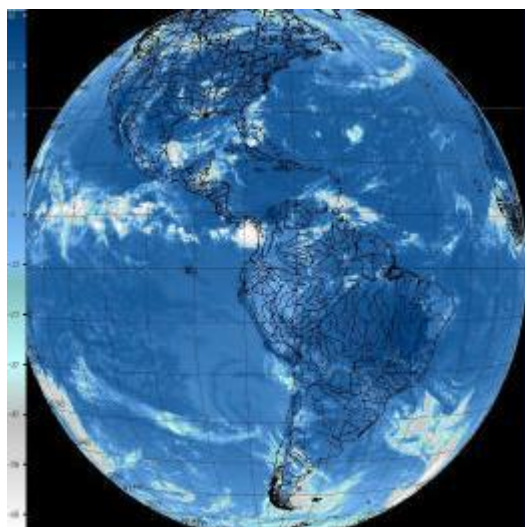


## LA TIERRA Y SU ATMÓSFERA

### 1. LA TIERRA EN EL ESPACIO:

La Tierra está dotada de dos movimientos principales estrechamente relacionados con el clima y sus variaciones: el de *traslación* y el de *rotación*. El primero es el recorrido que efectúa el planeta en torno al Sol, fuente de calor que regula todo el proceso climático terrestre. Y el segundo es el movimiento que ejecuta la Tierra sobre su eje imaginario que pasa por los polos, y que produce el día y la noche, con la consiguiente influencia en los procesos atmosféricos.



La órbita que describe la Tierra no es una circunferencia, sino una elipse ligeramente alargada, ocupando el Sol uno de los focos, aunque hay que reconocer que su excentricidad es muy pequeña. Cuando la tierra pasa por el punto más cercano al Sol, llamado perihelio (sucede en enero), se encuentra a 147,7 millones de kilómetros del mismo, mientras que cuando se halla en el punto más alejado, llamado afelio (sucede en julio), dista 152,2 millones de kilómetros. No obstante, por orden práctico, casi siempre se utiliza la distancia media, cuyo valor aproximado es de 149,5 millones de kilómetros. El tiempo que tarda la Tierra en completar ese recorrido da origen al año terrestre, que es de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45,975 segundos. Se le denomina año trópico y es la unidad fundamental del tiempo, comenzando las distintas estaciones en las mismas épocas de ese año.

El eje imaginario en torno del cual gira el globo terrestre no es perpendicular al plano de la órbita que describe alrededor del Sol, conocido como eclíptica, sino que está 23° 27' inclinado con respecto al mismo. Se debe a esta inclinación la desigualdad de los días y las noches y la sucesión de las estaciones.

La inclinación del eje terrestre, unida a la excentricidad de la órbita y a la esfericidad del planeta, hace que la cantidad de luz y calor procedente del astro rey no

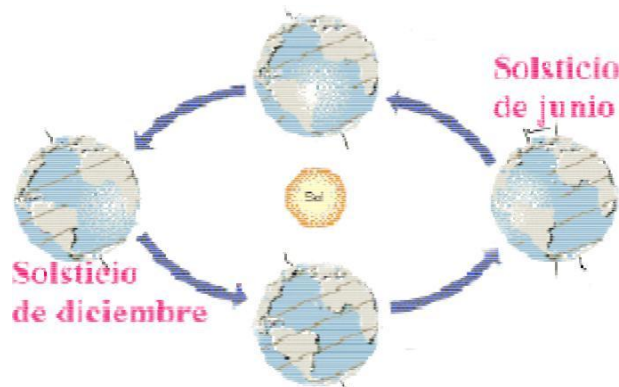
sea la misma en toda la superficie de la Tierra. Estas diferencias de iluminación y, por consiguiente, de calentamiento de la atmósfera y suelo terrestres, son causa de que experimente grandes oscilaciones la temperatura de cada región, país y continente, y de que varíen constantemente, a través del año, los fenómenos que dependen de la misma.

## 2. LAS ESTACIONES DEL AÑO

Las cuatro estaciones son: primavera, verano, otoño e invierno. Las dos primeras componen el medio año en que los días duran más que las noches, y las dos restantes forman el medio año en que las noches son más largas que los días. No son iguales ni las mismas para todos los países.

A causa de la inclinación del eje de rotación, estos fenómenos no se producen al mismo tiempo en el hemisferio Norte (Boreal) que en el hemisferio Sur (Austral), sino que están invertidos el uno con relación al otro. Y se comprende, pues mientras la Tierra se mueve en torno al Sol con el eje del Polo Norte inclinado hacia él, el del Polo Sur lo está en sentido contrario. En otras palabras, que las regiones del primero reciben más radiación solar que las del segundo. Más tarde se invierte este proceso y son las zonas del hemisferio Boreal las que reciben menos calor.

Cuando en un hemisferio es invierno, en el otro es verano; cuando en uno es primavera, en el otro es otoño; y así sucesivamente. Estas cuatro estaciones están determinadas por cuatro posiciones principales, opuestas dos a dos simétricamente, que ocupa la Tierra durante su recorrido en torno al astro rey. Reciben el nombre de *solsticios* y *equinoccios*.



Debido a la inclinación del eje terrestre, la altura del Sol en el invierno llega a  $23^{\circ} 27'$  por debajo del Ecuador, y en el verano alcanza la misma, pero encima del Ecuador. Estos dos puntos del cielo se llaman solsticios. Al principio de la primavera y al principio del otoño, el Sol está en el Ecuador. Por esta razón los días y las noches son iguales, y esos puntos del cielo se llaman equinoccios.

Es importante señalar que en cada polo se ve el Sol durante medio año seguido, para reinar allí una noche ininterrumpida durante los seis meses siguientes. Durante el tiempo en que la luz establece su morada en el Polo Norte, las tinieblas

se aposentan en el Polo Sur, y recíprocamente. En los demás lugares de la Tierra, el Sol llega cada día a una altura diferente sobre el horizonte, y el día dura menos de doce horas durante medio año, y más de doce horas durante el resto. Sólo en el Ecuador terrestre los días y las noches son siempre de doce horas.

La primavera empieza en el equinoccio de primavera y termina en el solsticio de verano; éste principia en el solsticio de verano y finaliza en el equinoccio de otoño; éste comienza en el equinoccio de otoño y acaba en el solsticio de invierno; y el invierno se inicia en el solsticio de invierno y acaba en el equinoccio de primavera.

Estas cuatro estaciones, principalmente a causa de la excentricidad de la órbita terrestre, no tienen la misma duración, pues la Tierra recorre su trayectoria con velocidad variable, yendo más a prisa cuanto más cerca está del Sol y más despacio cuanto más alejado se halla. Por el mismo motivo, el rigor de cada estación no es el mismo para ambos hemisferios. Nuestro planeta está más cerca del Sol a principios de enero (perihelio) que a principios de julio (afelio), lo que hace que reciba un 7% más de calor en el primer mes del año que no a la mitad de él. Por este motivo, en conjunto, aparte otros factores, el invierno boreal es menos frío que el austral, y el verano austral es más caluroso que el boreal.

La duración de las estaciones para los dos hemisferios es la siguiente:

<i>ESTACION</i>	<i>HEMISFERIO NORTE</i>	<i>HEMISFERIO SUR</i>
VERANO	93,7 días	89 días
OTOÑO	89,6 "	92,9 "
INVIERNO	89 "	93,7 "
PRIMAVERA	92,9 "	89,6 "
<i>AÑO</i>	<i>365,2 días</i>	<i>365,2 días</i>

A causa de perturbaciones que experimenta la Tierra mientras gravita en torno al Sol, no pasa por los puntos solsticiales y equinocciales con rigurosa exactitud, lo que motiva que las diferentes estaciones no principien siempre en el mismo preciso momento. Como cosa práctica reseñamos las fechas que señalan generalmente el principio de las estaciones:

<i>INICIO DE ESTACION</i>	<i>HEMISFERIO NORTE</i>	<i>HEMISFERIO SUR</i>
20 ó 21 de marzo	PRIMAVERA	OTOÑO
21 ó 22 de junio	VERANO	INVIERNO
23 ó 24 de septiembre	OTOÑO	PRIMAVERA
21 ó 22 de diciembre	INVIERNO	VERANO

### **3. ZONAS CLIMATICAS Y CLASES DE CLIMAS:**

En razón de la desigualdad de temperaturas ocasionada por los movimientos de rotación y traslación de nuestro planeta, así como a su esfericidad, excentricidad de órbita e inclinación del eje de rotación, la Tierra, con respecto al clima, ha sido

dividida en cinco zonas principales: una zona tórrida, dos zonas templadas y dos zonas glaciales.

**Zonas tórridas.-** Está comprendida entre los dos trópicos, o sea, entre los paralelos de 23° 27' de latitud terrestre, zona que registra las temperaturas más altas por tener siempre el Sol a gran altura y recibir sus rayos muy perpendicularmente.

**Zonas templadas.-** Están situadas a los dos lados de la zona tórrida (una en el hemisferio Norte y otra en el Sur) entre los trópicos de latitud 23° 27' Norte y Sur, y círculos polares a 66° 33' Norte y Sur. Durante una parte del año experimentan fuertes calores, por tener el Sol bastante alto, y durante la otra reina el frío, al estar el Sol más bajo con respecto al horizonte.

