



FÍSICA DE LA ATMÓSFERA

# NUBES: Clasificación y formación

Dra. Julia Bilbao

Universidad de Valladolid, Departamento Física Aplicada

Laboratorio de Energía y Atmósfera

[juliab@fa1.uva.es](mailto:juliab@fa1.uva.es)



- 1.- Clasificación de las nubes
- 2.- Nubes bajas
- 3.- Nubes Medias
- 4.- Nube Altas
- 5.- Nubes de desarrollo vertical
- 6.- Mirando al cielo
- 7.- Topografía y nubes

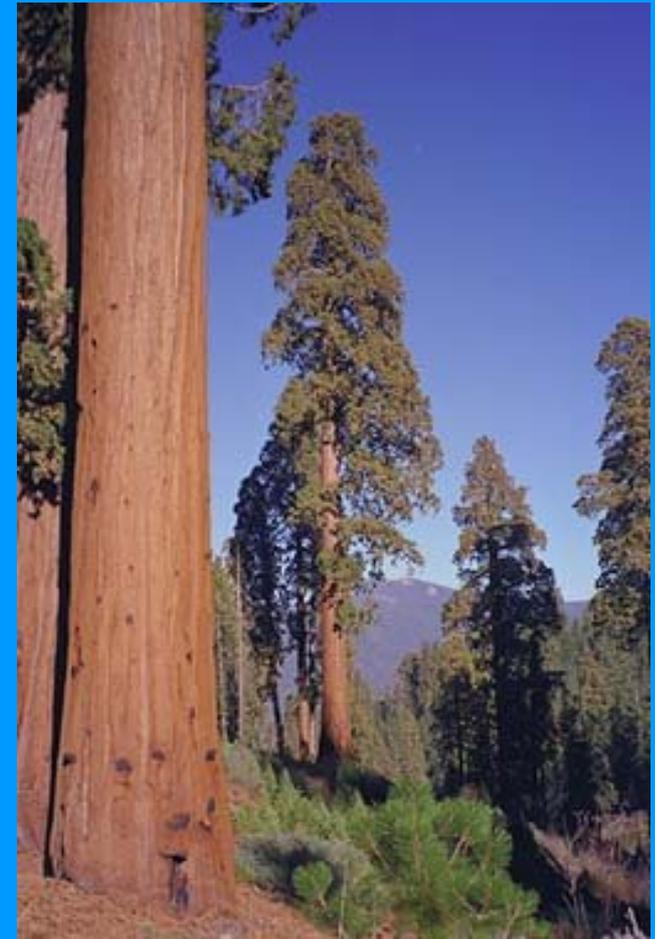
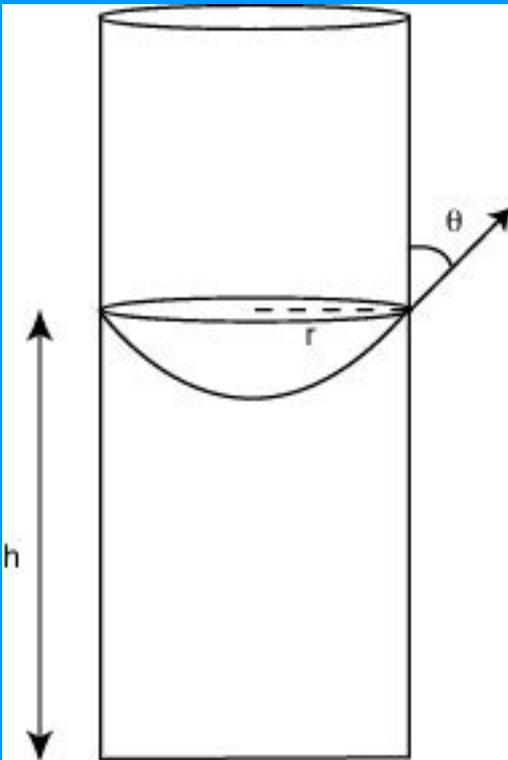


# Efecto de la tensión superficial

- Produce el ascenso de un líquido en un capilar, haciendo que la savia ascienda por los pequeños capilares, como en las grandes secuoias

$$\sigma \cdot 2\pi r \cdot \cos\theta = \pi r^2 \rho_l g h$$

$$h = 2 \frac{\sigma \cdot \cos\theta}{\rho_l \cdot g \cdot r}$$



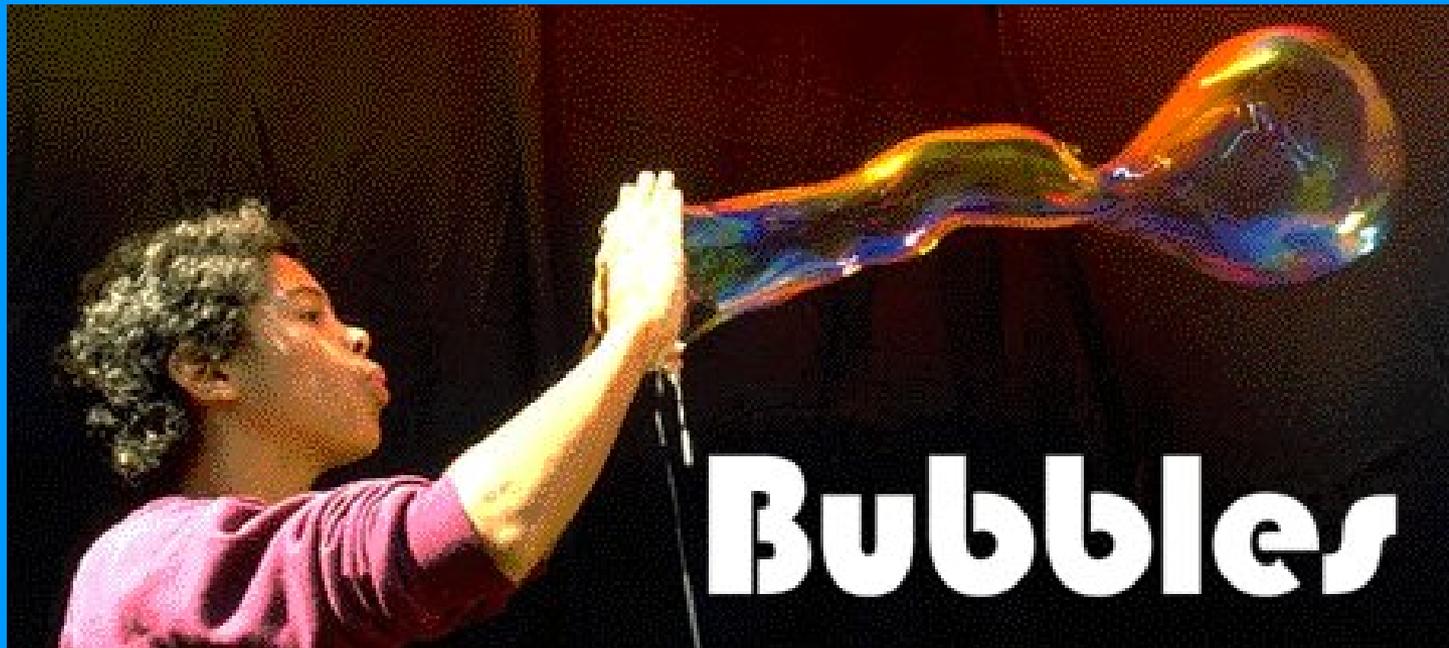


- Andar a un zapatero





- Pompas de jabón



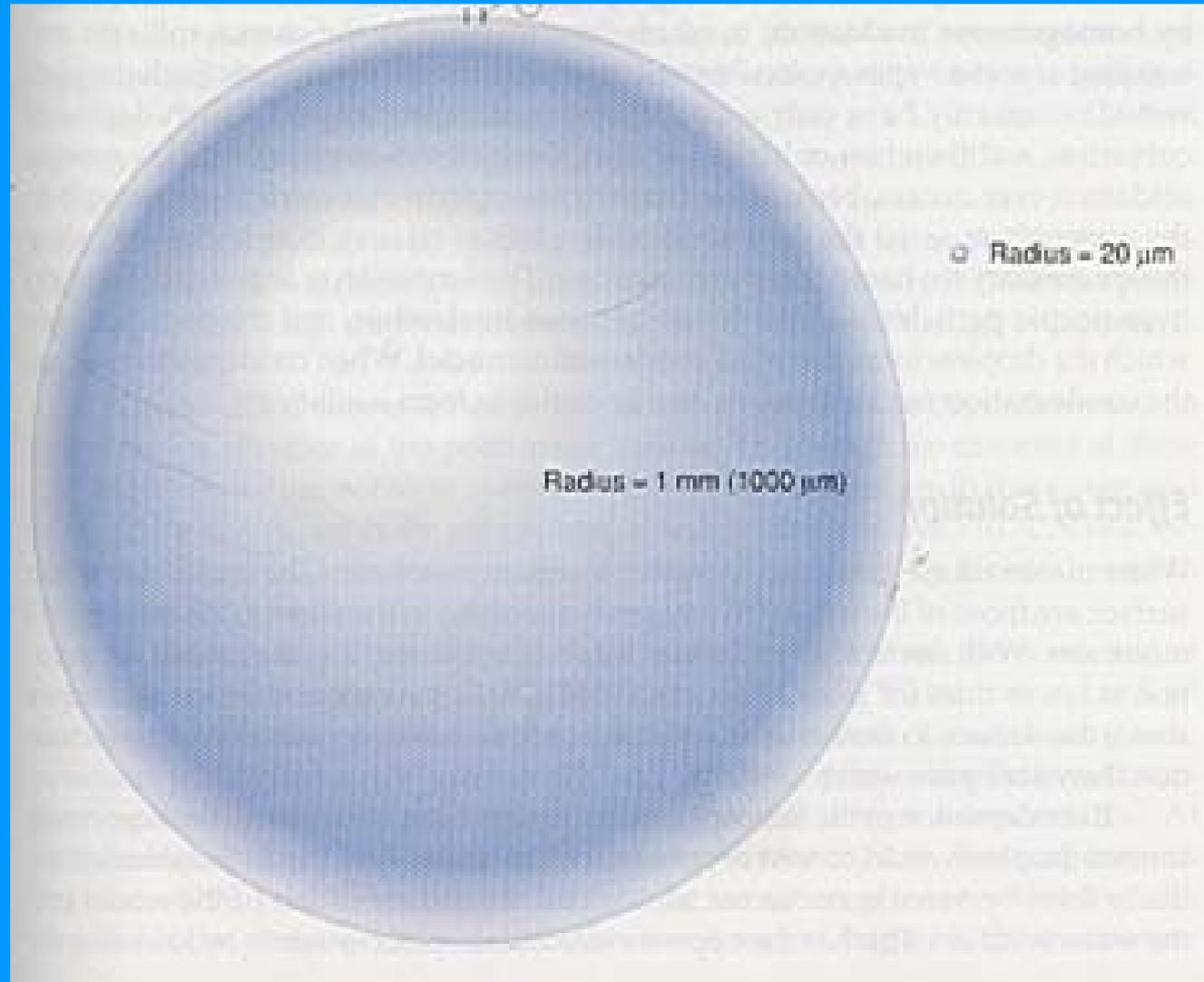


- Permite que se formen gotas



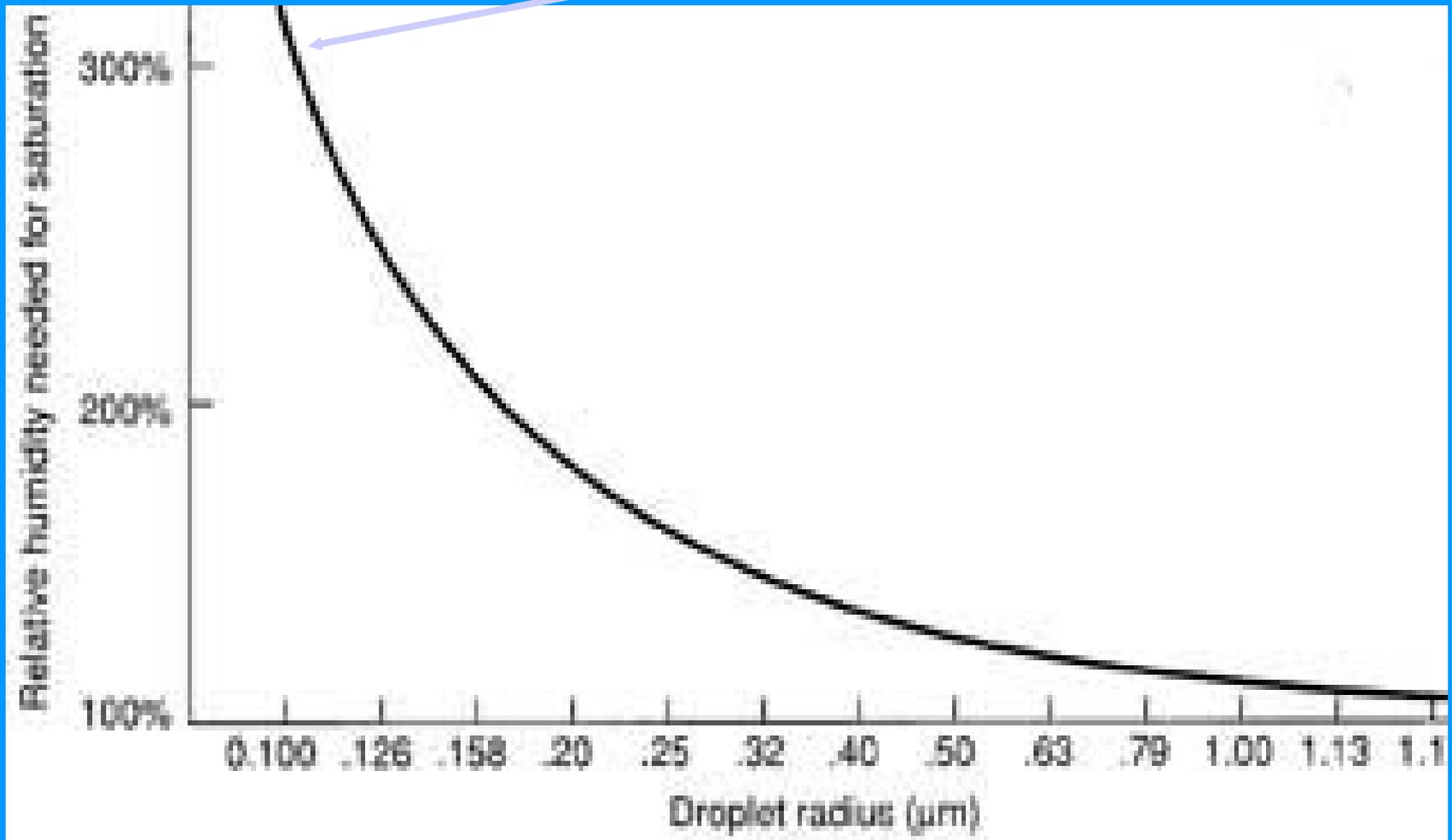


- Provoca que la tensión de vapor sobre las gotas sea mayor que sobre superficies planas. Cuanto menor es la gota mayor el efecto de la tensión





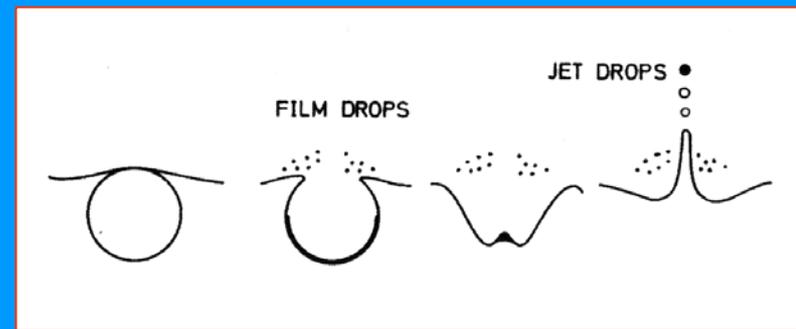
Se necesita una humedad relativa de un 300% para que se forme una gotita de  $0.1 \mu\text{m}$





- En la atmósfera no se observa esa humedad relativa tan elevada. A lo sumo un 101%. ¿Como se pueden formar las diminutas gotitas de agua ? ==> Los aerosoles

# Aerosoles



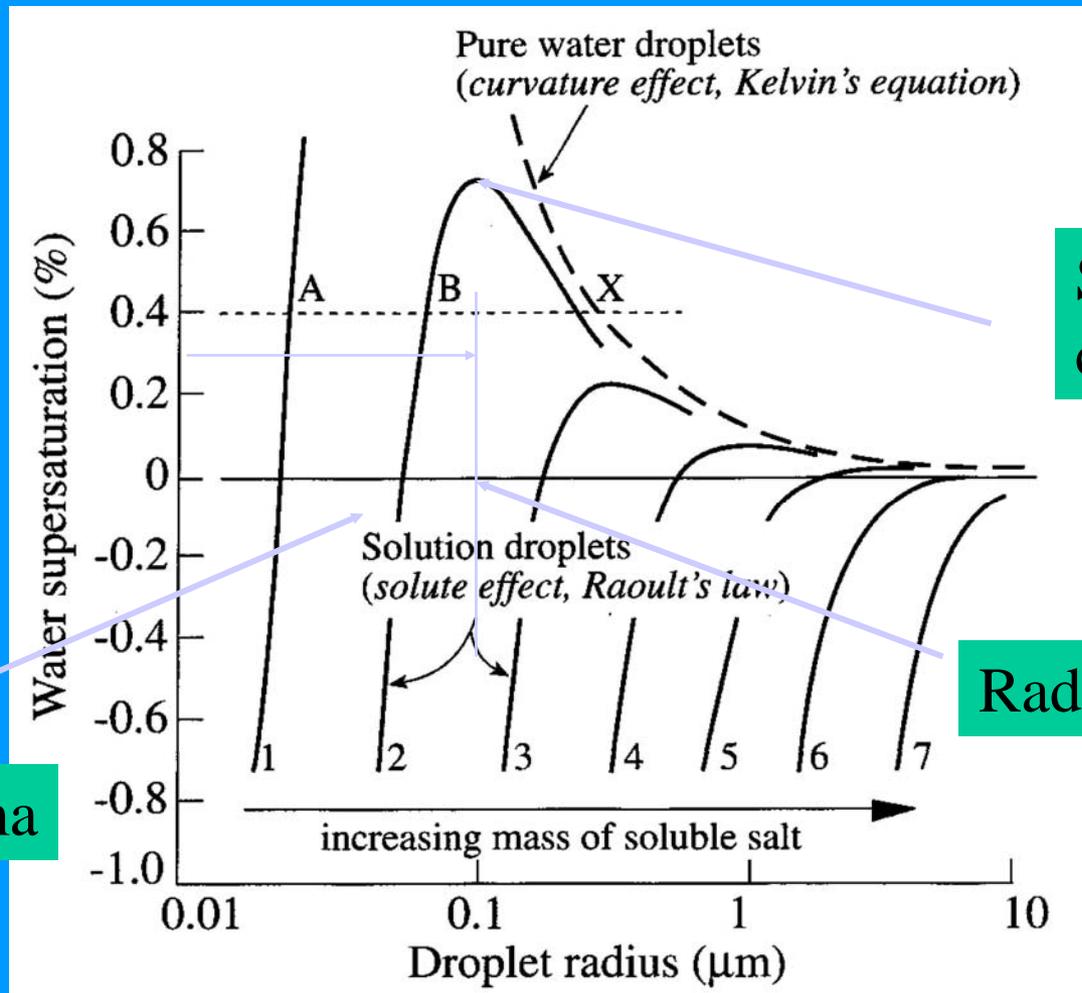
- Pequeñas partículas existentes en la atmósfera. Una pequeña parte de estas partículas son higroscópicas: Núcleos de Condensación Nubosos (NCN, CCN Cloud Condensation Nuclei) => Se pueden disolver en agua: Ejemplo
  - Partículas de sal común procedentes del océano
  - Partículas de  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  procedentes de la oxidación del sulfuro de dimetilo  $\text{S}(\text{CH}_3)_2$  (exhalado por algas marinas) o procedente de la contaminación atmosférica.
  - Nitratos procedentes de la contaminación atmosférica
  - Emisiones volcánicas...



