

## **EL AGUA EN LA ATMOSFERA**

### **1. VAPOR DE AGUA:**

La atmósfera terrestre contiene cantidades variables de agua en forma de vapor. La mayor parte se encuentra en los cinco primeros kilómetros del aire, dentro de la troposfera, y procede de diversas fuentes terrestres gracias al fenómeno de la evaporación. el cual es ayudado por el calor solar y la temperatura propia de la Tierra. La evaporación es el paso de una sustancia líquida al estado de vapor. Este proceso se realiza solamente en la superficie del líquido y a cualquier temperatura aunque, en igualdad de condiciones, este fenómeno es acelerado cuanto mayor es la temperatura reinante.

El vapor de agua que se encuentra en la atmósfera proviene, principalmente, de la evaporación de los mares. Este proceso es facilitado por las olas que se abaten contra las rocas y acantilados de las costas, pulverizándose el agua y elevándose en el aire minúsculas gotas que, al evaporarse, dejan en libertad microscópicos núcleos de sal, los cuales flotan constantemente en la atmósfera y contribuyen a la formación de las precipitaciones.

### **2. LA EVAPORACIÓN:**

Este proceso presenta dos aspectos: el físico y el fisiológico. El primero es el que se conoce mejor y tiene lugar en todos los puntos en que el agua está en contacto con el aire no saturado, sobre todo en las grandes superficies líquidas: mares, lagos, pantanos, estanques, charcas y ríos. Por su parte, la evaporación fisiológica también es importante y corresponde a la transpiración de los vegetales, la cual restituye a la atmósfera una gran cantidad de agua, que primero había sido absorbida. La cantidad de vapor de agua, en un volumen dado de aire, se denomina humedad.

**El evaporímetro**, es el instrumento que permite medir la evaporación que se produce en una masa de agua, y con ello la capacidad de evaporación del aire en un tiempo determinado.



Para valorar la evaporación se utilizan diferentes sistemas. Así, en el **evaporímetro de Wild** se dispone de una vasija con agua, suspendida de una balanza de resorte que indica directamente la cantidad de agua evaporada. En el **evaporímetro de Piché**, la evaporación se mide en una escala graduada situada en un tubo que contiene el líquido.

### 3. LA HUMEDAD:

Las precipitaciones suelen acompañar al aire muy húmedo, mientras que el aire seco tiende a hacer que el agua terrestre se evapore, en vez de enviar más líquido sobre la Tierra.

Es muy difícil medir directamente la cantidad de agua presente en la atmósfera, pero este factor no es especialmente importante para un meteorólogo. Lo que interesa es saber cuánto vapor de agua existe expresado como porcentaje de la cantidad máxima que puede contener el aire saturado a una determinada temperatura. Este porcentaje es conocido como humedad relativa y se expresa en tanto por ciento, siendo un dato más significativo, a efectos comparativos que la humedad absoluta, que se define como el peso en gramos del agua contenida en un metro cúbico de aire.

El contenido de agua en la atmósfera depende, principalmente, de la temperatura. Cuanto más caliente está una masa de aire, mayor es la cantidad de vapor de agua que puede retener. En contrapartida, a temperaturas bajas puede almacenar menos vapor de agua. Cuando una masa de aire caliente se enfría, por la causa que fuere, se desprende del vapor que le sobra en forma de precipitación.

### 4. LA SATURACIÓN:

Cuando una masa de aire contiene la máxima cantidad de vapor de agua admisible a una determinada temperatura, es decir, que la humedad relativa llega al cien por ciento, el aire está saturado. Si estando la atmósfera saturada se le añade más vapor de agua, o se disminuye su temperatura, el sobrante se condensa. Cuando el aire contiene más vapor de agua que la cantidad que tendría en estado de saturación, se dice que está sobresaturado.

Hay que destacar que una masa de aire saturado en contacto con una superficie de agua a la misma temperatura no pierde ni gana ninguna molécula de vapor de agua, pues existe un equilibrio dinámico en el sentido de que el número de moléculas de agua que pasan al aire es el mismo que el de moléculas de vapor de agua que se condensan sobre la superficie del líquido.