**Zonas glaciales.-** Comprenden las zonas a partir de las latitudes de 66° 33' Norte y Sur y los respectivos polos. Se conocen también por casquetes polares, ya que los hielos son permanentes. El frío es intenso durante todo el año a causa de la poca elevación del Sol sobre el horizonte y por las largas noches de invierno, que en algunos lugares duran casi seis meses.

Estas zonas, que están más en relación con la luz solar que reciben que en el clima que poseen, sirven de base a una más racional división de los climas terrestres que, en conjunto, son fenómenos atmosféricos característicos de determinadas zonas terrestres. Como el clima depende de diversos factores, como son la altitud, la temperatura, la presión atmosférica, los vientos, la humedad, la pluviosidad, etc., se han sugerido varias clasificaciones para su distribución. No obstante, la que ha tenido más aceptación ha sido la clasificación que atiende a la temperatura de acuerdo con la media anual, en los siguientes cuatro grupos principales:

<b>CALIDOS</b> más de 21° C	ECUATORIAL	LLuvias constantes. Propio de países del ecuador, como El Ecuador, Colombia, Kenia, Camerún, Venezuela, Indonesia, etc.
	TROPICAL	Epoca seca en invierno. Propio de países tropicales, como Méjico, Sahara, Mauritania, Egipto, Arabia Saudí, etc.
	MONZÓNICO	Verano lluvioso e invierno casi seco. Se da en el sur de Asia.
<b>TEMPLADOS</b> 10 y 20° C	SUBTROPICAL	LLlamado también mediterráneo, con invierno suave y verano caluroso. Sur de Italia y de España, Marruecos, norte de Argelia, etc.
	TEMPLADO-HÚMEDO	O oceánico, propio de las costas del Atlántico: Inglaterra, norte de España, norte de Francia, Países Bajos, norte de Bélgica, etc.
	CONTINENTAL	Propio del interior de los continentes, con un verano muy caluroso y un invierno muy frío. Corresponde a regiones centrales de Europa, Norteamérica y Sudamérica.
<b>FRIOS</b> inferior a 10° C	CONTINENTAL FRÍO	Invierno muy largo y seis o más meses con tempertauras inferiores a 6° C. Tiene verano. Es propio de Rusia, Noruega, Finlandia, Suecia, Canadá, sur de la Argentina, etc.
	POLAR	Sin verano. Propio de los círculos polares. Todo el año con temperaturas inferiores a 10° C., como Groenlandia, el Artico, la Antártica, etc.
<b>DESÉRTICOS</b>		Se caracterizan por su gran sequedad v sus alteraciones de temperatura, como ciertas regiones del Sájara, Arabia, Asia Central, etc.

Dentro de todos estos términos generales, cada país comprende, según su extensión, un conglomerado de pequeños climas, ya sea de acuerdo con la situación geográfica de sus diversas regiones, de su altitud, de su vegetación, o de sus estepas.

#### **4. LA ATMOSFERA:**

Capa gaseosa que envuelve algunos planetas y otros cuerpos celestes. La atmósfera terrestre consiste en una mezcla de gases (aire) formada por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), gases inertes, hidrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua. El conjunto adquiere una característica coloración azul debida a la dispersión de la luz solar por las moléculas del aire.

El estudio de la atmósfera, del que se puede considerar como iniciadores a Torricelli y Pascal, trata de determinar sus distintas características (presión, temperatura, humedad) y las variaciones que experimentan en las diferentes capas. La troposfera o capa inferior, en la que tienen lugar los llamados fenómenos meteorológicos, alcanza una altitud comprendida entre los 8km (en los polos) y los 18km (en el ecuador). Contiene el 70% del peso total de la atmósfera y en ella existe un gradiente de temperaturas del orden de 6,5° C/km.

El límite superior (tropopausa) da paso a la estratosfera, caracterizada por la ausencia de vapor de agua y una temperatura bastante homogénea (entre -55° C y -40° C); aquí el oxígeno se encuentra, en parte, en forma triatómica constituyendo la capa de ozono, de vital importancia por su función de absorción de las radiaciones ultravioleta, ya que, si llegaran directamente a la superficie terrestre, destruirían todo vestigio de vida en ella. Cerca del límite superior, la temperatura experimenta un aumento brusco y considerable hasta alcanzar los 10° C. Entre los 50 y 80km se halla la mesosfera, con temperaturas decrecientes hasta los -75°. En la termosfera se producen disociaciones moleculares que provocan temperaturas muy elevadas, de 1.000 a 1.500° C.

A partir de los 500km, y hasta una altura indeterminada, se halla la exosfera. En ella, la atmósfera se halla sumamente rarificada y abunda el hidrógeno ionizado, con lo cual hay una pérdida de partículas (protones y electrones) que escapan al espacio exterior, pérdida que se ve compensada por el aporte de partículas en forma de viento solar.

#### **5. COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA:**

La envoltura gaseosa de la Tierra no sirve solamente como un techo protector contra las radiaciones procedentes del Sol y de otros cuerpos celestes, sino que es la base de la vida terrestre, ya sea como fuente de oxígeno para el reino animal y de anhídrido carbónico para el vegetal, ya como fuente de agua potable o como fuerza de presión vital sobre el organismo animal.

También es la atmósfera la que regula la temperatura terrestre, igualando, aproximadamente, la del día con la de la noche. Ella es la que evita que existan grandes contrastes entre los dos períodos, como sucede con los astros que carecen

cobertura atmosférica, los cuales gozan de altas temperaturas cuando reciben la luz solar y llegan hasta 200° C. bajo cero con la llegada de las tinieblas. La luna es un ejemplo de ello.

Las capas de nuestro aire, cuyas alteraciones y fenómenos trata de controlar la ciencia meteorológica, contienen diversos elementos, los cuales varían según la altitud y condiciones reinantes en cada momento. No obstante, como base de estudio, ha quedado establecido que la composición química del aire seco a nivel del mar es la siguiente:

Nitrógeno	78,08 %
Oxígeno	20,95 %
Argón	0,93 %
Anhídrido carbónico	0,03 %
Neón	0,0018 %
Helio	0,0005 %
Criptón	0,0001 %
Hidrógeno	0,00006 %
Ozono	0,00004 %
Xenón	0,000008 %

En esta relación no está incluido el vapor de agua, ya que se halla en la atmósfera en cantidad muy variable, no llegando casi nunca al 0,0001 %. También existen vestigios de radón, óxido nitroso y metano, aunque son considerados más como residuos contaminantes que como elementos integrantes de la atmósfera tipo.

De todos los gases que componen el aire que nos rodea, el oxígeno es el más importante para la vida terrestre, como nadie ignora. Es vital para la respiración animal, ya que los tejidos no pueden utilizar otros gases como comburentes. El nitrógeno, por ejemplo, es asimilado a través de los alimentos, donde casi siempre está combinado con carbono, oxígeno e hidrógeno.

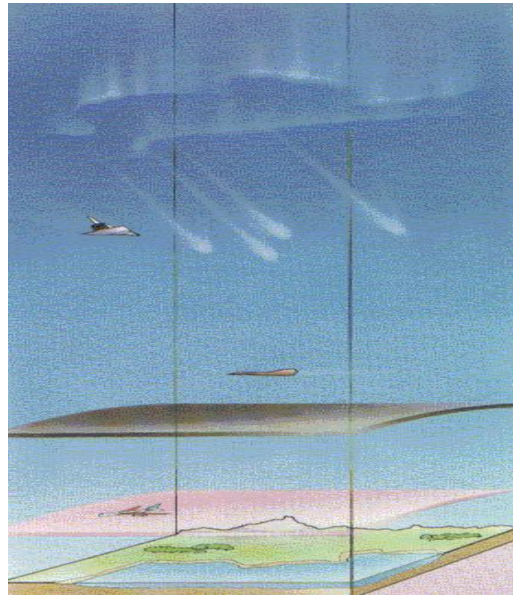
Como ya es sabido, el abastecimiento del oxígeno es mantenido por las plantas, que producen oxígeno durante su proceso de síntesis de alimentos. Parte de él lo emplean para sí mismas y el sobrante lo liberan en la atmósfera, donde queda a disposición de la respiración animal. Este ciclo se renueva continuamente, gracias a la luz solar.

Visto el valor de ese gas atmosférico, demos más importancia a esa ciencia llamada meteorología, cuya función no sólo radica en observar y analizar los fenómenos que en ella se producen, sino en vigilar y cuidar del mantenimiento vital de todo ese ciclo que, junto con los fenómenos meteorológicos que detallaremos más adelante, basados en el agua (otro producto base de la vida), son, en definitiva, la esencia del mundo que habitamos, de la única morada que tenemos y que hemos de cuidar para no perderla



## 6. ALTURA Y PRESION DE LA ATMOSFERA:

Esa masa de aire o envoltura gaseosa en cuyo fondo vivimos, tiene un peso, por lo que ejerce una presión sobre los objetos y las cosas. En realidad, es un inmenso océano de aire, en el que viven animales y plantas.