Picture of Mount St. Helens by US Geological Survey scientist Austin Post on May 18, 1980



- Teniendo en cuenta los efectos de la tensión superficial y la higroscopicidad se obtiene la relación entre la humedad relativa y el radio de la gota, cuya gráfica se muestra en la figura (curvas de Köhler)



Sobresaturación crítica

Radio de activación

Fase de bruma







## Gotas de niebla y gotas de nube

- Todas las gotas en un estado representado por los puntos del lado izquierdo del máximo de las curvas, se dice que están en estado de niebla.
- Cualquier gota que crezca a lo largo de una curva con su máximo bajo la sobresaturación del ambiente, forma una GOTA DE NUBE.
- Conclusión: “Cualquier gota que crezca a lo largo de una curva de Köhler que intersecciona la línea horizontal correspondiente a la sobresaturación del aire, solo puede formar GOTAS DE NIEBLA.

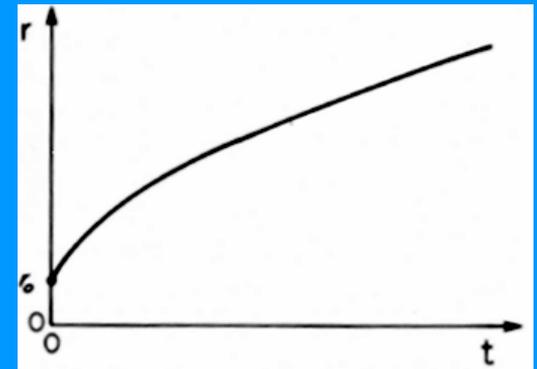


# Crecimiento de las gotitas: Crecimiento difusivo

- Una vez activadas las gotitas crecen por difusión del vapor hacia las mismas siguiendo una ley parabólica

$$r^2 = r_0^2 + c \cdot t$$

- Lo que significa que las gotas mas grandes crecen mas despacio que las más pequeñas





## Tiempos de crecimiento de una gotita de agua

Tabla 5.3: Tiempos de crecimiento de una gotita por condensación a partir de una gotita de  $0.75 \mu$ .

masa del nucleo(g)	$10^{-14}$	$10^{-13}$	$10^{-12}$
r ( $\mu$ )	tiempo a partir de $0.75\mu$ (h:min:sec)		
1	00:00:2.4	00:00:0.15	00:00:0.013
2	00:02:10	00:00:07	00:00:0.61
5	00:16:40	00:05:02	00:01:02
10	00:45:0	00:30:0	00:14:0
20	02:21:40	02:03:20	01:38:20
30	04:51:40	04:26:40	04:1:40
50	12:21:40	12:05:0	11:31:40

Los tiempos necesarios para que se formen gotitas de lluvia son mucho mayor que los observados => Debe existir algún otro mecanismo de crecimiento

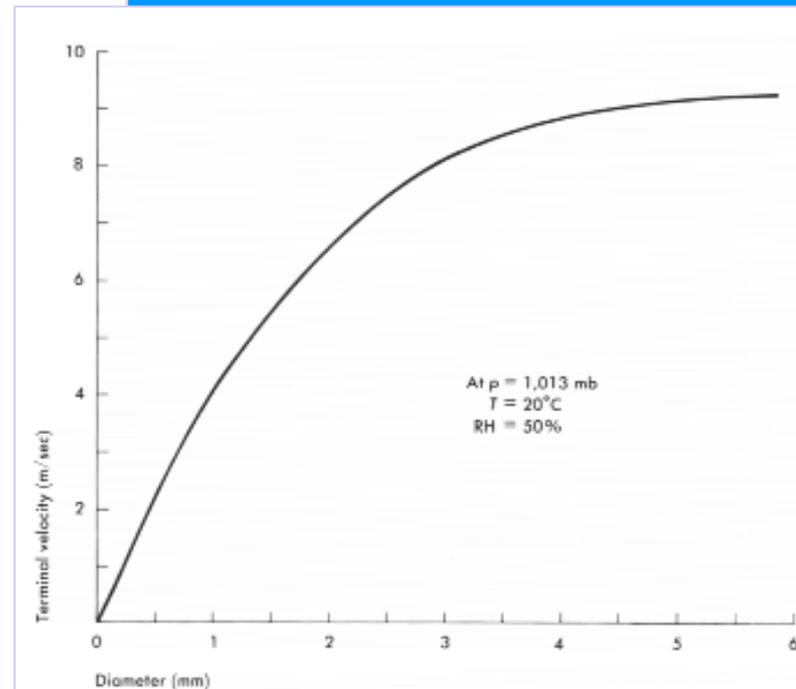
# Velocidad de caída



La resistencia que opone el aire a la caída de la gota, y que es proporcional a la sección eficaz de la gota y a la velocidad de caída, se opone al peso de la misma. Al ir aumentando la velocidad de caída, va aumentando la resistencia hasta que llega un momento que ambas se igualan. A partir de ese momento la velocidad de la gota permanece constante.

Tabla 5.4: Velocidad terminal de gotas de agua en aire en calma a 1 atm. mb

Diámetro (mm)	Velocidad (cm/s)
0.001	0.003
0.005	0.076
0.01	0.3
0.02	1.0
0.05	7.6
0.1	27.0
0.2	72.0
0.5	206
1	403
2	649
3	806
5	909





- Al salir una gota de la nube, comienza a evaporarse, siguiendo como antes una ley parabólica ¿Cuanto tiene que recorrer antes de evaporarse del todo ?

Tabla 5.5: Distancia que puede recorrer una gota en su caída antes de evaporarse en una atmósfera isoterma con  $T=280$  K y  $H = 80\%$

Radio inicial	Distancia recorrida
$1 \mu$	$2 \mu$
$3 \mu$	0.17 mm
$10 \mu$	2.1 cm
$30 \mu$	1.69 m
0.1 mm	208 m
0.15 mm	1.05 Km

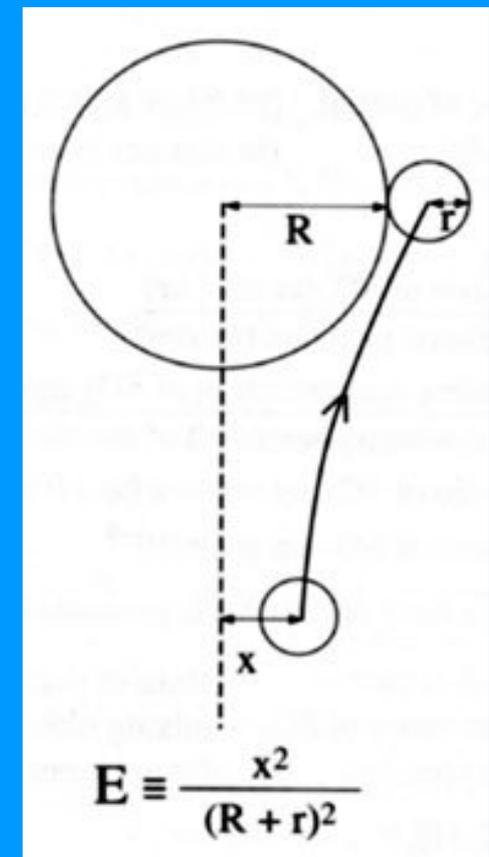
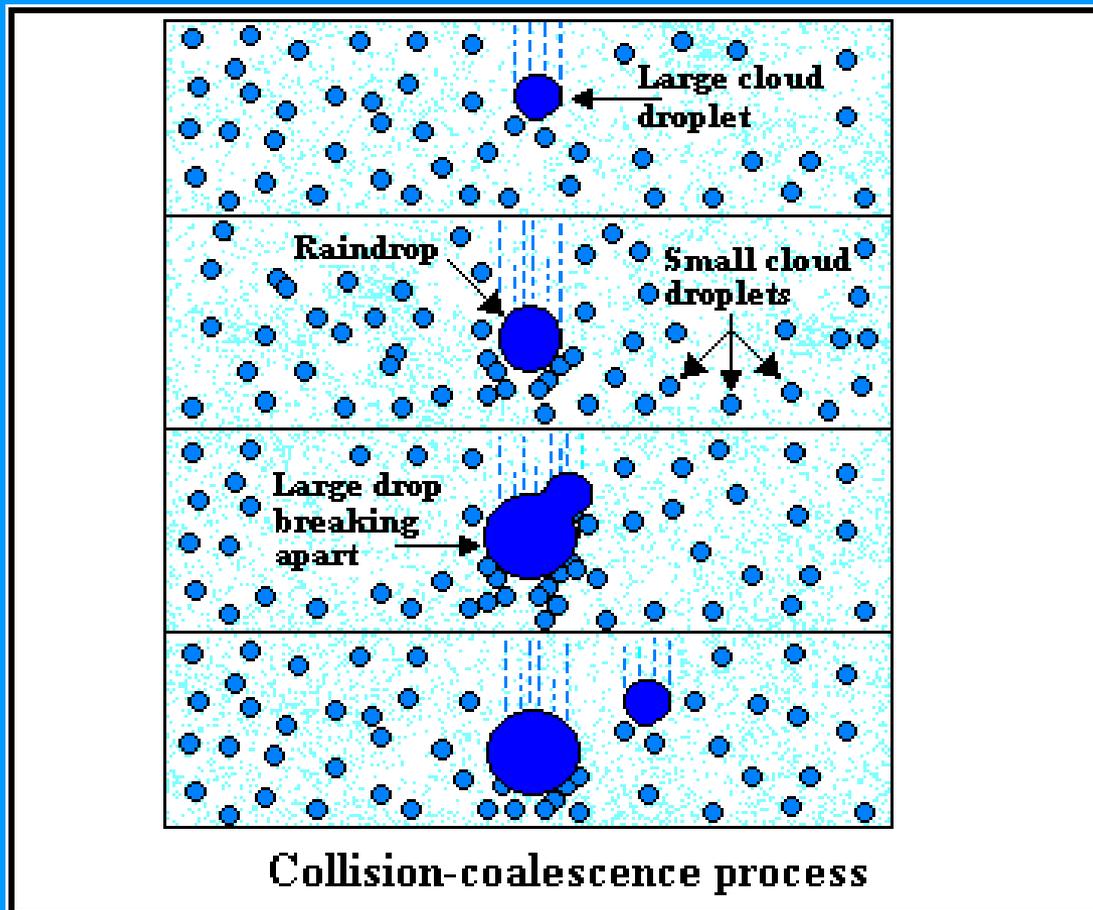


- Para que una gotita alcance la superficie debe de alcanzar el tamaño del orden de 0.1 a 1 mm. Los tiempos requeridos para que se alcancen estos tamaños mediante la difusión del vapor son muy grandes ==> Debe de existir otro mecanismo: El mecanismo de colisión -- coalescencia



# El mecanismo de colisión-coalescencia

Las gotas más grandes que descienden a mayor velocidad alcanzan a las más pequeñas con la que chocan pudiendo fundirse





- El naturalista Inglés Luke Howard fue entre los primeros que clasificó las nubes en 1802 y su esquema se usa hoy. La forma de las nubes se dan en nombres latinos por su apariencia y por su altitud.
- Basándose en su apariencia se clasifican: cirros, estratos y cúmulos. Cirros son nubes fibrosas; estratos son nubes en capas y cúmulos son nubes semejantes a montones .
- Respecto a la altitud, las nubes más comunes en la troposfera se agrupan en cuatro familias: **alta, medias, bajas y nubes de desarrollo vertical.**



- Las nubes altas medias y bajas se producen por suave elevación de aire, menos de 5 cm/s, ocupan extensas áreas y se extienden lateralmente para formar capas y se llaman **estratiformes**.
- Las nubes con desarrollo vertical cubren áreas más pequeñas y están asociadas con mucho más vigorosas elevaciones, ascienden a 30 m/s, tienen apariencia de ovillos y se denominan cumuliformes. Las nubes estratiformes y la cumuliformes se desarrollan en diferentes sistemas del tiempo atmosférico. Aquí haremos una breve descripción de las nubes más comunes en cada familia.



# NUBES ALTAS

- La base de las nubes altas está sobre 7000 m a estas alturas la temperatura es de  $-25^{\circ}\text{C}$  por lo que esas nubes se componen de hielo, con apariencia de fibras o filamentos, son finas y su nombre indica “rizo de pelo”



## Tabla 1. Clasificación de las nubes

- Tipo    Altura de la base de la nube(km)    Forma y apariencia
- **Nubes altas: 7-18 km**
- Cirros (Ci)
- Cirroestratos (Cs)
- Cirrocúmulos (Cc) Delicadas vetas y pinceladas
- Transparente lámina delgada o velo
- Capas de pequeños ovillos blanco o rizos
- **Nubes Medias**
- Altoestratos (As)Altocúmulos (Ac) 2-7 km Uniformes blancas o gris hojas o capas Blancas o grises ovillos u ondas



- **Nubes bajas**
- Estratocúmulos (Sc), Estratos (St) Nimbos estratos (Ns) 0-2 Capas de arrollamientos o mezclas de ovillos. Capas uniformes grises. Uniformes capas grises cayendo precipitación
- **Nubes de desarrollo vertical**
- Cúmulos (Cu)Cúmulonimbos (Cb) Montones u ovillos con afilados bordes y bases Lisas y moderada extensión vertical. Grandes nubes hinchadas desarrollo vertical extenso con suave o lisa base, forma de yunque, cae lluvia y truenos



## Tabla 2. Características de varios tipos de nubes

- CARACTERÍSTICAS SIGNIFICADO:
- 
- Cirrocúmulos, altocúmulos Congestus -Crecen en montón  
Cúmulos Fractus -Rotos
- Strato cúmulos Humilis - desarrollo pequeño vertical
- Cúmulos Lenticulares- Forma de lentes
- Mamamtus Colgando portuberancias
- Cúmulonimbos
- Uncinos - Gancho Cirros



## Tabla 3. Resumen del esquema de clasificación de nubes

- Altitud Temperatura Composición
- Estratiformes Cumuliformes
- Fria Cristales de hielo alta Nubes con desarrollo vertical gotas superenfriadas medias cálida gotas de agua bajas



- Los **cirros** son casi transparentes como delicados filamentos de seda y parecen a veces como colas de caballo.
- Los **cirroestratos** son de tal forma que el sol o la luna brillan a través de ellos. Son delgados, velo blanco u hoja que cubre totalmente el cielo o parcialmente.
- **Cirrocúmulos** son pequeñas, blancos, redondeadas pinceladas, dispuestas como ondas, difícilmente cubren el cielo entero. Ninguna nube alta es lo suficiente espesa para prevenir la tierra del sol.



- **NUBES MEDIAS**

- Las bases se sitúan entre 2000 y 7000 m. Sus nombres llevan el prefijo alto. Estas nubes se sitúan a temperaturas entre 0 y  $-25^{\circ}$  C y se componen de gotas de agua o mezcla de gotas de agua superenfriada y cristales de hielo.
- **Altoestratos (As)** son nubes uniformes de color gris o blanco azulado con capas que cubren total o parcialmente el cielo. Son tan espesas que el sol se ve con dificultad a través de ellas, es como si fuera visto a través de un cristal deslustrado.
- **Altocúmulos: (Ac):** consisten en formas redondeadas como pinceladas u ovillos que forman ondas o bandas paralelas. Se distinguen de los cirrocúmulos por el mayor tamaño de las pinceladas y por tener bordes más afilados. La forma afilada de los bordes en una nube indica la presencia de gotas de agua más que de cristales de hielo. Los altocúmulos pueden ocurrir en distintas capas simultáneamente y raramente producen precipitación que alcance la tierra. Si aparecen temprano un día templado de verano, anuncian tormenta por la tarde.



