

Universidad de Chile
Departamento de Geofísica

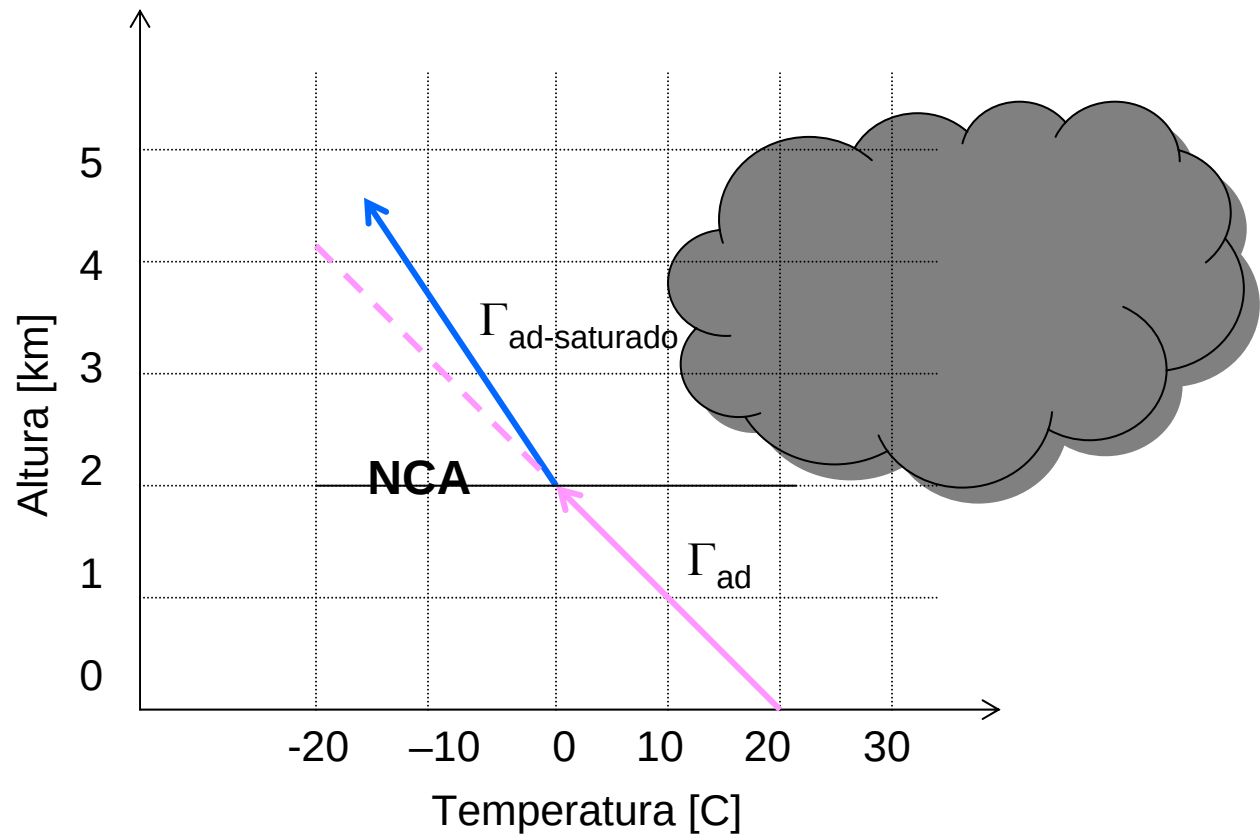
Introducción a la Meteorología y Oceanografía (2009)

Nubes: macro- y microfísica (3H)

Prof. René Garreaud
www.dgf.uchile.cl/rene

Formación de Nubes

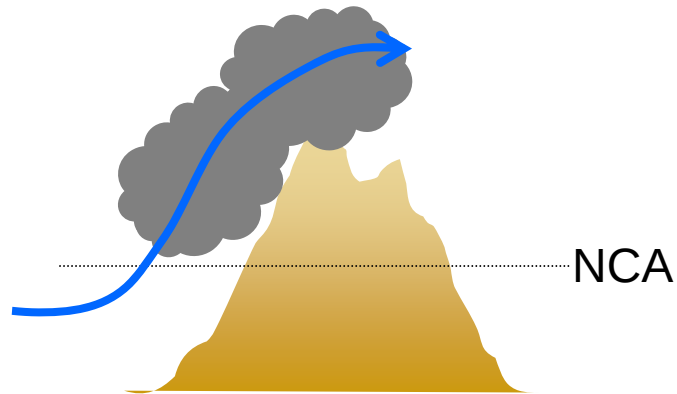
Saturación por enfriamiento
Enfriamiento por ascenso



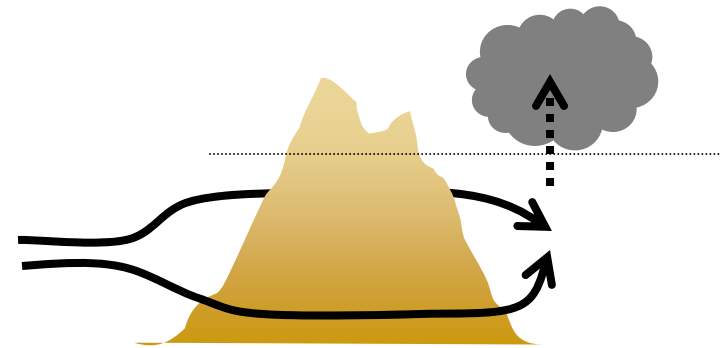
Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