### 5. PUNTO DE ROCIO:

Si una masa de aire se enfría lo suficiente, alcanza una temperatura llamada *punto de rocío*, por debajo de la cual no puede mantener toda su humedad en

estado de vapor y éste se condensa, convirtiéndose en líquido, en forma de gotitas de agua. Si la temperatura es lo suficiente baja se originan cristales de hielo.

Casi siempre se necesita algo, sobre lo que el vapor pueda condensarse, es decir, superficies o cuerpos apropiados donde depositarse. Y en la atmósfera ese "algo" son partículas diminutas, impurezas procedentes de la Tierra. La mayoría de estas partículas son tan pequeñas que no pueden verse a simple vista y se conocen como *núcleos de condensación*.

## **6. LA PRECIPITACION:**

La precipitación puede, producirse por la caída directa de gotas de agua o de cristales de hielo que se funden, las gotas son mayores cuanto más alta está la nube que las forma y más elevada es la humedad del aire, ya que se condensa sobre ellas el vapor de las capas que van atravesando. Además, durante el largo recorrido, muchas gotas llegan a juntarse, fenómeno que también se presenta en los cristales de hielo.

Estas gotas caen en virtud de su peso, y lo hacen a una velocidad que varía entre 4 y 8 m/s, según sea el tamaño de las mismas y la influencia del viento. En cuanto a su tamaño, varía entre 0,7 y 5 milímetros de diámetro. No obstante, una típica gota de precipitación denominada lluvia tiene un milímetro de diámetro, lo que representa que su volumen, aproximadamente, es un millón de veces mayor que el de una gotita primitiva de nube.



El agua de lluvia no es pura como la destilada. Contiene varias sustancias en suspensión y disolución, y esto aunque se trate de lluvia recogida en el mar o a gran distancia de las costas. Casi siempre es portadora de sustancias nitrogenadas (nitratos y amoníaco), que son beneficiosas para la agricultura.

En el fondo, como la lluvia resulta del ascenso y enfriamiento del aire húmedo, ya que a menos temperatura no puede retener todo su vapor de agua, parte del cual

se condensa rápidamente, existe más de un sistema para conseguirlo. El más sencillo es el llamado de *convección*, y se produce cuando una masa de aire asciende debido a que su temperatura es mayor y, por tanto, es más ligera que el aire que la rodea. El resultado es que la masa se enfría y se origina el proceso de condensación, lo que da lugar a la lluvia por convección.

Por otra parte, una masa de aire también puede ser forzada a subir a niveles más fríos, cuando encuentra una cadena montañosa en su camino, por ejemplo. La lluvia producida por este método se denomina *lluvia orográfica o de relieve*.

Un proceso similar tiene lugar cuando una masa de aire caliente se encuentra con una gran masa de aire frío, lo que en el argot meteorológico se conoce como una montaña de aire frío. Como las masas de aire generalmente no se mezclan, el aire caliente asciende, deslizándose por encima del frío. La lluvia que nace de este encuentro recibe el nombre de *lluvia frontal o ciclónica*.

### **Nombres de la lluvia**

La lluvia, según la forma de presentarse y su intensidad, recibe varios nombres y está afectada por diversas circunstancias y fenómenos físicos y geográficos. Se denomina *lluvia* si es continua, regular y el diámetro de sus gotas es superior a 0,5 milímetros. Cuando las gotas que caen son menudas, con un diámetro inferior al citado, y se presentan de forma pulverizada, como flotando en el aire, se conoce por *llovizna*. Se llama *chubasco*, *chaparrón* o *aguacero*, si cae de golpe, con intensidad, y por poco rato, como durante el verano y climas tropicales. Si la lluvia es tan violenta y abundante que provoca riadas e inundaciones se denomina *tromba* o *manga de agua*.

### **Medición de la precipitación**

El pluviómetro, es el instrumento que se emplea en los centros de investigación meteorológica para la recogida y medición de la lluvia caída.



Se compone de un recipiente cilíndrico, abierto y con el eje vertical, que termina por su parte superior en un borde de latón de filo cortante. El cilindro termina por abajo en una especie de embudo cónico, que en su extremidad inferior lleva una

espita; al abrir ésta, la lluvia recogida durante un determinado periodo, se transvasa a recipientes graduados. Conociendo la superficie de la base circular del cilindro se obtiene la cantidad de lluvia caída por unidad de superficie en el terreno de la zona. Dicha cantidad se expresa en milímetros, que representan la altura de la capa de agua caída. La dimensión normal de la superficie anteriormente citada en estos instrumentos es de  $0,1 \text{ m}^2$ , por lo que un litro de agua recogida en el recipiente (equivale a  $1 \text{ dm}^3$ ) representa 10 mm de lluvia.