El peso total de la atmósfera es de unos 6.000 billones de toneladas. Sin embargo, ese peso apenas lo notamos. A nivel del mar nuestro cuerpo soporta una presión periférica de algo más de un kilo por  $\text{cm}^2$ , pero esa presión sobre la piel se equilibra por la que ejerce hacia afuera el aire que entra en los pulmones y la sangre. A causa de esto no advertimos los 15.000 kilos que soportamos cada uno, más o menos.

La presión debida al peso del aire se denomina *presión atmosférica* y su unidad de medida es la atmósfera, que es la cantidad de peso que ejerce una columna de mercurio de 760 milímetros, a la latitud de  $45^\circ$  y al nivel del mar. Como es lógico, esta presión disminuye con la altitud, pues cuanto más alto está a un punto sobre el nivel del mar, menos capa de aire tiene encima. Pero esa disminución no se realiza en proporción aritmética, sino geométrica, es decir, rápidamente en las capas bajas y con lentitud en las altas. En las primeras disminuye a razón de un milímetro por cada 11 metro, aproximadamente. En las superiores lo hace más despacio.

Hemos de hacer resaltar que la presión atmosférica no es la misma siempre en un punto determinado, sino que sufre altibajos, pues la misma depende de diversos factores, entre ellos la temperatura y la humedad. Como el vapor de agua pesa menos que el aire, por ejemplo, si en un momento dado hay más vapor de agua en la atmósfera, habrá menos presión atmosférica. Para apreciar estas variaciones (que tienen gran influencia en los fenómenos atmosféricos), se utiliza el barómetro, un instrumento que, al mismo tiempo, podemos utilizar como altímetro.

Si tomamos un barómetro y subimos a una montaña, observaremos que si en la orilla del mar marcaba 760 milímetros, a los 115 metros de altura, indica 750, mientras que a los 230 metros señalará 740. Y si pudiéramos subir a los 5.000 metros, marcaría unos 400, mientras que a los 10.000 metros ya serían unos 200.

Con la altura no sólo disminuye la presión, sino también la densidad del aire, pues según una ley fundamental de los gases, la densidad de los mismos depende de la presión a que están sometidos. A unos 5.000 metros de altitud los pulmones ya no encuentran suficiente oxígeno para cumplir el ciclo respiratorio. Por ello, los escaladores y alpinistas de las altas cumbres han de llevar una provisión de oxígeno puro. Por igual motivo, los aviones que navegan a gran altitud mantienen en sus cabinas una composición y presión de aire semejante a la del nivel del mar.

Para nuestra vida, la presión atmosférica que soportamos es tan útil como el oxígeno que respiramos. Así como sin éste nos asfixiaríamos, sin la presión entraríamos en ebullición. Como es sabido, la ebullición de un líquido no es más que el punto en que sus vapores llegan a equilibrar y vencer el peso del aire que soportan. En una montaña a gran altitud, el agua está sometida a una presión menor y por lo tanto hierve a una temperatura más baja. Si los ocupantes de un avión que vuela a 10.000 metros no viajaran en una cabina hermética, con la presión conveniente, la sangre y los líquidos del cuerpo hervirían literalmente.

La atmósfera no termina a determinada altitud de una manera brusca, por lo que no se puede señalar una frontera definida de la misma. Antes de la Era Cósmica, se consideraba que el confín teórico de nuestra envoltura gaseosa se hallaba a unos 500 Km. de altitud, pero gracias a los satélites artificiales se ha puesto de manifiesto que se encuentran moléculas de gases atmosféricos hasta los 1.000 Km., que parece ser el límite superior de las auroras.

## **7. LAS CAPAS DE LA ATMOSFERA:**

El océano de aire que nos rodea, para efectos prácticos y de estudio se ha dividido en diversas zonas o capas en relación con la altitud y sus funciones, según los científicos y países que las han establecido. De acuerdo con las últimas investigaciones realizadas, las principales capas de la atmósfera son:

<i>ALTURA</i>	<i>CAPAS</i>	<i>FENOMENOS</i>
De 1.000 km en adelante	EXOSFERA	Vacío casi absoluto. Zona de circulación de satélites geofísicos.
De 400 a 1.000 km.	MESOSFERA	Producción de iones. Transformación de los rayos cósmicos primarios en secundarios.
De 80 a 400 km.	IONOSFERA	Producción de iones. Capas electrizadas. Reflejan ondas radio. Auroras y bólidos.
De 25 a 80 km.	QUIMIOSFERA	Reacciones químicas. Presencia de capa de ozono. Filtro de la radiación ultravioleta.
De 10 a 25 km.	ESTRATOSFERA	Aire prácticamente en calma. Nubes irisadas.
De 0 a 10 km.	TROPOSFERA	Fenómenos meteorológicos: nubes, vientos, lluvia, etc.



## La troposfera

Es la capa de aire que está en contacto con la superficie terrestre, por lo que es la más densa, pues se concentra en ella el 90 % del peso de la atmósfera. Sus características principales son las corrientes verticales debidas al calor, la variación vertical de la temperatura ( $0,6^{\circ}\text{C}$ . por cada 100 metros de altitud), la moderación de las oscilaciones de temperatura a causa del día y la noche, y la formación de los fenómenos meteorológicos. Esta capa es, por tanto, la más importante para la meteorología, ya que es en ella donde se producen las nubes, las lluvias, las tormentas, los vientos, etc.

La altura de la troposfera es de más o menos 10 km, y su frontera con la capa superior se denomina tropopausa. No obstante, el confín de la troposfera no es muy conocido, especialmente en el hemisferio sur. En el ecuador parece llegar a una altitud de 16 km, mientras que en los polos sólo llega a los 8 km.

## La estratosfera

Encima de la tropopausa, pasada la región de los vientos helados, se encuentra la estratosfera, que llega hasta una altitud de alrededor los 25 km. Esta capa se halla constituida, en general, por estratos de aire con poco movimiento vertical, aunque sí lo tienen horizontal. En esta zona, el aire está casi siempre en perfecta calma y prácticamente no existe el *clima*, aunque algunas veces se encuentran unas ligeras nubes denominadas irisadas, por presentar sus bordes los colores del iris.

El límite de esta capa se llama estratopausa. Las antiguas nomenclaturas fijaban la altura de la estratosfera hasta los 80 km, pero los nuevos experimentos científicos determinan que esa capa finaliza a unos 25 km, en donde empieza la quimiosfera.

## La quimiosfera

La razón de esta subdivisión moderna de la antigua estratosfera, obedece a que a partir de los 25 a 30 km de altitud la temperatura del aire comienza a aumentar debido a que los rayos ultravioleta del Sol, de gran intensidad a esa cota, transforman el oxígeno del aire en una variedad denominada ozono, que simultáneamente los absorbe y se calienta, o sea, que en esa capa se producen reacciones químicas. Se estima que la quimiosfera llega hasta unos 80 km de altitud, límite en que comienza la ionosfera.

La concentración máxima de ozono en la quimiosfera tiene lugar a unos 40 km de altitud y forma una especie de cinturón o faja protectora que se denomina ozonoesfera. Esta faja, al producir la dispersión de la luz solar, hace que veamos el cielo de color azul, cuando es negro en realidad, como han comprobado los astronautas. Gracias a esta capa que absorbe gran cantidad de rayos ultravioleta, es posible la vida vegetal y animal en la superficie de la Tierra que, de otra manera, sería rápidamente aniquilada por esa radiación.

## La ionosfera

Esta capa está muy enrarecida y compuesta, principalmente, por iones, o sea, por átomos que han ganado o perdido uno o más electrones, y que por lo tanto poseen una carga eléctrica. Puede considerarse que empieza a los 80 km y termina a los 400 km.

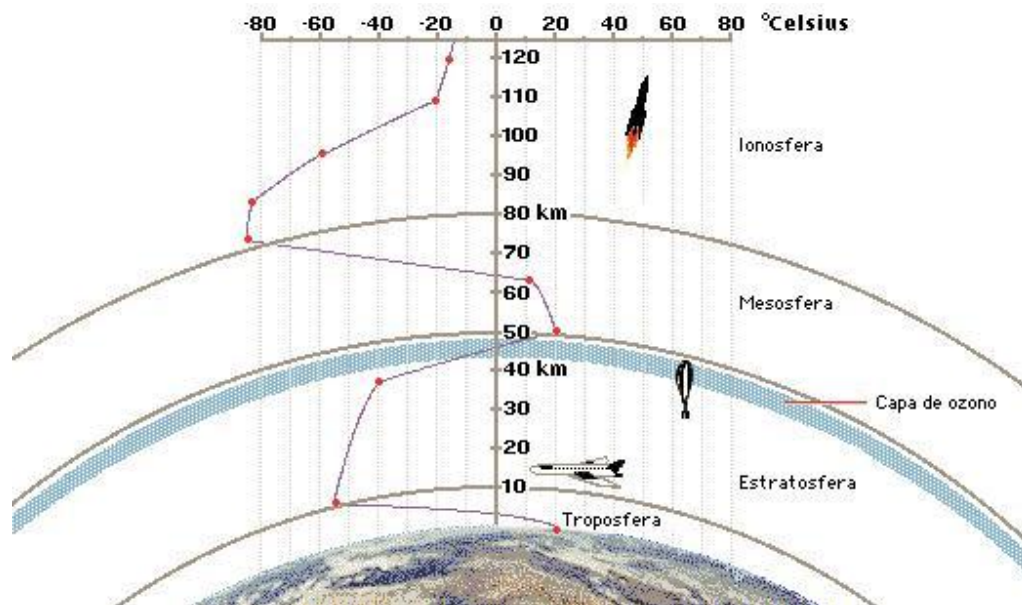
En esta capa se reflejan las ondas de radio, permitiendo las comunicaciones a gran distancia, al vencer la curvatura de la Tierra. En la ionosfera se producen auroras y se ven bólidos. De los 80 a 160 km de altitud existen gran cantidad de átomos de oxígeno e iones, mientras que de esa cota a los 400 km abunda el nitrógeno ionizado.

