

CAPITULO 6

LAS NUBES

1. DEFINICIÓN:

Una nube es un conjunto o asociación, grande o pequeña, de gotitas de agua, aunque muchas veces también lo es de gotas de agua y de cristales de hielo. La masa que forman se distingue a simple vista, suspendida en el aire, y es producto de un gran proceso de condensación. Estas masas se presentan con los más variados colores, aspectos y dimensiones, según las altitudes en que aparecen y las características particulares de la condensación.

El tamaño de las gotitas que integran una nube varía desde unos pocos micrones hasta 100 micrones. Estas pequeñas gotas, al principio son casi esféricas, dependiendo su crecimiento del calibre y composición del núcleo de condensación, así como de la humedad del aire. Cuando las gotitas se hacen mayores, pierden su forma esférica y toman la clásica de pera, con la que casi siempre se las representa. Cuando llega el momento en que ya no pueden sostenerse en la atmósfera inician el camino hacia tierra.

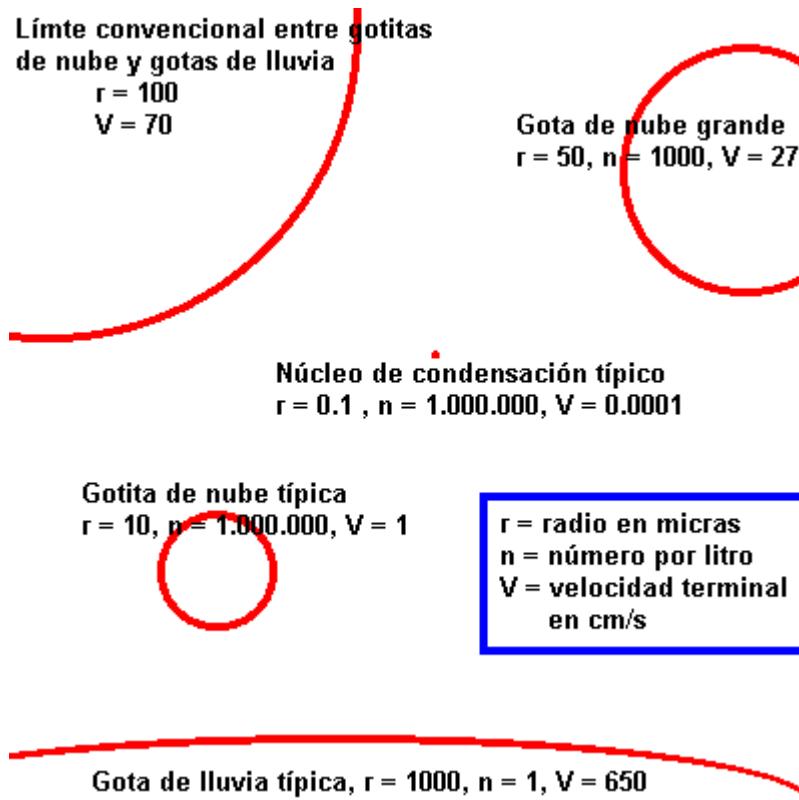
2. ASPECTOS GENERALES DE LA FORMACIÓN DE NUBES:

Los cambios de fase del agua juegan un papel primordial en la microfísica de la nube. Los posibles cambios son los siguientes:

Vapor	«---»	Líquido	(condensación, evaporación)
Líquido	«---»	Sólido	(congelamiento, fusión)
Vapor	«---»	Sólido	(condensación, sublimación)

Los cambios de izquierda a derecha son de importancia meteorológica: son los cambios que tienen lugar en orden molecular creciente y que conducen a la formación de la nube. Uno de los problemas de la física de las nubes es que estos cambios tienen lugar en equilibrio termodinámico. Estas transiciones han de superar una "barrera de energía libre" que las dificulta, las gotitas de agua poseen unas intensas fuerzas de tensión superficial que, para aumentar de tamaño por condensación, tienen que ser contrarrestadas por un fuerte gradiente de presión de vapor.

