

TEMA 3. INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE NUBES

3.1 Física de nubes

Definición de NUBE de la OMM: Agregado de partículas de agua o hielo en suspensión en la atmósfera libre

Física de nubes desde 1940:

agregados visibles microfísica de nubes: formación y crecimiento de estas partículas hasta

dinámica de nubes: movimiento de aire asociado a las nubes
< 1Km --- > 1000Km

3.2 Identificación de las nubes

Existe gran variedad de formas y tamaños

Su nomenclatura no refleja ninguna característica dinámica de la nube. Es meramente descriptiva y está basada en su apariencia física. Es útil para que personas sin formación meteorológica sepan reconocerlas en observatorios o al aire libre.

Modos de identificación:

Visual:

observador en superficie
apariencia, ninguna característica dinámica
atlas internacional de nubes

Satélite:

sí se observan características físicas
radiación que llega al satélite

Rádar:

en modo normal: tamaño
movimiento

3.2.1 Escalas de movimiento que afectan a las nubes

De acuerdo con las escalas del movimiento de Olanski (1975) las nubes se pueden clasificar en tres escalas que afectan a la dinámica de las nubes:

- escala sinóptica: escala horizontal aprox 2000Km
- mesoescala: 20-2000 Km
- escala convectiva (meso- γ): 0,2-20Km

3.2.2 Tipos de nubes identificadas visualmente

El modo clásico de identificar las nubes es de modo visual (observación visual). Se aprecian formas diferentes que permiten agrupar nubes y que son reconocidas internacionalmente.

Cada 6 horas (obs. climática), cada 3 h (sinóptica) o cada 1/2h (metasinóptica) se hace una observación y se valora la cantidad de nubes que cubren el cielo (se mide en octas) y el tipo de nube. Esta información se transmite a los centros meteorológicos. También se anota y transmite la

forma, apariencia y evolución de las nubes observadas en las siguientes horas (observación cada 6 horas: tipo y cubierta).

Aunque la definición y nombre de las nubes es por su aspecto visual cada tipo tiene características dinámicas diferentes.

En principio se sigue el Atlas Internacional de Nubes de la OMM que clasifica las nubes en:

- Observación visual: se dividen en 10 géneros
- Cada género tiene diversas formas --> especies
- Cada especie se divide en variedades

Nos quedamos con los 10 géneros y lo más importante para nosotros es la división por alturas:

Altura de la base de la nube: bajas (hasta 2Km), medias (de 2 a 4-8 Km) y altas (de 4-6 a 13-18Km).

Además de estos 10 géneros deberíamos también considerar la niebla, aunque de acuerdo con las normas mundiales de observación es más una “reducción de visibilidad” que una nube propiamente dicha. La consideraremos como una nube baja de base en el suelo.