# NUBES BAJAS

- La base de las nubes se encuentran a 2000 m de altura, y temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , se componen de gotas de agua. Se clasifican: Estratocúmulos, Estratos y Nimboestratos.
- **Estratocúmulos:** son grandes e irregulares rachas en forma de ovillos separados por áreas claras, raramente producen lluvia,.
- **Estratos (St)** aparecen uniformes capas grises de horizonte a horizonte. La niebla sucede cuando el estrato está en tierra y cuando la niebla levanta la nube rompe en estratocúmulos.
- Generalmente solo puede caer llovizna de las nubes estratos.



- Los **nimboestratos** son estratos más oscuros y grises y tienen menos uniformidad y base más desigual. La precipitación de los nimboestratos tiende a ser ligera o moderada y continua como durante 12 horas.
- Por el contrario, más breve pero precipitación más pesada está a menudo asociada con los **cúmulonimbos o nubes de tormenta**. De hecho la lluvia suave de los nimboestratos infiltra más fácilmente el suelo, mientras que la más intensa de las tormentas satura el suelo y corre causando rápidas inundaciones.



# NUBES VERTICALES

- Se reserva este nombre para nubes cumuliformes, esto es convectivas de desarrollo vertical
- Son corrientes convectivas hacia arriba que dan lugar a cúmulos, cúmulos congestus y cúmulonimbos. La altura a la cual la condensación comienza se denomina nivel de condensación convectivo (CCL) y coincide con la altura de la base de la nube, típicamente entre 1000 y 2000 m .
- Los **cúmulos** parecen bolas de algodón salpicando el cielo en un día de buen tiempo. La convección es conducida por el calentamiento solar, dichas nubes siguen la variación de la insolación. en un día claro, los cúmulos comienzan a formarse después que la tierra ha sido calentada por el sol. Cuando se aproxima la puesta de sol comienzan a disiparse.



- Los cúmulos se desarrollan sobre tierra y no sobre nieve o lagos. Una vez que los cúmulos se forman, el perfil de estabilidad de la troposfera determina la extensión del desarrollo vertical y si llegan a constituirse como nubes de tormenta.
- Si el ambiente es estable, el movimiento vertical se inhibe y los cúmulos muestran poco crecimiento vertical. Bajo estas condiciones el tiempo permanece agradable. Si el ambiente es inestable, el movimiento vertical crece y la nube se eleva. Si es inestable la nube crece como una coliflor y se forman los cúmulos congestus



# DESCRIPCION DE NUBES

- Vamos a hacer una descripción de los tipos de nubes incluidos en las formas fundamentales expuestas. Con ello y unas figuras, resultará más fácil su identificación.
- *Cirrus (Ci)* Son las más altas y se forman por encima de los 8000 m ; aparecen sueltas, delicadas. Su aspecto es forma de **pluma, fibra o penacho, recordando la cola de yegua**. Dado que se forman a gran altura y a las bajas temperaturas reinantes allí, las nubes cirrosas están formadas por finos cristales o agujas de hielo y no por gotitas de agua.



## *Cirrostratos (Cs)*

- Estas nubes tienen la **forma típica de un velo** o capa blanquecina, muy delgada y a menudo cubren todo el cielo o la mayor parte. Pueden ser muy finas, por lo que el cielo parece cubierto por un velo. Dichas nubes dan lugar a los **halos** que con frecuencia se observan alrededor del sol y de la luna; de hecho la presencia de los mismos indica la existencia de cirrostratos. Su aspecto fino indica se debe a la gran altura a la que se encuentran. también están formados por filamentos o agujas de hielo.



## *Cirrocúmulos (Cc)*

- son masa **blanquecinas, globulares**, como copos de nieve, cubren parte del cielo. Los cirrocúmulos aparecen formando rizos o pueden estar dispuestos en bandas, dando el aspecto de cielo aborregado. Es el tipo de nubes menos frecuentes y suelen producirse como degeneración de cirros o de los cirrostratos. También están formados por cristales de hielo.



## *Altoestratos(As)*

- Son nubes que se presentan en forma de **capas uniformes, de tonos azulados o blanco grisáceo cubriendo grandes** extensiones y a veces aparecen como bandas anchas. A través de ellas el sol queda oscurecido o brilla débilmente, como amenazando lluvia. Se observa que no aparecen sombras asociadas al sol debilitado por las nubes. El espesor depende de la altura a la que se forman. Si son muy altas se confunden con cirrostratos; cuanto menor es su altura tanto más densas son. Al estar formadas por partículas de agua y de hielo, son nubes que dan lugar a precipitación.



## *Altocúmulos (Ac)*

- Estas nubes tomen forma **globulares elípticas, que se presentan individualmente o en grupos**; Cuando están aislados toma forma lenticular, se diferencian de los cúmulos por su altura y ausencia de cúpulas verticales. Su estructura ondulatoria o en bandas es muy particular y recuerda a un rebaño de borregos o masa algodonosas aisladas formando grupos., es un ejemplo de altocúmulos globulares.



## *Estratos (St)*

- Es una capa nubosa **gris uniforme, sin forma particular que cubre completamente el cielo**. A veces se presenta rota en forma de retazos alargados. La capa de estratos es más gruesa u oscura que la superior de altoestrato. a veces es difícil distinguir entre estratos bajos y la niebla alta, pues el aire cálido y húmedo al discurrir por zonas frías puede dar lugar a nieblas de advección muy espesas, durante el día la niebla baja puede evaporarse, dejando una niebla alta o estrato por encima del suelo.
- Las nubes estratiformes pueden presentarse rotas y arrastradas por un soplo de viento y se denominan fractostratos o nubes errantes.



## *Nimboestratos (Ns)*

- Son nubes densas, **de color gris oscuro** que se extiende a modo de capa irregular, sin forma. **Van asociados a precipitación** continua, ya sea de agua o nieve. su superficie inferior está mal definida, en contraste con los la capa inferior de los estratos, que es seca.



## *Estratocúmulos (Sc)*

- estas nubes tienen formas de rodetes o masa globulares alargadas, dispuestas según bandas grises, paralelas que normalmente cubren el cielo o gran parte. A menudo proceden de nubes cumuliformes.



## *Cúmulos (Cu)*

- son nubes ondulante, blancas que suelen predominar en verano, y también en cualquier estación del año. Presentan una base plana y un espesor notable desarrollándose **en forma de cúpulas, coliflor o grandes torres**. La mayor parte de estas nubes son de buen tiempo. Después de una tormenta quedan flotando cúmulos aplastados, su base plana , si se unieran quedaría una superficie que corresponde al punto de rocío. cuando se rompen por la acción del viento se denominan fractocúmulos



## *Cúmulonimbos (Cb)*

- estas nubes proceden de los cúmulos cuando han alcanzado un tremendo desarrollo vertical, en forma de torres, de forma que entre la base y la cima existen distancias de 5 a 8 km . Cuando llegan a alcanzar tal altura dan lugar a lluvias o chubascos. cuando en su seno tiene lugar truenos y relámpagos se denomina nube tormentosa . En un cúmulonimbo bien desarrollado la cima se extiende horizontalmente en la dirección del movimiento, de lo que resulta la forma de **yunque** en su extremo superior.



# TOPOGRAFÍA Y NUBES

- Las masas de aires son obligadas a ascender cuando se encuentran con una cadena de montañas. En estos ascensos se produce enfriamiento, y si el aire es húmedo se forman nubes, que se denominan ***nubes orográficas***. El tipo de nubes que se forman depende de la estabilidad del aire y del contenido en humedad. A sotavento de la cima el aire se mueve hacia abajo y se calienta. El aire es ahora más seco, su humedad se perdió en la nube y precipitación al lado de barlovento. La región a sotavento se denomina ***sombra de lluvia***.
- Un ejemplo de elevación orográfica se muestra en la Figura 1: el gradiente atmosférico es  $8^{\circ}$  C por 1000m, es condicionalmente inestable por dicho valor.
- El aire no saturado que se eleva, cuya temperatura disminuye a razón de  $10^{\circ}$ C por cada 1000 m y la temperatura de rocío decrece  $2^{\circ}$ C cada 1000 m . se satura a 1000 m, este punto es el nivel de condensación por elevación (LCL) y marca la base de las nubes.



- Baja según la adiabática seca ( $10^{\circ}$  C por 1000 m ) y la Td aumenta a razón de  $2^{\circ}$  por 1000 m. Vemos que está más caliente que cuando subió. La temperatura a sotavento asciende debido al calor latente que se transforma en sensible.
- Aunque las nube son más prevalentes al lado de barlovento pueden aparecer al sotavento. Así el aire estable fluye sobre las montañas y aparecen una serie de ondas de flujo estacionario, semejantes a las de un río sobre cantos rodados. Las nubes que se forman son de forma de lentes y se denominan ***nubes lenticulares***.
- La nube lenticular sobre la montaña se denomina ***nube de onda de montaña***, Figura 9-2.
- Sobre la montaña se forman: nubes de onda detenidas; altocúmulos lenticulares en reposo; nubes de rotor, estas últimas de peligro para los vuelos.

# Elevación orográfica, desarrollo de nube y formación aire caliente

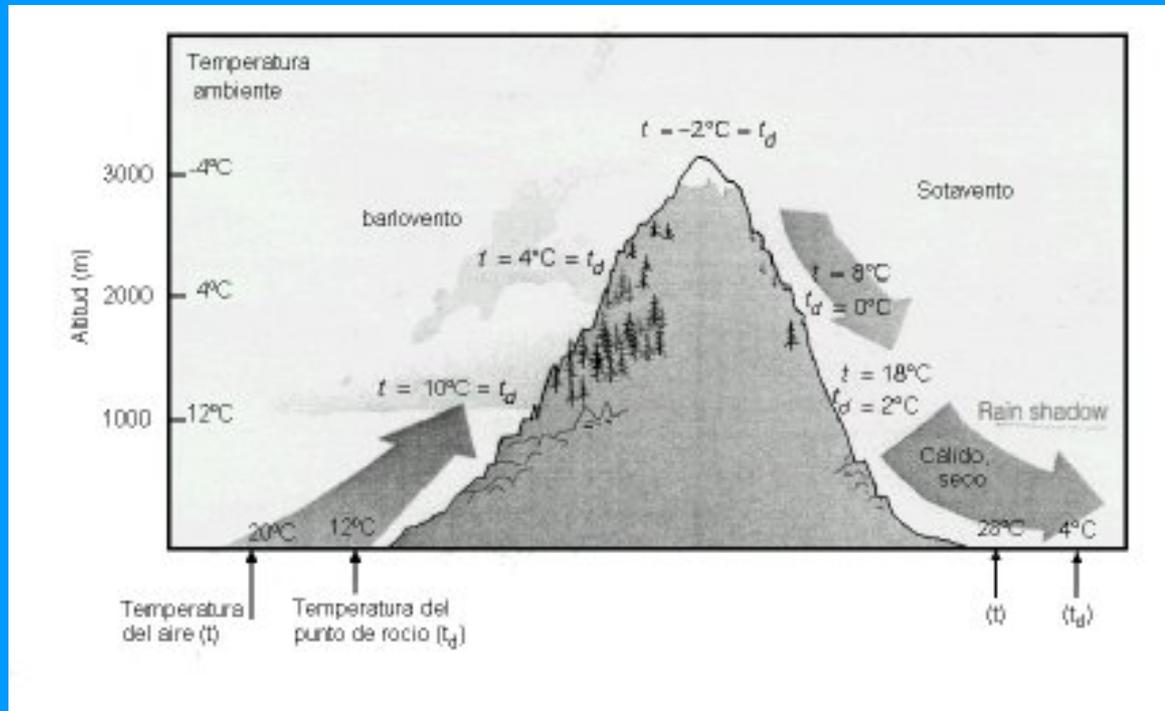
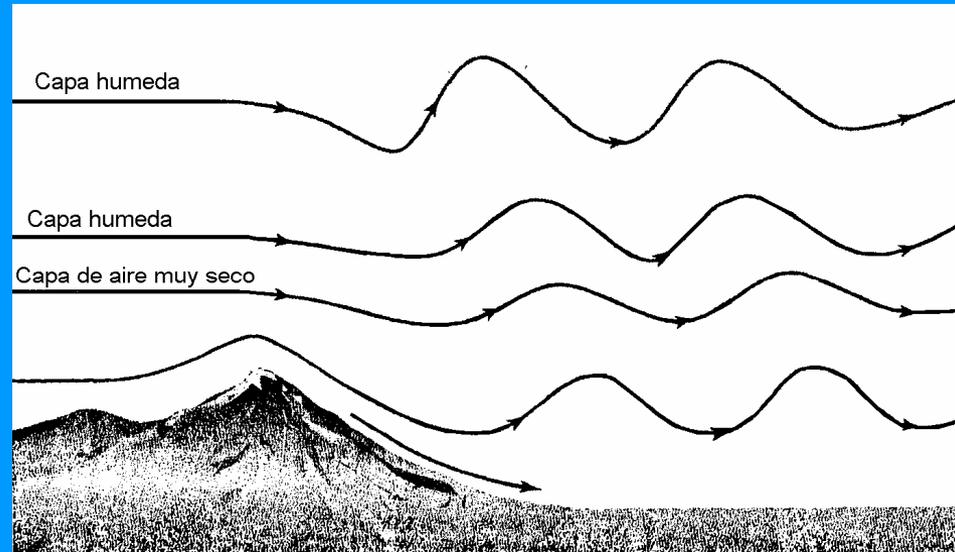


Fig. 1



# Nube de onda de montaña





# CANTIDAD DE NUBES

- La cantidad de nubes se expresa indicando el número de décimas de octavas partes de cielo que está ocupado por las nubes o mediante una descripción verbal. El estado del cielo se designa de la forma siguiente:
- Claro: cantidad de nubosidad inferior a una décima ó 1.
- Difuso: parcialmente nuboso o con nubosidad de 1 a 5 décimas.
- Desigual: Nuboso. de 6 a 9 décimas.
- Cubierto: más de 9 décimas.



# TECHO DE NUBES

- Es un término que se utiliza, y se define como la altura a la que se encuentra la capa nubosa.
- Se mide de día mediante globos y de noche mediante la reflexión de un haz luminoso enviado hacia la nube.



# CAUSAS QUE ORIGINAN LAS NUBES

- El origen de las nubes son los cambios de temperatura y humedad en el seno de una masa de aire ascendente al enfriarse adiabáticamente.
- El género de nube que se forma depende: **método** por el cual el aire adquirió el movimiento vertical y de la **altura** a la que resultó enfriado hasta alcanzar el punto de rocío. ( o sea hasta que se satura).



- **El aire se ve forzado a ascender por:**
  - Calentamiento global o convección directa (aire húmedo)
  - Efecto de la topografía (importante en pendientes acusadas)
  - Efecto de frentes y cuñas de aire frío (dependiendo de la pendiente del frente frío)
  - Convergencia (fuerte ascenso, área extensa)

Por las causas anteriores el aire asciende, su T disminuye según el gradiente adiabático, puede hacerlo en columnas juntas o separadas, todas a igual T y sus bases están a igual altura. El espesor de la nube será función de la cantidad de humedad disponible.



# FORMACION DE NUBES TIPO ESTRATOS

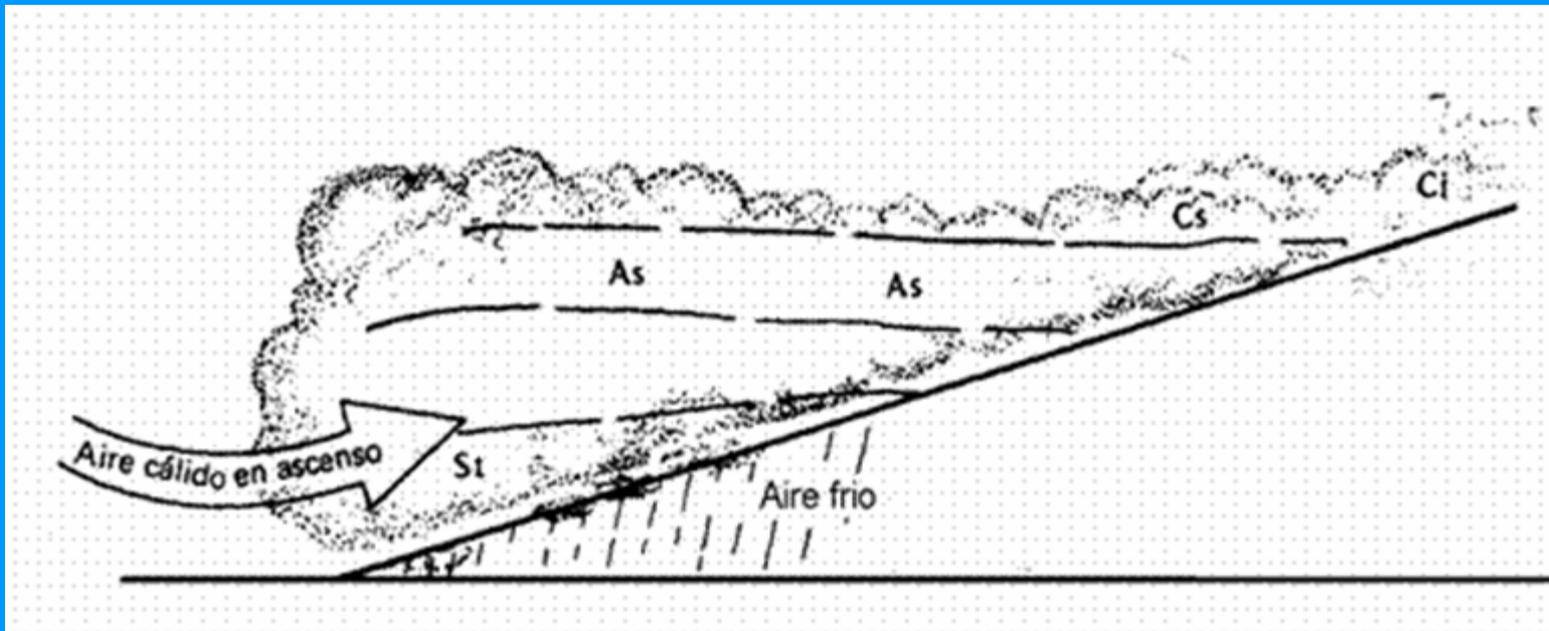
- En las Figuras siguientes se muestra la formación de nubes tipos estrato, debido al ascenso de aire por una cuña de aire frío de suave pendiente. Cuando una masa de aire cálido se encuentra con una masa de aire frío, se forma una cuña. El aire cálido sube por el frío y forma una capa que puede alcanzar una extensión considerable.
- Al ascender la capa de aire cálido, sobre la pendiente de la masa fría, se produce un enfriamiento adiabático, dando lugar a que se inicie la condensación que empieza en el nivel del punto de rocío y que continua si prosigue el ascenso del aire. El proceso tiene lugar de forma uniforme, en el seno de toda la capa de aire cálido, dando lugar a una capa de nubes de tipo estratiforme.



