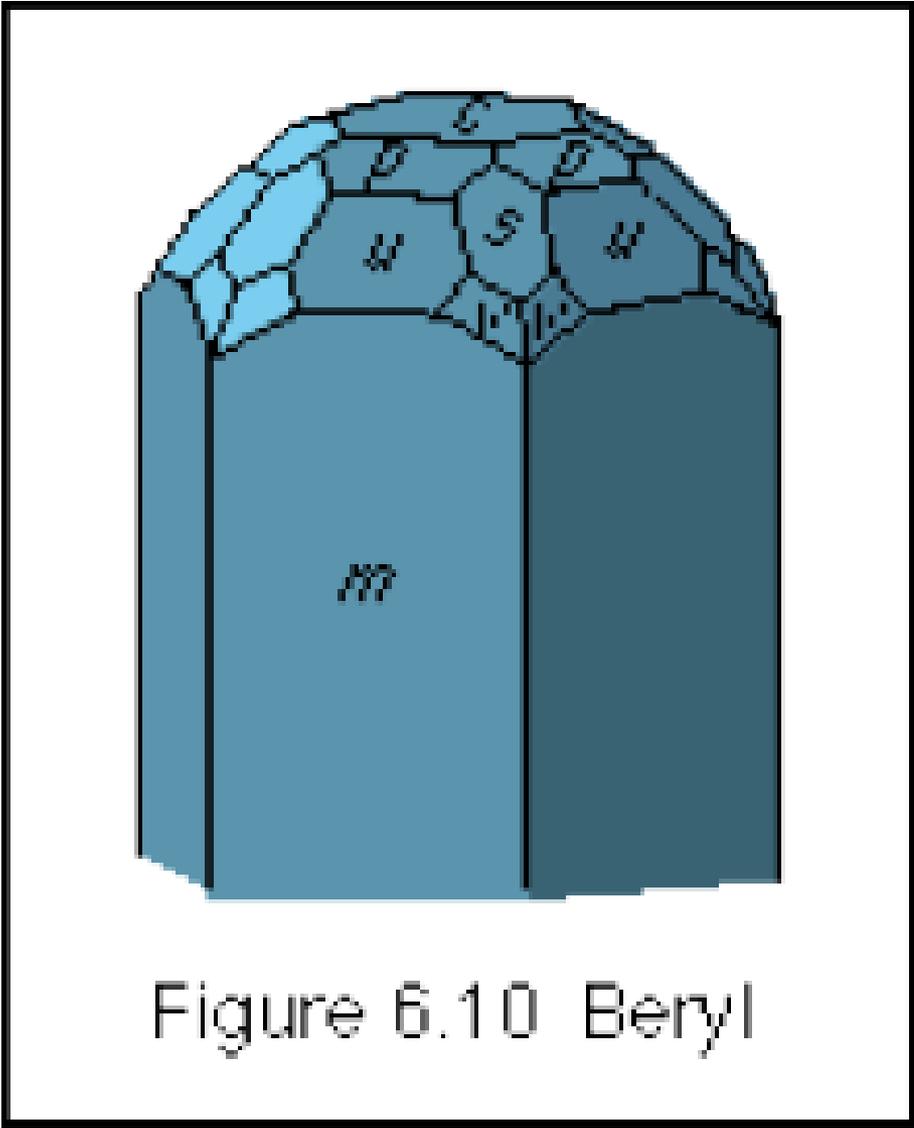
Dipirámide hexagonal  
de primer orden



Dipirámide hexagonal  
de segundo orden



Dipirámide  
dihexagonal



Combinación de las formas de la clase Bipiramidal Dihexagonal

Figure 6.10 Beryl



Forma	Numero de caras	Índices de Miller	Forma
1. Base o pinacoide basal	2	(0001)	abierta
2. Prisma de primer orden	6	(10-10)	abierta
3. Prisma de segundo orden	6	(11-20)	abierta
4. Prisma dihexagonal	12	(hk-i0) ejemplo: (21-30)	abierta
5. Pirámide de primer orden	12	(h0-hl) ejemplo: (10-11), (20-21)	cerrada
6. Pirámide de segundo orden	12	(hh2hl) ejemplo: (11-22)	cerrada
7. Dipiramidal dihexagonal	24	(hk-il) ejemplo: (21-31)	cerrada

## ➤ CLASE PIRAMIDAL DIHEXAGONAL (ZINCITA)

✓ Simetría:  $1 A_6, 6m$ .



(o) Pirámide dihexagonal

Esta clase difiere de las clases discutidas anteriormente en que no tiene ningún plano horizontal de simetría y ningún eje horizontal de simetría. No presenta centro de simetría. La geometría de los prismas presenta el mismo comportamiento. El plano basal es un pedión (recuerde que un pedión difiere de un pinacoide en que es una sola cara) y las pirámides positivas y negativas de los 3 tipos.

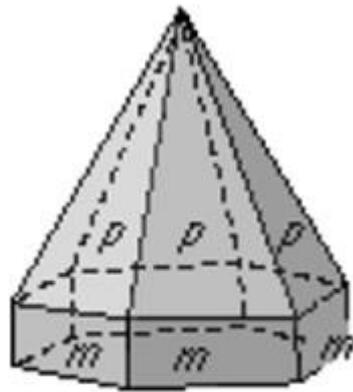
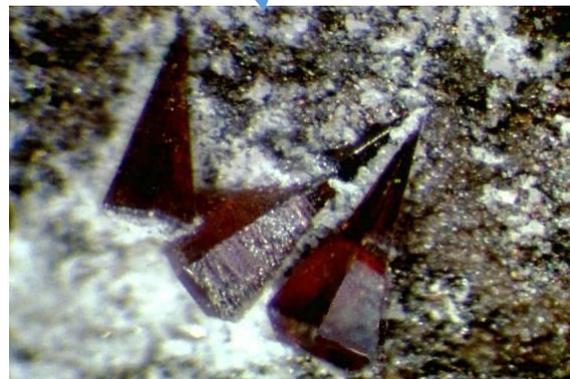