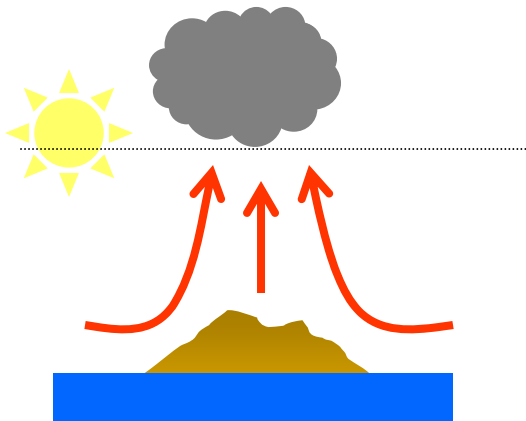
Mecanismos de ascenso en la atmósfera



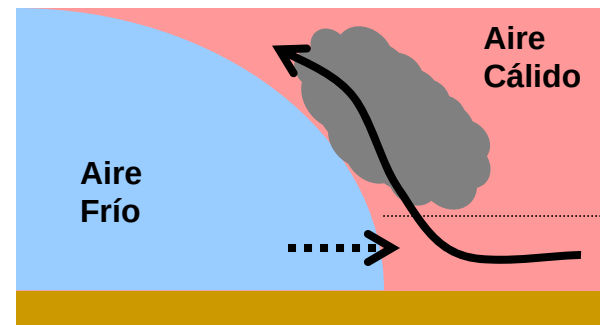
(a) Ascenso Orográfico



(b) Convergencia Orográfica



(c) Ascenso Convectivo



(d) Ascenso Frontal

Introducción a la Meteorología – Nubes

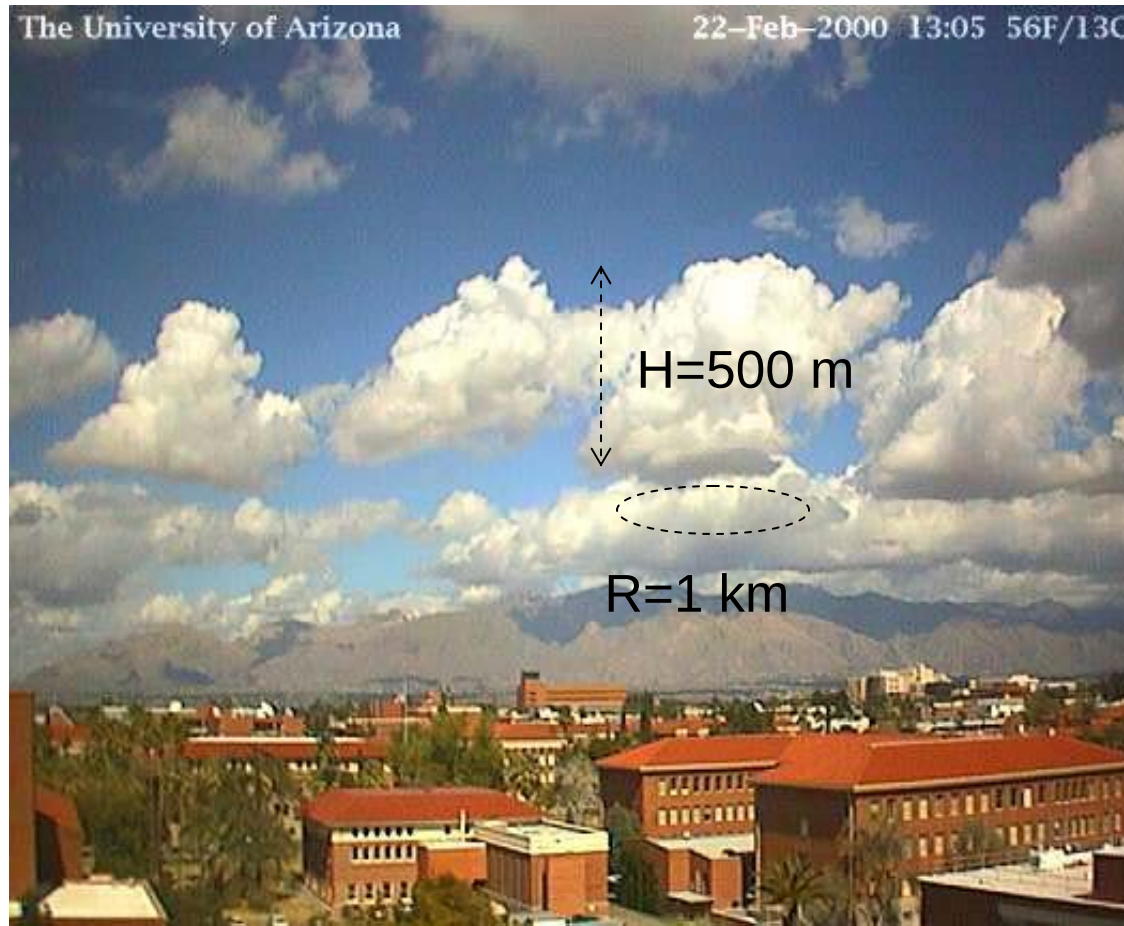
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Mecanismos de ascenso en la atmósfera



Introducción a la Meteorología – Nubes
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

¿Cuanto pesa una nube? ¿Cuánta agua tiene?
Expresar en términos de un camión y piscina



Conc. de gotas: 100
gotas/cm³

Tamaño de una gota:
0.01 mm = 1e-5 m

Densidad del aire:
1 kg/m³

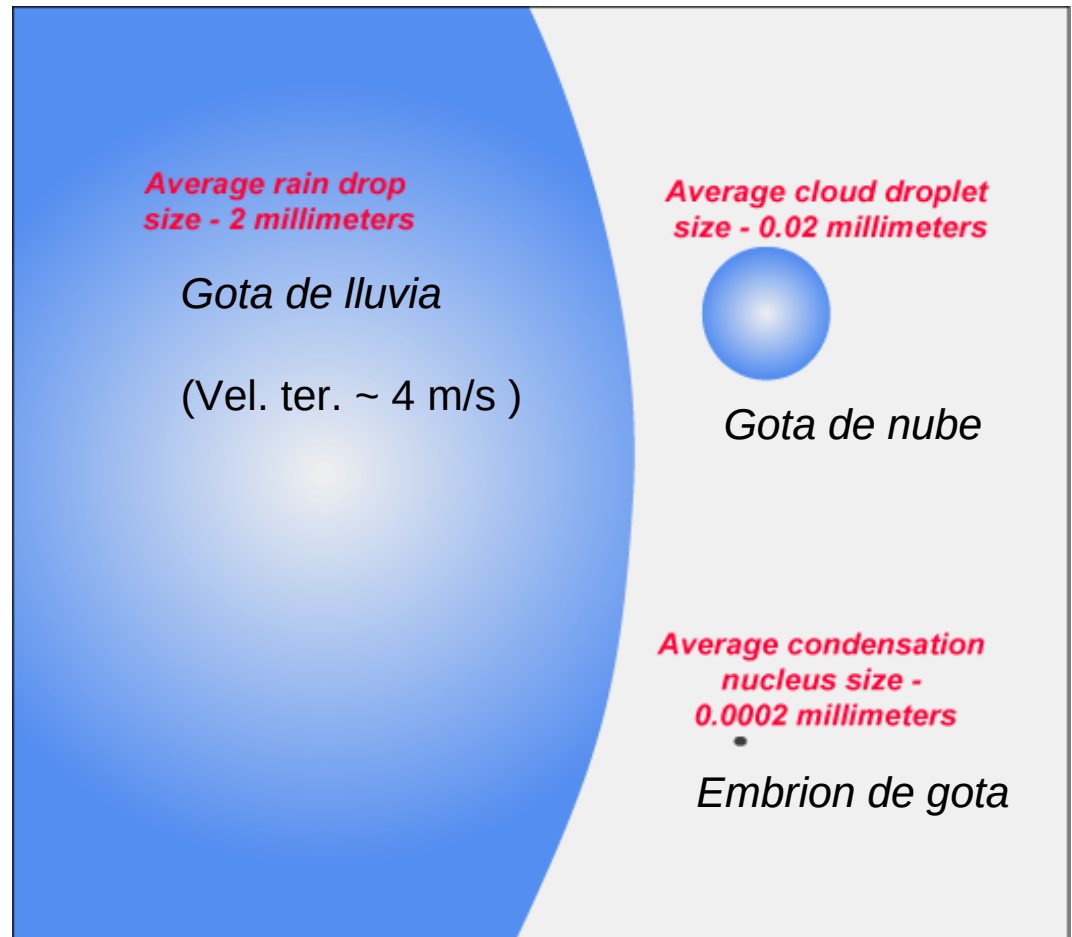
Densidad del agua:
1000 kg/m³

Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Regresemos al mundo microscopico...como se forman las nubes?

Una vez alcanzada la saturación comienzan a formarse “embriones” de gotas sobre los **Núcleos de Condensación** (aerosoles higroscopicos)....



Introducción a la Meteorología – Nubes

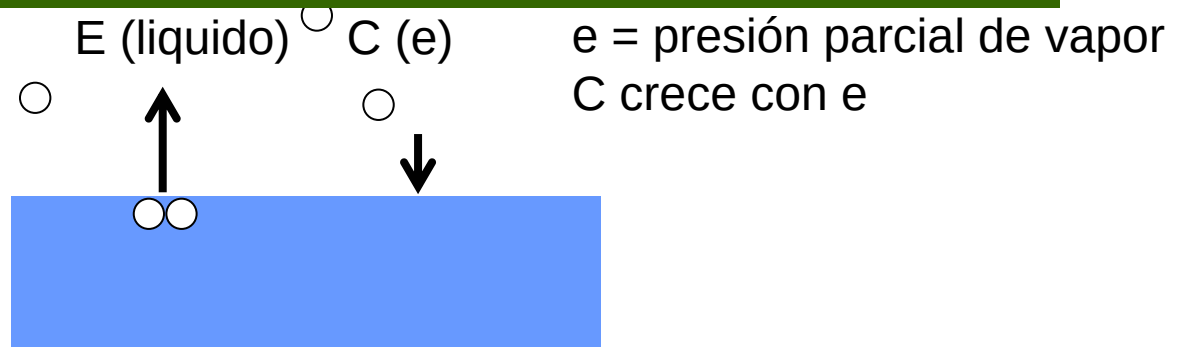
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