En estas condiciones las gotitas de nube necesitan para formarse humedades relativas de varios cientos por cien. Así, el problema de la microfísica de nubes es explicar porque se forman las gotas de nubes en la atmósfera real incluso a humedades menores al 100%. La respuesta está basada en la existencia en la atmósfera de partículas de tamaño micrométrico que tienen gran afinidad por el agua y actúan como núcleos de condensación, es lo que recibe el nombre de nucleación heterogénea (la homogénea sería en una atmósfera limpia, pero necesita saturaciones extremas)



En la atmósfera existen muchos tipos de núcleos de condensación; algunos de ellos se humedecen a humedades inferiores al 100% y son responsables de la formación de las calimas. Los núcleos que alcanzan tamaños relativamente grandes son los que pueden dar lugar a gotas de nube. El aire húmedo al enfriarse por ascenso adiabático, llega a alcanzar una humedad relativa cercana al 100%; en estas condiciones los núcleos más higroscópicos empiezan a actuar de núcleos de condensación. Si el ascenso continúa, el enfriamiento produce sobresaturación y ésta se agota por condensación sobre los núcleos (la sobresaturación es el exceso de humedad relativa sobre el 100%, p.e. 101.5%). En las nubes suelen existir núcleos suficientes para que la sobresaturación no sobrepase el 1%.

Si la nube sigue su ascenso, su cima puede alcanzar temperaturas inferiores a los 0° C, las gotitas de agua subfundidas pueden o no congelar, dependiendo de la existencia de núcleos de hielo. La presencia de gotas subfundidas (temperatura bajo cero y agua líquida) es frecuente en la atmósfera a temperaturas de hasta -15° C.

Una nube es un agregado de pequeñísimas gotitas, en número aproximado de unas 100 por centímetro cúbico, cuyos radios son del orden de las 10 micras. En general esta estructura es muy estable y las gotitas no tienden a juntarse y aumentar de tamaño. La precipitación se origina cuando el conglomerado se hace inestable y unas gotas crecen a expensas de las otras. Dos son los mecanismos que producen este efecto; la colisión o choque directo de las gotas y la interacción entre gotitas de agua y cristales de hielo (en nubes que superan el nivel de los 0°C). Cuando mediante estos procesos las gotas o los cristales de hielo alcanzan el tamaño adecuado pueden empezar a caer, si la velocidad de caída puede compensar las corrientes de aire ascendentes en el interior de la nube, y producirse la precipitación.

3. NUCLEOS DE CONDENSACIÓN:

En la atmósfera siempre hay gran cantidad de esas partículas o núcleos sobre los cuales las moléculas de vapor de agua tienden a reunirse para transformarse en líquido, formando diminutas gotas de agua. De estos núcleos hay que destacar, en primer lugar, a los llamados **higroscópicos**, que tienen gran afinidad por el agua, entre éstos hay que señalar las minúsculas partículas de sal suspendidas en el aire, a causa del oleaje y rompiente de las costas. El tamaño de esos núcleos de sal va desde un diámetro de una centésima de micrón hasta diez micrones.

Otros núcleos de condensación muy activos son las pequeñísimas gotas de ácido nítrico presentes en todo momento en el aire terrestre y cuyo diámetro es inferior a una décima de micrón. El vapor de agua también comienza a condensarse sobre ellas a humedades relativas por debajo del cien por cien.

Una gran parte de los núcleos de condensación están formados por sustancias químicas conocidas como sulfatos, que se producen en el aire a causa de la combustión de productos ricos en azufre. Por ejemplo cuando se quema carbón, el humo que se desprende contiene anhídrido sulfuroso, formado por una combinación de azufre y oxígeno. Más tarde al entrar en contacto con el vapor de agua, se transforma en ácido sulfúrico, proceso que es acelerado por la luz solar.

Muchos núcleos consisten en partículas de polen y polvo levantadas de la superficie terrestre por el viento. Los corpúsculos cuyos diámetros están comprendidos entre 10 y 20 micrones, o mayores, vuelven a caer a tierra muy pronto, a causa de su peso, pero las más pequeñas flotan en el aire y pueden ser transportadas a grandes altitudes y a través de largas distancias.

Otra fuente de núcleos, aunque menos importante, la constituyen las erupciones volcánicas, cuyas partículas de cenizas más pequeñas quedan suspendidas en la atmósfera y son llevadas muy lejos del lugar de origen por las fuertes corrientes de aire.

4. LA CONDENSACIÓN:

Cuando una masa de aire alcanza el punto de rocío, comienza la condensación del vapor de agua de la atmósfera en forma de gotitas. La temperatura del aire a la cual se produce este proceso se conoce como *temperatura de punto de rocío*, que depende del grado de humedad, de la presión y de la temperatura del aire.

Las causas de la condensación pueden ser de diversos tipos: enfriamiento por radiación, enfriamiento por advección, mezcla de masas de aire y enfriamiento por expansión adiabática, siendo este último el que provoca la formación de masas nubosas de mayor cantidad.