## La mesosfera

Comienza a los 400 km y termina a los 1.000 km. Los gases enrarecidos son ionizados por la radiación cósmica procedentes del espacio exterior. Aquí es donde los rayos cósmicos primarios se transforman en rayos cósmicos secundarios.

## La exosfera

Se encuentra a partir de los 1.000 km, y apenas existen moléculas de materia. Es la región que exploran los satélites artificiales y no tiene la menor influencia sobre los fenómenos meteorológicos.



## **LA METEOROLOGIA**

### **1. ¿QUÉ ES METEOROLOGÍA?**

Es el estudio de los fenómenos atmosféricos y de los mecanismos que producen el tiempo, orientado a su predicción. Del griego, meteoros (alto), logos (tratado).

Los fenómenos atmosféricos o meteoros pueden ser:

Aéreos, como el viento, acuosos, como la lluvia, la nieve y el granizo, luminosos, como la aurora polar o el arco iris y eléctricos, como el rayo.

La presión, la temperatura y la humedad son los factores climáticos fundamentales en el estudio y predicción del tiempo. La temperatura, sometida a numerosas oscilaciones, se halla condicionada por la latitud y por la altura sobre el nivel del mar.

La presión atmosférica, variable también en el transcurso del día, es registrada en los mapas meteorológicos mediante el trazado de las isobaras o puntos de igual presión, que permiten identificar los centros de baja presión o borrascas, cuya evolución determina en gran parte el tiempo reinante.

La meteorología utiliza instrumentos esenciales, como el barómetro, el termómetro y el higrómetro, para determinar los valores absolutos, medios y extremos de los factores climáticos. Para el trazado de mapas y la elaboración de predicciones es fundamental la recogida coordinada de datos en amplias zonas, lo que se realiza con la ayuda de los satélites meteorológicos.

### **2. ELEMENTO METEOROLÓGICO:**

Para estudiar la atmósfera nos valemos de lo que se conoce como elemento meteorológico y que se definen como aquella variable atmosférica o fenómeno (temperatura del aire, presión, viento, humedad, tormentas, nieblas, ciclones o anticiclones, etc.) que caracteriza el estado del tiempo en un lugar específico y en un tiempo dado.

### **3. ALGUNAS RAMAS DE LA METEOROLOGÍA:**

**Meteorología teórica.**- se ocupa del estudio de los fenómenos meteorológicos a través de teorías científicas.

**Meteorología física.**- se interesa en el estudio de las propiedades físicas de la atmósfera.

**Meteorología Dinámica.**- estudia la atmósfera desde el punto de vista de las leyes dinámicas que gobiernan los sistemas meteorológicos.

**Meteorología experimental.**- estudia los fenómenos y procesos meteorológicos en laboratorios y campos de experimentación.

**Meteorología aplicada.**- en su aplicación a todas las actividades sociales, económicas y, en general, a todas las actividades humanas.

**Meteorología Sinóptica.**- se ocupa de los fenómenos atmosféricos sobre la base de análisis de cartas en la que previamente se han asentado observaciones sinópticas con el propósito de hacer un diagnóstico o un pronóstico de condiciones meteorológicas.

**Meteorología Aeronáutica.**- estudia el efecto que los fenómenos meteorológicos tienen sobre las aeronaves y todo lo concerniente a la aeronavegación.

**Hidrometeorología.** Rama de la Meteorología que se relaciona con Hidrología.

**Meteorología Agrícola (Agrometeorología).**- se ocupa del estudio del impacto de los fenómenos meteorológicos sobre todo lo que se relaciona con la agricultura.

**Meteorología Marítima.**- que consta a su vez de dos áreas:

- a) Meteorología oceánica.- estudia la interacción entre la atmósfera y el mar.
- b) Estrictamente Meteorología marítima.- se ocupa de suministrar servicios, desde el punto de vista meteorológico, a todas las actividades marinas.

**Meteorología Medica.**- Meteorología relacionada con la salud humana.

**Micrometeorología.**- estudia las condiciones meteorológicas a pequeña escala. Este tipo de estudio normalmente implica mediciones de parámetros meteorológicos y estudios cuidadosos de cerca de superficie en períodos cortos de tiempo.

**Mesometeorología.**- estudia las condiciones meteorológicas a escala media. El tamaño del área que cubren estos fenómenos es desde algunos km<sup>2</sup> hasta decenas de km<sup>2</sup>.

**Macrometeorología.**- estudia las condiciones meteorológicas a gran escala. El área que ocupan estos fenómenos meteorológicos se relaciona con amplias regiones geográficas, tales como parte de un continente, un continente completo o, incluso, el planeta entero.

#### **4. ESTACIONES METEOROLÓGICAS:**

Las observaciones se realizan en lugares establecidos, donde es necesario contar con datos meteorológicos para una o varias finalidades, ya sea en tiempo real, en tiempo diferidos o ambos. Estos lugares deben reunir determinadas condiciones técnicas normalizadas y se los denomina "**estaciones meteorológicas**".

##### **¿Cómo opera una estación meteorológica?**

De acuerdo a lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las estaciones meteorológicas se clasifican de la siguiente manera:

SEGÚN SU FINALIDAD	CLASIFICACION
Sinóptica	Climatológica Agrícolas Especiales Aeronáuticas Satélites
De acuerdo a la magnitud de las observaciones	Principales Ordinarias Auxiliares o adicionales
Por le nivel de observación:	Superficie Altitud
Según el lugar de observación	Terrestre Aéreas Marítimas

Como se puede observar una estación meteorológica puede tener diferentes fines, dependiendo de los propósitos para los cuales fue instalada. La información se utiliza en varias aplicaciones u observaciones adicionales que le dan sus características. Por consiguiente, en una estación meteorológica pueden conjugarse dos o más categorías simultáneamente

#### **5. OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS:**

La observación meteorológica consiste en la medición y determinación de todos los elementos que en su conjunto representan las condiciones del estado de la atmósfera en un momento dado y en un determinado lugar utilizando instrumental adecuado.

Estas observaciones realizadas con métodos y en forma sistemática, uniforme, ininterrumpida y a horas establecidas, permiten conocer las

características y variaciones de los elementos atmosféricos, los cuales constituyen los datos básicos que utilizan los servicios meteorológicos, tanto en tiempo real como diferido.

Las observaciones deben hacerse, invariablemente, a las horas pre-establecidas y su ejecución tiene que efectuarse empleando el menor tiempo posible. Es de capital importancia que el observador preste preferente atención a estas dos indicaciones, dado que la falta de cumplimiento de las mismas da lugar, por la continua variación de los elementos que se están midiendo u observando, a la obtención de datos que, por ser tomados a distintas horas o por haberse demorado demasiado en efectuarlos, no sean sincrónicas con observaciones tomadas en otros lugares. La veracidad y exactitud de las observaciones es imprescindible, ya que de no darse esas condiciones se lesionan los intereses, no solo de la meteorología, sino de todas las actividades humanas que se sirven de ella. En este sentido, la responsabilidad del observador es mayor de lo que generalmente él mismo supone.

### **Observaciones sinópticas:**

Son observaciones que se efectúan en forma horaria (horas fijas del día) remitiéndolas inmediatamente a un centro recolector de datos, mediante mensajes codificados, por la vía de comunicación más rápida disponible. Estas observaciones se utilizan para una multitud de fines meteorológicos, en general en tiempo real, es decir, de uso inmediato, y especialmente para la elaboración de mapas meteorológicos para realizar el correspondiente diagnóstico y formular los pronósticos del tiempo para las diferentes actividades.