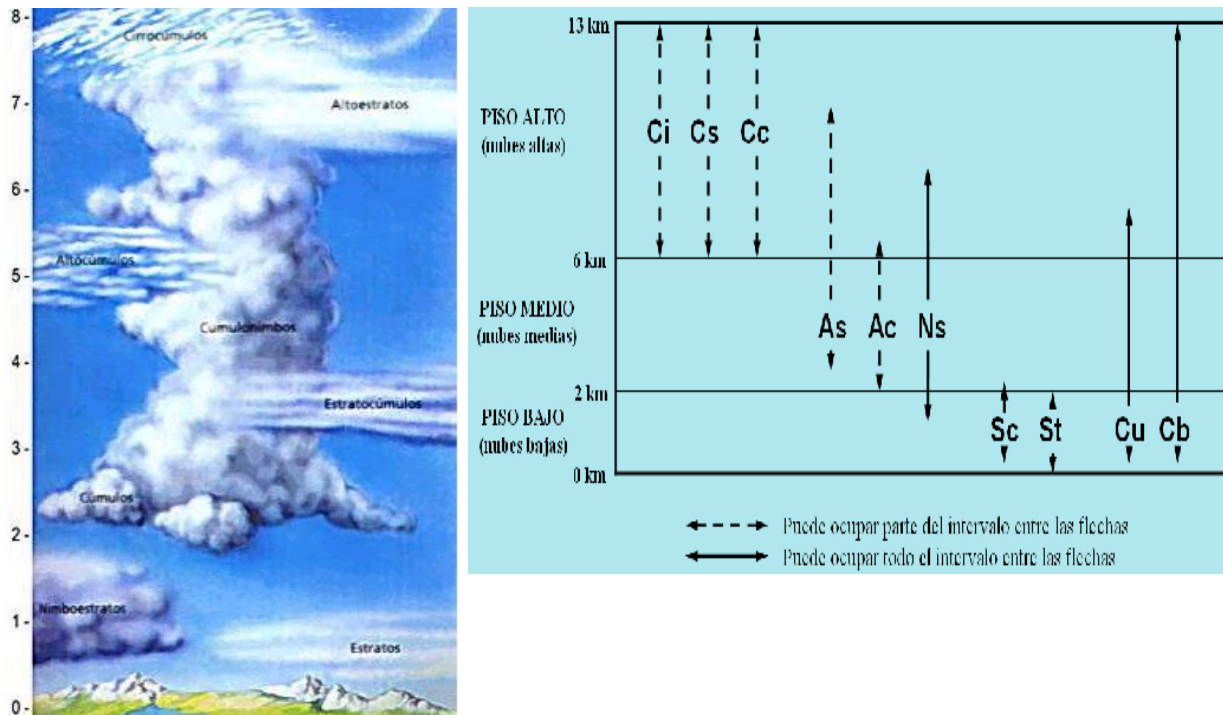
Así tenemos la siguiente tabla:

Género	altura	regiones polares	latitudes medias	reg tropicales
Cu Cb St Sc Ns	bajas	<2Km	<2Km	<2Km
As Ac	medias	2-4Km	2-7Km	2-8Km
Ci Cs Cc	altas	3-8Km	5-13Km	6-18Km

niebla: falta de visibilidad

El nombre de las nubes en latín nos da ya alguna información de su forma. Por ejemplo:

cumulus: significa “montón”; *stratus*: cubierto por una capa; *nimbus*: produce precipitación; *altum*: de cierta altura; *cirrus*: mechón de pelo.



a) NUBES BAJAS

5 géneros + niebla

Se pueden dividir en 2 subgrupos:

NUBES CUMULIFORMES: Cu y Cb, que se forman por ascensos rápidos de aire que dan lugar un gran desarrollo vertical (aspecto de torre o de pompa).

NUBES ESTRATIFORMES: Nieblas, St, Sc, Ns que son laminares (desarrollo horizontal). Se caracterizan por poco o nulo desarrollo vertical (velocidades verticales pequeñas)

Cu

Son nubes:

- generalmente separadas
- densas
- bordes nítidos
- de desarrollo vertical formando protuberancias, cúpulas, torres, etc., la cima a menudo se parece a una coliflor.

Las partes de estas nubes iluminadas por el sol son blanco brillante mientras que su base es sensiblemente horizontal y plana (NCA) y relativamente oscura.

Tienen gran variedad de tamaños (unaque generalmente menos de 1Km en la horizontal)

En la vertical también suelen tener menos de 1 Km, a veces no se desarrollan más, especialmente cuando están aislados (humilis), pero se pueden agrupar formando clusters de gran tamaño (congestus).

Cb

Nube densa y pesada
 dimensión vertical considerable en forma de montaña o de enormes torres.
 región superior es lisa, fibrosa o estriada y casi siempre extendida (yunque)

tope del yunque muy cerca de la tropopausa

Están constituidas de gotitas de agua y, principalmente en su región superior, de cristales de hielo.