La condensación es más fácil sobre núcleos grandes que tengan cierta afinidad por el agua, como las partículas de sal, por ejemplo. En estos casos, el vapor de agua puede empezar a condensarse con una humedad relativa del 75%,

que es un coeficiente bajo. Cuando la humedad relativa es mayor, los corpúsculos pequeños también llegan a ser activos, aunque no tengan afinidad por el agua.

Hasta que no se alcanza una humedad relativa del 100%, las gotitas formadas tienden a evaporarse. Por encima de este nivel aumentan muy rápidamente de tamaño, denominándose *nivel crítico de sobresaturación* al límite en que las gotas están a punto de crecer.

A medida de que las gotitas se hacen más grandes tienden a caer a tierra, atraídas por la fuerza de gravedad. Al principio, debido a su diminuto tamaño, las corrientes ascendentes de aire las llevan hacia arriba. Incluso en el caso de que logren caer, se evaporan a causa de las capas de aire más calientes próximas al suelo.

La única oportunidad de sobrevivir que tienen las gotitas primitivas es chocar unas con otras, incrementando así su volumen, hasta el punto que, debido a su peso, ni las corrientes de aire ascendentes ni la evaporación puedan detener su caída al suelo, ya sea en forma de lluvia, nieve o granizo.

5. PRINCIPALES FAMILIAS Y PROCESOS:

Ya hemos visto que una nube es el producto de un gran proceso de condensación, pero este fenómeno presenta tantas variedades y particularidades que el estudio de las nubes es capítulo independiente en la Meteorología moderna.

Se considera que existen tres familias de nubes: las **cumuliformes** (cúmulos), las **estratiformes** (estratos) y las **cirriformes** (cirros), dependiendo su formación de la velocidad y turbulencia de la corriente de aire ascendente. Esta nomenclatura está basada en los nombres latinos *cirrus* (cabello o bucle), *stratus* (allanado o extendido) y *cúmulus* (cúmulo o montón).

Las nubes *cumuliformes* obedecen a la presencia de fuertes corrientes de convección y rápidas elevaciones del aire, por lo que, generalmente, su base adquiere la forma llana, horizontal, mientras que su parte superior se desarrolla sin uniformidad, presentando cúpulas, promontorios y picachos que recuerdan a una "montaña de algodón". Estas nubes adoptan gran variedad de tamaños y espesores.

En cuanto a las *estratiformes* se originan cuando la corriente de aire ascendente es muy débil. La nube queda flotando sobre una capa de aire frío y queda cubierta por aire más caliente, al producirse una inversión de temperatura. Como el aire frío que está debajo no puede ascender, las corrientes de convección, debajo de la zona de inversión de temperatura, son muy débiles. Al no poder elevarse, condensándose en forma de montaña a medida que va atravesando capas más frías, estas nubes no alcanzan gran espesor. Se extienden como un manto uniforme, a lo largo del cielo. No obstante, una nube estratiforme puede transformarse en cumuliforme si aumenta el viento, pues la turbulencia que se origina mezcla las capas de aire y anula la zona de inversión de temperatura.

Las nubes *cirriiformes* están compuestas por cristalitas de hielo y se forman a grandes alturas, en la parte más elevada de las corrientes de convección. Adoptan formas filamentosas o fibrosas muy tenues y delicadas.

Cuando un estrato o un cúmulo da lugar a precipitaciones, ya sea en forma de nieve, lluvia o granizo, se combina el nombre básico de la nube con el término *nimbus* (nube de lluvia o tempestad).

6. TIPOS DE NUBES:

De acuerdo con el Atlas Internacional de Nubes, publicado en 1956 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las nubes se clasifican en 10 formas características, o géneros, que se excluyen mutuamente.

GENERO	SIMBOLO	CARACTERISTICAS
NUBES ALTAS		
Cirros.	Ci	Nubes de aspecto filamentosas, no provocan precipitación.
Cirrocumulos	Cc	Nubes de aspecto de glóbulos, no provocan precipitación.
Cirrostratos	Cs	Nubes con aspecto de velo, provocan el halo solar y lunar.
NUBES MEDIAS		
Alto cumulos	Ac	Con forma de glóbulos, que no dan precipitación.
Alto estratos	As	Forman un manto que opaca al sol, no produce llluvias, provocan la corona solar y lunar.
Nimbostratos	Ns	Capa nubosa gris de tipo estable que oculta al sol y provoca las precipitaciones de tipo continuas e intermitente.
NUBES BAJAS		
Estrato cumulos	Sc	Bancos de nubes cumuliformes que producen llluvias ligeras continuas y lloviznas.
Estratos	St	Manto de nubes grises que pueden provocar lloviznas al espesarse mucho.
Cúmulos	Cu	Nube aislada y densa, que se desarrolla verticalmente con protuberancias, no producen llluvias.
NUBES DE DESARROLLO VERTICAL		
Cumulonimbos	Cb	Nube densa y potente, de considerable desarrollo vertical que produce chubascos y tormentas eléctricas.