**Fuentes de
Aerosoles
(solo una
facción de
ellos actúan
como NC)**



Introducción a la Meteorología – Nubes

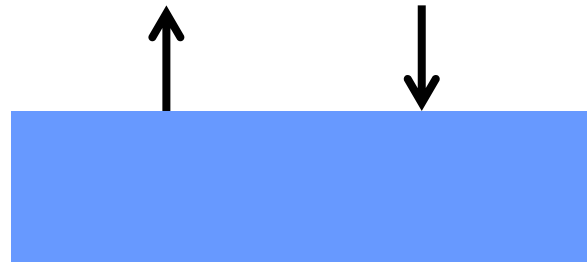
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Aire saturado c/r
 sfc. plana agua pura

$$E \text{ (liquido)} = C (e_{\text{equil}}^1)$$

$$e_{\text{equil}}^1 \equiv e_{\text{sat}}(T)$$

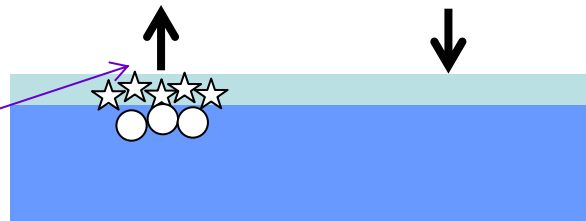


Aire saturado
 c/r sfc. plana hielo

$$E \text{ (liquido)} = C (e_{\text{equil}}^2)$$

$$e_{\text{equil}}^2 \equiv e_{\text{sat}}^{\text{ice}} < e_{\text{sat}}$$

Cubierta de hielo dificulta la
 evaporación (sublimación)
 debido a incremento en
 cohesión



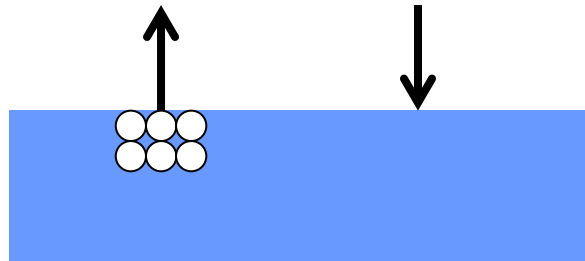
Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Aire saturado
c/r sfc. plana agua

$$E \text{ (liquido)} = C (e_{\text{equil}}^1)$$

$$e_{\text{equil}}^1 \equiv e_{\text{sat}}(T)$$

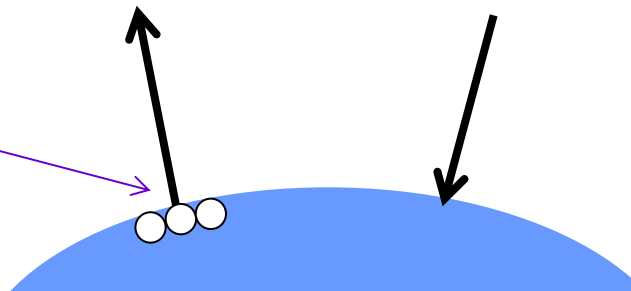


Aire saturado
c/r gota de agua

$$E \text{ (liquido)} = C (e_{\text{equil}}^3)$$

$$e_{\text{equil}}^3 \equiv e_{\text{sat}}^{\circ} > e_{\text{sat}}$$

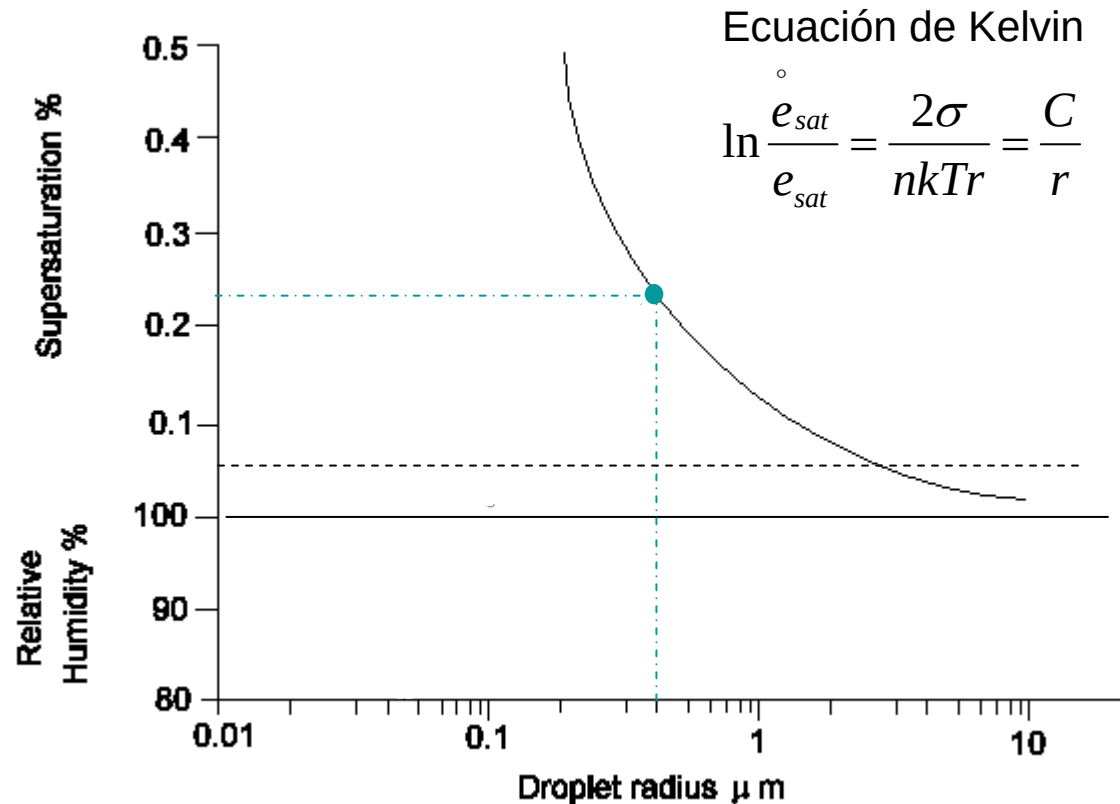
Curvatura superficial
facilita la evaporación
debido a la reducción de
cohesión superficial



$$\ln \frac{e_{\text{sat}}^{\circ}}{e_{\text{sat}}} = \frac{2\sigma}{nkTr} = \frac{C}{r}$$

Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Tenemos un problema...se requiere tener una súper saturación alta para mantener en equilibrio gotas pequeñas...

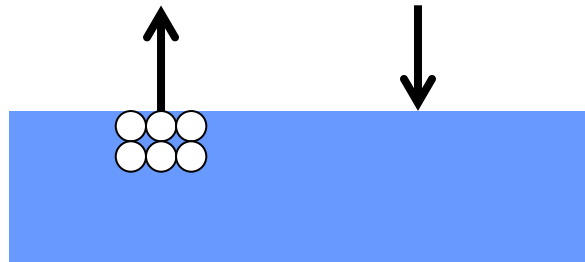
Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Aire saturado c/r sfc.
plana agua **pura**