Figure 6.13a  
Zincite

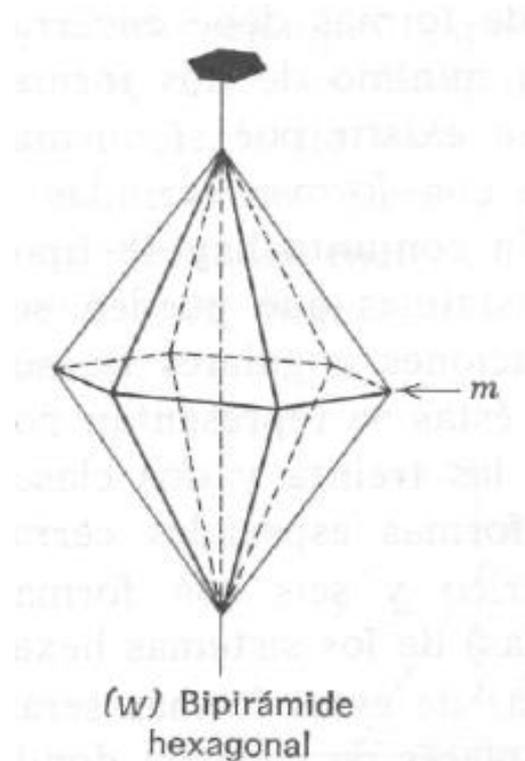


Figure 6.13c  
Greenockite



## ➤ CLASE BIPIRAMIDAL HEXAGONAL (APATITO)

✓ Simetría:  $1 A_6, 1m, i$ .



Tienen sólo un eje vertical senario de rotación y un plano de simetría perpendicular a él. La notación de Hermann - Mauguin es  $6/m$ . Cuando esta forma se presenta sola, parece poseer la simetría más alta. Sin embargo, en la combinación con otras formas revela su baja simetría.

- Las formas generales de esta clase son los dipirámides hexagonales positivas y negativas. Estas formas poseen 12 caras, 6 superiores y 6 inferiores, y corresponden en posición a la mitad de las caras de una dipirámide dihexagonal.
- Otras formas presentes puede incluir pinacoides y prismas. Los minerales principales que tienden a cristalizar en esta clase son los del grupo del apatito



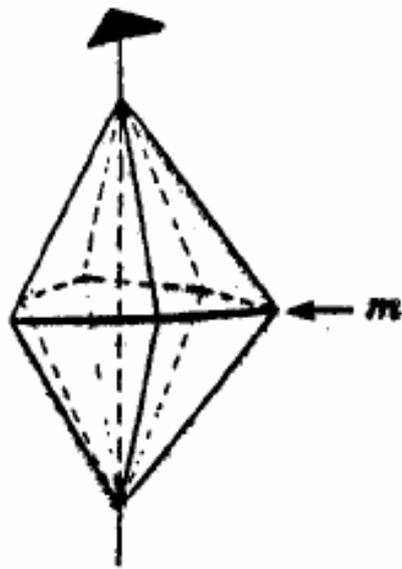
Apatito

## ➤ CLASE DIPIRAMIDAL DITRIGONAL (BENITOITA)

✓ **Simetría:**  $1A_3$ ,  $3A_2$ ,  $4m$

Tres ejes de simetría, cortan al eje vertical y son perpendiculares a las 3 ejes cristalográficos horizontales. Existen también 3 ejes binarios horizontales en los planos de simetría verticales.

Esta clase es una forma de doce caras, seis caras en la parte superior y seis caras en la parte inferior del plano de simetría que queda en el  $a_1$ - $a_2$ - $a_3$  plano axial. La benitoita es el único mineral que se ha descrito en esta clase.



(21) Ditrigonal  
dipyramid

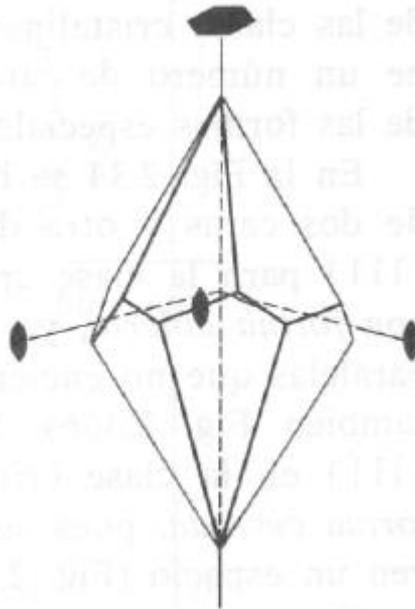


## ➤ CLASE TRAPEZOEDRICA HEXAGONAL (CUARZO $\beta$ )

✓ **Simetría:**  $1A_6, 6A_2$

Los ejes de simetría están igual que la clase normal (la clase dipirámidal dihexagonal que se discute inicialmente en esta sección), pero los planos de simetría y el centro de simetría no están presentes. Dos formas enantiomórficas (la imagen espejo) están presentes, cada uno presenta 12 caras trapezoidales.

Otras formas, incluso los pinacoides, prismas hexagonales, dipiramides, y prismas dihexagonales, pueden estar presentes. Se conocen sólo 2 minerales que representan a esta clase cristalina: cuarzo beta y kalsilita.