Hoy en día los pluviómetros son del tipo cazoletas basculantes. El agua de lluvia es recogida por un primer embudo superior dotado de una embocadura metálica mecanizada con gran precisión. El agua recogida es guiada hasta un segundo embudo con sistema de rebose destinado a disminuir los efectos de la inercia antes de alcanzar las cazoletas basculantes. La primera cazoleta bascula después de recoger una cantidad de agua dada, cuyo volumen es función de la calibración del instrumento. Al bascular las cazoletas, se genera un cierre momentáneo de un relé reed, posicionándose además la segunda cazoleta para recoger el agua procedente del embudo. Una vez llena, las cazoletas basculan en sentido contrario produciéndose un nuevo contacto de relé y repitiéndose el ciclo.

## 7. LA NIEVE:

Así como la lluvia cae en gotas más o menos gruesas, la nieve baja en copos más o menos grandes que, examinados al microscopio, presentan una estructura cristalina de variadas formas, aunque lo más corriente es que adopten forma de estrella de seis puntas. La nieve se forma cuando la temperatura es tan baja que el agua adquiere estado sólido. Los copos nacen cuando las gotas, al caer, atraviesan una capa de aire frío, por debajo de cero grados, y cerca del suelo.



Al igual que la lluvia, la nieve también puede formarse a partir de los cristales de hielo que integren una nube. Tan pronto como los cristales comienzan a caer a través de la nube, chocan con las gotitas de nube y con otros cristales de distintos

tamaños, uniéndose y formando pequeños núcleos congelados. A este proceso se le llama de *coalescencia*. Se ha demostrado que cuando los cristales tienen un diámetro superior a los 200 micrones, la velocidad de crecimiento por coalescencia es mayor que la de crecimiento por fijación directa de moléculas de agua sobre el cristal de hielo. Este fenómeno también tiene lugar en la *lluvia por coalescencia*, en que las gotas mayores barren a las menores en su caída.

En invierno, cuando la temperatura al nivel del suelo es inferior a la de fusión, el conglomerado de cristales de hielo alcanza la superficie terrestre en forma de nieve. Cuando la temperatura es superior a 0° C., la nieve se funde y se convierte en lluvia. A veces ocurre que hay una capa de aire caliente inmediatamente sobre el suelo, a pesar de que la temperatura de éste se halla por debajo del punto de fusión. Por ejemplo, la temperatura de la superficie terrestre y del aire en contacto con la misma puede ser de menos 2° C., mientras que a 1.200 metros de altitud puede haber una temperatura de 3° C. En este caso, cuando los copos de nieve atraviesan la capa donde la temperatura es superior a 0°, se funden y se transforman en gotas de lluvia. Luego, a medida que éstas continúan cayendo, atravesándola capa más fría, se congelan nuevamente, en parte o por entero, para alcanzar el suelo en forma de *aguanieve*.

Si la capa de aire frío cercana al suelo no tiene suficiente espesor o no es lo bastante glacial como para que las gotas se congelen, éstas llegan a la superficie terrestre como *agua sobreenfriada*. Al entrar en contacto con los objetos terrestres, mucho más fríos, el agua se solidifica rápidamente, recubriéndolo todo con una capa de hielo de caprichosas y exóticas formas. Esto se conoce como *lluvia congelada o helada*.

## 8. EL GRANIZO:

Se conoce como *granizo* los granos o corpúsculos de hielo más o menos duros que caen de las nubes. El tamaño de estas partículas oscila, normalmente, entre unos milímetros y dos o más centímetros. Al contrario de la nieve, que se da casi siempre en invierno o regiones heladas propicias, el granizo se produce, generalmente, tanto en verano como en la estación invernal. El mecanismo de esta precipitación violenta de gránulos de hielo está relacionado con las tormentas, principalmente en plena canícula, en las que interviene la convección como elemento esencial en su formación, y con los fenómenos eléctricos.