$$E \text{ (liquido)} = C (e_{\text{equil}}^1)$$

$$e_{\text{equil}}^1 \equiv e_{\text{sat}}(T)$$

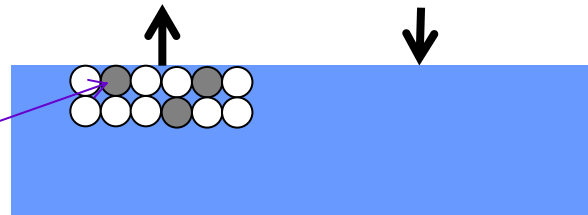


Aire saturado c/r sfc.
plana agua + **soluto**

$$E \text{ (liquido)} = C (e_{\text{equil}}^4)$$

$$e_{\text{equil}}^4 \equiv e'_{\text{sat}} < e_{\text{sat}}$$

Presencia de soluto
(núcleos de condensación
soluble) aumentan
cohesión



$$\frac{e'_{\text{sat}}}{e_{\text{sat}}} = f \propto \frac{n'}{n' + N}$$

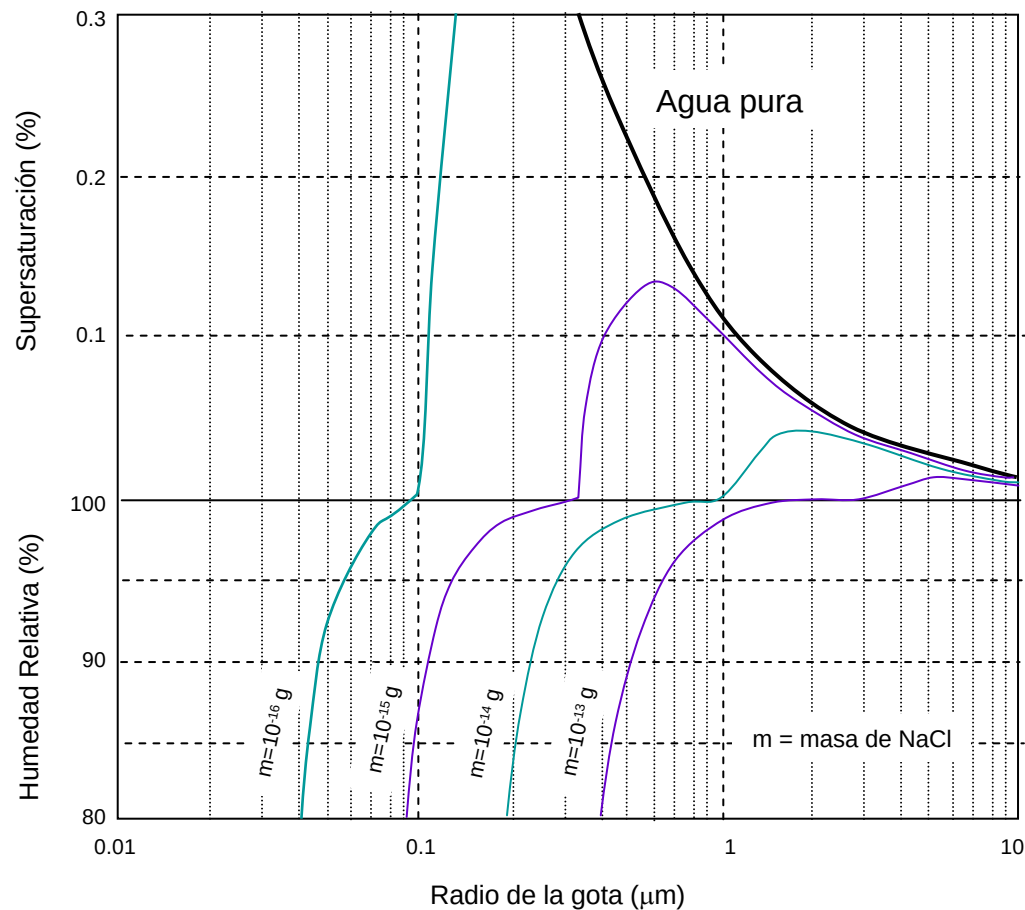
köhler

Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Curvas de Köhler: efecto combinado de curvatura y soluto

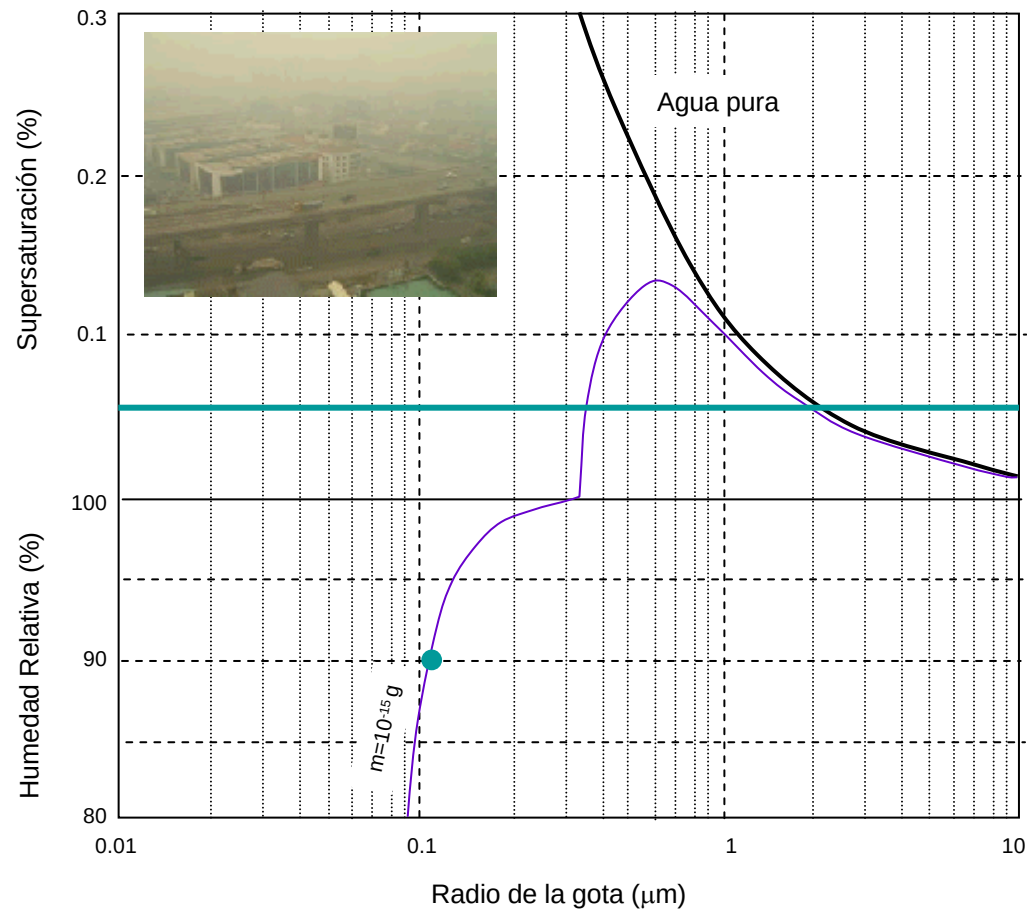
$$\frac{e'_{sat}}{e_{sat}} = 1 + \frac{\dot{C}}{r} - \frac{C'}{r^3}$$



Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

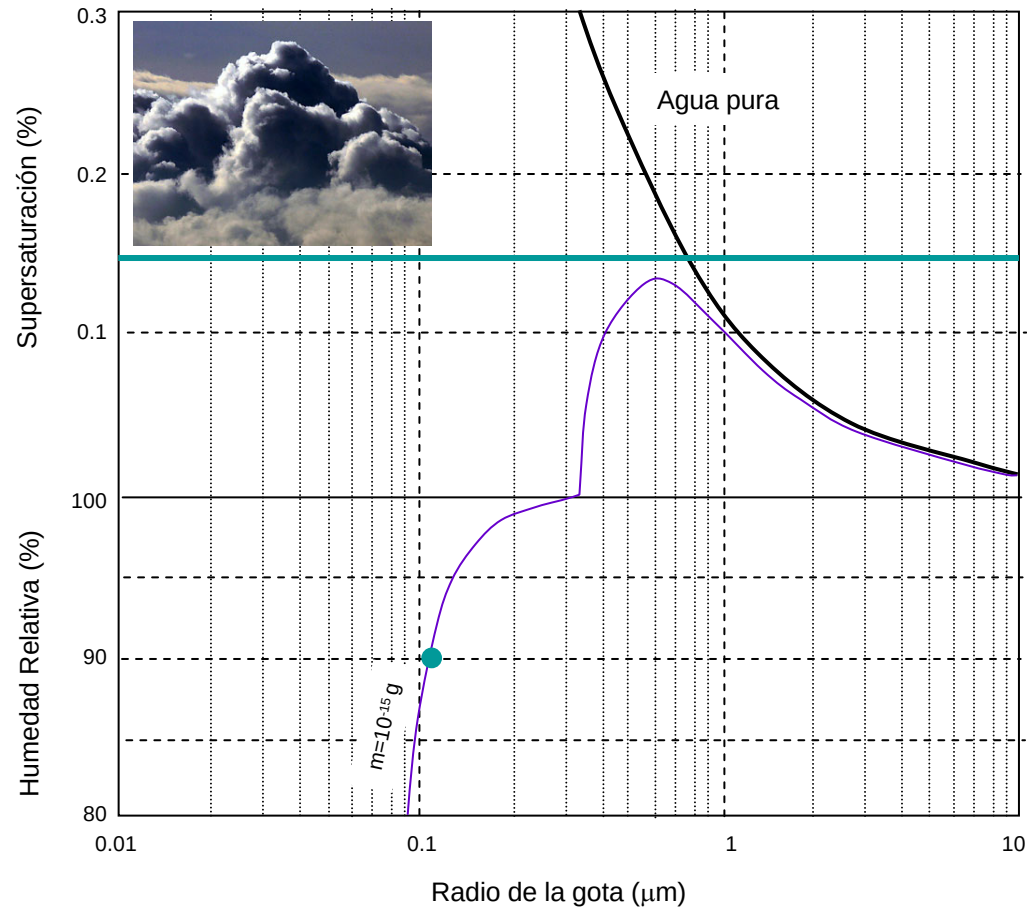
Formación de bruma y neblina



Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Formación de nubes



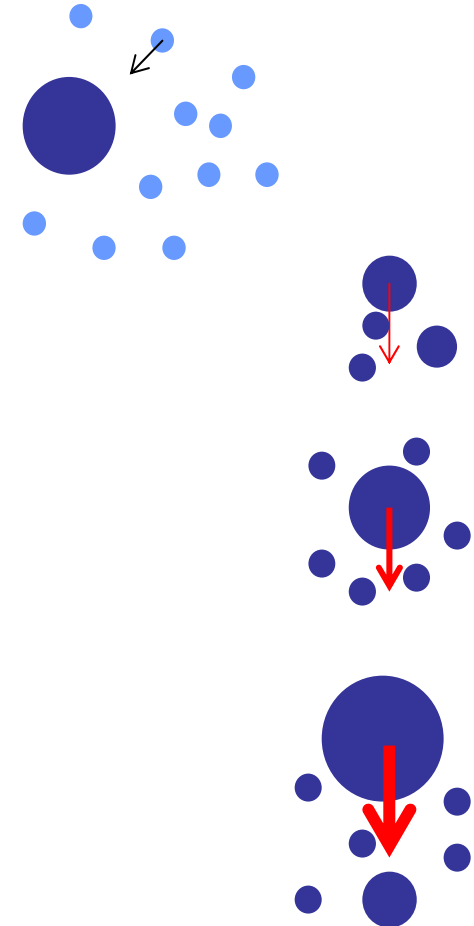
Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

En una tormenta, los embriones crecen miles de veces hasta convertirse en gotas de nube/lluvia en menos de una hora...como es posible esto?

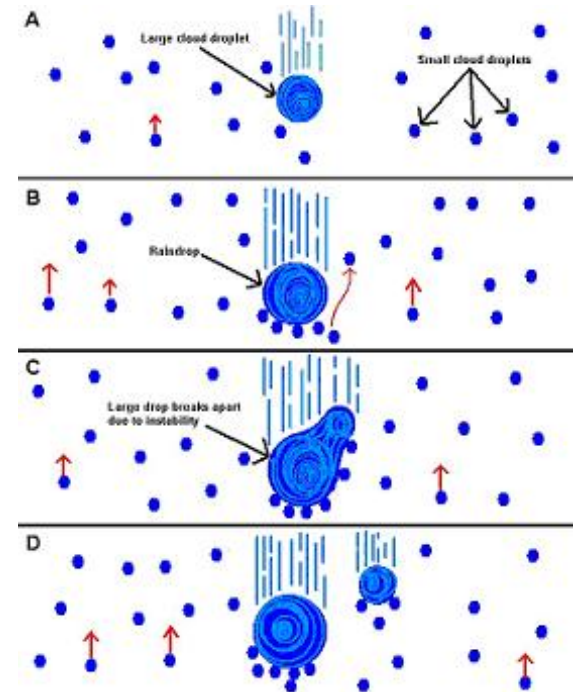
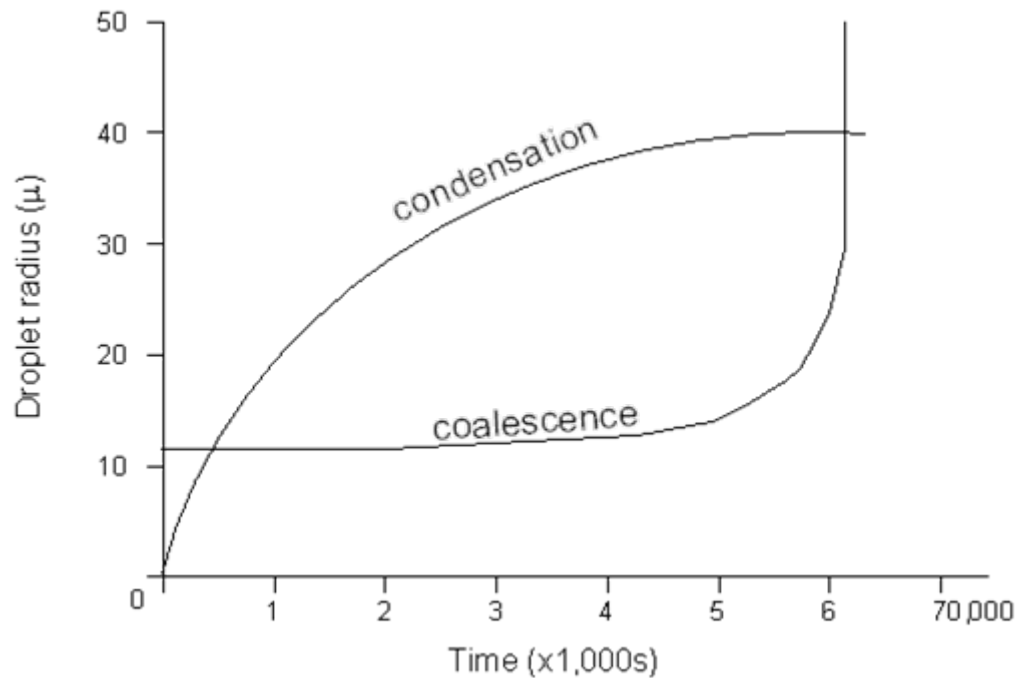
En una primera etapa las gotas crecen por difusión de vapor de agua. Este proceso esta controlado por la cantidad de vapor disponible, el tamaño de la gota y su contenido químico; su eficiencia decrece con el tamaño de la gota.

En una segunda etapa, las gotas crecen por colisión-coalescencia (choque entre gotas). La eficiencia de este mecanismo aumenta con el tamaño de la gota (mayor área colectora, mayor vel. terminal)