Combinando los cuatro nombres fundamentales (cirros, cúmulos, estratos y nimbos), se obtienen los diez tipos o géneros de nubes de la clasificación moderna, que también tiene en cuenta la altitud en que se forman. Esta designación está basada en la apariencia que presentan las nubes vistas desde el suelo.

Clasificación de las nubes por su altura:

Las nubes están divididas en 4 grandes grupos. Cada grupo depende de la altura a la que se encuentre la base de las nubes:

GRUPO	ALTURA DE LA BASE DE LAS NUBES	TIPO DE NUBES
NUBES ALTAS	Trópicos: 6000-18000m Latitudes medias: 5000-13000m Region polar: 3000-8000m	Cirrus Cirrostratus Cirrocumulus
NUBES MEDIAS	Trópicos: 2000-8000m Latitudes medias: 2000-7000m Region polar: 2000-4000m	Altostratus Alto cumulus
NUBES BAJAS	Trópicos: superficie-2000m Latitudes medias: superficie-2000m Region polar: superficie-2000m	Stratus Stratocumulus Nimbostratus
NUBES CON DESARROLLO VERTICAL	Trópicos: hasta los 12000m Latitudes medias: hasta los 12000m Region polar: hasta los 12000m	Cumulus Cumulonimbus

Descripción General

Los cirros

Se encuentran generalmente entre 6.000 y 10.000 metros de altitud, o sea, hasta el límite aproximado de la troposfera. Estas nubes altas están constituidas por cristalitas de hielo y son transparentes.



Los cirroestratos

Estas nubes altas aparecen a unos 8.000 metros de altitud. Se asemejan a un velo o manto continuo blanquecino, transparente, de aspecto fibroso o liso, que cubre total o parcialmente el cielo, pero sin ocultar el Sol o la Luna, en torno de los cuales producen el fenómeno óptico del *halo*. Como los cirros, estas nubes también están constituidas, principalmente, por cristalitas de hielo.



Los Cirrocúmulus

Estas nubes altas se componen principalmente de cristales de hielo y se forman entre los 5000 a 13000 metros. Parecen pequeñas bolas de algodón que usualmente se alinean en largas hileras. Los Cirrocúmulus son normalmente blancos, pero a veces parecen grises. Si estas nubes cubren la mayoría del cielo, se suele denominar "cielo enladrillado" o "cielo escamado".



Los altoestratos

Estas nubes intermedias, cuyas bases se hallan de 3.000 a 4.000 metros de altitud, son como un velo o manto de color gris, a veces con tonalidades blancas y azuladas. Sus partes menos densas permiten ver el Sol y la Luna como manchas difusas de luz, como si fuera a través de un vidrio opaco.

Los altoestratos están constituidos por gotitas de agua y cristalitas de hielo, conteniendo la mayoría de veces gotas de lluvia y copos de nieve, por lo que producen precipitaciones de ese tipo. Llegan a alcanzar grandes extensiones (varios centenares de kilómetros) y un espesor apreciable, a veces, de varios kilómetros.

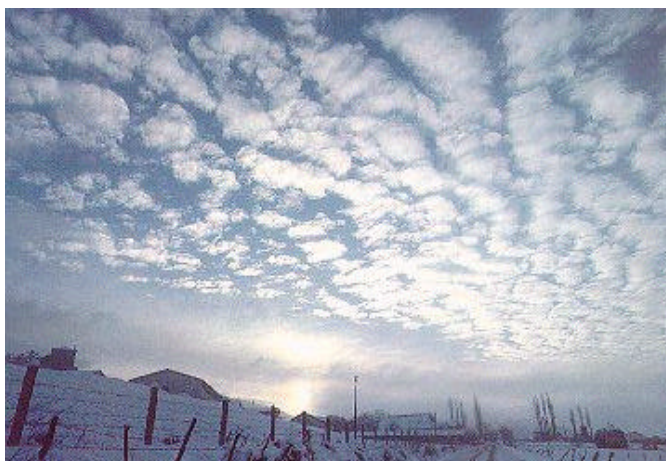
Como esas nubes no producen el fenómeno óptico del *halo*, ello demuestra que aunque contengan cristalitas de hielo, éstos se encuentran muy desiguales y opacos, por lo que la refracción de la luz es totalmente irregular.