### **Observaciones climatológicas:**

Son observaciones que se efectúan para estudiar el clima, es decir, el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizados por los estados y las evaluaciones del tiempo en una porción determinada del espacio. Estas observaciones difieren muy poco de las sinópticas en su contenido y se realizan también a horas fijas, tres o cuatro veces al día (por lo menos) y se complementan con registros continuos diarios o semanales, mediante instrumentos registradores

### **Observaciones aeronáuticas:**

Se trata de observaciones especiales que se efectúan en las estaciones meteorológicas instaladas en los aeródromos, esencialmente para satisfacer las necesidades de la aeronáutica, aunque comúnmente se hacen también observaciones sinópticas. Estas observaciones se comunican a otros aeródromos y, frecuentemente, a los aviones en el vuelo, pero en los momentos de despegue y aterrizaje, el piloto necesita algunos elementos esenciales de la atmósfera, como el tiempo presente, dirección y velocidad del viento, visibilidad, altura de las nubes bajas, reglaje altimétrico, etc., para seguridad de la nave, tripulación y pasajeros



### **Observaciones marítimas:**

Son observaciones que se realizan sobre buques fijos, móviles, boyas ancladas y a la deriva. Estas dos últimas son del tipo automático. Estas observaciones constituyen una fuente vital de datos y son casi únicas observaciones de superficie fiables procedentes de los océanos, que representan más de los dos tercios de la superficie total del globo. Esas observaciones se efectúan en base a un plan, según el cual se imparte una formación a determinados observadores seleccionados entre las tripulaciones de las flotas de buques, especialmente mercantes, para que puedan hacer observaciones sinópticas durante el viaje y transmitirlas a las estaciones costeras de radio.

### **Observaciones agrícolas:**

Son observaciones que se hacen de los elementos físicos y biológicos del medio ambiente, para determinar la relación entre el tiempo y la vida de plantas y animales. Con estas observaciones, se trata de investigar la acción mutua que se ejerce entre los factores meteorológicos e hidrológicos, por una parte, y la agricultura en su más amplio sentido, por otra. Su objeto es detectar y definir dichos efectos para aplicar después los conocimientos que se tienen de la atmósfera a los aspectos prácticos de la agricultura. Al mismo tiempo se trata de disponer de datos cuantitativos, para las actividades de planificación, predicción e investigación agrometeorológicas y para satisfacer, plenamente, la función de ayuda a los agricultores, para hacer frente a la creciente demanda mundial de alimentos y de productos secundarios de agrícola.

### **Observaciones de la precipitación:**

Son observaciones relativas a la frecuencia, intensidad y cantidad de precipitación, ya sea en forma de lluvia, llovizna, aguanieve, nieve o granizo y constituyen elementos esenciales de diferentes tipos de observaciones. Dada la gran variabilidad de las precipitaciones tanto desde el punto de vista espacial como temporal se debe contar con un gran número de estaciones suplementarias de observación de la precipitación

### **Observaciones de altitud:**

Son observaciones de la presión atmosférica, temperatura, humedad y viento que se efectúan a varios niveles de la atmósfera, llegándose generalmente hasta altitudes de 16 a 20 km. y, muchas veces, a más de 30 km. Estas mediciones se hacen lanzando radiosondas, que son elevadas al espacio por medio de globos inflados con gas más liviano que el aire y, a medida que van subiendo, transmiten señales radioeléctricas, mediante un radiotransmisor miniaturizado, que son captadas en tierra por receptores adecuados y luego procesadas para convertirlas en unidades meteorológicas.

La observación de la dirección y velocidad del viento puede efectuarse con la misma radiosonda, haciendo uso del "Sistema de Posicionamiento Global (GPS)" y recibiendo los datos, en tierra, mediante radioteodolitos siguiendo la trayectoria de un globo inflado con gas helio o hidrógeno, mediante un teodolito óptico o, para mayor altura, radar aerológico.

#### **Otras observaciones:**

Entre las mismas, figuran las observaciones efectuadas a partir de las aeronaves en vuelo y diversos tipos de observaciones especiales, tales como las que se refieren a la radiación, al ozono, a la contaminación, hidrológicas, evaporimétricas, temperatura y humedad del aire a diversos niveles hasta 10 m. de altura y del suelo y subsuelo.

#### **Horas que se realizan las observaciones:**

La hora observacional depende del tipo, finalidad y uso de cada observación.

Es importante que las observaciones sean sincrónicas y continuadas durante varios años, para que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación. Para determinado tipo de observaciones, en especial las sinópticas, la OMM ha establecido horas fijas, en tiempo universal coordinado (UTC).

Las horas principales, para efectuar observaciones sinópticas de superficie son: 00:00 - 06:00 - 12:00 - 18:00 UTC a las horas sinópticas intermedias son: 03:00 - 09:00 - 15:00 - 21:00 UTC.

Las horas fijas para la observación sinóptica en altitud son: 00:00 - 12:00 UTC. Las observaciones aeronáuticas se realizan en forma horaria, las de despegue y aterrizaje en el momento mismo en que el piloto efectúa dichas operaciones, y en vuelo en cualquier momento.

## LA TEMPERATURA

### 1. CONCEPTO:

La temperatura de un cuerpo indica en qué dirección se desplazará el calor al poner en contacto dos cuerpos que se encuentran a temperaturas distintas, ya que éste pasa siempre del cuerpo cuya temperatura es superior al que tiene la temperatura más baja; el proceso continúa hasta que las temperaturas de ambos se igualan.

### 2. ESCALAS TERMOMETRICAS:

Las escalas de temperatura más comúnmente usadas son dos: **Celsius** y **Fahrenheit**. Con fines de aplicaciones físicas o en la experimentación, es posible hacer uso de una tercera escala llamada **Kelvin** o absoluta. La escala **Celsius** es la más difundida en el mundo y se la emplea para mediciones de rutina, en superficie y en altura.

La escala **Fahrenheit** se usa en algunos países con el mismo fin, pero para temperaturas relativamente bajas continúa siendo de valores positivos. Se aclarará este concepto cuando se expongan las diferencias entre ambas escalas. Tradicionalmente, se eligieron como temperaturas de referencia, para ambas escalas los puntos de fusión del hielo puro (como 0° C ó 32° F) y de ebullición del agua pura, a nivel del mar (como 100° C o 212° F).

Como puede verse, la diferencia entre estos dos valores extremos es de 100° C y 180° F, respectivamente en las dos escalas.

Por otro lado, la relación o cociente entre ambas escalas es de 100/180, es decir 5/9. Asimismo una temperatura de 0° F es 32° F más fría que una de 0° C, esto permite comparar diferentes temperaturas entre una y otra escala. Un algoritmo sencillo hace posible pasar de un valor de temperatura, en una escala, a unos en la otra y viceversa, o sea:

$$0^{\circ}\text{C} = 5/9 \text{ }^{\circ}\text{F} - 32 \quad \text{y} \quad 0^{\circ}\text{F} = 9/5 \text{ }^{\circ}\text{C} + 32$$

La escala absoluta o **Kelvin** es llamada así por ser éste su creador. El límite teórico inferior de la misma no se puede alcanzar interpretándose los °K como el estado energético más bajo que pueden llegar a alcanzar las moléculas de la materia. En los laboratorios de bajas temperaturas se han alcanzado valores muy bajos, cercanos a -273.16° C, mediante la congelación del hielo o del hidrógeno, que son los gases de menor peso molecular (es decir los más livianos). Por lo tanto se define como:

$$273.16 \text{ K} = 0^{\circ} \text{ C}$$

### **3. CALOR Y TEMPERATURA:**

El calor equivale a la energía calorífica que contienen los cuerpos la temperatura es la medida del contenido de calor de un cuerpo.

Mediante el contacto de la epidermis con un objeto se perciben sensaciones de frío o de calor, siendo está muy caliente. Los conceptos de calor y frío son totalmente relativos y sólo se pueden establecer con la relación a un cuerpo de referencia como, por ejemplo, la mano del hombre.

Lo que se percibe con más precisión es la temperatura del objeto o, más exactamente todavía, la diferencia entre la temperatura del mismo y la de la mano que la toca. Ahora bien, aunque la sensación experimentada sea tanto más intensa cuanto más elevada sea la temperatura, se trata sólo una apreciación muy poco exacta que no puede considerarse como medida de temperatura. Para efectuar esta última se utilizan otras propiedades del calor, como la dilatación, cuyos efectos son susceptibles.

La dilatación es, por consiguiente, una primera propiedad térmica de los cuerpos, que permite llegar a la noción de la temperatura.

La segunda magnitud fundamental es la *cantidad de calor* que se supone reciben o ceden los cuerpos al calentarse o al enfriarse, respectivamente.

La cantidad de calor que hay que proporcionar a un cuerpo para que su temperatura aumente en un número de unidades determinado es tanto mayor cuanto más elevada es la masa de dicho cuerpo y es proporcional a lo que se denomina *calor específico* de la sustancia de que está constituido.

Cuando se calienta un cuerpo en uno de sus puntos, el calor se propaga a los que son próximos y la diferencia de temperatura entre el punto calentado directamente y otro situado a cierta distancia es tanto menor cuanto mejor conductor del calor es dicho cuerpo. Si la *conductabilidad térmica* de un cuerpo es pequeña, la transmisión del calor se manifiesta por un descenso rápido de la temperatura entre el punto calentado y otro próximo. Así sucede con el vidrio, la porcelana, el caucho, etc. En el caso contrario, por ejemplo con metales como el cobre y la plata, la conductabilidad térmica es muy grande y la disminución de temperatura entre un punto calentado y el otro próximo es muy reducida.

Se desprende de lo anterior que el estudio del calor sólo puede hacerse después de haber definido de una manera exacta los dos términos relativos al propio calor, es decir, la temperatura, que se expresa en *grados*, y la cantidad de calor, que se expresa en *calorías*.