Introducción a la Meteorología – Nubes

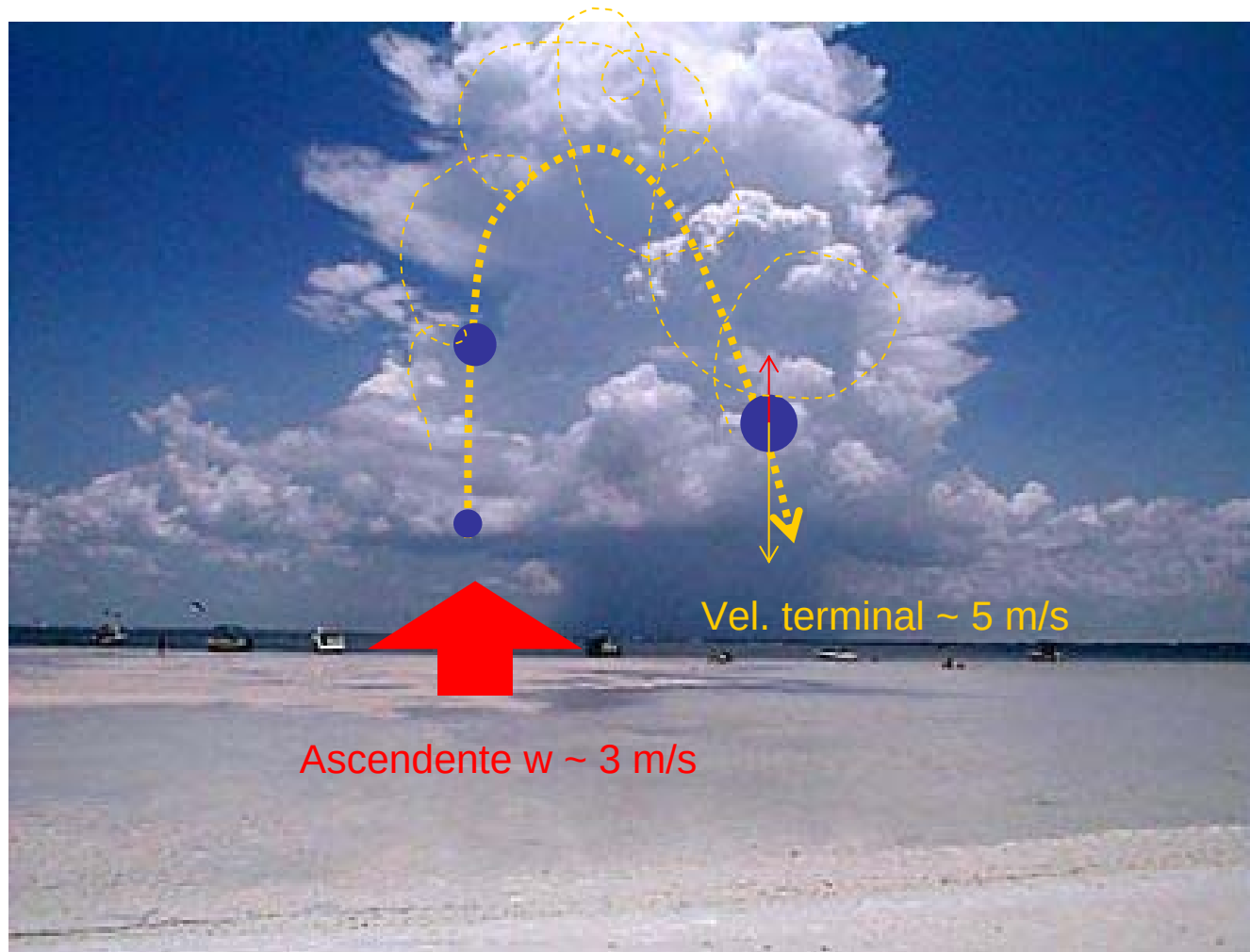
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

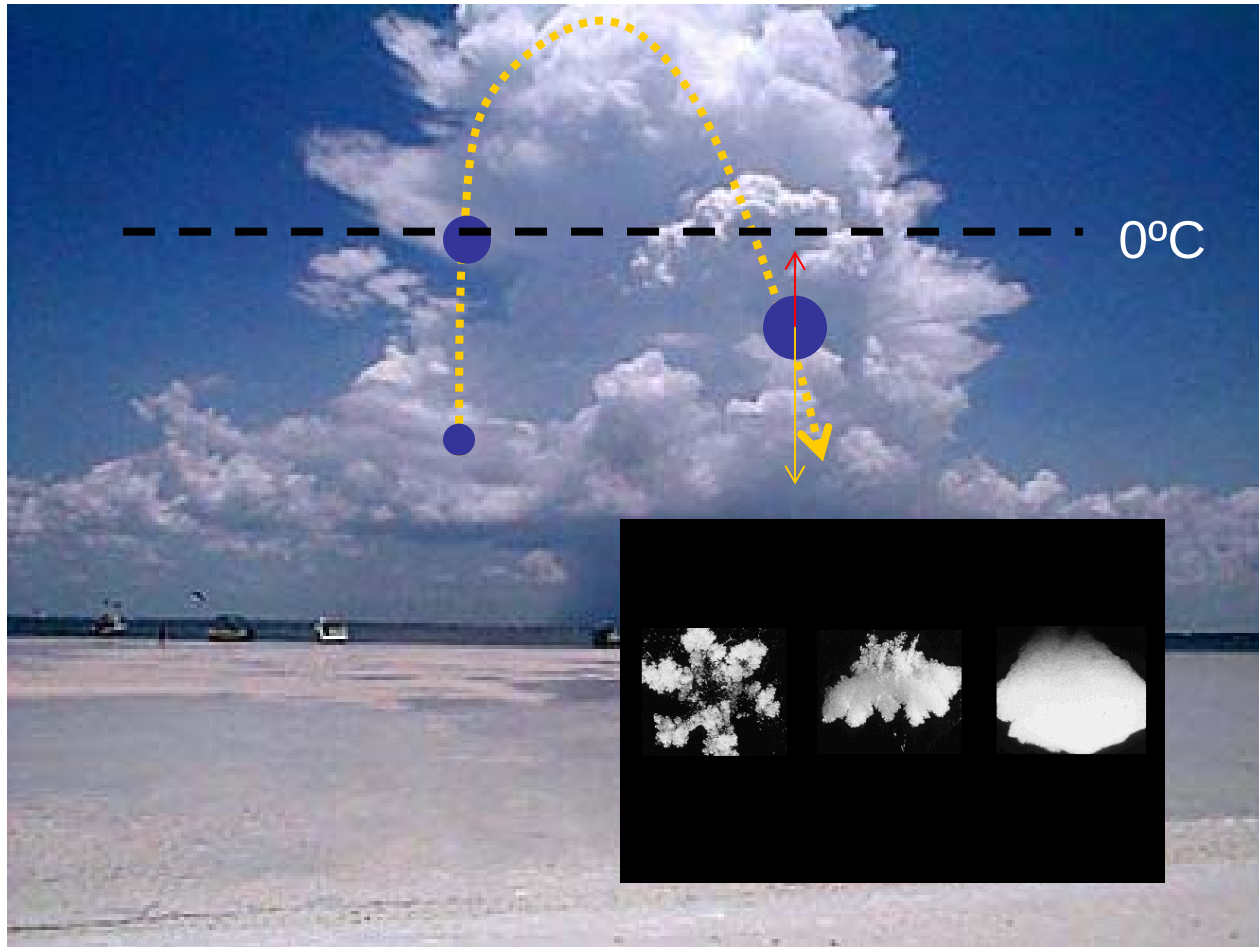
Por supuesto, la trayectoria de una gota puede complicada, en especial en una tormenta convectiva...



Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Las cosas también se complican en una nube fría (parte de su volumen esta sobre isoterma de 0C). En este case el agua se congela rápidamente y sigue creciendo como granizo..



Introducción a la Meteorología – Nubes

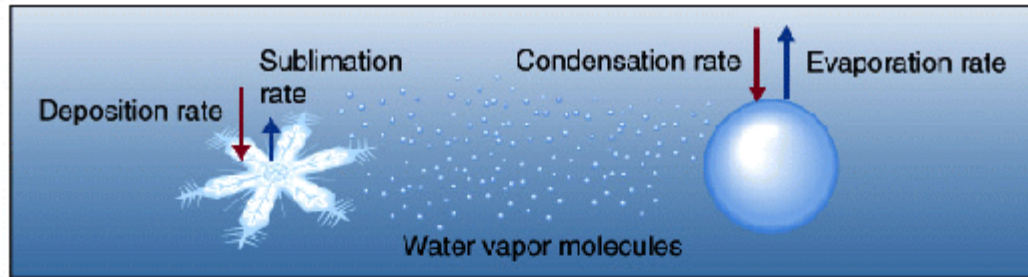
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Una situación distinta ocurre en una tormenta de nieve. En este caso toda (o casi toda) la nube está bajo 0°C , y la difusión de vapor ocurre en torno a núcleos de condensación de hielo (típicamente en forma prismática), dando origen a la nieve.