(t) Trapezoedro  
hexagonal



## ➤ CLASE PIRAMIDAL HEXAGONAL (NEFELINA)

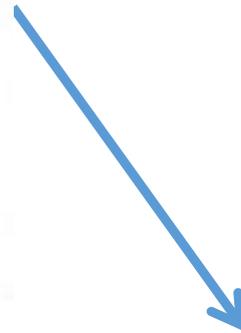
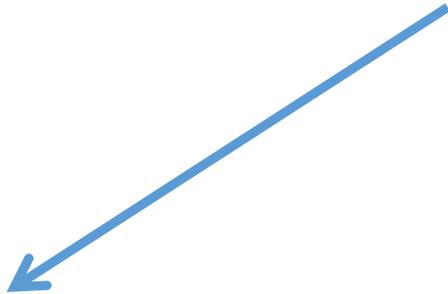
✓ Simetría:  $1A_6$

El eje vertical es un eje 6. Ninguna otra simetría está presente en este sistema. Las formas de esta clase son similares a aquéllas de la Dipirámide Hexagonal (anteriormente discutidas). La pirámide hexagonal tiene cuatro ejes senarios presentes y sus formas son :superior positivo, superior negativo, inferior positivo, inferior negativo.

Pediones, pirámides hexagonales y prismas pueden estar presentes. Sólo raramente se presentan plenamente desarrolladas. La NEFELINA y la CANCRINITA es la representante más común de esta clase.

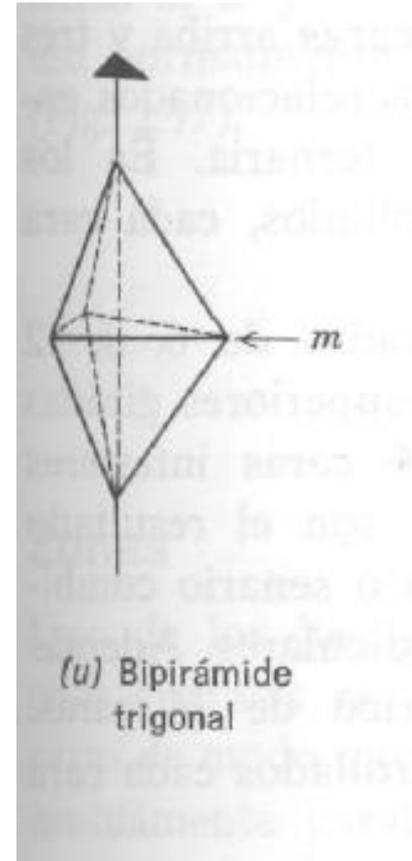


(n) Pirámide hexagonal



## ➤ CLASE BIPIRAMIDAL TRIGONAL

✓ Simetría:  $1A_3, 1m$



La **Dipirámide trigonal** posee un eje 3 y un plano de simetría normal a él ( $3/m$ ). Matemáticamente, esta clase puede existir, pero hasta la fecha no se conoce ningún mineral que cristalice en esta clase.

- **DIVISION TRIGONAL O ROMBOÉDRICA**

Aquí, se observa que la simetría ternaria (3) gobierna en esta división. Hay que recordar que los prismas son formas abiertas. En la división trigonal hay dos juegos distintos de prismas que están involucrados. El primero se llama el prisma trigonal y consiste en caras de igual tamaño, las cuales son paralelas al eje cristalográfico  $c$  y forma un prisma de 3 lados iguales. Se puede pensar en la División Trigonal como la mitad de las caras del el prisma hexagonal de primer orden.

## ➤ CLASE ESCALENOEDRICA HEXAGONAL (CALCITA)

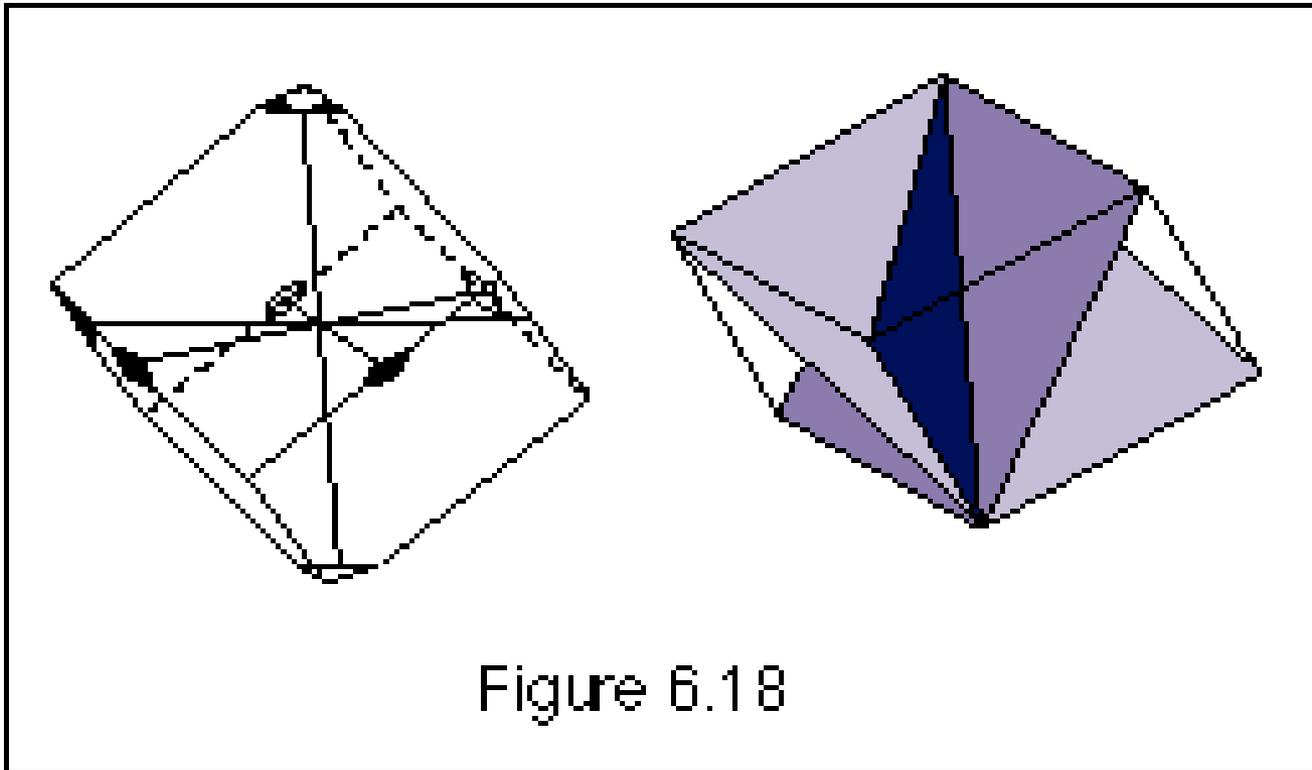
✓ Simetría:  $1 A_3, 3 A_2, 3m, i$ .