Los altocúmulos

Son también de la clase de nubes intermedias, siendo su altura de base unos 3.000 metros. Están, al menos en su mayor parte, constituidas por gotitas de agua, aunque, a muy bajas temperaturas, pueden formarse cristalitas de hielo que, si caen, pueden originar fenómenos ópticos como el *halo*, *parhelios* y *columnas luminosas*.

Generalmente aparecen en bancos o mantos de nubes en forma globular, como si se tratasen de balas de algodón o grandes pastillas, distribuidas en una o dos direcciones bien marcadas, cual enlosado celeste. Algunas veces toman otras formas. Casi siempre tienen vigorosas partes sombreadas, aunque su color más corriente es una mezcla de blanco y gris.



Los estratocúmulos

La altura de base de estas nubes bajas es de unos 1.500 metros. Se presentan en capas o bancos de color gris y blanquecino, con límites definidos. Generalmente forman fajas paralelas de gran extensión. Están constituidas por gotitas de agua.



Los nimboestratos

También pertenecen a la serie de nubes bajas. Su base se encuentra a una altitud de alrededor los 1.200 metros. Son mantos nubosos propios del tiempo de lluvia. Son de color gris, frecuentemente oscuros. Su espesor es siempre lo suficientemente grueso para ocultar el Sol. Su aspecto queda borroso o enturbiado por la caída de la lluvia o nieve.

Los nimboestratos están constituidos por gotitas de agua y gotas de lluvia, aunque muchas veces también contienen cristallitos de hielo y copos de nieve.



Los estratos

Son nubes bajas que se presentan en forma de largas fajas horizontales de color humo o grisáceo y son muy parecidas a los nimboestratos, aunque no están relacionados con lluvias o nevadas. Son mantos muy uniformes, parecidos a la niebla, por lo que vulgarmente se las conoce como "nieblas altas". Su altitud es

siempre muy baja, originándose desde alturas cercanas al suelo hasta unos 800 metros. Se la considera nube de buen tiempo y está integrada por gotitas de agua y aparece frecuentemente por las mañanas en las zonas montañosas.



Los cúmulos

Estas nubes tienen generalmente una base llana y horizontal que se halla a una altitud de 800 a 1.000 metros. Se presentan en conglomerados sueltos, de color blanco, brillantes cuando están iluminados por el Sol, y con una base un poco oscura. Se desarrollan verticalmente en forma de cúpulas, prominencias o torres, siendo la parte superior muy semejante a una coliflor. Están compuestos por gotitas de agua, aunque se pueden formar cristalitas de hielo a partir de temperaturas inferiores a 0° C.

Los cúmulos son conocidos como (nubes de buen tiempo). Estas nubes deben principalmente su origen a las corrientes ascendentes del aire cargado de vapor de agua y se desarrollan a temperaturas altas en los países templados, especialmente en verano. Empiezan a nacer, por lo común poco después de la salida del Sol, creciendo en número y volumen hasta las horas más cálidas del día, para disminuir y declinar al atardecer, en que se extienden en fajas horizontales y luego desaparecer al cerrar la noche.



Este tipo de nubes se puede presentar simultáneamente en varias etapas de su desarrollo vertical, por lo que adoptan infinidad de tamaños, que dependen de su génesis y de la importancia de las corrientes de convección.

Los cumulonimbos

Son nubes bajas de gran desarrollo vertical, con una base a poca altitud (unos 800 metros del suelo), y cuya altura llega algunas veces hasta los 9.000 y 10.000 metros, es decir, toda la altura de la troposfera. Su base horizontal, que alcanza tonalidades muy oscuras, puede ocupar hasta 30 km de ancho. Su parte superior es generalmente aplanada y en forma de "yunque". Su aspecto amenazador y el que produzcan grandes tormentas de lluvia y granizo, acompañadas de rayos y truenos, hace que se las conozca como "nubes de tormenta".

Los cumulonimbos están constituidos por gotitas de agua, cristales de hielo, gotas de lluvia y, la mayor parte de las veces, copos de nieve, granizo y pedrisco. Suelen presentarse aisladamente o en filas en forma de muralla.

De todos estos géneros de nubes que hemos descrito puede caer alguna forma de precipitación, pero sólo suelen llegar al suelo las de los altoestratos y de los cumulonimbos, productores de las grandes lluvias y nevadas, así como las de los nimboestratos.



Especies de nubes

Dentro de los diez géneros de nubes mencionados existen una infinidad de variantes y formas, que se conocen como *especies*. Las más importantes son las siguientes:

Nubes onduladas.- que se originan en el límite de separación de dos capas de aire de distintas condiciones (dirección, temperatura y humedad). Esta variedad de nubes se designa añadiendo a la denominación fundamental el calificativo *undulatus*, como "cirrocúmulos undulatus" y "altocúmulos undulatos".