Introducción a la Meteorología – Nubes

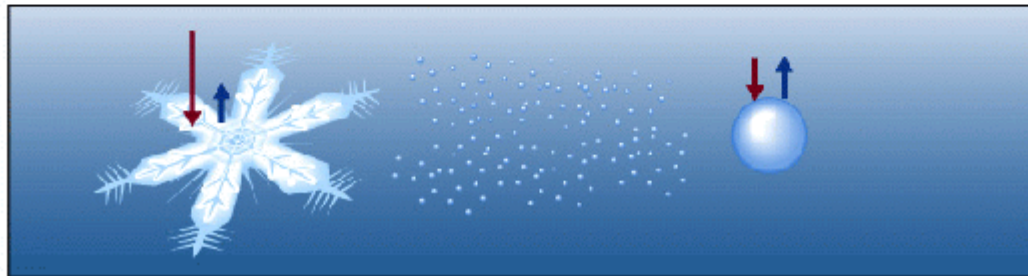
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



(a)



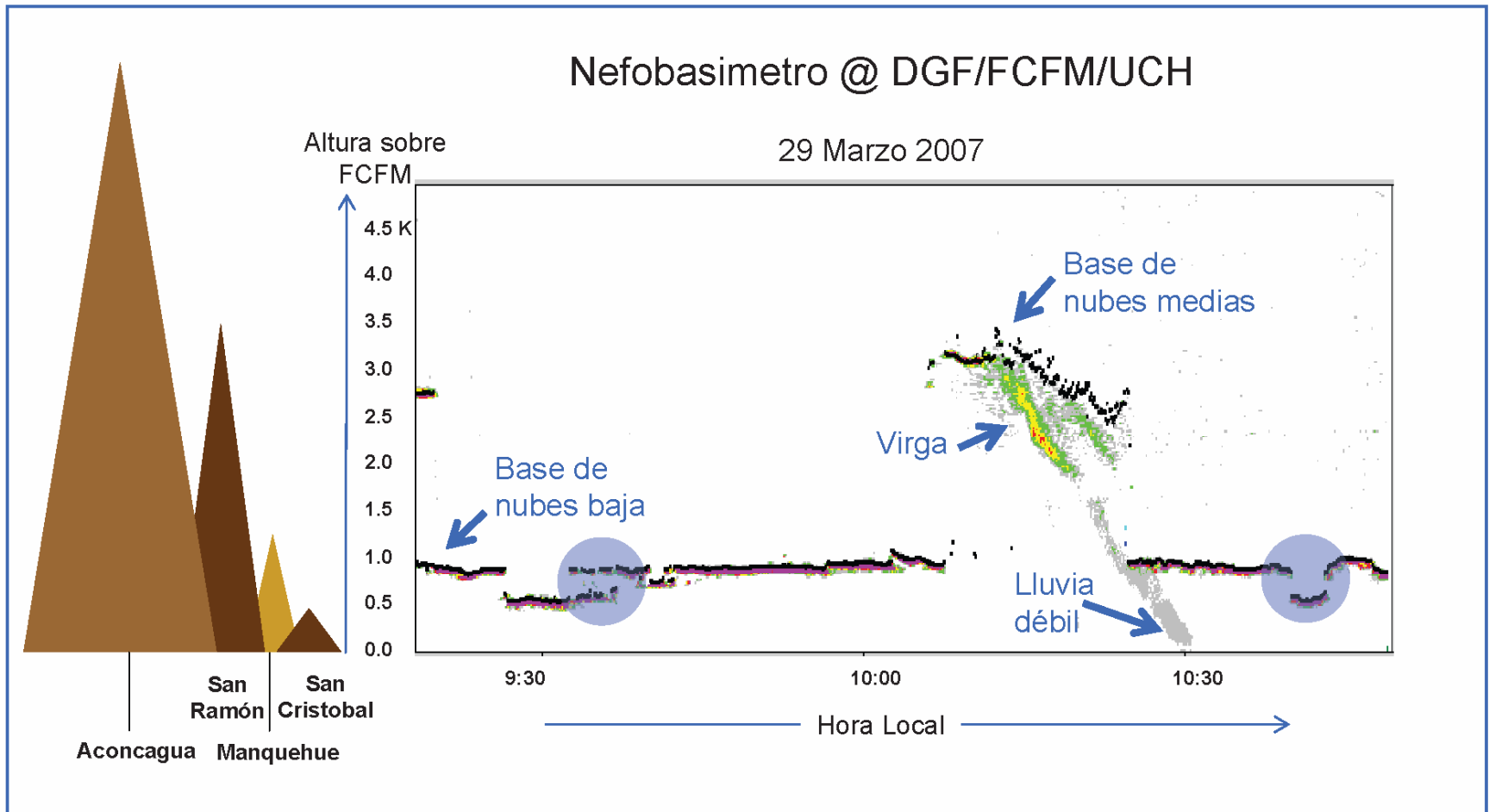
(b)



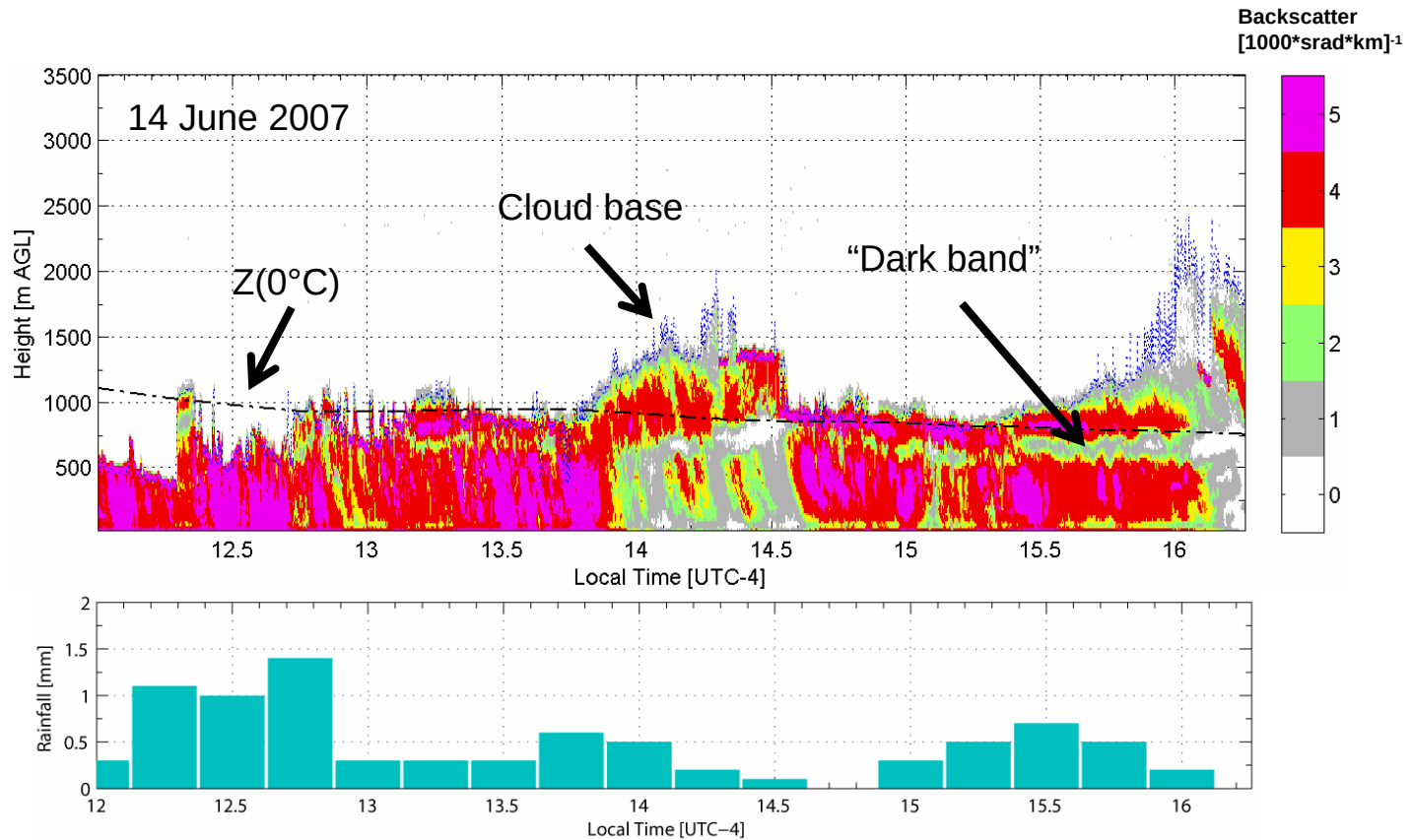
(c)