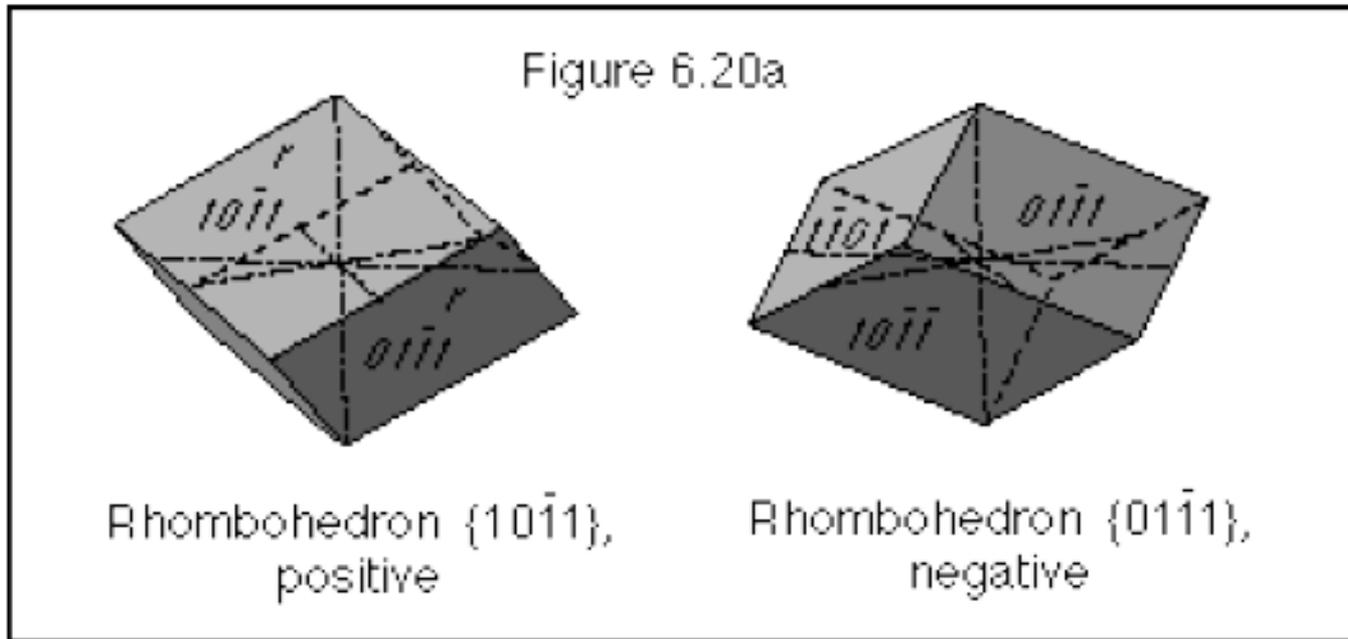
La clase **escalenoedrica hexagonal**. Hay dos formas principales en esta clase: el **romboedro** y el **escalenoedro hexagonal**.

En esta clase, los ejes de rotoinversión  $\bar{3}$  son coincidentes con el eje vertical (c) y los tres ejes binarios corresponden a las tres ejes horizontales (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, y a<sub>3</sub>).

La forma general {hk- il} del **escalenoedro hexagonal**, la diferencia primaria en el romboedro es una forma romboedral, es decir, hay 3 caras romboedrales anteriores y 3 caras debajo del centro del cristal.

En un escalenoedro, cada una de las caras del romboedro se convierten en 2 triángulos escalenos dividiendo el romboedro de las esquinas por una línea. Sin embargo, se encuentran 6 caras en la parte superior y 6 en la parte inferior. El escalenoedro que es una forma de 12 caras. Con esta forma, usted puede tener ambos, positivo  $\{h_0 - h_l\}$  y negativo  $\{0h - h_l\}$  las formas para el romboedro...

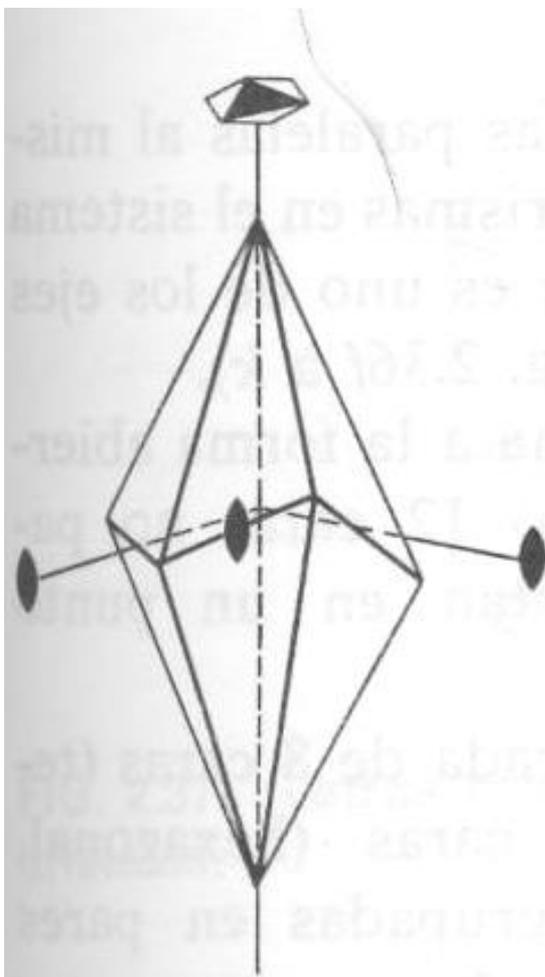




y formas positiva  $\{hk-il\}$  y negativa  $\{kh-il\}$  para el escalenoedro.