Nubes lenticulares.- que presentan la forma de lenteja o almendra, generalmente muy alargadas, y con los contornos bien definidos y a veces irisados. Se identifican

por adicción del adjetivo *lenticularis*, como "altoestratos lenticularis", "estratocúmulos lenticularis", etc. Casi siempre se mueven paralelas a las cordilleras.

Nubes mamelonadas.- que penden de la parte inferior de nubes oscuras como bolsas colgantes. Se les añade el adjetivo *mammatus*, como "cúmulos mammatus".

Nubes desgarradas.- que se desprenden en forma de jirones irregulares de los estratos y de los cúmulos. Se denominan *fractus* (roto), como "fractocúmulos" y "fractoestratos".

Nubes uncinadas.- que son las terminadas en forma de gancho. Se les aplica el apelativo *uncinatus* (que tiene garra o garfio), como "cirros uncinatus".

Nubes almenadas.- que presentan en su parte superior protuberancias cumuliformes a modo de torres, por lo que se las distingue con el calificativo *castellanus* (en castillo), como "altocúmulos castellanus" y "cirrocúmulos castellanus".

Nubes nebulosas.- que corresponden a los estratos o cirroestratos que tienen el aspecto de velo nebuloso, sin presentar detalles aparentes. Se denominan con el calificativo de *nebulosus*, como "cirroestratos nebulosus" y "estratos nebulosus".

Particularidades y variantes de los cúmulos.

Otras especies muy curiosas son las presentadas por el género de los cúmulos. Estas nubes pueden degenerar en "estratocúmulos vespéralis" (al atardecer), que sólo tienen de común con el estratocúmulos ordinario su disposición en bandas horizontales. Con tiempo ventoso, o en proceso de reevaporización, los cúmulos se desgajan en nubes más pequeñas de poco grueso, con bordes irregulares, dando lugar a los ya mencionados "fractocúmulos".

Por otra parte, algunos cúmulos pueden llegar a alcanzar un espesor o altura muy apreciable, con grandes protuberancias en forma de coliflor, formando lo que se denomina "cúmulos congestus" (amontonado, acumulado), que evidencia la existencia de una corriente vertical de aire muy vigorosa o penetrante. Estas nubes, en condiciones especiales, pueden llegar a convertirse en cumulonimbos.

Algunas veces, en su movimiento ascendente, la cima del "cúmulos congestus" se detiene, momentáneamente, en niveles que por efecto de discontinuidades térmicas del aire le son difíciles de atravesar, y allí se extiende horizontalmente, dando lugar al nacimiento de pequeños bancos de estratocúmulos o de altocúmulos, antes de proseguir su ascensión.

Con frecuencia, al llegar a capas de aire con alto contenido de humedad, éstas se elevan a causa del empuje dinámico del "cúmulos congestus" y se originan velos lenticulares o nubes pequeñas en forma de capuchón (*pileus*), de vida efímera. Quedan situados a poca altura de los pináculos de los cúmulos o unidos a éstos.

Según su tamaño, los cúmulos se llaman *húmillis* (humildes) cuando son de pequeño desarrollo; *mediocris* (mediocres) si presentan ya algunas protuberancias; y *congestus* (amontonado) cuando sus altas cúpulas tienen todo el aspecto de una

gran coliflor. En cuanto a los cumulonimbos, se denominan *calvus* (calvos) cuando carecen de parte superior cirruforme, y *capillatus* (cabelludo) en el caso contrario.

7. LOS SISTEMAS NUBOSOS:

Las nubes descritas individualmente no están distribuidas al azar, arbitrariamente en el conjunto de la atmósfera, sino que su formación obedece a diferentes perturbaciones meteorológicas, dando lugar a una nubosidad característica para cada caso y están asociadas entre sí de un modo general. Las nubes se presentan, pues, agrupadas en conjuntos denominados *sistemas nubosos*.

El tamaño de un sistema varía entre 400 y 3.000 km de diámetro y según sus características, los sistemas nubosos principales se dividen en *depressionarios*, *tempestuosos* y *fijos*

El sistema depresionario

Su forma casi corresponde a un sistema tipo. Acompañan a las borrascas y se presentan organizados con regularidad. Pueden producir grandes chubascos, en el caso de constar su núcleo con un intenso banco de nimboestratos. En caso contrario, al faltar un verdadero núcleo de lluvia, sólo se producen lloviznas.