Los Cb se forman en general a partir de grandes Cu muy desarrollados (congestus)

Debajo del yunque: zona oscura donde la precipitación no tiene por qué llegar al suelo (virga)

Nubes de tormentas

Ni: nube que toca el suelo

NIEBLAS DE RADIACIÓN:

la superficie se enfría por radiación.

Situación de calma. Bastante estacionarias.

Pueden ser a mesoescala e incluso a escala sinóptica.

Continentes

NIEBLAS DE ADVECCIÓN:

Aire cálido que se mueve sobre una superficie fría.

Costa.

NIEBLAS DE EVAPORACIÓN:

Aire frío que se mueve sobre aguas cálidas.

Costa

St

Capa nubosa gris clara o blanquecina de base bastante uniforme.

Muchas veces transparente al sol.

Extensión: $\Delta z < 1\text{Km}$; L hasta 1000 Km

En caso de dar lugar a precipitaciones son en forma de llovizna.

Los St se originan debido al enfriamiento de las capas más bajas de la atmósfera. Un proceso frecuente de formación de St es por la elevación progresiva de una capa de niebla provocada por el calentamiento del suelo o por el aumento de la velocidad del viento.

Sc

Nubes grises o blanquecinas

casi siempre partes oscuras, compuestas de losas,

guijarros, rodillos, etc. de aspecto no fibroso, unidos

o no -> parecido al estrato con estructura discernible

Se ve mejor desde satélite (calles de nubes)

La mayor parte de sus elementos están dispuestos con regularidad y tienen un diámetro aparente de al menos 5°.

Puede haber precipitación, gralmente débil y discont.

En caso de tiempo muy frío pueden dar lugar a nieve.

Suele ir junto a campos de St (costas-> Ni o St; mar

adentro -> más inestabilidad -> Sc). Tb células.

Descarga fría de la vaguada

Ns

Capa nubosa gris oscura

El espesor de esta capa es suficiente para ocultar el sol.

Dimensión horizontal grande (puede cubrir todo el cielo, menor que St y Sc)

Pueden tener un desarrollo vertical muy grande (tropopausa)

Es la típica nube de lluvia o nieve continua y persistente

base más alta que las otras

b) NUBES MEDIAS

As

Manto o capa nubosa grisácea o azulada de aspecto estriado, fibroso o uniforme cubre por entero o parcialmente el cielo muy parecida a los St, base más alta puede dejar ver el sol al menos vagamente.

Da lugar a precipitaciones que no suelen llegar al suelo, continuas y en forma de lluvia o nieve.

Ac

Capa de nubes blancas o grises, o a la vez blancas y grises

Con estructura, losetas, guijarros, rodillos, etc. de aspecto a veces parcialmente fibroso o difuso, unidos o no.

La mayor parte de sus pequeños elementos están dispuestos con regularidad, en general con un diámetro aparente de entre uno y cinco grados.

Variedad más importante: Ac estratiforme -> Sc más alto

Muchas especies:

flocus -> ovillo de lana

castellanus -> en forma de castillo

c) NUBES ALTAS:

Partículas de hielo

Fuertes vientos -> advección de partículas a gran distancia -> aspecto fibrilar y deshilachado

Ci

Nubes separadas, en forma de filamentos blancos y delicados, de bancos o de franjas estrechas, blancas del todo o en su mayor parte.

Tienen aspecto fibroso, sedoso o ambos a la vez.

Muy poco desarrollo vertical

Cs

Velo nuboso transparente y blanquecino, de aspecto fibroso (parecido a cabellos) o liso, sin mucha estructura

cubre total o parcialmente el cielo y produce generalmente halos.

Casi nunca tiene agujeros, aunque en algunas partes puede adelgazarse mucho.

Yunque de Cb

Parte delantera de sistema de frentes

Cc

Capa delgada de nubes blancas, sin sombras

compuesta por elementos muy pequeños en forma de granos, ondulaciones, etc. unidos o separados y distribuidos con mayor o menor regularidad.