Si el gránulo de hielo alcanza un tamaño superior a los 5 milímetros recibe el nombre de *piedra o pedrisco*. El granizo y la piedra, que tienen la misma constitución y sólo se diferencian por su grosor, se componen de esferitas irregulares de hielo de diferente grado de dureza. Generalmente constan de un núcleo congelado envuelto por varias capas de hielo transparente y opaco. Algunas veces se han recogido piedras de más de 13 centímetros de diámetro. En cuanto a su peso, han caído piedras de más de un kilo, lo que da idea de lo perjudicial que puede resultar una precipitación de tal naturaleza, especialmente para la agricultura.

Para la génesis de tormentas de granizo la atmósfera debe encontrarse inestable, es decir, deben reinar especiales condiciones de temperatura y humedad que permitan el desarrollo de tormentas eléctricas con violentas corrientes ascendentes de aire. Cuando existe una corriente de aire cálido y húmedo que se mueve cerca de la superficie terrestre, y un chorro de aire más seco sopla a mayor altitud, en sentido transversal, las condiciones son favorables para iniciarse una tormenta eléctrica, aunque hay que tener presente que no todas esas tormentas producen granizo.

Una característica común de los gránulos de granizo y de piedra es que el hielo que los constituye no es uniforme. Casi todos están conformados, en parte, por hielo transparente y, en parte, por hielo lechoso u opaco.

Generalmente el granizo pequeño tiene forma esférica muy acusada, pero a medida que aumenta de tamaño, convirtiéndose en piedra, adopta la de pera o de cebolla, si se prefiere. Como caen con el vértice hacia arriba, el agua congelada se acumula en la superficie chata inferior.

El trozo de granizo está constituido por varios cientos de diminutos cristales de hielo. Las capas de hielo opaco están formadas por pequeños cristales y burbujas de aire atrapadas, mientras que las de hielo transparente lo están por cristales grandes.

El porqué los cristales se disponen en capas alternadas, según su tamaño, dando lugar a un trozo de granizo o de piedra, tiene su explicación en la velocidad a la cual se recoge y congela el agua de las nubes. Cuando el granizo cae a través de una región de nubes bajas, e intercepta pequeñas cantidades de agua sobreenfriada, ésta puede congelarse casi instantáneamente, formando la capa opaca. En cambio, si la piedra o granizo acumula grandes cantidades de agua, ésta no puede congelarse de forma instantánea, y más si capta el líquido de las partes más calientes de la nube. Entonces, el granizo se humedece y el proceso de congelación continúa lentamente, a medida que los cristales grandes crecen. y expulsan el aire retenido, dando así origen a la capa transparente. O sea que la existencia de estas diversas capas se atribuye al hecho de que el granizo es arrastrado muchas veces hacia lo alto de la nube por las fuertes corrientes y elevado de nuevo, como un prolongado torbellino, hasta que alcanza tal tamaño y peso que cae a tierra.

Otras veces, el granizo se origina gracias a la presencia de los consabidos cristalitos de hielo. Una vez que éstos comienzan a nacer, el crecimiento se efectúa con mucha rapidez. La mayor parte de las gotas de agua de la nube se ordena

alrededor de los mismos, los cuales toman la forma que determinan las condiciones reinantes en el interior de la nube.

Como los cristales de hielo se agitan turbulentamente, rozan unos con otros, ya uniéndose, ya puliendo sus superficies, convirtiéndose muchas veces en cuerpos esféricos bastante perfectos. Cuando las corrientes ascendentes y descendentes, en el interior de la nube de tormenta, son de tal clase y naturaleza que los trozos de granizo suben y bajan varias veces, y, por tanto, el granizo tarda en caer al suelo, es cuando aparecen las piedras de gran tamaño, pues varias gotas y cristales se van acumulando y congelando sobre el gránulo primitivo.

## 9. EL ROCÍO:

A diferencia de las precipitaciones de altura que hemos descrito, existen otras que puede decirse que se originan directamente sobre la superficie terrestre, aunque el proceso de condensación viene a ser el mismo. La más conocida de estas precipitaciones es el *rocío*, que consiste en la aparición de gotitas de agua sobre los objetos y cuerpos expuestos a la intemperie, principalmente vegetales.