- En la Figura se observa una sección transversal del proceso y se muestra la secuencia de formación de los diversos estratos nubosos.
- Las nubes se hacen más tenues y de color más claros a medida que el aire asciende a mayor altura; muy hacia arriba (zona frontal de la capa ascendente) las nubes aparecen dispersas y sueltas y estarán a gran altura. Son por tanto nubes de tipo **cirrus**.
- Tras ella está la capa principal: la parte más tenue es la de **cirroestratos**, luego descendiendo: **altoestrato** espesos que tienen el aspecto de sol oscurecido, como amenazando lluvia.
- A continuación los **estratos y nimboestratos**, asociados ya con precipitación. Una secuencia de nubes de este tipo, en la que en primer lugar aparecen los cirros y cirroestratos, muy a menudo suele indicar la proximidad de lluvia o nieve y mal tiempo en general.



Formación de una secuencia de nubes de tipo estrato, debido al ascenso del aire por la suave pendiente de una cuña de aire frío.



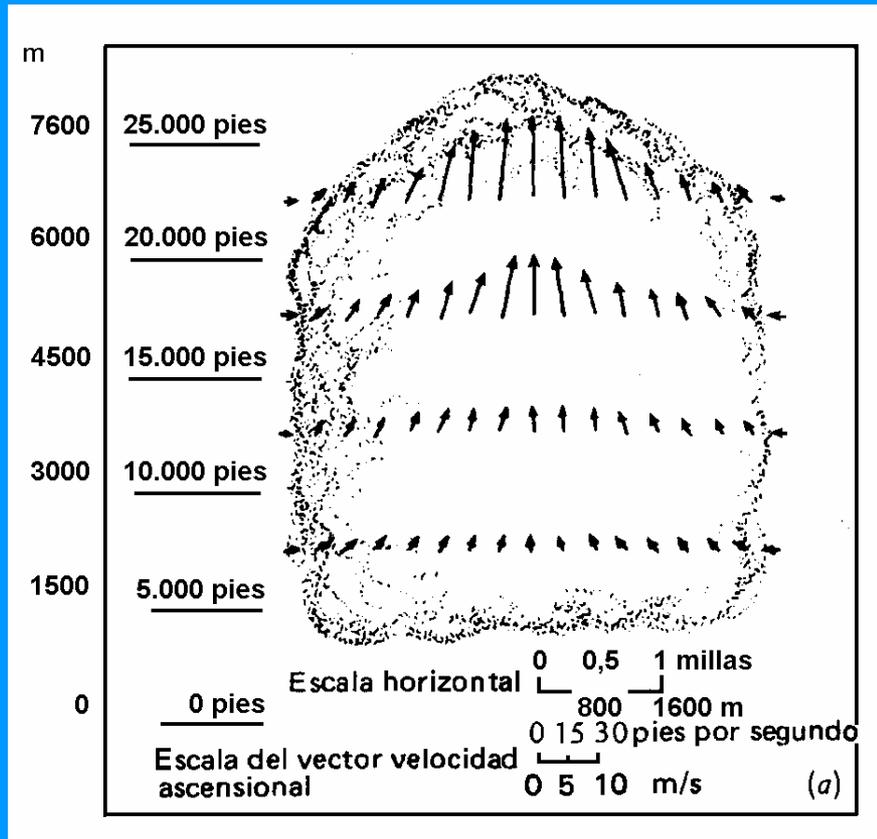


# CONVERGENCIA

- La convergencia determina el ascenso del aire en toda la zona involucrada; en tales condiciones se desarrollan nubes de tipo estratiforme.
- Si la capa de aire tiene condiciones de inestabilidad se pueden desarrollar nubes de tipo cúmulos y cúmulonimbos, con los consiguientes efectos tormentosos ligados a este último tipo de nubes.



# Las tres etapas de que consta el desarrollo de una tormenta.

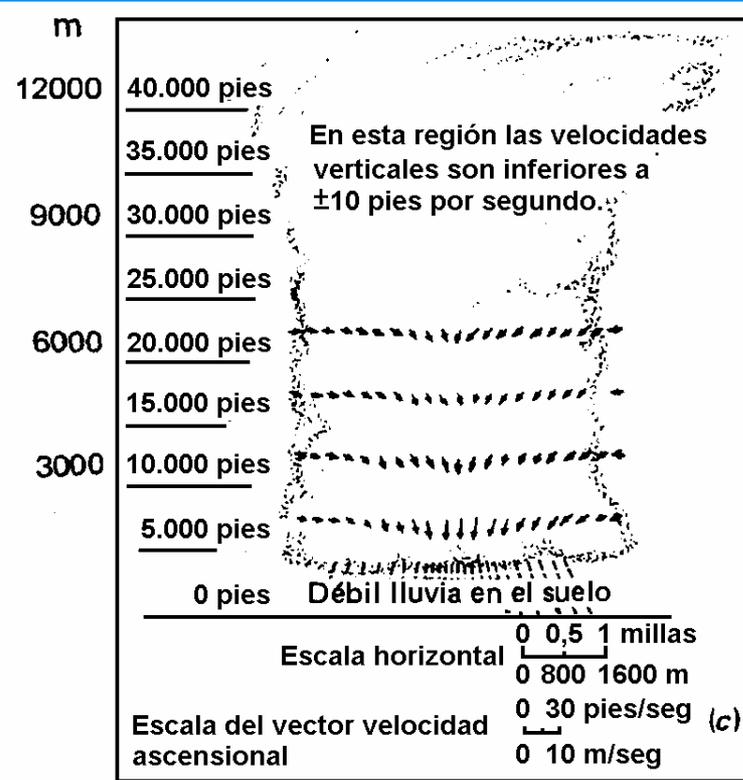
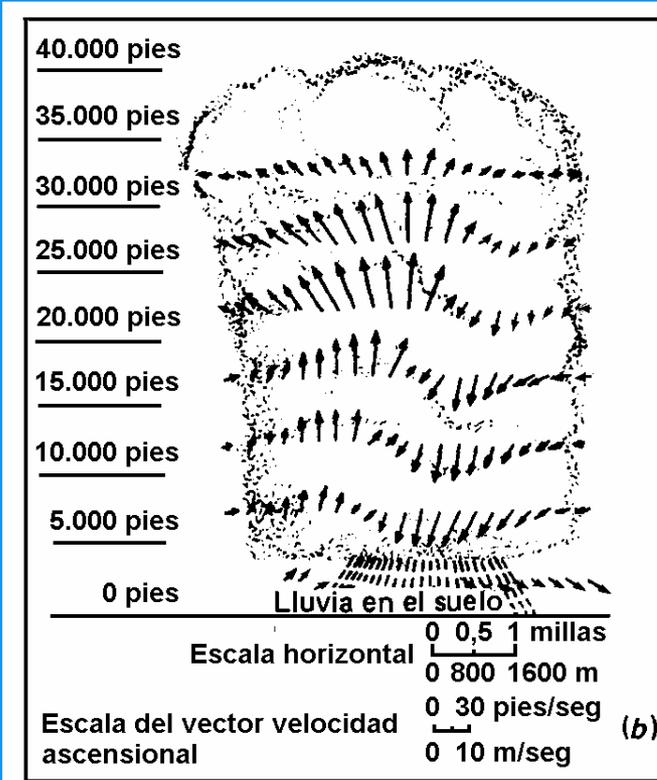


## 1) Etapa de elevación del cúmulo

.La velocidad es grande dentro de la nube y menor en lo laterales.

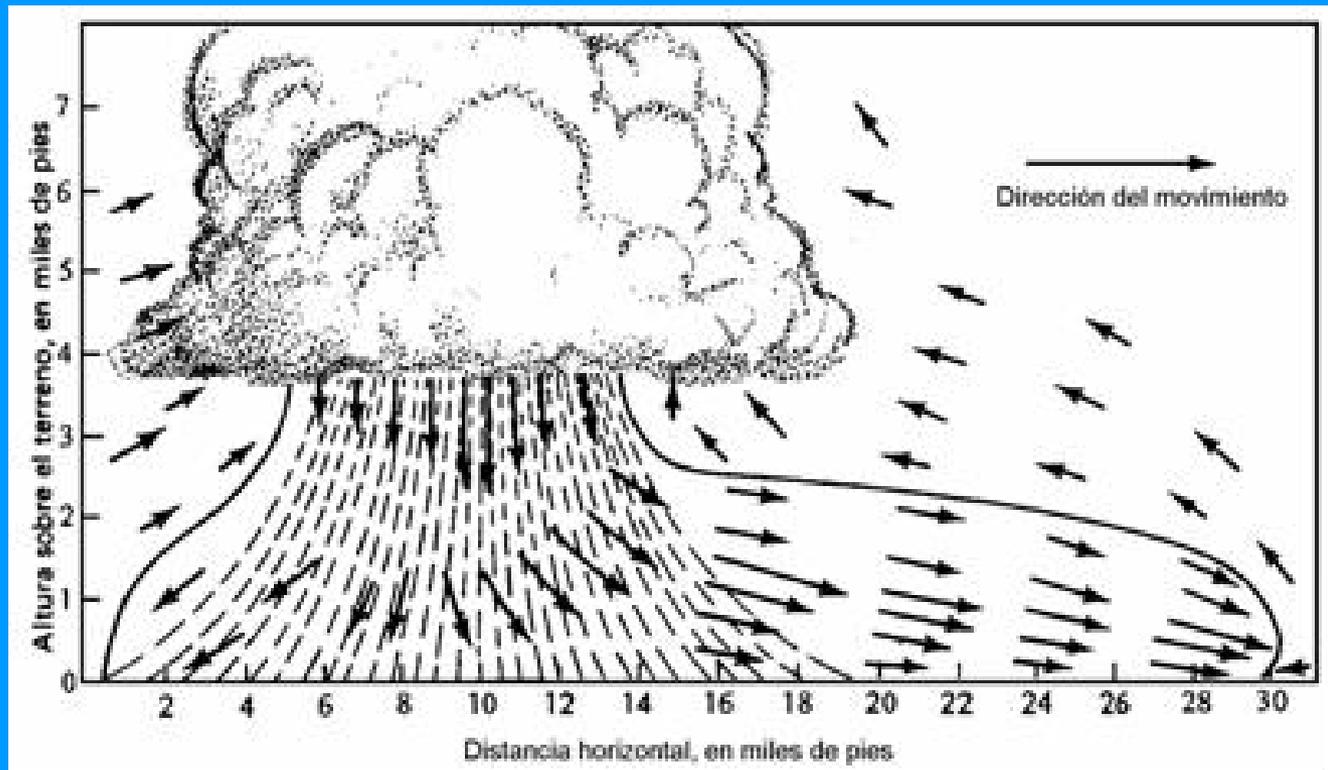
. La velocidad en superficie es superior a 10m/s

.Gotas superenfriadas de lluvia pueden estar sobre el nivel de congelación. (5km).



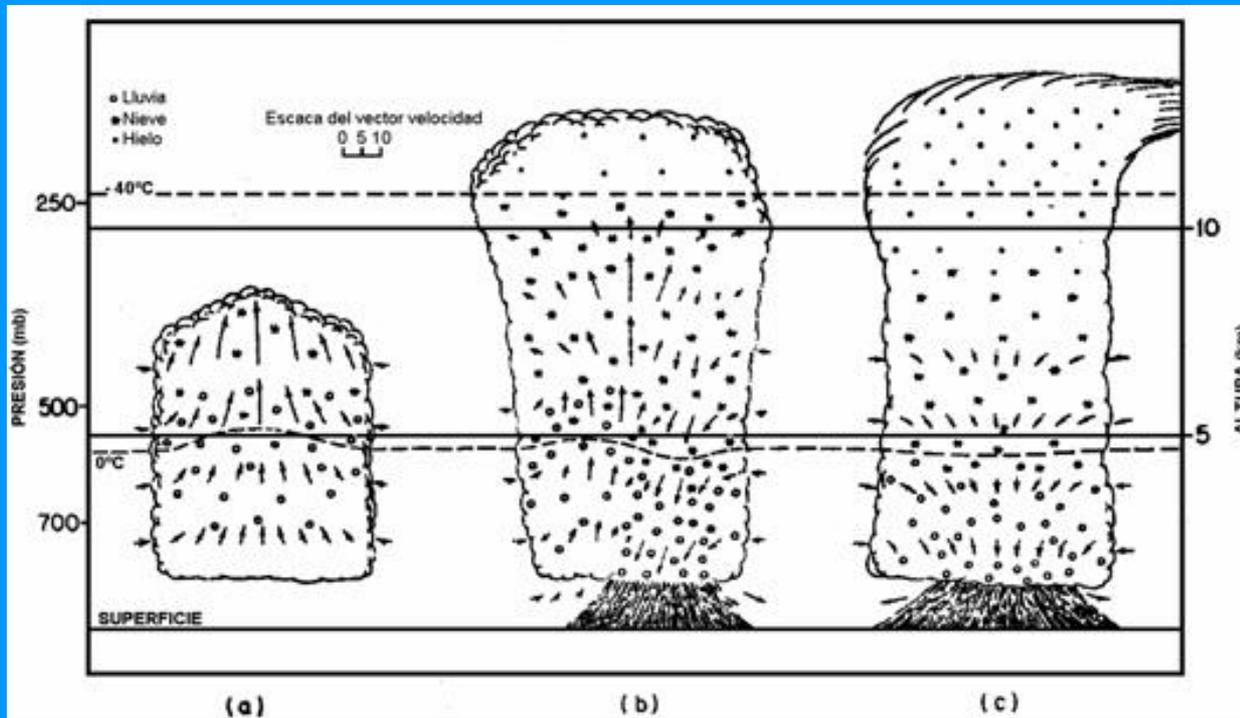


# El movimiento de aire y de la precipitación debajo de un cúmulonimbo.





# Descripción de un célula típica de tormenta: a) Fase cúmulo; b) fase de maduración y c) fase de disipación





## Tormentas en masas de aire

- Nivel de congelación se alcanza a 5 km
- La fase 2<sup>a</sup> de maduración: se produce lluvia y granizo que por el rozamiento entre las gotas comienza el movimiento hacia abajo.
- En esta fase , lluvia o gotas de agua superenfriadas pueden existir sobre el nivel de congelación y nieve o granizo puede encontrarse bajo el nivel de congelación.
- El extremo superior de la nube se extiende a la dcha al llegar a la tropopausa, 15 km de altura.
- No hay gotas de lluvia sobre el nivel de congelación.
- El 20 % del vapor de agua condensado alcanza la tierra en forma de ppción. La restante se evapora o queda en forma de nubes.