La mayoría de los elementos tienen una anchura aparente inferior a un grado.

Equivalentes a Sc y Ac pero en niveles altos

3.2.3 Identificación de nubes por satélite

2 tipos: geoestacionarios o de órbita polar

DE ÓRBITA POLAR:

- aprox 850 Km
- gran resolución espacial
- pobre resolución temporal

GEOESTACIONARIOS:

- 36000 Km de altura
- siempre en el mismo punto subsatélite
- disco de 60° de radio
- alta resolución temporal
- menor resolución espacial

En general:

- VIS: - albedo (luz solar reflejada)
- nubes: espesor óptico
- más blanca cuanto más espesa
- IR: - temperatura (radiación emitida por la tierra)
- nubes: temperatura (altura) del tope
- invertido: más blanca cuanto más fría (alta)
- WV: - banda de absorción de vapor de agua
- cantidad de humedad
- se pueden detectar nubes

ESTRATOS/NIEBLAS

VIS

Color blanco, textura lisa y bordes recortados que pueden coincidir con accidentes geográficos. En las zonas donde comienza a disiparse o es menos espesa el color pasa uniformemente del blanco a tonos grises mas oscuros.

IR

Dificiles de observar. Durante el día color gris uniforme. Durante la noche, con inversión, pueden aparecer mas oscuras que los alrededores.

WV

No se ven.

ESTRATOCUMULOS

VIS

Brillantes en el centro y menos en los bordes. Se presentan agrupados en sábanas dando un aspecto de un enlosado de globulos irregulares.

IR

Gris medio a oscuro. A veces cuando el tamaño de cada Sc es muy pequeño se confunden con los St.

WV

No se ven.

NIMBOSTRATOS/ALTOSTRATOS/ALTOCUMULOS

VIS

Aparecen generalmente combinados entre sí como bandas o capas muy extensas en general de un blanco brillante, uniformes y algodonosas. Pueden aparecer en tonos algo mas oscuros cuando las capas son poco densas.

IR

Idem de VIS, aunque en general las bandas son mas anchas ya que aunque en los bordes pueden tener poco espesor al ser nubes medias/altas dan buena señal en IR.

WV

Al ser bandas con un alto contenido de humedad se ven brillantes.

CUMULOS HUMILIS

VIS

Pequeño aumento de brillo respecto a áreas adyacentes libres de nubes.

Se reconocen facilmente cuando bordean zonas de agua, libres de nubes.

IR

Gris ténue.

La mayoría de las veces no se pueden distinguir.

WV

No se distinguen.

CUMULOS CONGESTUS

VIS

Mayor contraste que los cúmulos húmils, especialmente cuando la elevación del sol es pequeña. Formas redondeadas cuando el radiómetro los distingue como estructuras únicas.

IR

Gris claro.

Con el fondo oscuro del terreno dan una apariencia irregular de manchas alternativamente claras y oscuras.

WV

Generalmente no se distinguen.

ALTOCUMULOS

VIS

Señal similar a la que dan los Cu congestus

IR

Blanco no tan brillante como para los Cb. Dan mayor contraste que los Cu congestus.

WV

Blanco lechoso. Si tienen suficiente desarrollo pueden apreciarse pequeños puntos brillantes.

CUMULONIMBOS

VIS

Muy brillantes. Cima uniforme con el sol en el cénit. Cuando hay inclinación de los rayos del sol se observan puntos muy brillantes (overshootings) y sombras. Forma redondeada.

IR

Muy brillantes. El brillo disminuye hacia los límites cuando hay cirros, a veces dando una apariencia en tamaño mas grande de lo que realmente tienen y en forma menos redondeada que en VIS.

WV

Igual que IR.

CIRROSTRATOS

VIS

Superficies muy suaves y uniformes. Si son densos se ven blancos y se pueden apreciar sombras sobre las superficies mas bajas. Si son poco espesos color gris claro, fibrosos y semitransparentes.