El rocío se forma a causa de que los cuerpos que, como las plantas, son malos conductores del calor, se enfrían considerablemente en las noches claras y serenas, al emitir gran cantidad de radiación calórica hacia el espacio. Debido a este proceso, las capas de aire en contacto con el suelo y los vegetales se enfrían demasiado, no pudiendo mantener, por tanto, toda el agua en forma de vapor, la cual se condensa en forma de gotitas, siempre que la temperatura sea superior a 0° C. Estas diminutas gotas, unas veces se depositan directamente sobre objetos que están en contacto con el aire enfriado, y otras caen desde alturas menores de un metro.



Vulgarmente se cree que el rocío se forma en las primeras horas de la noche y madrugada, pero lo cierto es que se produce siempre que la temperatura del suelo desciende lo necesario. Este fenómeno es más frecuente en la estación veraniega, ya que es más intensa la irradiación del calor terrestre hacia el espacio. Hay que



hacer notar que no solamente se condensa el vapor de agua contenido en las capas de aire cercanas al suelo, sino también, en parte, el procedente de la transpiración vegetal.

El rocío, contra lo que muchos opinan, no hay que despreciarlo como precipitación útil, pues cuando no se da la lluvia ni la nieve, la cantidad de agua recogida de esta forma tiene un valor realmente importante. En los climas áridos y semiáridos es de vital importancia para la agricultura.

En las regiones terrestres donde la humedad del aire sea elevada, el rocío puede proporcionar una buena cantidad de agua. En el Estado de Israel, por ejemplo, medir la cantidad de rocío es una práctica cotidiana, como en España lo es la de la lluvia, pues es una zona muy necesitada de agua. El rocío también es primordialmente beneficioso en ciertas comarcas agrícolas del Paraguay y Chile, donde la lluvia es un fenómeno casi desconocido. Sin él, esos territorios dejaban de ser cultivables en poco tiempo.

## **10. LA HELADA:**

Este fenómeno consistente en la solidificación del agua del suelo, causada por un descenso de la temperatura por debajo de su punto de congelación.



Las heladas se producen con mayor facilidad cuando el cielo se halla despejado, puesto que entonces la tierra pierde más calor por irradiación que por convección y basta que la temperatura descienda unas décimas por debajo de los

0° C. En cambio, con cielo cubierto, son precisos varios grados por debajo de cero para que tengan lugar las heladas.

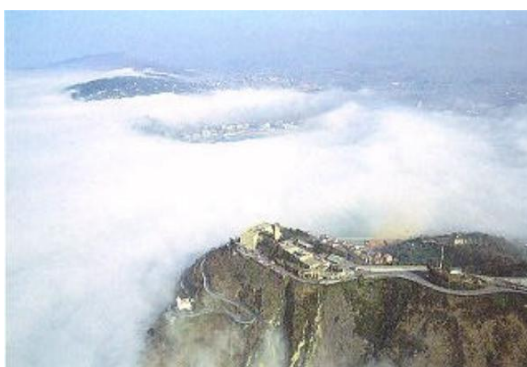
## 11. LA VISIBILIDAD:

La visibilidad se define como la distancia horizontal máxima a la que un observador puede distinguir claramente algunos objetos de referencia en el horizonte. Algunos meteoros reducen la visibilidad como se observa en la tabla.

REDUCCIÓN DE LA VISIBILIDAD PROVOCADA POR METEOROS			
METEORO	VISIBILIDAD	HUMEDAD	CONSTITUCIÓN
NIEBLA	< 1 Km	90-100%	agua o hielo
NEBLINA	1-2 Km	80-90%	agua o hielo
CALIMA	> 2 Km	< 80%	partículas sólidas
BRUMA	> 2 Km	< 80%	partículas sólidas
LLUVIA	< 3 Km	100 %	agua o hielo
LLOVIZNA	< 1 Km	100 %	agua o hielo

## 12. LA NIEBLA:

Es otro de los fenómenos producidos por la condensación del vapor de agua atmosférico. En realidad, es una nube tan baja que toca el suelo. Tanto la niebla como la nube consisten en un conjunto de gotitas dispersas en el aire. Las diferencias existentes entre ambas formaciones son la altitud a la que cada una se origina, y que las nubes contienen cristalitos de hielo.