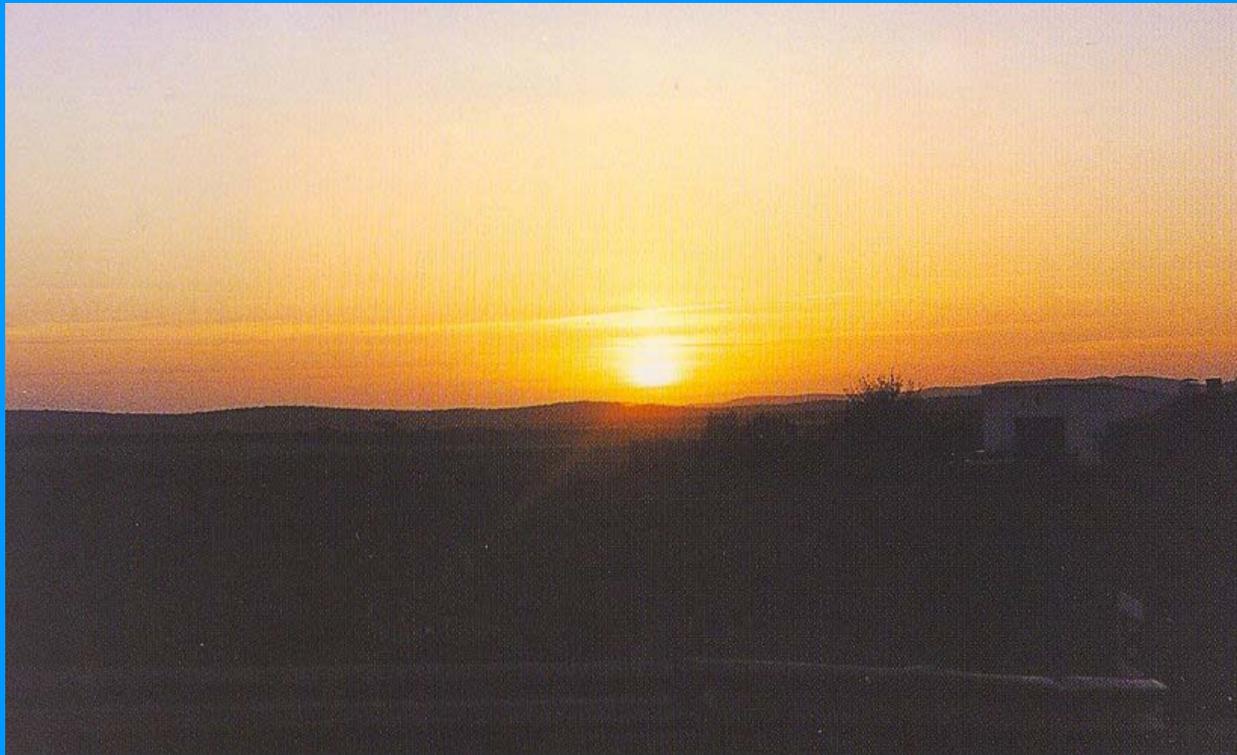


# Cirros altas



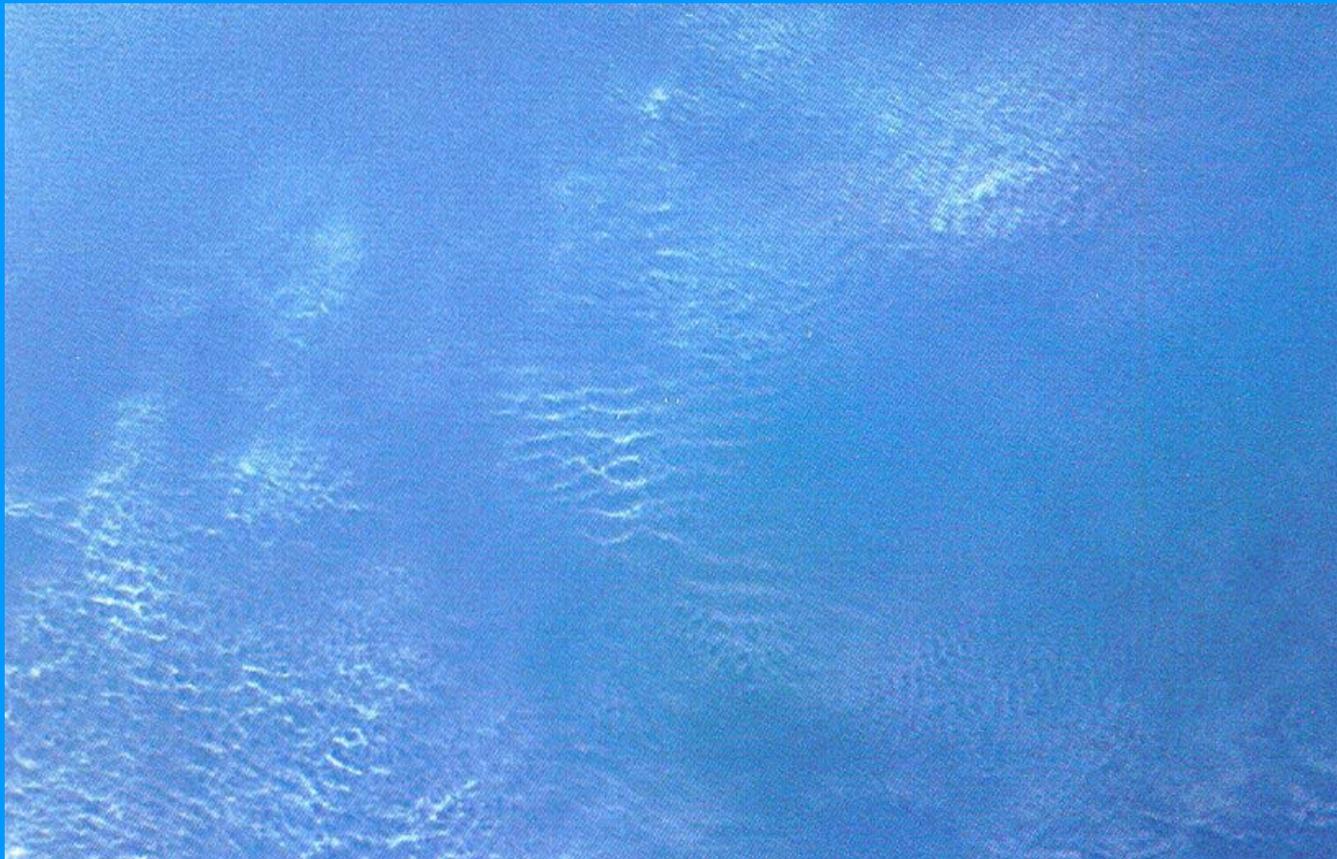


# Cirro estratos altas





# Cirrocúmulos altas





# Alto estratos medias





# Cumulos congestus dv





# Cúmulo nimbos dv





# Cúmulos dv





# Estratos b



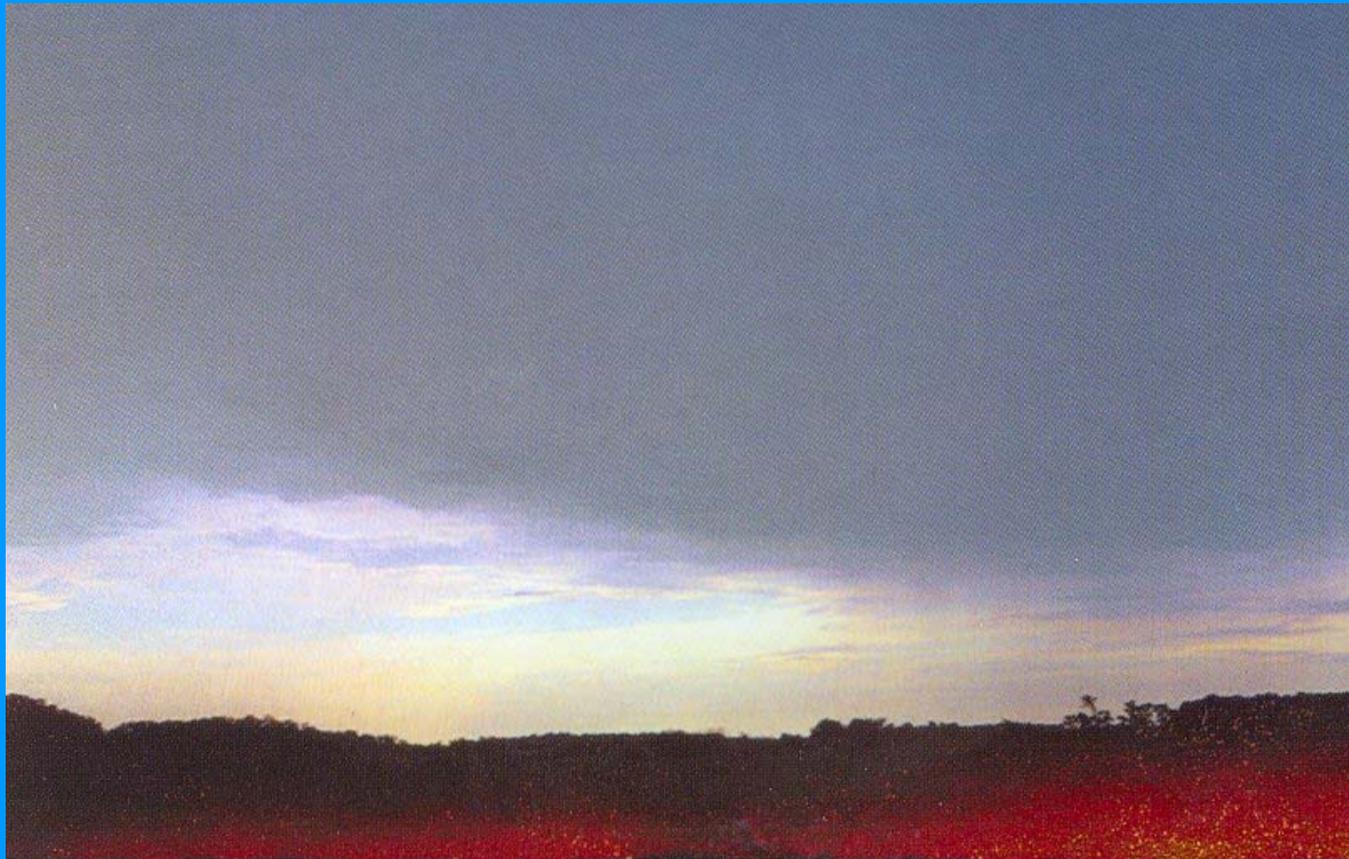


# Estratos cúmulos b





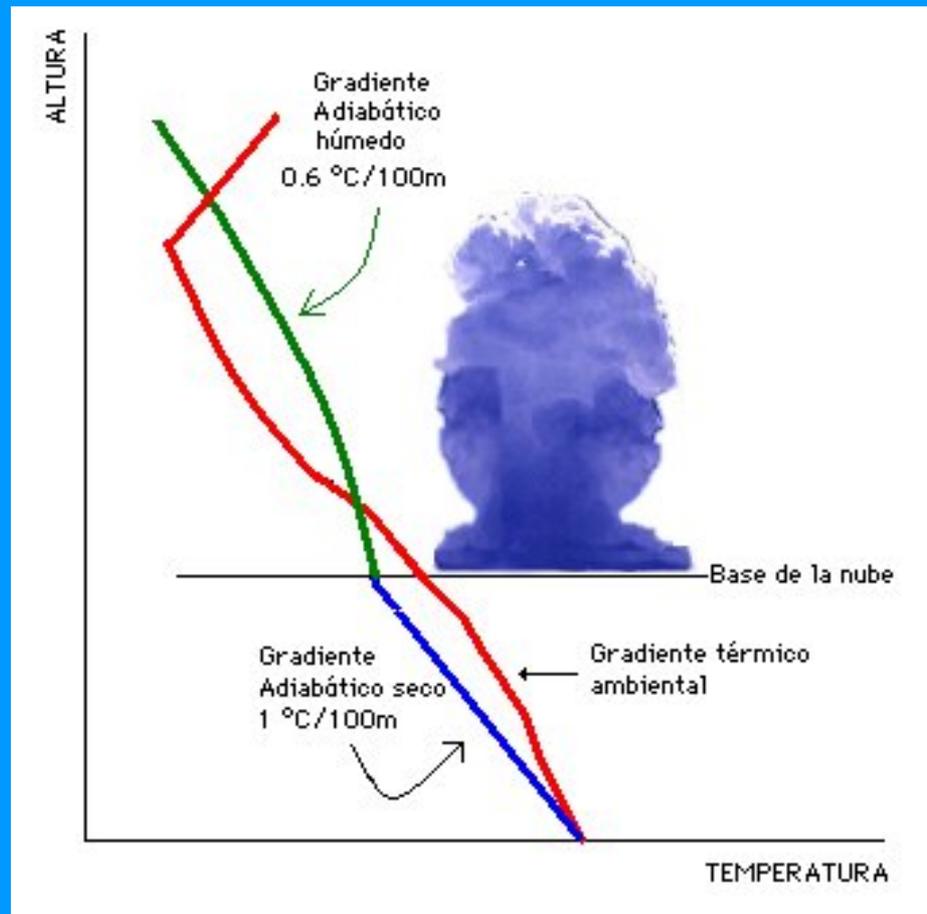
# Nimbo estratos b





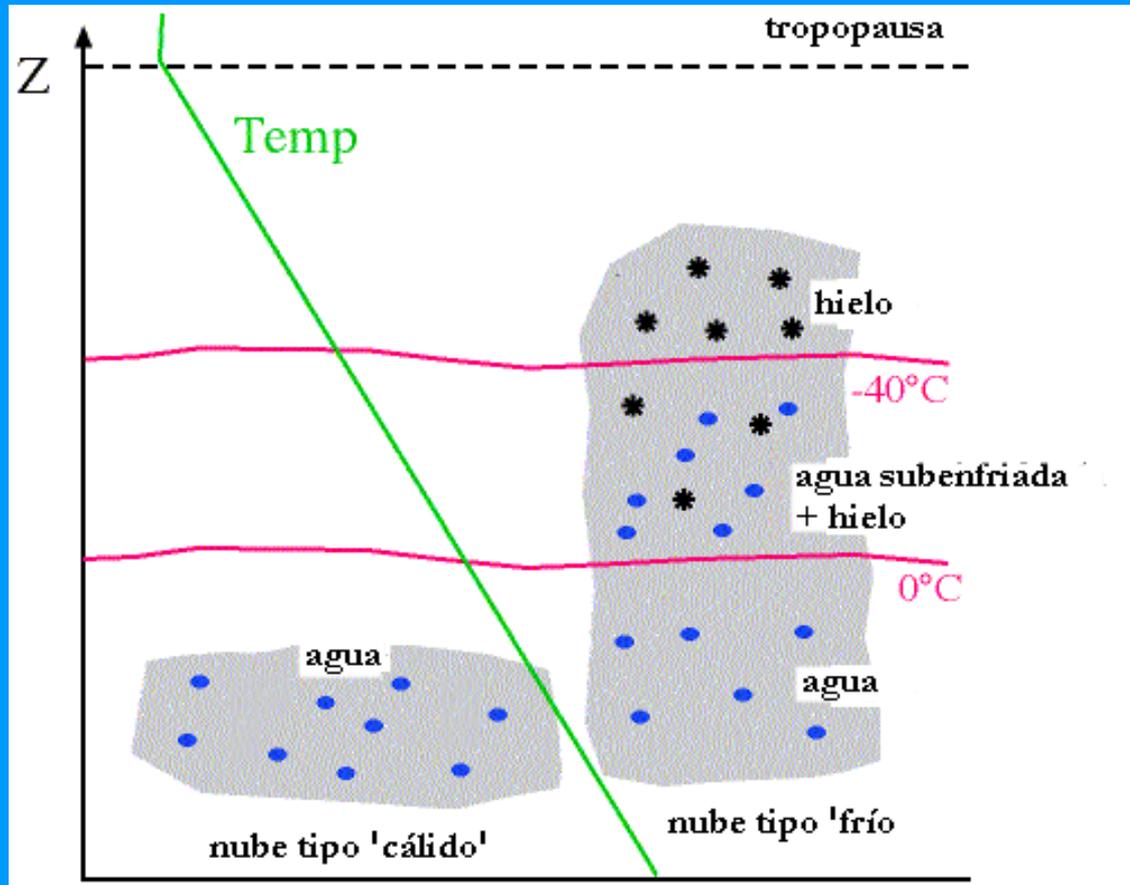
# Estratos bajas







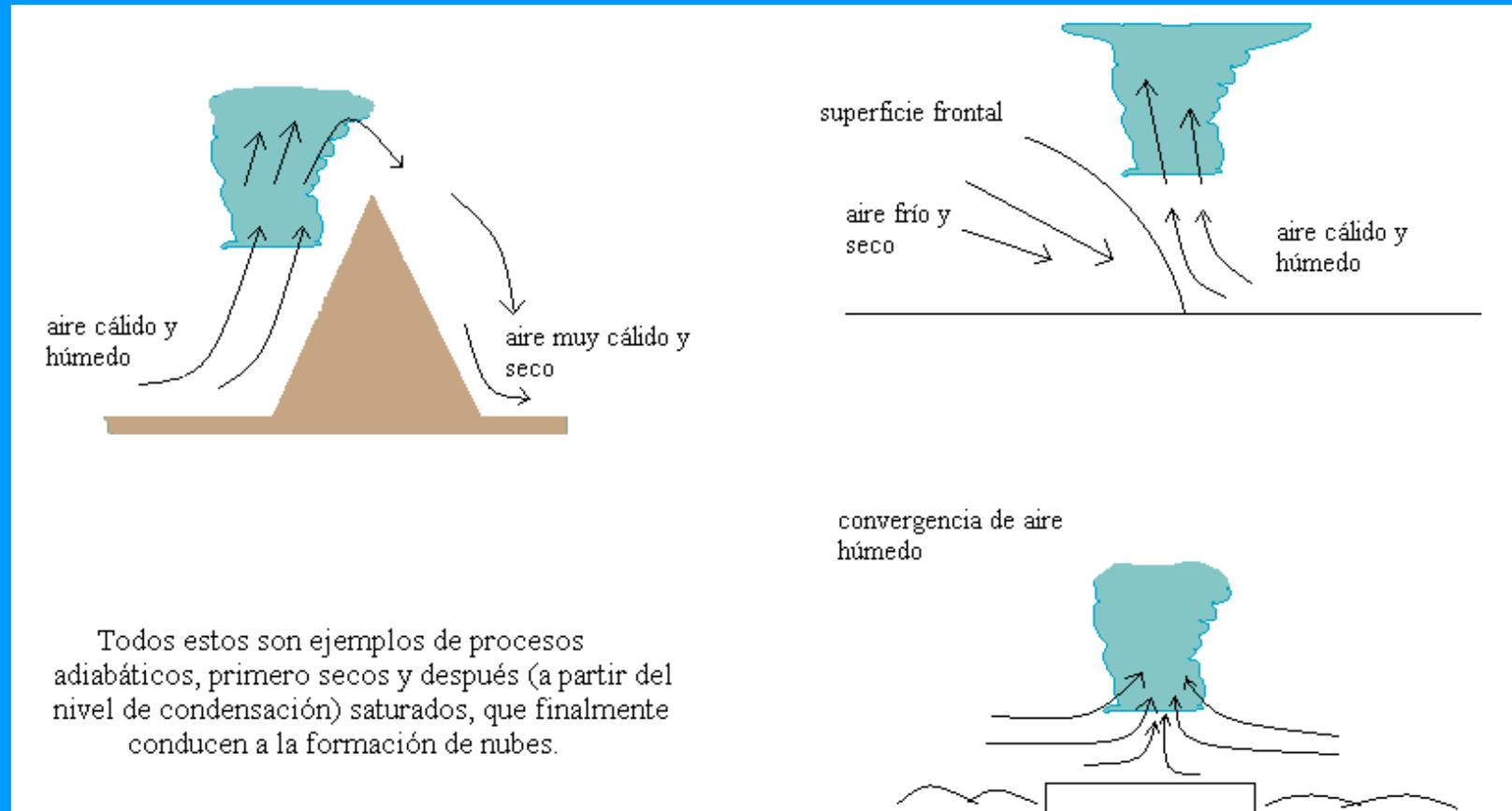
Los diagramas termodinámicos pueden ayudarnos para saber si una nube es de tipo frío o cálido.