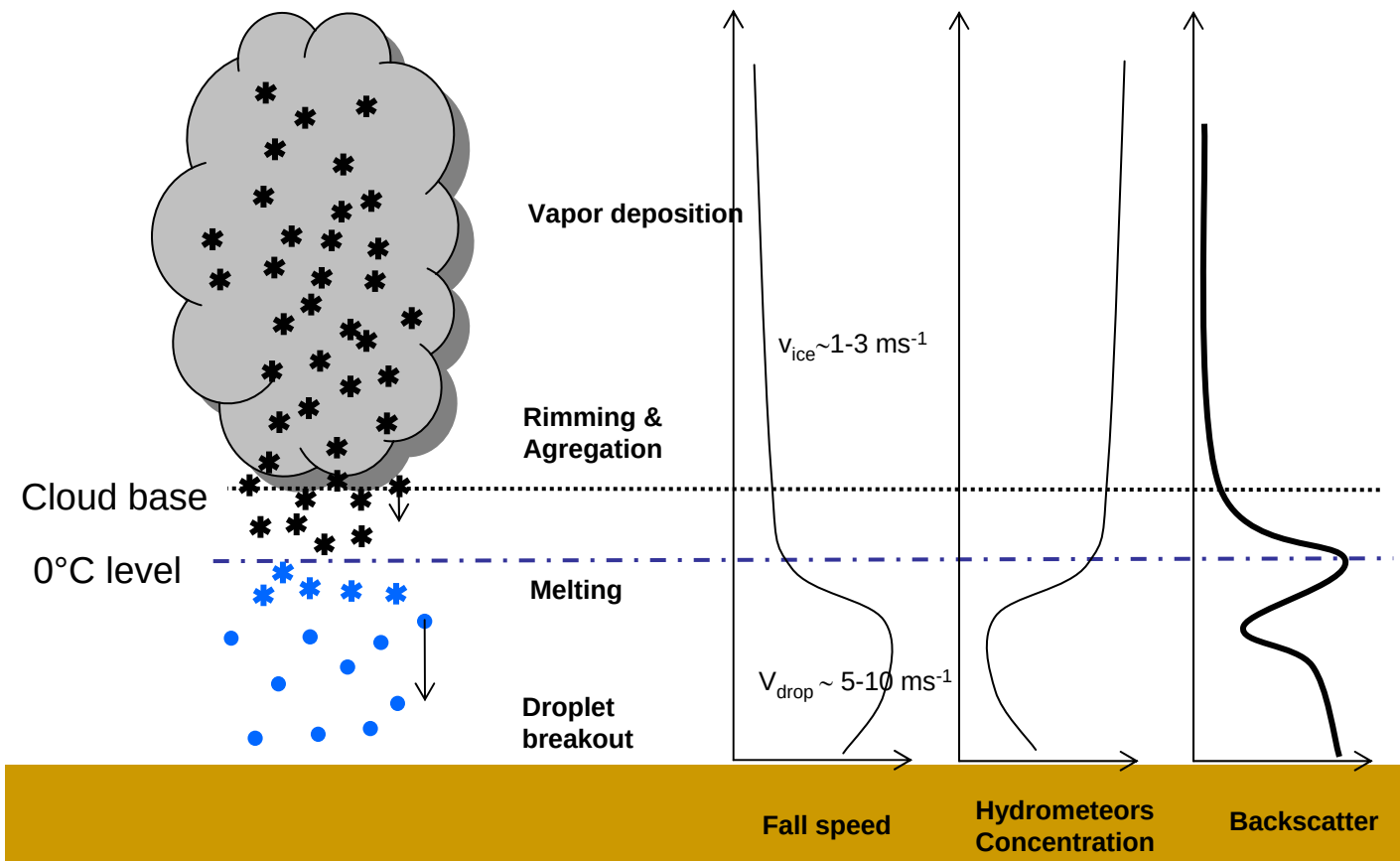
Ejemplo NEFOBASIMETRO @ DGF-UCH (en operación desde Enero 2007)



DGF-UCH Ceilometer data



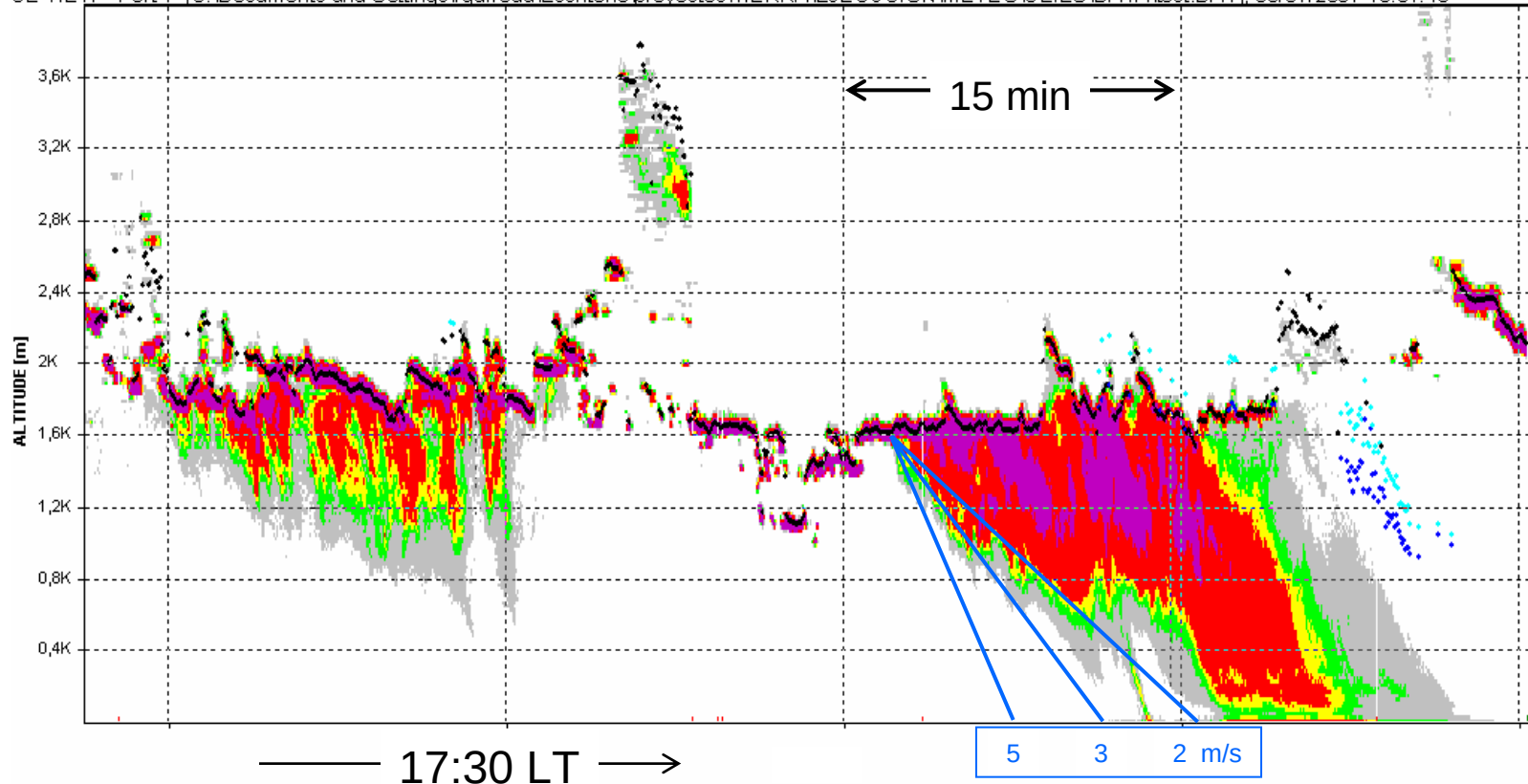
$$C_{\text{drop}}/C_{\text{ice}} = v_{\text{ice}}/v_{\text{drop}} \sim 0.1 - 0.5$$



Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

CL-VIEW - Port 1 [C:\Documents and Settings\rgarreau\Escritorio\proyectos\TIERRA\EJECUCION\METEO\CEILO\DATA\test.DAT], 06/07/2007 13:07:48



GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 7

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