La niebla, pues, está constituida por gotitas de agua tan microscópicas que flotan en el aire, reduciendo la visibilidad tanto cuanto más juntas están más espesa es la misma. La niebla se forma al enfriarse el aire que está en contacto con la tierra o el mar. Al igual que las nubes, una masa de aire cálido y húmedo se enfría alcanzando el punto de rocío, es decir a la temperatura en que queda saturado, el

exceso de vapor se condensa en gotitas de agua gracias a los núcleos de condensación.

Existen dos maneras de que se enfríen esas masas de aire, lo cual origina dos tipos distintos de nieblas: la **niebla por advección** y la **niebla por radiación**.

**La niebla por advección**, en este tipo de niebla, la masa de aire se traslada de una superficie caliente hacia otra más fría, con lo que su temperatura disminuye. Las nieblas marinas se forman, generalmente, por este procedimiento, y aparecen cuando una masa de aire caliente y húmeda se encuentra o cruza una corriente fría. El aire sufre, entonces, un brusco enfriamiento, alcanzando el punto de rocío, y el vapor de agua que contiene se condensa sobre los núcleos de condensación, partículas de sal en este caso. La *niebla tropical*, que es el tipo más corriente en alta mar, se origina por un enfriamiento progresivo del aire húmedo procedente de los trópicos, a medida que avanza hacia latitudes menos calurosas.

**La niebla por radiación**, se forma sobre tierra firme, al enfriarse ésta por la noche, principalmente en las noches claras y serenas, al no haber nubes que actúen como capa aislante. Al perder la tierra parte de su calor por radiación, se enfría muy rápidamente, haciendo lo mismo las capas inferiores de aire que están en contacto con su superficie. De esta manera, si no sopla viento, la masa de aire enfriada queda "encerrada" o "atrapada", pues el aire más cálido que se encuentra encima impide su ascensión. Si la masa de aire atrapada contiene vapor de agua suficiente, se origina la niebla.

Con la formación de la niebla se produce el fenómeno llamado *inversión de la temperatura*. En este caso, la temperatura aumenta con la altura hasta un determinado punto, en que comienza a descender y sigue la escala normal. Las nieblas siempre se forman por debajo del nivel de la inversión de la temperatura.

Un factor primordial para que se forme la niebla por radiación consiste en que el aire ha de estar estancado, prácticamente en calma, pues un poco de brisa o viento débil es suficiente para disipar el aire encerrado bajo la capa de inversión, haciendo que se mezcle con el más caliente de las zonas superiores.

En cuanto a la llamada *niebla de montaña*, casi siempre es una nube baja en contacto con montañas altas. En otros casos, este tipo de niebla se forma en las laderas de los montes que dan al mar, al enfriarse el aire más caliente procedente del mismo.

## **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.

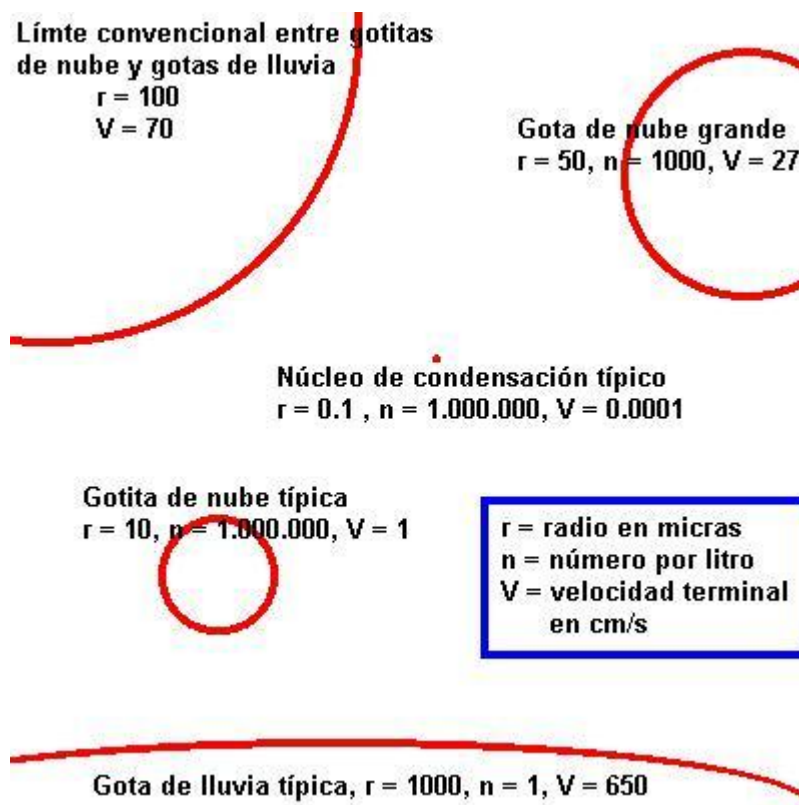
### **2. ASPECTOS GENERALES DE LA FORMACIÓN DE NUBES:**