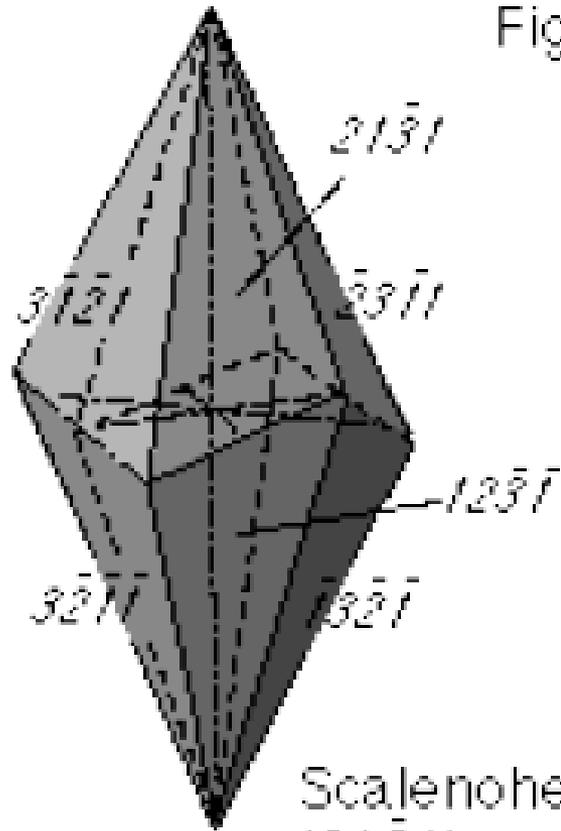
Las figuras complicadas, el romboedro y escalenoedro, como formas, a menudo se combinan con las formas presentes, en las clases de simetría hexagonales más complicadas. Así, se pueden encontrarlas en combinación con los prismas hexagonales, dipirámides hexagonales, y formas del pinacoides.

La calcita es la más común, bien cristalizada, y mineral coleccionable en estas formas.

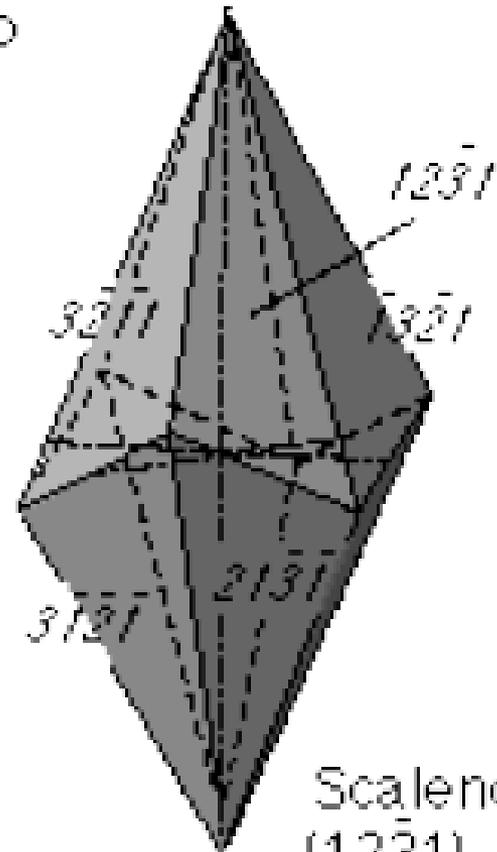


(q) Escalenoedro hexagonal

Figure 6.20b



Scalenohedron  
{ $21\bar{3}1$ }, positive



Scalenohedron  
{ $12\bar{3}1$ }, negative

Figure 6.21

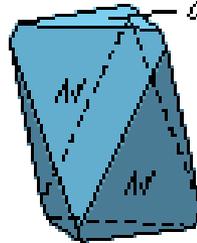
negative  
rhombohedron  
(e)



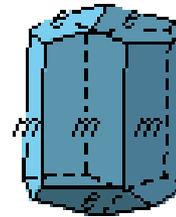
negative  
rhombohedron(f)  
and positive  
rhombohedron (r)



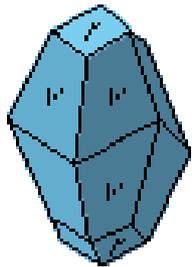
positive  
rhombohedron(f)  
and (c) basal  
pinacoid



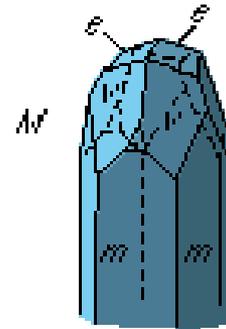
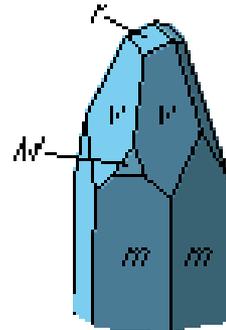
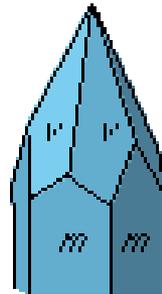
negative  
rhombohedron(e)  
and prism (m)



Algunas formas de  
la cristalización de  
calcita.