El sistema tempestuoso

Carecen de la regularidad de los depresionarios. Son mucho más incoherentes, característicos de las tormentas. En ellos el cuerpo apenas está representado o falta del todo, mezclándose los claros con nubes de todas clases y altitudes, por lo que se le conoce como "aspecto caótico del cielo". En cambio, la cola está mucho más desarrollada que en los sistemas depresionarios, mezclándose con el cuerpo, casi formando un solo conjunto.

Los sistemas de este tipo evolucionan rápidamente, hasta el extremo de que son difíciles de identificar en cartas del tiempo. Presentan gradientes térmicos anormales y coinciden con núcleos de variación de la presión atmosférica.

El sistema fijo

Está relacionado casi siempre con los grandes anticiclones o con sus dorsales. Son anchos bancos de estratocúmulos en invierno, y zonas de nubes convectivas en verano.

8. OBSERVACION DE LAS NUBES

La observación y estudio de las nubes es una de las partes más complejas y difíciles de la Meteorología, pues se requiere una gran experiencia y perfecto conocimiento de su génesis para clasificarlas. No es raro que observadores profesionales cometan errores de vez en cuando, pues el primer golpe de vista no es suficiente, generalmente, para identificarlas. Además de discernir los diferentes

géneros y especies, hay que determinar también su cantidad, su altura y su movimiento.

Como hemos visto, los géneros de nubes se clasifican mediante un símbolo formado por dos letras, de acuerdo con las resoluciones de la Conferencia Meteorológica de Varsovia de 1935. Sin embargo, también existen dibujos para representar a las más importantes.

En cuanto a la cantidad de nubes se la llama *nubosidad*, que se denomina *total* si el cielo está enteramente cubierto, y *parcial* si sólo lo está una parte o fracción. Esa fracción se expresa en octavos, de manera que el 0 corresponde a un cielo completamente despejado y el 8 a uno totalmente cubierto. La nubosidad existente se determina a ojo, agrupando con la imaginación a las nubes existentes en una zona y calculando el espacio que ocuparían juntas. Este método se justifica por la rapidez con que suele cambiar la nubosidad.

9. DESARROLLO DE NUBES DE TORMENTA:

Cuando la atmósfera es inestable hasta gran altitud y su contenido de humedad elevado, se desarrollan las *nubes convectivas*, que crecen rápidamente una vez iniciado el proceso de condensación. El término *convección*, se utiliza para expresar la transferencia de calor, o de alguna otra propiedad, por medio de movimientos verticales. Cuando éstos son horizontales, los meteorólogos utilizan el vocablo *advección*.

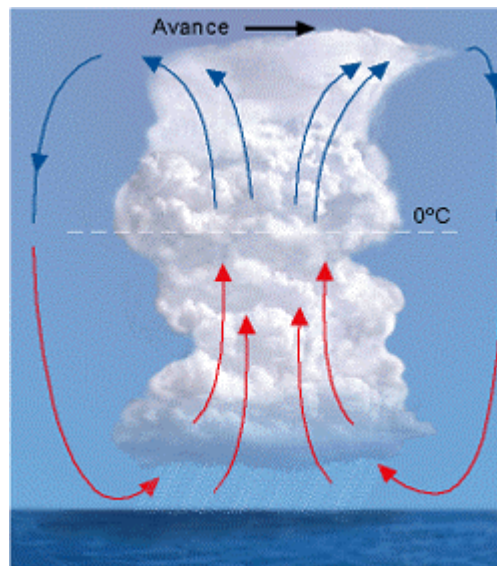


En grandes masas de aire muy inestable, donde el *gradiente vertical de temperatura* es grande, las pequeñas masas o parcelas de aire, a medida que ascienden se hacen más livianas que el aire circundante, debido a que la diferencia de temperatura entre la parcela y el medio que la rodea aumenta con la altitud. Siempre que esta condición persista, el aire de la nube sigue elevándose con velocidad creciente. En algunos casos, esta diferencia de temperatura continúa en aumento aun a más de 10.000 metros, por encima de la troposfera, y el aire de la

nube puede ser más cálido que el aire que la rodea en las capas bajas de la estratosfera.

De esto se desprende que se denomina *gradiente vertical de temperatura* a la medición del decrecimiento de temperatura por unidad de altura. Es *positivo* cuando la temperatura decrece con la altitud y *negativo* cuando la misma aumenta.

Una parcela de aire de nube que asciende a razón de 60 metros por minuto al nivel de la base de la nube, situada a unos 1.500 metros de altura, por ejemplo, puede alcanzar velocidades ascensionales del orden de los 1.500 metros por minuto, cuando llegue a los 8.000 metros. De este modo, pequeños cúmulos crecen velozmente, adquiriendo gran volumen, hasta convertirse en cúmulos congestus. Si las corrientes de convección son muy penetrantes, terminan por convertirse en cumulonimbos o nubes de tormenta.