### **4. RADIACION Y TEMPERATURA:**

La superficie terrestre recibe energía proveniente del Sol, en forma de radiación solar emitida en onda corta. A su vez, la Tierra, con su propia atmósfera,

refleja alrededor del 55% de la radiación incidente y absorbe el 45% restante, convirtiéndose, ese porcentaje en calor.

Por otra parte, la tierra irradia energía, en onda larga, conocida como **radiación terrestre**. Por lo tanto, el calor ganado de la radiación incidente debe ser igual al calor perdido mediante la radiación terrestre; de otra forma la tierra se iría tornando, progresivamente, más caliente o más fría. Sin embargo, este balance se establece en promedio; pero regional o localmente se producen situaciones de desbalance cuyas consecuencias son las variaciones de temperatura.

## **5. VARIACIONES DE TEMPERATURA:**

La cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud.

Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura. Por otro lado, la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura.

Ejercen influencia sobre la temperatura:

La variación diurna, distribución latitudinal, variación estacional, tipos de superficie terrestre y la variación con la altura.

### **Variación diurna:**

Se define como el cambio en la temperatura, entre el día y la noche, producido por la rotación de la tierra.

### **Variación de la temperatura con la latitud:**

En este caso se produce una distribución natural de la temperatura sobre la esfera terrestre, debido a que el ángulo de incidencia de los rayos solares varía con la latitud geográfica.

### **Variación estacional:**

Esta característica de la temperatura se debe al hecho que la Tierra circunda al Sol, en su órbita, una vez al año, dando lugar a las cuatro estaciones: verano, otoño, invierno y primavera.

Como se sabe, el eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de su órbita; entonces el ángulo de incidencia de los rayos solares varía, estacionalmente, en forma diferente para ambos hemisferios.

Es decir, el Hemisferio Norte es más cálido que el Hemisferio Sur durante los meses de junio, julio y agosto, porque recibe más energía solar.

Recíprocamente, durante los meses de diciembre, enero y febrero, el Hemisferio Sur recibe más energía solar que el similar del Norte y, por lo tanto, se torna más cálido.

### **Variaciones con los tipos de superficie terrestre:**

La distribución de continentes y océanos produce un efecto muy importante en la variación de temperatura.

Al establecerse diferentes capacidades de absorción y emisión de radiación entre tierra y agua (capacidad calorífica), podemos decir que las variaciones de temperatura sobre las áreas de agua experimentan menores amplitudes que sobre las sólidas.

Sobre los continentes, se debe resaltar el hecho de que existen diferentes tipos de suelos en cuanto a sus características: desérticos, selváticos, cubiertos de nieve, etc. Tal es así que, por ejemplo, suelos muy húmedos, como pantanos o ciénagas, actúan en forma similar a las superficies de agua, atenuando considerablemente las variaciones de temperatura.

También la vegetación espesa tiende a atenuar los cambios de temperatura, debido a que contiene bastante agua, actuando como un aislante para la transferencia de calor entre la Tierra y la atmósfera.

Por otro lado, las regiones desérticas o áridas permiten grandes variaciones en la temperatura. Esta influencia climática tiene a su vez su propia variación diurna y estacional.

Como ejemplo ilustrativo de este hecho podemos citar que una diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas puede ser de 10°C, o menos, sobre agua, o suelos pantanosos o inundados, mientras que diferencias de hasta 40°C, o más, son posibles sobre suelos rocosos o desiertos de arena.

En la Meseta Siberiana, al Norte de Asia, la temperatura promedio en julio es de alrededor de 10°C y el promedio en enero alrededor de -40°C; es decir, una amplitud estacional de alrededor de 50°C.

El viento es un factor muy importante en la variación de la temperatura. Por ejemplo, en áreas donde los vientos proceden predominantemente de zonas húmedas u oceánicas, la amplitud de temperatura es generalmente pequeña; por otro lado, se observan cambios pronunciados cuando los vientos prevalecientes soplan de regiones áridas, desérticas o continentales.

Como caso interesante, se puede citar que en muchas islas, la temperatura permanece aproximadamente constante durante todo el año.

### **Variaciones con la altura:**

A través de la primera parte de la atmósfera, llamada troposfera, la temperatura decrece normalmente con la altura.



Este decrecimiento de la temperatura con la altura recibe la denominación de **Gradiente Vertical de Temperatura**, definido como un cociente entre la variación de la temperatura y la variación de altura, entre dos niveles.

En la troposfera el G.V.T. medio es de aproximadamente  $6.5^{\circ}\text{C} / 1000\text{ m}$ . Sin embargo a menudo se registra un aumento de temperatura, con la altura, en determinadas capas de la atmósfera.

A este incremento de la temperatura con la altura se la denomina **inversión de temperatura**.

Una inversión de temperatura se puede desarrollar a menudo en las capas de la atmósfera que están en contacto con la superficie terrestre, durante noches despejadas y frías, y en condiciones de calma o de vientos muy suaves. Superada esta capa de inversión térmica, la temperatura comienza a disminuir nuevamente con la altura, restableciéndose las condiciones normales en la troposfera.

Puede ocurrir que se produzcan inversiones térmicas, en distintos niveles de altura de la troposfera inferior o media. Esto se debe, fundamentalmente, al ingreso de aire caliente en algunas capas determinadas, debido a la presencia de alguna zona frontal.

En términos generales, la temperatura decrece a lo largo de toda la troposfera, hasta alcanzar la región llamada estratosfera (variable con la latitud y la época del año), donde la temperatura no decrece si no que permanece aproximadamente constante o, inclusive, aumenta con la altura.

La zona de transición entre la troposfera y la estratosfera recibe el nombre de **tropopausa**.

## **6. MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL AIRE:**

El instrumento utilizado para medir temperaturas se llama termómetro. Existen varios tipos de termómetros, cuya construcción varía según el uso a que se destinan y su modo de utilización.

Todos los termómetros miden la temperatura y sus variaciones aprovechando el efecto producido por el calor sobre un cuerpo. Generalmente se utiliza la dilatación que acompaña a un incremento de calor. La dilatación del mercurio contenido en un tubo cerrado de vidrio, constituye el fundamento del termómetro científico más común. Algunas veces se utiliza alcohol en lugar de mercurio.

En meteorología, las temperaturas que mayormente se miden son las siguientes:

**Temperatura del aire o ambiente.-** es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura.

**Punto de rocío (Temperatura de punto de rocío).**- es la temperatura a la cuál el aire alcanza la saturación, es decir se condensa. Esta temperatura es medido por medio del **Psicrómetro**, Instrumento consistente en un termómetro de bulbo seco y uno de bulbo húmedo, que se utiliza para medir el contenido de vapor de agua en el aire.



**Temperatura Máxima.**- es la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas.

**Temperatura Mínima.**- es la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar en entre las 06:00 y las 08:00 horas.

## LA PRESION ATMOSFERICA

### 1. DEFINICION:

En física la presión está definida como al cociente entre la acción de una fuerza sobre la unidad de superficie.

$$P = F/S$$

Por lo tanto, la presión atmosférica es numéricamente igual al peso de una columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmósfera.

### 2. UNIDAD DE PRESION:

Desde el punto de vista histórico, la primera unidad empleada para medir la presión atmosférica fue el "milímetro de mercurio" (mm Hg), en razón de la conocida capacidad de una columna de mercurio, de unos 760 mm, consistente en lograr equilibrar la referida presión. Dicha propiedad era muy utilizada en la construcción de los primeros barómetros, de modo que el mm Hg resultaba una unidad de medida sumamente intuitiva.

En la industria también ha sido usada la "atmósfera técnica" (at), definida como la presión debida a la acción de un kilogramo fuerza (kgf) sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Recordemos que 1 kgf corresponde a la fuerza de gravedad actuando sobre una masa de 1 kg, es decir, aproximadamente 9,81 newtons (N). La "atmósfera técnica" no debe confundirse con la "atmósfera normal" o "atmósfera física" (atm), definida como la presión debida a una columna de mercurio de (exactamente) 760 mm, bajo condiciones predeterminadas. La equivalencia es 1 atm. = 1,033at.

Se debe mencionar que existen unidades análogas en los países de habla inglesa, donde resultan de uso frecuente las "pulgadas de mercurio" (Hg) y las "libras por pulgada cuadrada" (psi). Estas últimas todavía se utilizan en nuestro país, para medir la presión de los neumáticos en los vehículos.

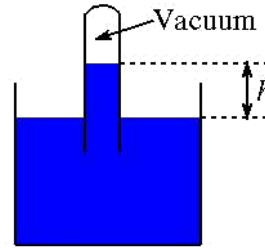
Posteriormente, se generalizó el empleo del sistema CGS, basado en el centímetro, el gramo y el segundo. Por tal motivo, la elección lógica era la "**baria**", correspondiente a una fuerza de una dina actuando sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Sin embargo, como la baria resultaba demasiado pequeña para los fines prácticos, se decidió adoptar una unidad un millón de veces mayor: el "**bar**" (1 bar = 1.000.000 barias). En el campo específico de la meteorología, se hizo común el uso de la milésima de bar, el "**milibar**" (mb).