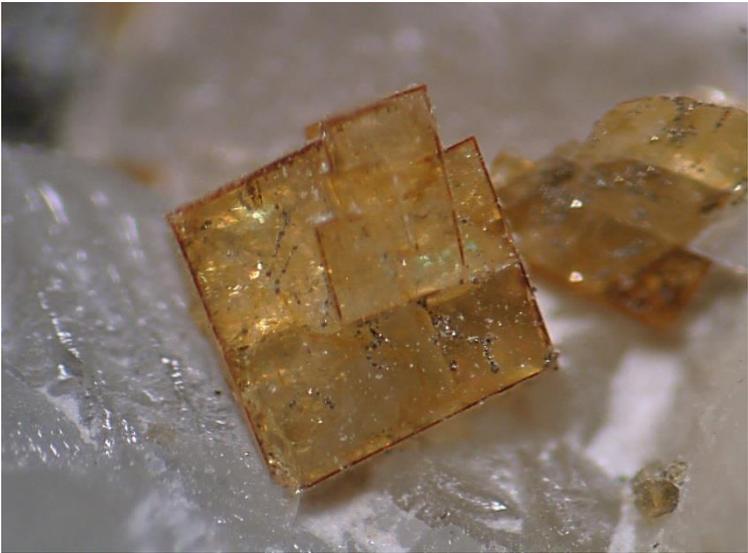


(v) scalenohedron  
and (r) negative  
rhombohedron



OK, now that you know these forms, what are the last three???

Varios minerales, como la Chabazita y el Corindón,  
normalmente muestran las combinaciones de la forma.



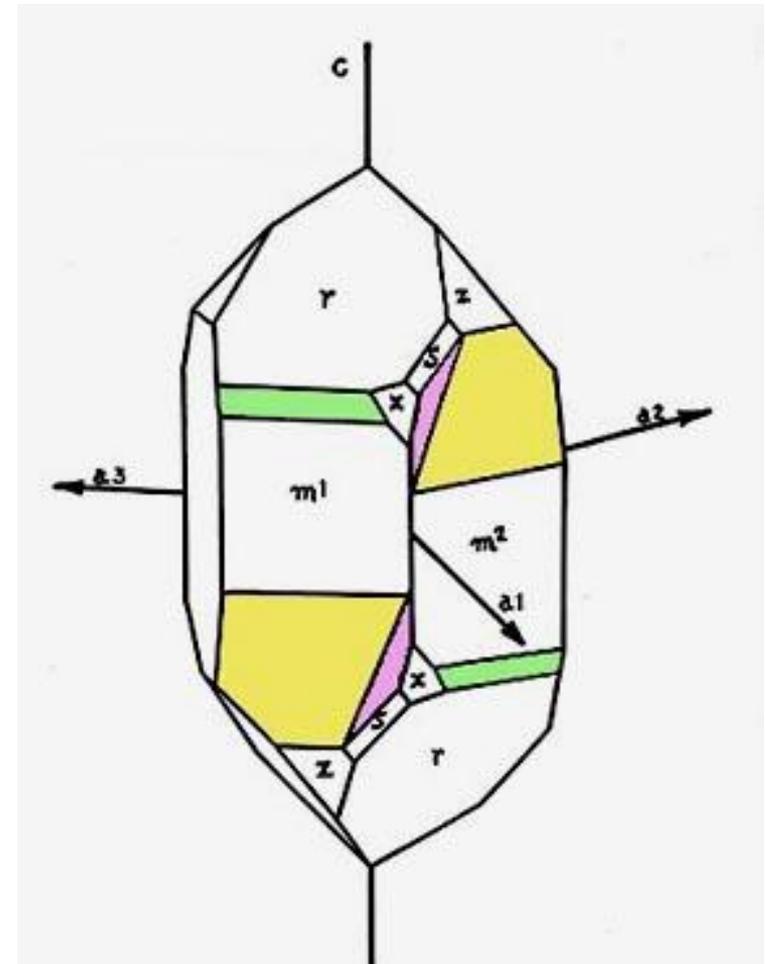
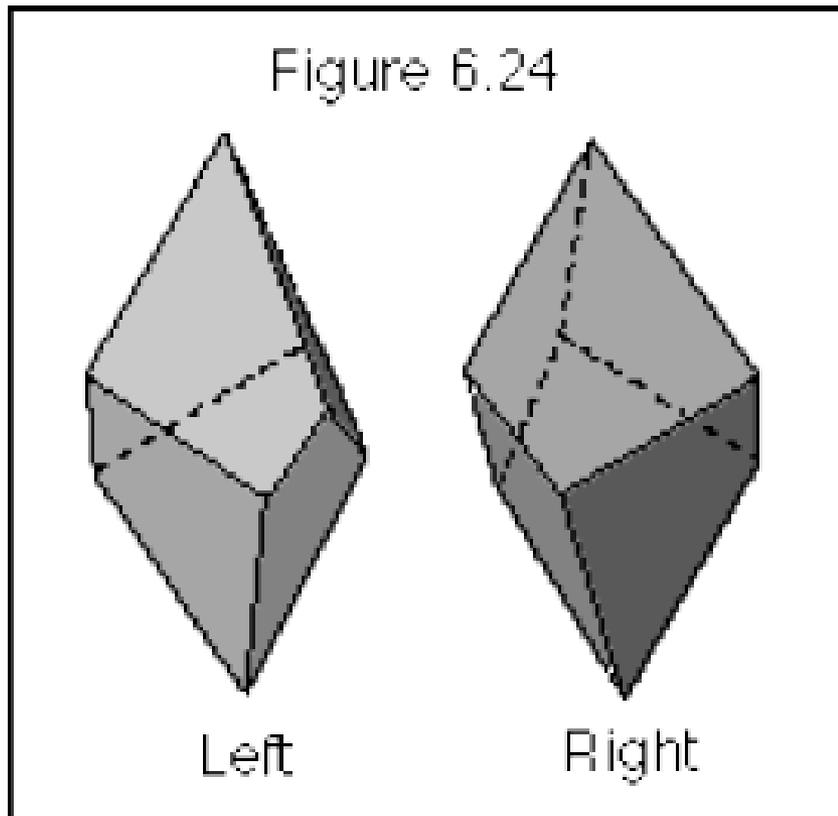
## ➤ CLASE TRAPEZOEDRICA TRIGONAL (CUARZO)