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 **cirriiformes** (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 cristallitos 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
<b>NUBES ALTAS</b>		
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.
<b>NUBES MEDIAS</b>		
Alto cumulos	Ac	Con forma de glóbulos, que no dan precipitación.
Alto estratos	As	Forman un manto que opaca al sol, no produce lluvias, 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.
<b>NUBES BAJAS</b>		
Estratocumulos	Sc	Bancos de nubes cumuliformes que producen lluvias 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 lluvias.
<b>NUBES DE DESARROLLO VERTICAL</b>		
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 cristallitos 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 cristalitos 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 cristallitos 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 vespertalis" (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 *húmilis* (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 *depresionarios*, *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*.

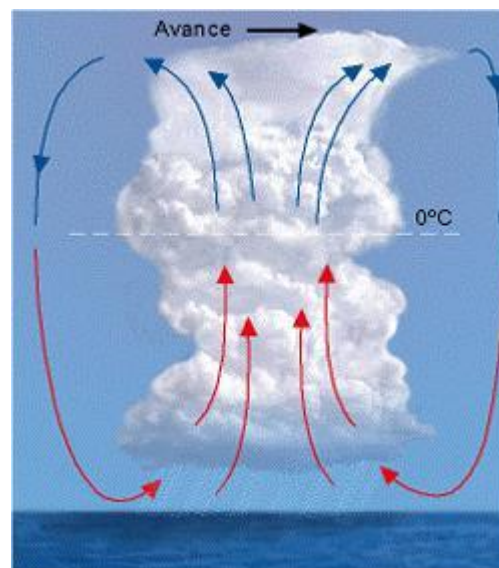


En grandes masas de aire muy inestable, donde el *gradiente vertical de temperatura* es grande, las pequeñas masas o parcelas de aire, a medida que ascienden se hacen más livianas que el aire circundante, debido a que la diferencia de temperatura entre la parcela y el medio que la rodea aumenta con la 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 cumulonimbos

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.

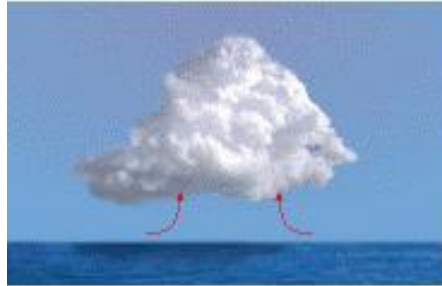
### **Las células de tormenta**

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.

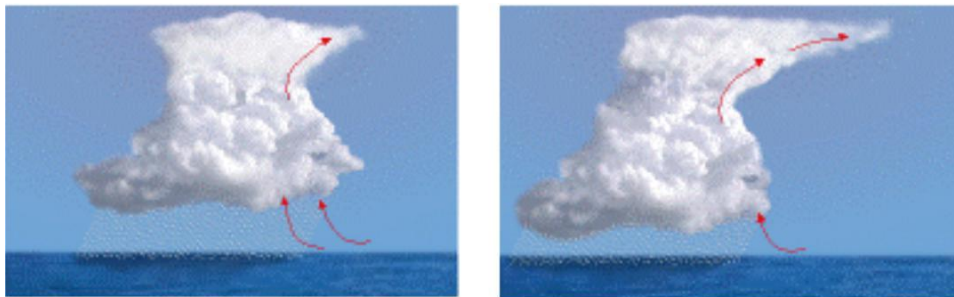
Durante la primera etapa, el movimiento del aire es casi enteramente ascendente, por lo que la mayor parte del aire que constituye la nube proviene de las



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.