### Barometer

$$P = P_a + \rho g h$$

$$P = \rho g h$$

absolute pressure



$$\text{water } (\rho = 1000 \text{ kg/m}^3) : h = \frac{P_a}{\rho g} = \frac{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} = 10.3 \text{ m}$$

$$\text{mercury } (\rho = 13.6 \rho_{\text{H}_2\text{O}}) : h = 0.76 \text{ m}$$

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm Hg (common lab unit)}$$

En la actualidad, la comunidad científica internacional ha adoptado el Sistema Internacional (SI), cuyas unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo. Para este sistema la unidad de presión es el newton por metro cuadrado, denominado "**pascal**" (PA). Debido a que es una unidad muy pequeña y a efectos de facilitar la transición de un sistema a otro, se ha optado por expresar la presión atmosférica en "**hectopascuales**" (hPA), es decir, en centenares de pascuales. El **hectopascal es idéntico al milibar** (1 hPA = 1mb), de modo que no requiere mayor esfuerzo admitir dicho cambio en la denominación.

Tanto la Organización Meteorológica Mundial (1982) como la Organización de Aviación Civil Internacional (1985) han abandonado ya, definitivamente, el uso del milibar, adoptando en su lugar el **hectopascal** como unidad de base para la medida de la presión atmosférica.

### **3. MEDICION DE LA PRESION:**

El **barómetro** de mercurio es un instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. La palabra barómetro viene del Griego donde:

Báros = Presión      y      Métron = Medida

El primer Barómetro lo ideó **Evangelista Torricelli** cuando trataba de explicar que las bombas aspirantes no pueden hacer subir el agua más allá de cierta altura.

El barómetro de **Fortin** se compone de un tubo Torricelliano que se introduce en el mercurio contenido en una cubeta de vidrio en forma tubular, provista de una base de piel de gamo cuya forma puede ser modificada por medio de un tornillo que se apoya en su centro y que, oportunamente girado, lleva el nivel del mercurio del cilindro a rozar la punta de un pequeño cono de marfil. Así se mantiene un nivel fijo.

El barómetro está totalmente recubierto de latón, salvo dos ranuras verticales junto al tubo que permiten ver el nivel de mercurio. En la ranura frontal hay una graduación en milímetros y un nonius para la lectura de décimas de milímetros. En la posterior hay un pequeño espejo para facilitar la visibilidad del nivel. Al barómetro va

unido un termómetro. Los barómetros Fortin se usan en laboratorios científicos para las medidas de alta precisión, y las lecturas deben ser corregidas teniendo en cuenta todos los factores que puedan influir sobre las mismas, tales como la temperatura del ambiente, la aceleración de gravedad de lugar, la tensión de vapor del mercurio, etc.

Con vistas a la difusión de los barómetros para mediciones de altura y para la previsión del tiempo se han ideado unos barómetros metálicos más manejables y económicos que el de Fortin, son los llamados **aneroides y holostéricos**, si bien son menos precisos. El primero está formado por un tubo de sección elíptica doblado en forma de aro, en el que se ha obtenido una alta rarefacción. El tubo doblado queda fijo en un punto y la extremidad de los semicírculos así obtenidos es móvil. Con el aumento de la presión atmosférica, el tubo tiende a cerrarse; en el caso contrario tiende a abrirse. La extremidad de los semicírculos está unida a los extremos de una barrita que gira sobre su centro; ésta, a través de un juego de engranajes y palancas, hace mover un índice.

El barómetro metálico holostérico está formado por un recipiente aplanado, de superficies onduladas en el que se ha logrado una intensa rarefacción antes de cerrarlo; en una de las caras se apoya un resorte que, con las variaciones de presión atmosférica, hace mover un índice por medio de un juego de palancas.

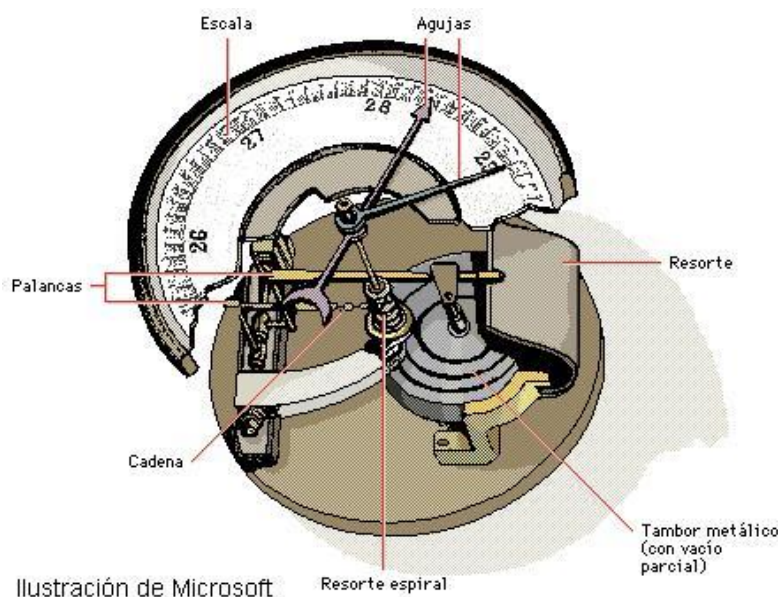


Ilustración de Microsoft

#### **4. VARIACION DE LA PRESION CON LA ALTURA:**

A medida que uno asciende la presión atmosférica decrece. En capas bajas cerca de la superficie la disminución de la presión con la altura es de aproximadamente 1hPa cada 8m. Esta relación va disminuyendo a medida que la altura aumenta

### Ejemplo de la variación de presión con la altura

H[m]	P[mm]	T[°C]	HUMEDAD RELATIIVA	ESTRATÓSFERA
20000	41.4			
18000	56.6	-55.0		
16000	77.5	-55.0		
14000	106.0	-55.0		
12000	145.0	-55.0		
10000	198.2	-50.0		
8000	266.9	-37.0		TROPÓSFERA
6000	353.8	-24.0	5%	
5000	405.1	-17.5	10%	
4000	462.3	-11.0	20%	
3000	525.8	-4.5	30%	
2000	596.2	2.0	40%	
1500	634.2	5.2		
1000	674.1	8.5	60%	
500	716.0	11.8		
0	760.0	15.0	80%	



## **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 integran 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.

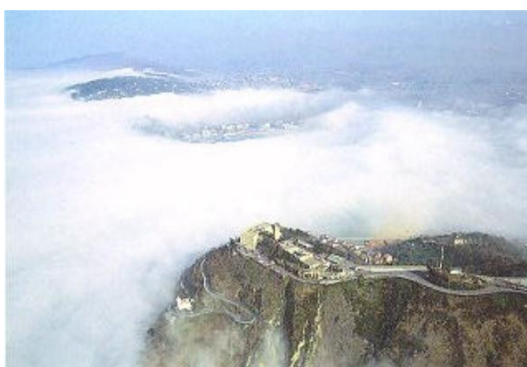
## 11. LA VISIBILIDAD:

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.

## **1. DEFINICIÓN:**

El viento es la variable de estado de movimiento del aire. En meteorología se estudia el viento como aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta.



El viento es causado por las diferencias de temperatura existentes al producirse un desigual calentamiento de las diversas zonas de la Tierra y de la atmósfera. Las masas de aire más caliente tienden a ascender, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante, más frío y, por tanto, más denso. Se denomina propiamente "viento" a la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal, reservándose la denominación de "corriente de convección" para los movimientos de aire en sentido vertical.

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos; se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) hacia los de baja presión (depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones. En su movimiento, el viento se ve alterado por diversos factores tales como el relieve y la aceleración de Coriolis.

En superficie, el viento viene definido por dos parámetros: la dirección en el plano horizontal y la velocidad.

## **2. LA CIRCULACIÓN GENERAL EN LA ATMOSFERA:**

El aire de la atmósfera experimenta unos procesos de circulación de carácter general que determinan la climatología y la estacionalidad y evolución de los fenómenos meteorológicos.



## **La radiación solar**

La energía calorífica de la radiación solar es la generatriz de todos los procesos meteorológicos y climáticos que se dan en la tierra. Al incidir sobre el planeta, atraviesa el gas atmosférico sin apenas calentarlo; en cambio sí calienta la superficie terrestre que es la que acaba transmitiendo el calor al aire atmosférico en contacto con ella. Así pues, es la tierra la que calienta directamente la atmósfera y no la radiación solar. Esto tiene una importante trascendencia para entender la dinámica de todos los procesos que se dan en meteorología.

Sin embargo, no toda la superficie de la tierra recibe por igual la misma energía: los polos son las que menos y las zonas ecuatoriales son las que más. De este modo, la superficie de la tierra no transmite de una forma uniforme el calor al aire que tiene sobre ella.



LA TIERRA DEL ECUADOR SE CALIENTA MÁS POR LA ACCIÓN SOLAR QUE LA DE LOS POLOS, DEBIDO A QUE RECIBE MÁS CANTIDAD DE RADIACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE.

Esto origina que se produzcan intercambios térmicos entre las zonas más calientes y las más frías para restablecer el equilibrio: el aire caliente se desplaza hacia los polos y el aire frío hacia el ecuador. De este modo, las masas de aire nivelan y suavizan el clima en la Tierra y establecen los principios de la circulación general.