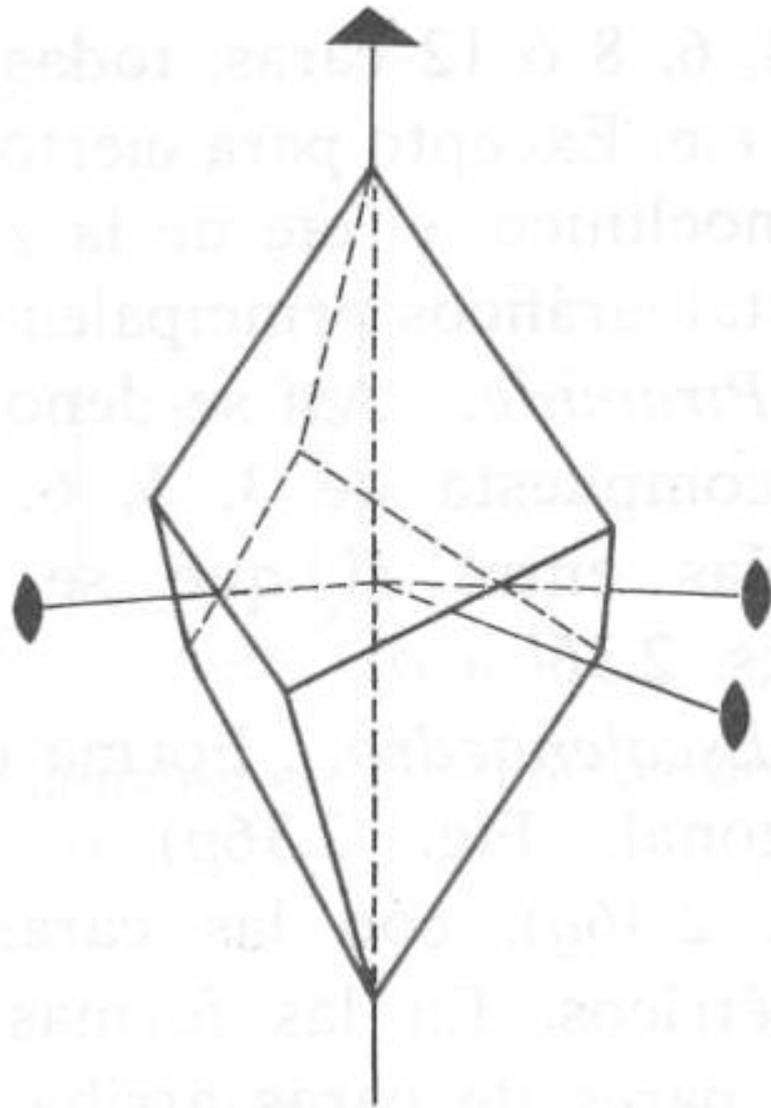
✓ Simetría:  $1A_3, 3A_2$

Las 4 direcciones axiales están ocupadas por los ejes de rotación. El eje vertical es un eje ternario (3) y los 3 planos horizontales tienen la simetría de un eje binario (2). Esto es similar a la clase (escalenoedro hexagonal), pero los planos de simetría están ausentes. Hay 4 trapezoedros trigonales, cada uno compuesto de 6 caras trapezoidales. Sus índices de Miller son:  $\{hk - il\}$ ,  $\{i-k - hl\}$ ,  $\{kh - il\}$ , y  $\{-ki - hl\}$ . Estas formas corresponden a 2 pares enantiomórficos, cada uno con una forma derecha y una forma izquierda.

Otras formas que pueden estar presentes incluyen pinacoides, prismas trigonales, prismas hexagonales, prismas ditrigonales, y romboedros.

El cuarzo es el mineral más común que cristaliza en esta clase, pero raramente la cara trapezohedral se forma. El Cinabrio también cristaliza en esta clase.





*(r)* Trapezoedro  
trigonal



## ➤ CLASE PIRAMIDAL DITRIGONAL (TURMALINA)

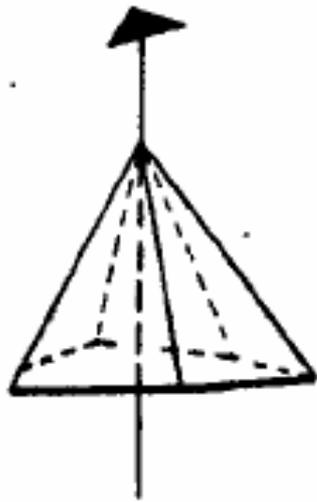
✓ Simetría:  $1A_3, 3m$

El eje vertical es un eje ternario de rotación(3) y tres planos de simetría que cortan este eje, es decir, los 3 planos normales a los tres ejes horizontales (el  $a_1, a_2, a_3$ ). Estos 3 planos de simetría cortan al eje vertical  $c$ .

La forma general  $\{hk-il\}$  es una **Pirámide Ditrigonal**. Hay 4 formas posibles de pirámides ditrigonales cuyos índices son  $\{hk-il\}$ ,  $\{kh-il\}$ ,  $\{hk-i-l\}$ , y  $\{kh-i-l\}$ .