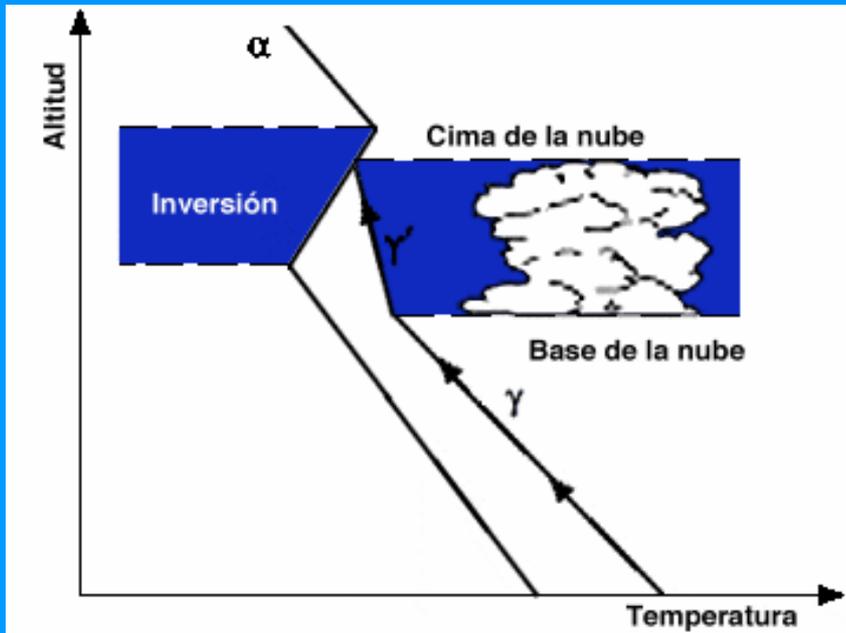




## Formación de nubes:

El principal proceso que conduce a la formación de nubes es el de ascenso de una masa de aire hasta alcanzar la saturación:



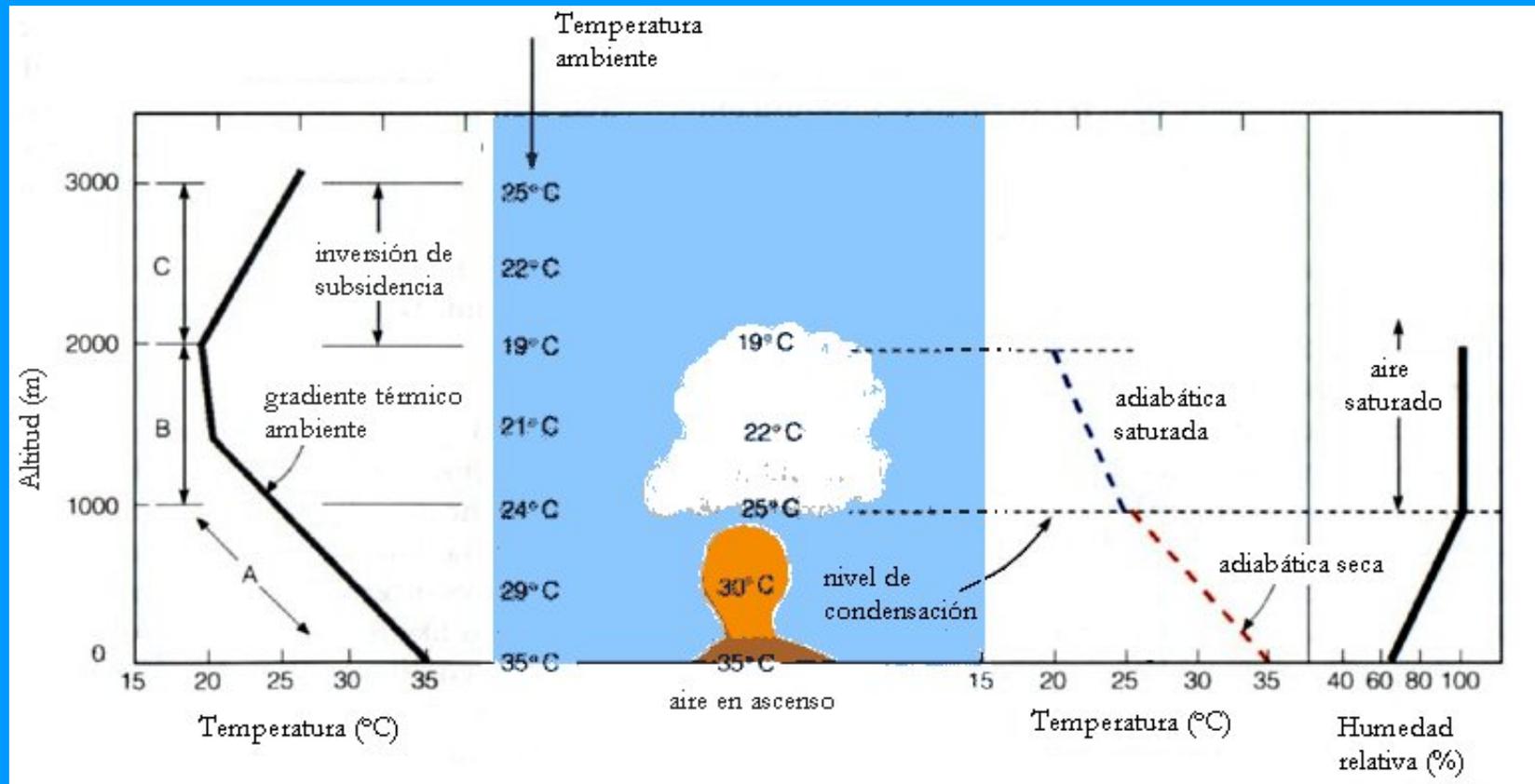


En muchas ocasiones, los procesos de ascenso se ven inhibidos por la presencia de una inversión termica. En este caso, o bien no se forman nubes, o bien se forma nubosidad de tipo estratiforme, si el ascenso de la masa de aire es en conjunto, y si el nivel de condensacion esta por debajo de la inversion.





Si lo que asciende son burbujas individuales, se formara nubosidad de tipo cumuliforme, desde el nivel de condensación hasta la base de la inversión.





Núcleos de condensación comunes son:

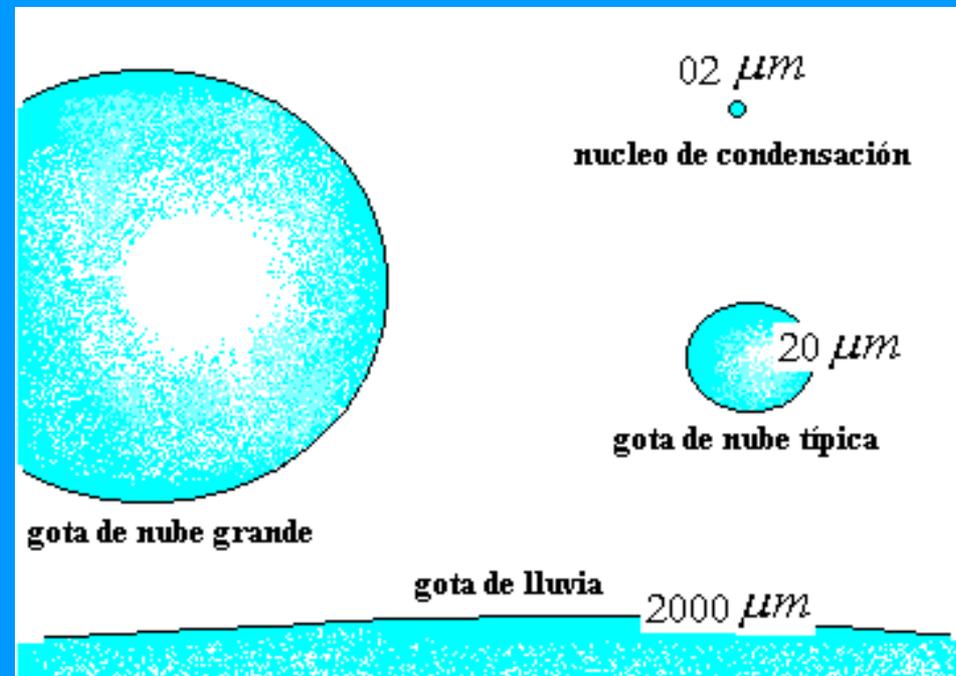
- Polvo
- Cenizas volcánicas
- Humo de fabricas
- Cenizas de incendios
- Sal
- Partículas de sulfato
- Etc



# Formación de precipitación

El tamaño de las gotas de nube no es suficiente para que, en el caso de que descendieran, alcancen el suelo sin evaporarse. Por eso, para que aparezca precipitación es necesario que las gotas de nube crezcan hasta tomar un tamaño significativamente mayor.

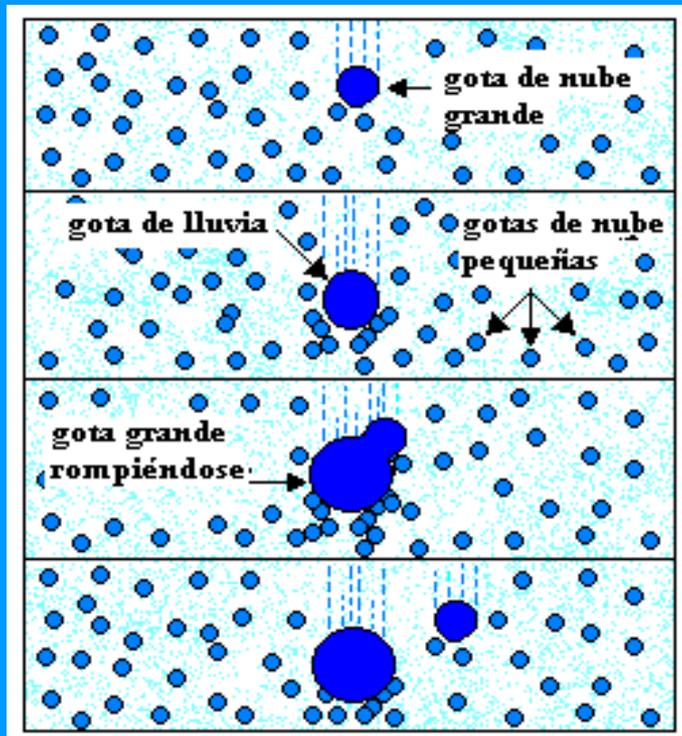
La relación de tamaños entre núcleos de condensación, gotas de nube y gotas de lluvia, es como se muestra en la figura:





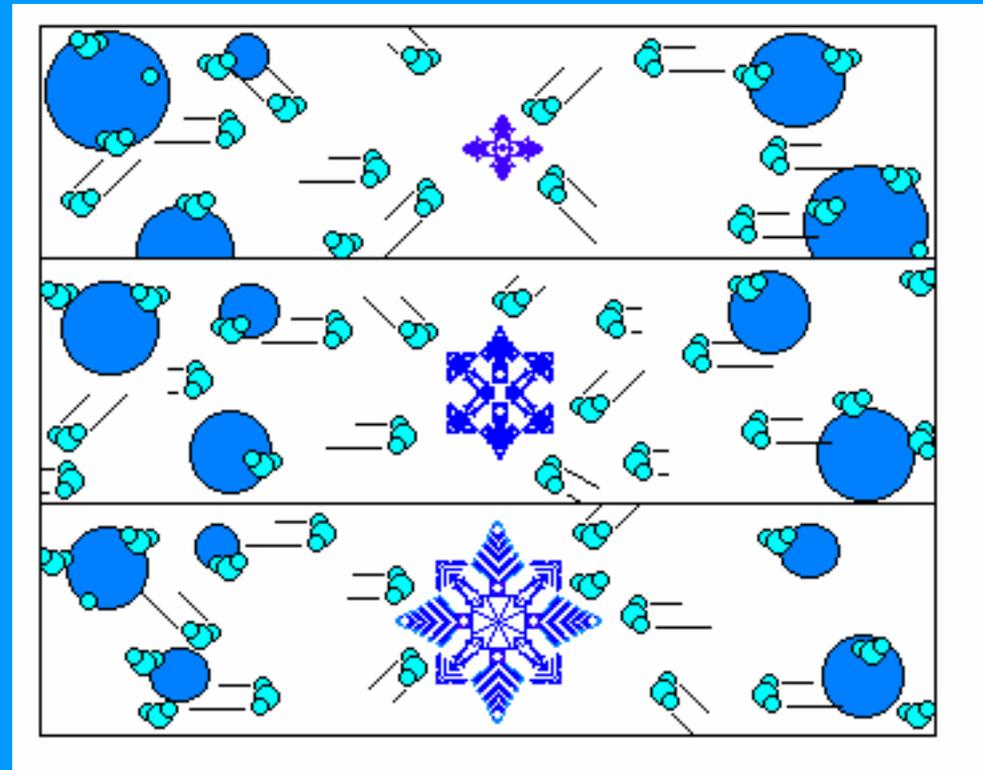
Dos son los principales procesos que contribuyen a la formación de precipitación en el seno de una nube.

### Colisión-coalescencia



Predomina en nubes de tipo 'calido'

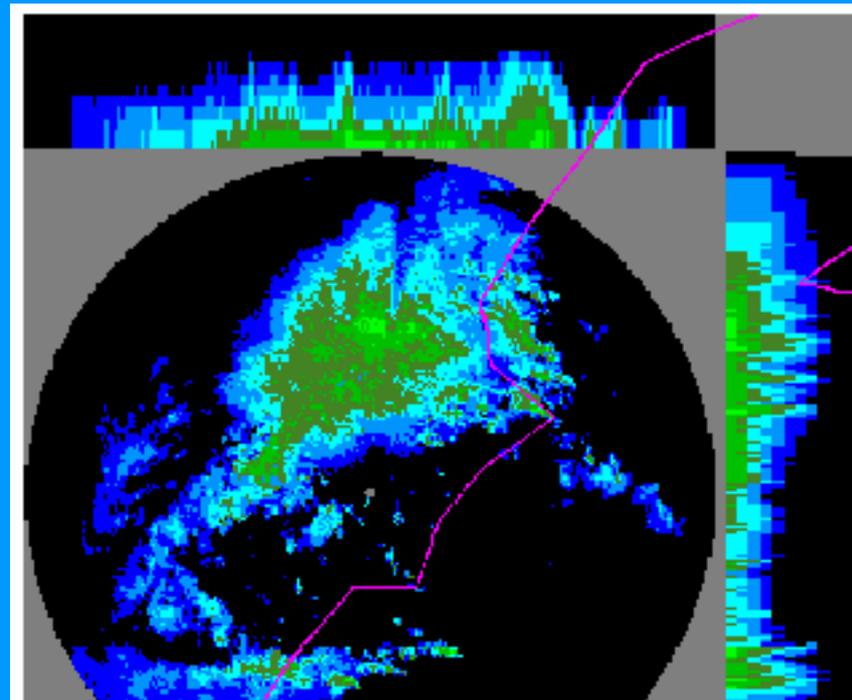
### Proceso de Bergeron



Predomina en nubes de tipo 'frío'