Circulación general del aire dentro de un cumulonimbo

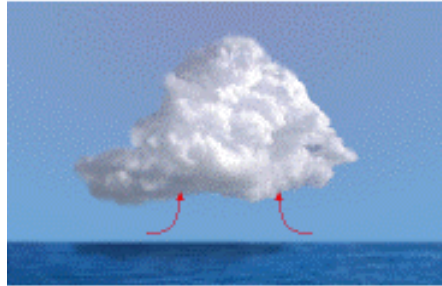
Para un observador casual, las activas nubes convectivas en pleno desarrollo pueden parecerle una masa confusa y entremezclada de corrientes de aire sin relación entre sí, pero los minuciosos estudios llevados a cabo en los últimos años con aviones especialmente equipados, satélites, radares y otros equipos, han demostrado que no es así, por lo que tienen que revisarse muchos de los conceptos contenidos en los antiguos manuales de Meteorología.

Las células de tormenta

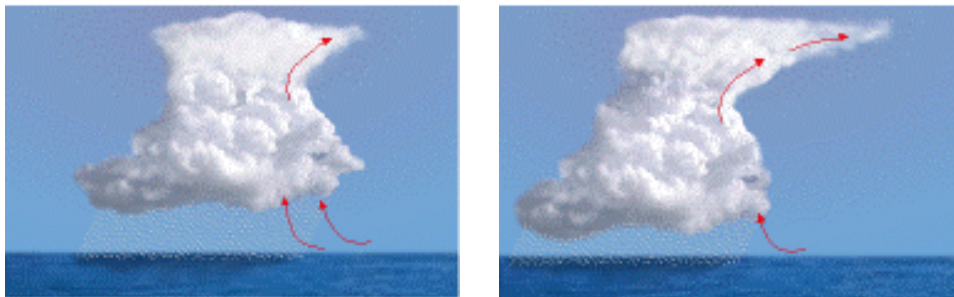
Según estudios llevados a cabo por el americano Byers y colaboradores, llegaron a la conclusión de que las tormentas están compuestas por una o varias células, teniendo cada una un ciclo de vida bien definido.

Durante la primera etapa, el movimiento del aire es casi enteramente ascendente, por lo que la mayor parte del aire que constituye la nube proviene de las

capas situadas por debajo de la base de la misma. No obstante, también se produce aporte de aire, a través de los lados de la nube. Mientras dura esta fase de convección, conocida como **etapa cumuliforme**, la nube crece rápidamente y la velocidad ascendente va en aumento.



El desarrollo de la nube va acompañado por el crecimiento de los elementos de precipitación. Cuando estos elementos son lo suficiente grandes, su peso influye en el proceso, pues ejercen suficiente resistencia al ascenso como para obligar a una parte del aire de la nube a iniciar el descenso. Este se considera el comienzo de la **etapa de madurez**. Una vez nacida la corriente descendente, la misma se acelera rápidamente, y al enfriarse el aire por la evaporación de la precipitación, adquiere mayor densidad y peso que el aire exterior de la nube. Esta situación favorece la aceleración de bajada del aire de la nube.



Durante esa **etapa de madurez**, los movimientos verticales, tanto ascendentes como descendentes, son muy vigorosos. Una parte de la nube se eleva a gran velocidad mientras que, al mismo tiempo, otra parte de ella, cada vez de mayor tamaño, desciende con gran ímpetu. En esta fase, una tormenta se caracteriza por la máxima precipitación, ya sea en forma de lluvia, granizo, etc., por efectos eléctricos, truenos y ráfagas de aire en las capas cercanas al suelo.

A medida que la corriente descendente crece dentro de la nube, disminuye gradualmente la energía proporcionada por la corriente ascendente. Cuando toda la nube está constituida por aire descendente, la tormenta alcanza su fase final., llamada **etapa de disipación**. En ese momento, tanto la intensidad de la turbulencia como la precipitación y la actividad eléctrica han quedado a la más baja actividad. Todo lo que queda es una gran masa vellosa de nubes que comienza a evaporarse con celeridad.



Se supone que cada célula tiene un diámetro de varios kilómetros y dura algo menos de una hora. A pesar de ello, una tormenta de gran intensidad puede estar compuesta por muchas células, cada una de ellas en diferente fase de desarrollo. Cuando una célula se disipa otra nueva se forma, por lo que una tormenta puede durar muchas horas.