Las formas son similares a la forma escalenoédrica hexagonal pero tienen solo la mitad de las caras, observándose la ausencia de ejes binarios de rotación. Como los cristales, tienen formas diferentes en la parte superior así como en su base.

Esta forma puede combinarse con pediones, Prismas hexagonal y Piramides, Pirámides trigonales, Prismas trigonales prismas, y Prismas ditrigonal algunas veces formas interesantes y complicadas



**(14) Ditrigonal  
pyramid**

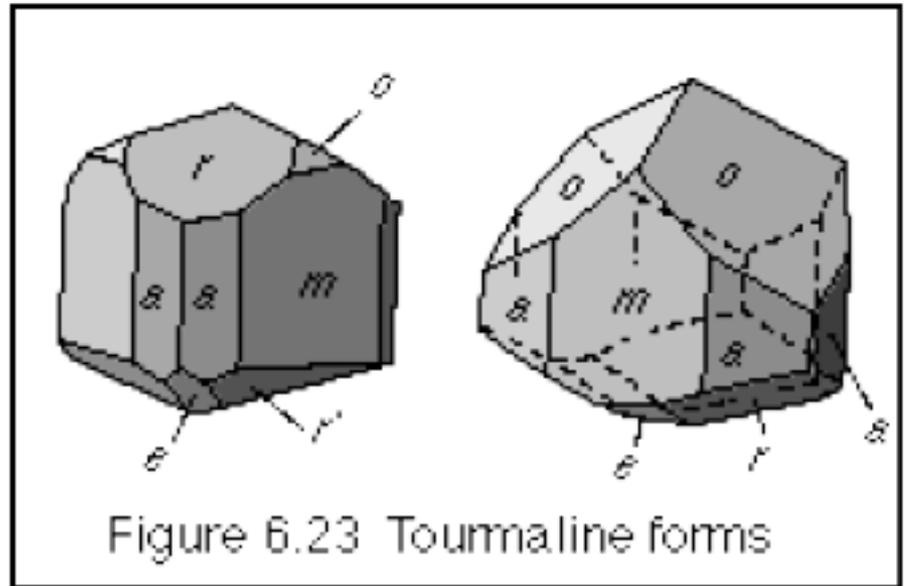


Figure 6.23 Tourmaline forms

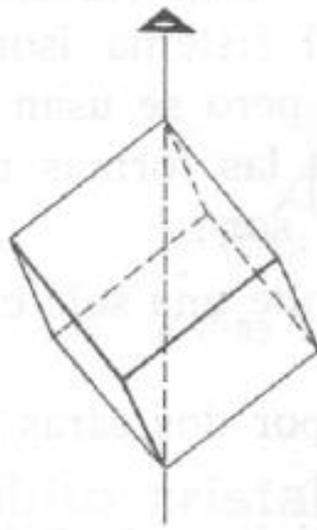


## ➤ CLASE ROMBOEDRICA (DOLOMITA)

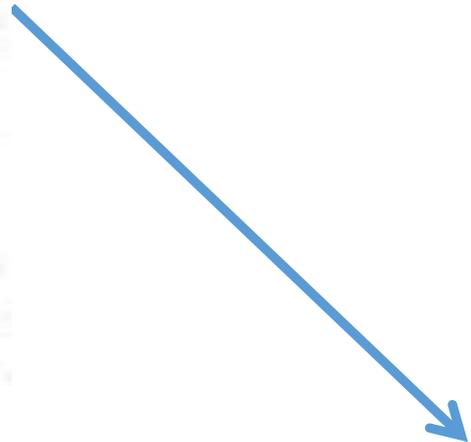
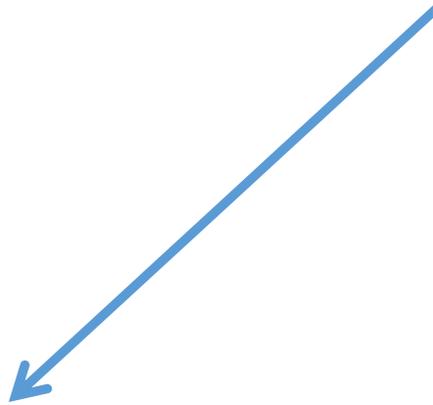
✓ Simetría:  $1A_3, i$

La clase **Romboedrica** tiene un eje ternario(-3) de rotoinversion que es equivalente a un eje ternario(3) y un centro de simetría. La forma general es  $\{hk - il\}$ . Esta forma es engañosa porque a menos que en otras formas estén presentes, su verdadera simetría no estará clara. El pinacoide  $\{0001\}$  y los prismas hexagonales pueden estar presentes.

Dolomita e ilmenita son la mayoría de los minerales comunes que cristalizan en esta clase.



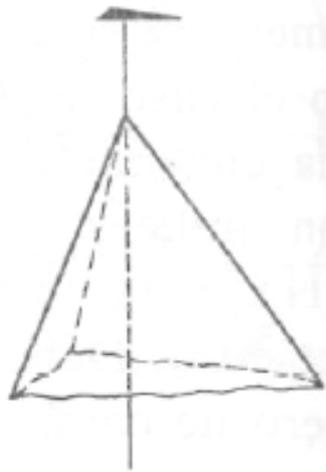
(z) Romboedro



## ➤ CLASE PIRAMIDAL TRIGONAL (GRATONITA)

✓ Simetría:  $1A_3$

Tiene un eje ternario de rotación(3). Las pirámides son de 3 caras triangulares isósceles. Aparece sólo un mineral, una especie rara llamada gratonita, que pertenece a esta clase no se ha estudiado suficientemente por los cristalógrafos.



(1) Pirámide trigonal



**GRACIAS....**