IR

Entre blanco y gris con el borde de la capa generalmente bien definido.

WV

Idem IR.

CIRROS FIBRATUS

VIS Se presentan como bandas largas y estrechas en tonos grises sobre fondo oscuro. Son indiscernibles sobre fondo claro (por ejemplo desiertos o nubes), aunque a veces es posible identificarlos por su sombra.

IR Bandas blancas o gris claro dando un buen contraste con las superficies que están por debajo.

WV Blanco medio y neto frente al blanco más difuso de la humedad que las rodea.

CIRROS SPISSATUS

VIS Blanco o gris claro sobre fondo oscuro. El brillo decrece enormemente del centro a los bordes. A veces presentan elementos globulares o alargados de dimensiones uniformes (para el caso de los Cu congestus y de los Cb son desiguales).

IR Blanco en el centro y a menudo más gris en los bordes en donde hay detalles fibrosos (especialmente cuando hay gran contraste con las superficies inferiores).

WV Blancos o grises, con menos detalle que en IR.

CIRROS DE YUNQUE

VIS Blanco brillante. El brillo disminuye a sotavento de la nube convectiva de la que proceden. Estructura uniforme. A sotavento estructura filamentososa.

IR Blanco brillante. Si están alejados de células convectivas son extensos y de tonos grisáceos. Extremo a sotavento filamentososo.

WV Blancos, sin apreciarse los filamentos de los bordes.

Bibliografía

Biblioteca del módulo tiempo del INM:

<http://www.inm.es/web/sup/ciencia/divulga/tempoweb/main.html> -> tipos de nubes en imágenes de satélite

Atlas de nubes del INM: <http://www.imn.ac.cr/Presenta.html> -> imágenes de nubes para identificación visual

Exposición virtual de nubes: <http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2004/html/index.html> -> imágenes de nubes para identificación visual

EUMETSAT: www.eumetsat.int -> nubes en imágenes de satélite

Bader, M.J. et al. (1995): *Images in weather forecasting*. Ed: Cambridge University Press. ISBN: 0-521-45111-6

Houze, R.A. (1993): Chapter 1, *Identification of Clouds*. Cloud Dynamics, págs: 4-25. International Geophysics Series, Vol 53. Ed: Academic Press Inc.

Acrónimos

Ac: altocúmulos	L: escala horizontal
As: altoestratos	NCA: nivel de condensación por ascenso
Cb: cumulonimbos	Ns: nimboestratos
Cc: cirrocúmulos	Sc: estratocúmulos
Ci: cirros	St: estratos
Cs: cirroestratos	VIS: canal visible
Cu: cúmulos	WV: canal vapor de agua
IR: canal infrarrojo	z: altura

Ejercicios de clase: consolidación de las explicaciones

1. ¿Cómo define la OMM una nube?
2. ¿Qué estudia la microfísica de nubes?
2. ¿y la dinámica?
3. ¿Cuántos géneros de nubes define la OMM y cuáles son?
4. ¿Qué géneros de nubes son nubes bajas?
5. ¿Qué característica define a una nube cumuliforme?
6. ¿Qué géneros de nubes tienen poco contenido acuoso?
7. ¿Por qué se ven los Sc con estructura?
8. Diga un género de nubes con dimensión vertical y horizontal parejas y otro con ellas muy distintas
9. ¿Cuál es la composición microfísica de Ci y Cs?
10. ¿Cómo se forman los Cs?
11. ¿Cuál es el género de nubes que lleva asociado precipitaciones continuas?
12. ¿En qué se diferenciaría un Cs en canal visible e IR de un satélite geoestacionario?
14. ¿y un St?
15. ¿Cómo se vería un Cb?
16. ¿Por qué la base de los cúmulos es plana?
17. ¿Qué géneros de nubes son nubes medias?