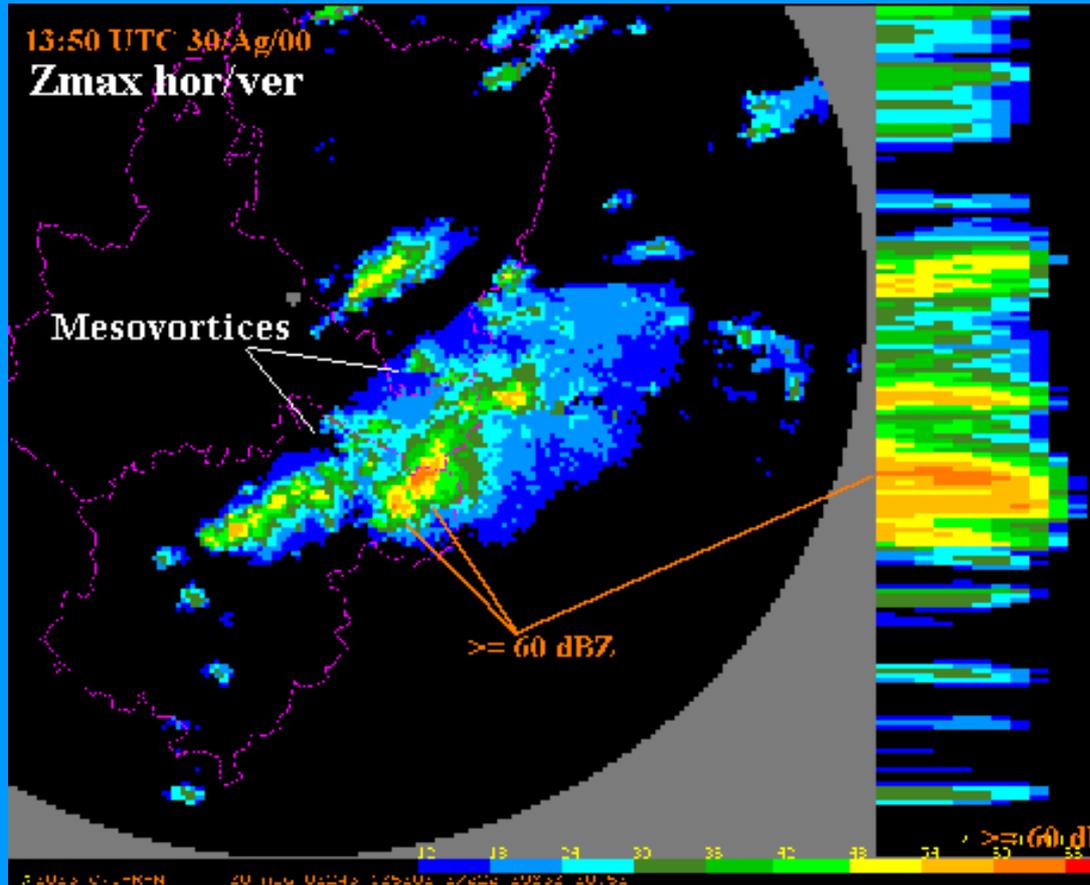


# Imagen radar de una situación con lluvias de 'tipo cálido'.



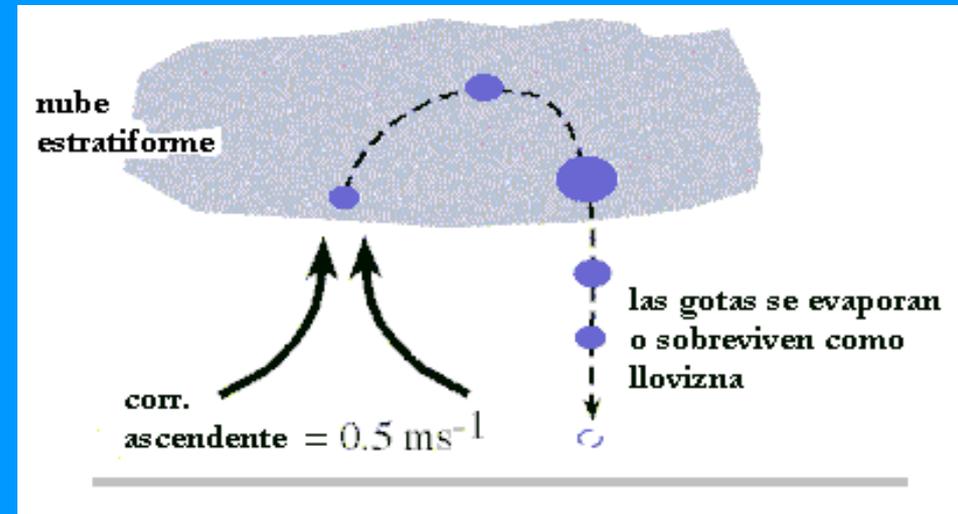
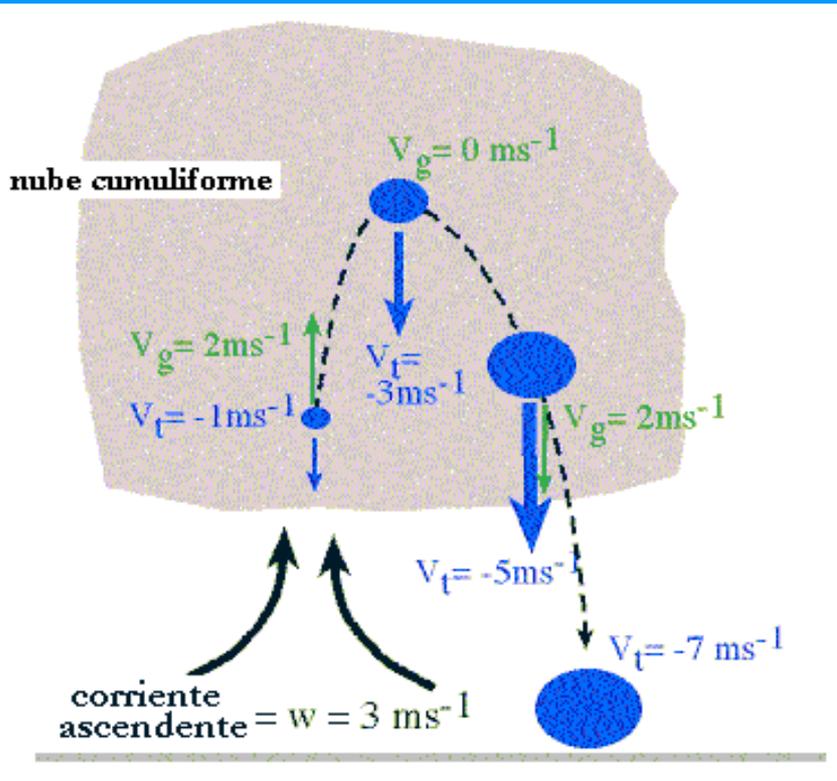


# Imagen radar de una situación con lluvias de 'tipo frío':



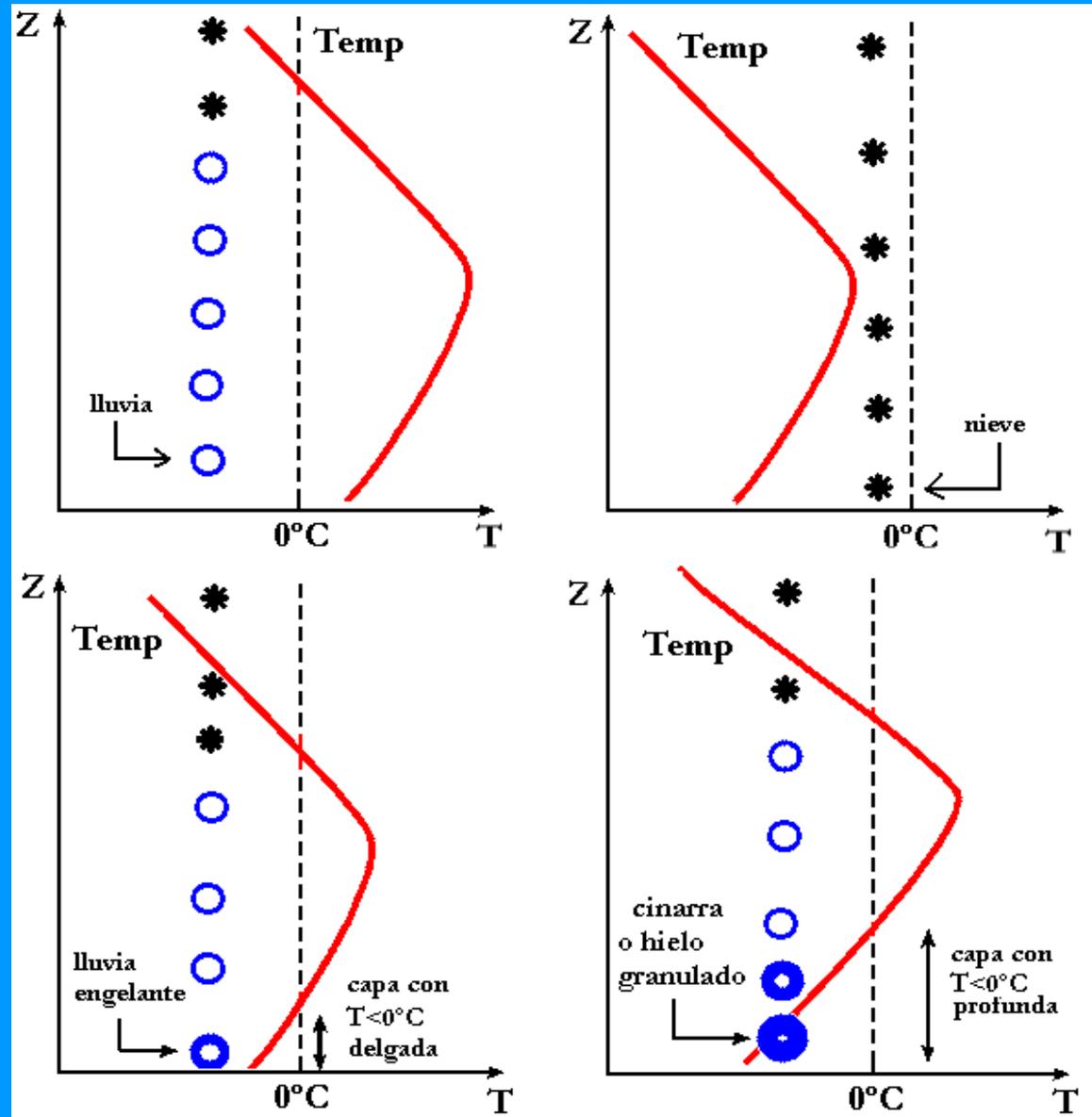


En cuanto a las velocidades de caída y tamaño de las gotas, factores importantes para determinar la intensidad de precipitación, van a depender del tipo de nube de que se trate.



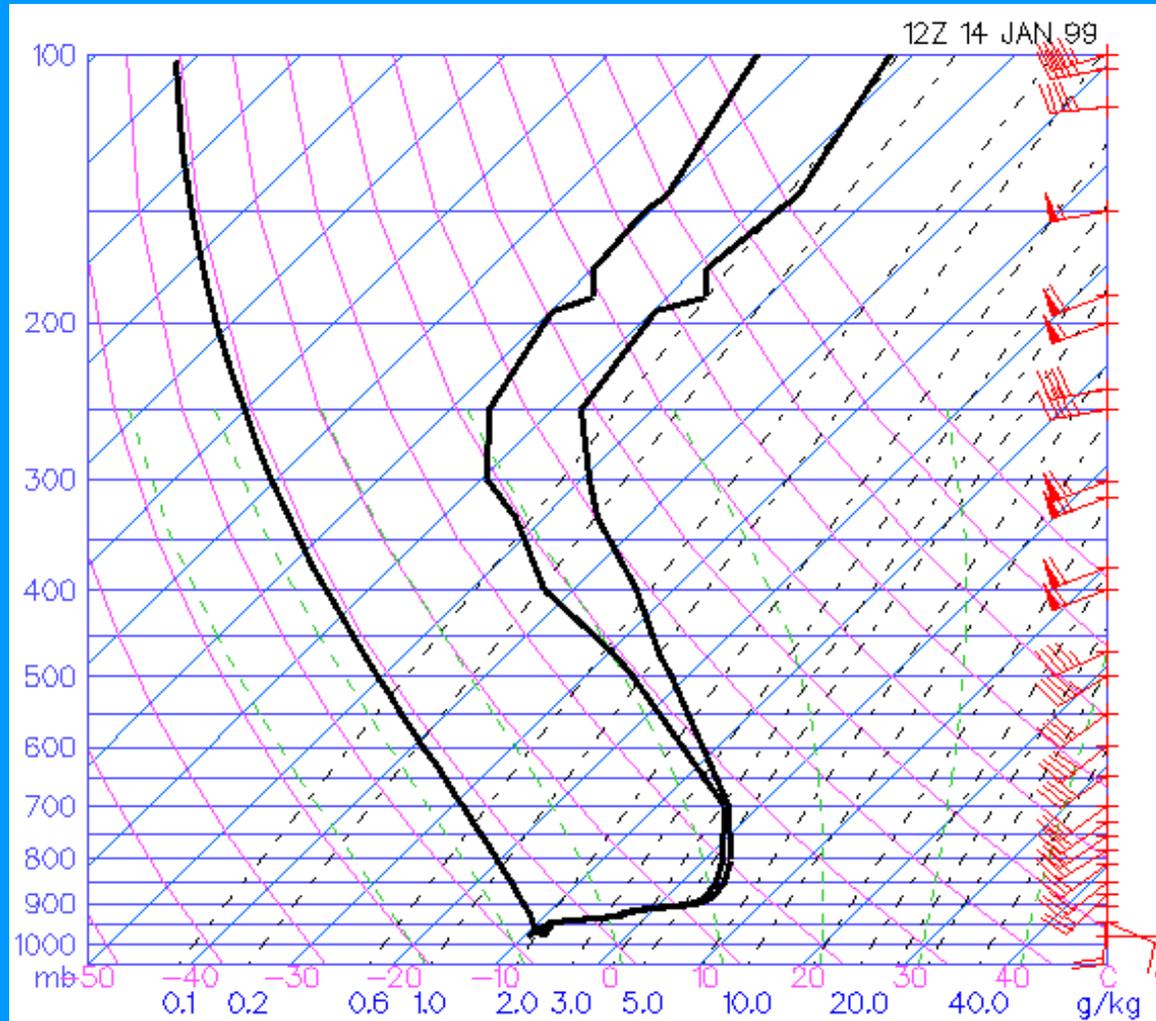


Los diagramas termodinámicos nos pueden ayudar a predecir el tipo de precipitación que se va presentar en una situación dada.



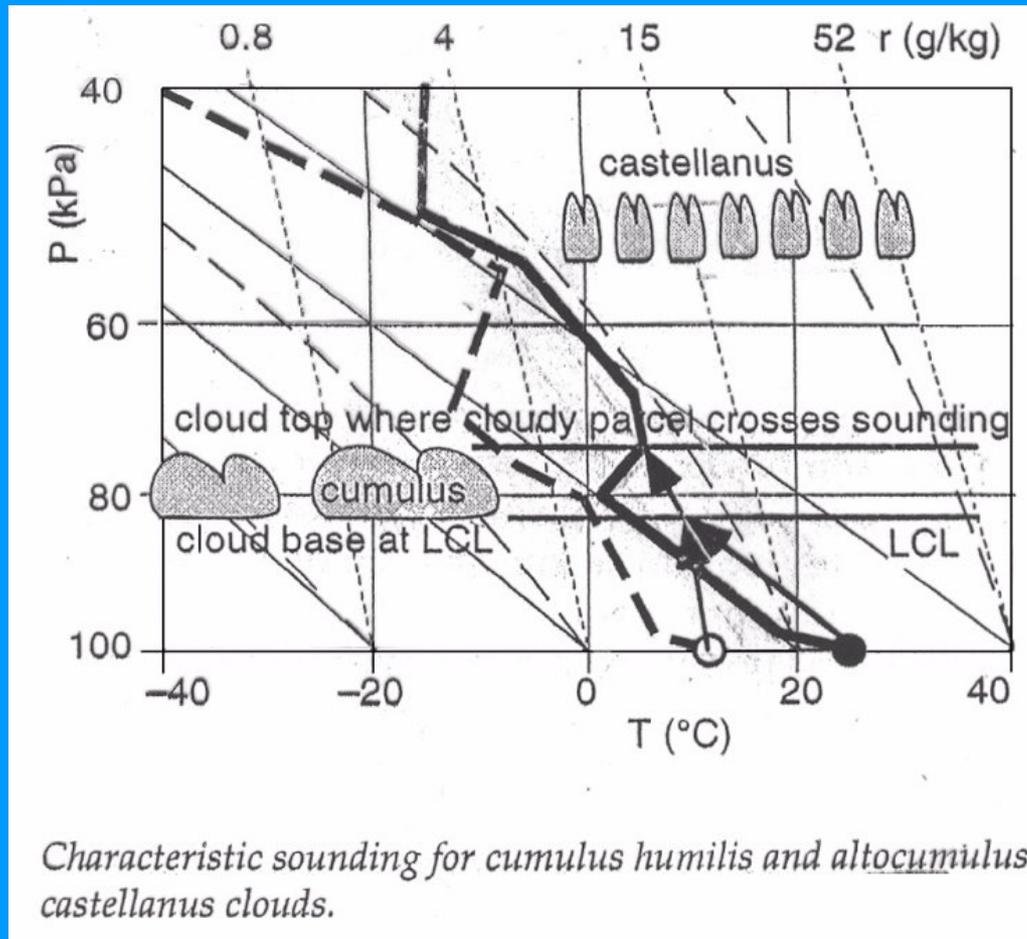


# Sondeo real en una situación de lluvia engelante o cinarra,



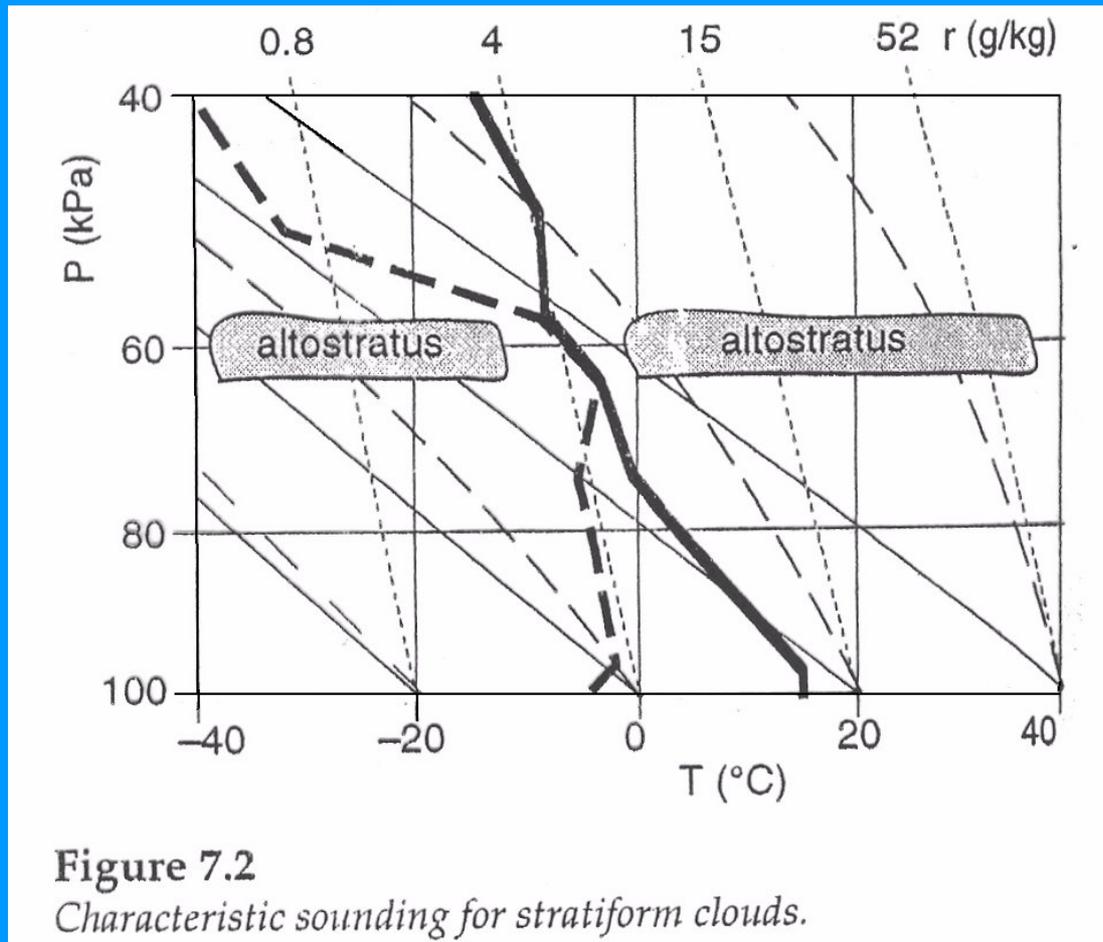


# Sondeo y formación de nubes



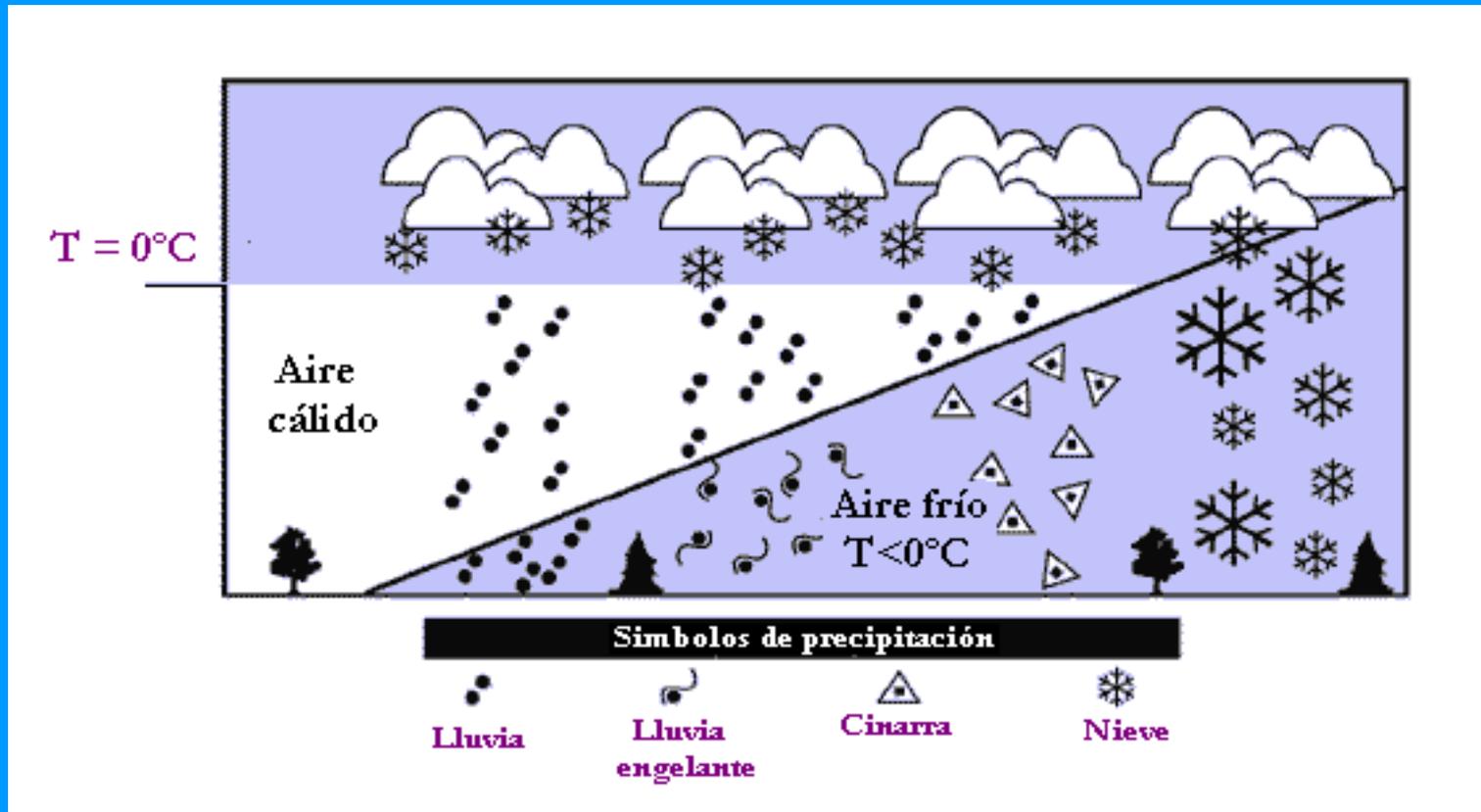


# Sondeo y formación de nubes





En la siguiente figura se representa la distribución de los distintos tipos de precipitación en un frente cálido.



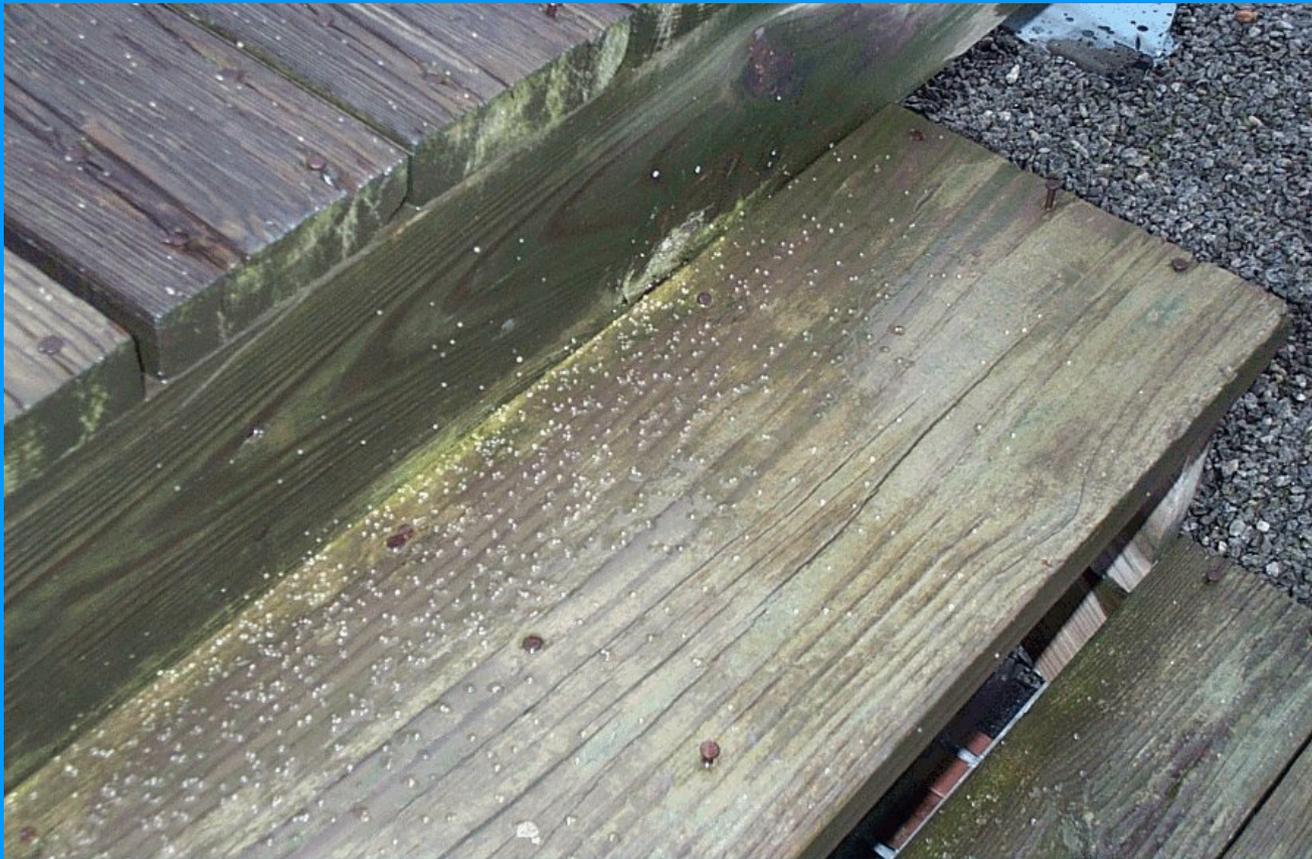


# Lluvia engelante,





# Cinarra (hielo granulado de pequeño diámetro),





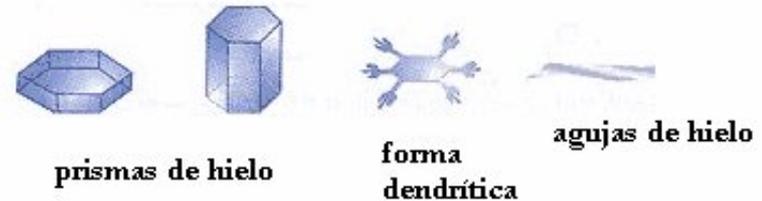
# Suelo cubierto de cinarra,





Dependiendo de la temperatura ambiente la cristalización del hielo puede dar lugar a distintas formas:

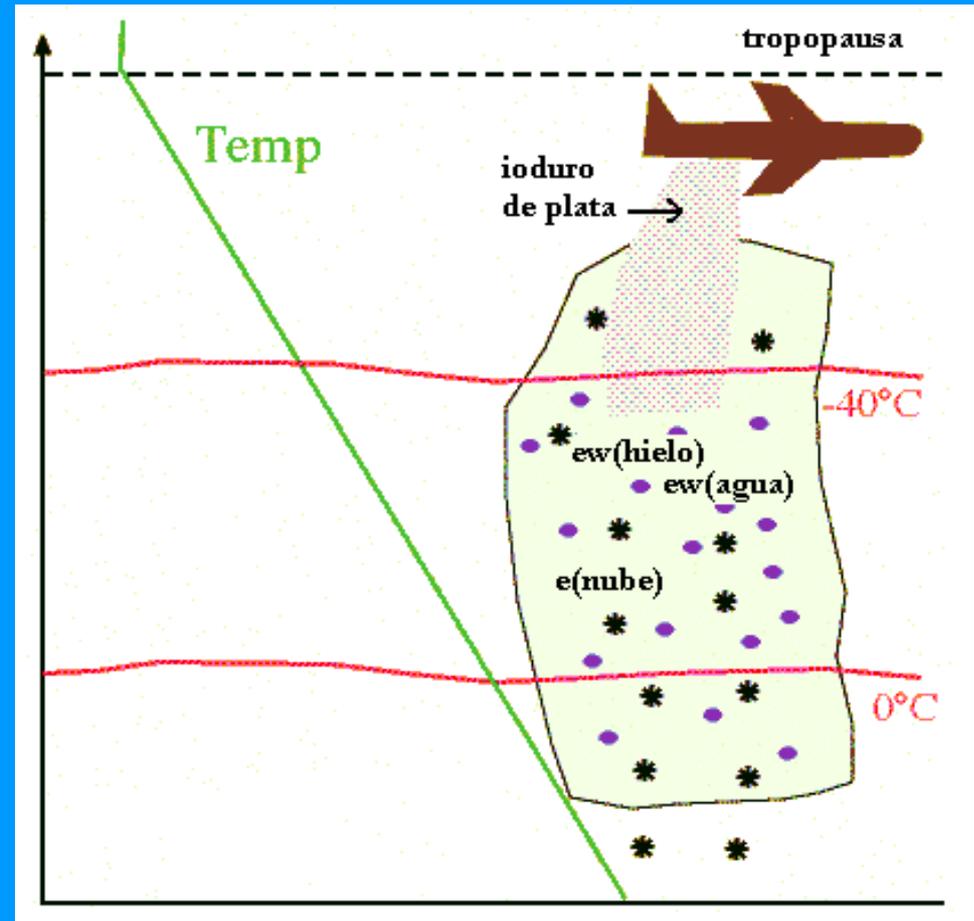
<b>Temp. (°C)</b>	<b>Forma de cristalización</b>
0 a -4	Prismas planos
-4 a -6	Agujas
-6 a -10	Prismas
-10 a -12	Prismas planos
-12 a -16	Dendritas o prismas planos
-16 a -22	Prismas planos
-22 a -40	Agujas huecas





La aparición de precipitación se puede estimular mediante la 'siembra' de núcleos de condensación activos. El más utilizado es el de yoduro de plata.

No obstante los procesos que conducen a la formación de precipitación son bastante complejos y los resultados obtenidos hasta ahora en experimentos de este tipo no son muy satisfactorios





# Bibliografía

- Donald Arhens, C. (2008) Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment. 9ª Edición.
- Roland B. Stull (2005). Meteorology for Scientists and Engineers. A Technical Compilation Book with Ahrens' Meteorology Today: Technical Companion Book t\_



# Bibliografía: básica y específica

- Básica
- Morán Samaniego, F. (1984) Apuntes de Termodinámica de la Atmósfera. Sección de Publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología, Serie B nº 4. Madrid. ( AEMET)
- Naya, A.. (1989). Problemas de Meteorología Superior. Edita I.N.M. Publicación B-24. Madrid.
- Pérez, V. y Sandiña. (2004) Meteorología. Edita Universidad de Santiago de Compostela.
- García-Legaz Martínez, C. y F. Castejón de la Cuesta (1986). Problemas de Meteorología: Estática y Termodinámica de la atmósfera. INM. Publicación B-22. Madrid.
- Andrews, D. G. (2000) An Introduction to Atmospheric Physics. (Cambridge Univ. Press).
- Ballester . M.- Meteorología, Física del Aire Editorial: Eudema Universidad (1993)
- Barry, R.G. y Chorley, R.J. (1990). Atmósfera, Tiempo y Clima. Ediciones Omega, 7ª edición. Barcelona.
- Burroughs, W.J. (2001). Climate Change. Cambridge Univ. Press.
- Casas Castillo, M.C. y Alarcón Jordán, M. (1999). Meteorología y Clima. Ediciones UPC.
- Cuadrat , J. M. y Pita, M. F. (1997). Climatología. Ediciones Cátedra.
- Donn, W.L. - Meteorología. Editorial Reverte (1988).
- Dutton, J.A. (1986). Dynamics of the Atmospheric Motion. Dover Edition.
- HALTNER, G.J. 1957. *Dynamical and Physical Meteorology*. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Haltner G.J y F.L. Martin (1990). .- Meteorología Dinámica y Física. Editorial: Instituto Nacional de Meteorología.
- Holton, J. r. (1992). An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press.



- Iqbal, M. (1983). An Introduction to Solar Radiation. Academic Press.
- Iribarne J.V. y W.L. Godson.(1996). Termodinámica de la Atmósfera. Serie B nº 36. Editorial: Ministerio Medio Ambiente.
- Jacobson, M.Z. (1999). Fundamentals of Atmospheric Modelling. Cambridge University.
- Kondratiev, K. Ya. (1969). Radiation in the Atmosphere. Academia Press.
- Medina, M. (1976). Meteorología Básica Sinóptica. Editorial Paraninfo.
- Medina, M. (1988). Iniciación a la Meteorología Editorial Paraninfo.
- Moran J.M y M. D. Morgan. (1994). - Meteorology. Editorial: Prentice Hall.
- Salby. M.L (1996). Atmospheric Physics Editorial:Academic Press.
- Wallace, J.M. y P.V. Hobbs. (1998). Atmospheric Science. Editorial: Academic Press.
- 5.7.1 Bibliografía Prácticas de Física de la Atmósfera
- Bird, D.C. (1991). Experimentación, Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos, Prentice Hall Hispanoamericana.
- Estrela, M.J. y Millán, M.M. (1994) Manual Práctico de introducción a la Meteorología. Centro de Estudios Ambientales del Mediterraneo
- Cancillo, M.L., Garcia, J.A., Serrano, A., Mateos, V.L., Gallego, M.C., Alonso, F.J., Acero, F.J. y Martinez, M.A. (2006),. Guiones de Práctica de técnica sexperimentales en meteorología. Colecciones manuales de la Universidad de Extremadura, UEX-46.
- Huerta, F. (1984). Apuntes de Meteorología Sinóptica (Análisis escalar). Instituto Nacional de Meteorología (AEMET). Publicación B-16.
- Ramis, C. (1996). Prácticas de Meteorología. Universidad de las Islas Baleares. Material Didactico-11.