## **Regiones depresionarias y anticiclónicas**

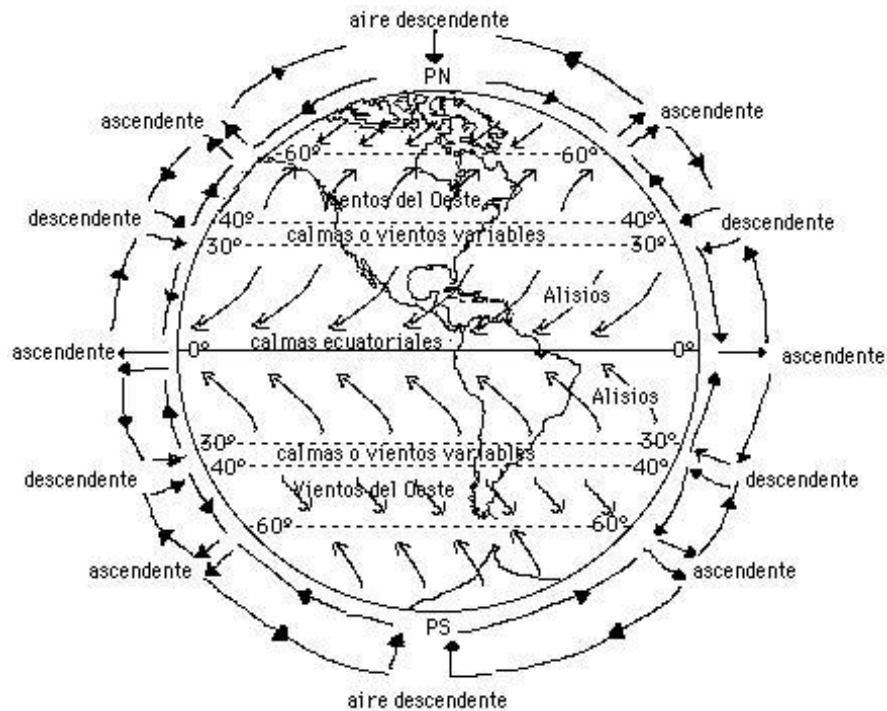
El aire caliente de la zona ecuatorial se hace más ligero y se eleva. Al ascender, se dirige en altura hacia los polos. A medida que se desplaza hacia el polo sufre la acción de la fuerza de Coriolis, desviándose hacia su derecha en el hemisferio Norte y hacia su izquierda en el hemisferio Sur.

Cuando el aire se enfría cae, y una vez en la superficie de la tierra retorna al ecuador absorbido por las bajas presiones que se generan en la zona al ascender el aire caliente. En este trayecto se vuelve a desviar debido a la fuerza de Coriolis, de manera que al llegar a la zona subtropical es ya un viento del Noreste en el hemisferio Norte, y del sureste en el hemisferio Sur. Estos vientos son los denominados alisios.

En los polos ocurre lo contrario. El aire frío y pesado se desplaza desde la zona polar a ras de suelo en dirección al ecuador. La fuerza de Coriolis, lo desvía al Noreste en el hemisferio Norte, y al sureste en el hemisferio Sur. Al descender de latitud el aire se calienta y asciende, volviendo a la zona polar por arriba, absorbido por la depresión en altitud que genera el aire. Sobre el polo vuelve a enfriarse descendiendo y se cerrando el ciclo.

El ciclo ecuatorial abarca desde el ecuador hasta los 30° de latitud en ambos hemisferios. El polar desde ambos polos hasta los 60°.

En las latitudes templadas que quedan entre los 30 y los 60° de latitud se origina otro ciclo. El aire de la zona es más caliente que el polar y más frío que el subtropical. Por ello el aire de la zona tiene tendencia a trasladarse hacia el polo para llenar el vacío dejado por el aire ascendente en los 60 ° de latitud; al ser desviados de nuevo por la fuerza de Coriolis adquieren una marcada componente oeste en ambos hemisferios. Son los denominados vientos de los oestes cuyo predominio en la zona templada genera el denominado "cinturón de los oestes".



LA ZONAS DEPRESIONARIAS Y ANTICICLÓNICAS SE INTERCALAN CON OTRAS DE VIENTOS DOMINANTES

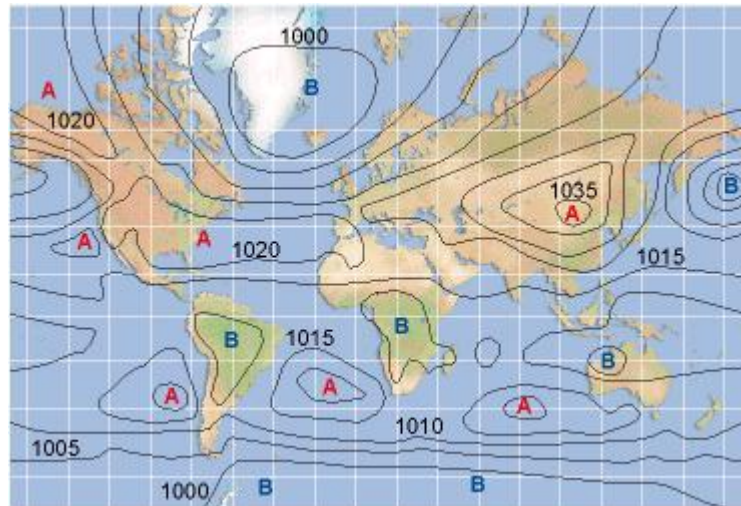
### Distribución en latitud de las zonas depresionarias y anticlónicas

Debido a esta circulación general las zonas de presión atmosférica relativa quedan distribuidos de este modo sobre cada hemisferio de la tierra:

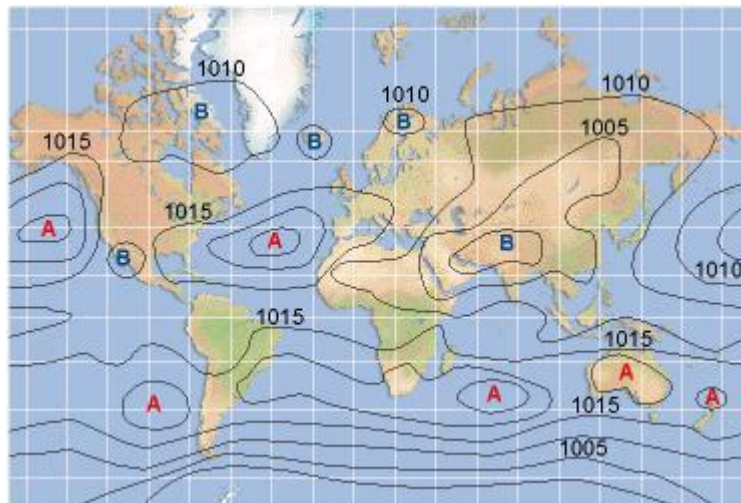
1. Sobre el polo un anticiclón.



2. Una zona de depresiones en torno a los 60° de latitud, a la que se dirigen vientos polares y subtropicales.
3. Una zona de anticiclones sobre los 30° de latitud, que envía vientos de componente oeste (SO en el hemisferio norte y NO en el sur) hacia las regiones templadas y de componente este (NE en el hemisferio norte y SE en el sur) hacia la región ecuatorial.
4. Una zona depresionaria en el cinturón ecuatorial, con vientos en calma pero con fuertes corrientes verticales ascendentes. La denominada zona de convergencia intertropical.



*Isobaras dominantes el mes de enero*



*Isobaras dominantes el mes de julio*

### **La influencia de los continentes**

Este equilibrio es el que se produciría si el planeta tuviera una superficie homogénea, pero en realidad hay tierra y agua que se calientan y enfrían de forma

distinta. En el hemisferio norte predominan las grandes masas continentales y en el sur el agua, por lo que el modelo de circulación general experimenta variaciones en cada caso. También las masas de tierra y agua se encuentran mezcladas sin uniformidad, por lo que la distribución de las depresiones y los anticiclones no es tampoco homogénea en cada hemisferio.

En general, en verano (enero para el hemisferio sur, y julio para el hemisferio norte) la zona anticiclónica de los 30° de latitud tiende a interrumpirse en los continentes debido a su intenso calentamiento debido a alta absorción de la radiación solar de la tierra que genera la aparición de depresiones denominadas térmicas (El aire caliente asciende). Son las depresiones suramericana, sudafricana y australiana en el verano austral, y las centroasiática y Norteamericana, en el boreal.

En invierno (enero para el hemisferio norte, y julio para el sur) la zona anticiclónica se refuerza sobre los continentes al enfriarse el aire sobre ellos más que sobre los océanos. El anticiclón es más denso en los continentes del hemisferio norte, donde la extensión de tierra es superior, que en el sur. Son los anticiclones siberiano y Norteamericano.

### **3. LA FUERZA DE CORIOLIS:**

La denominada fuerza de Coriolis influye en todos los fenómenos de traslación que se realizan sobre la superficie de la tierra.

Debido a su rotación, se genera una fuerza que, en el hemisferio Sur, desvía hacia el Este toda partícula en movimiento de Norte a Sur y hacia el Oeste a las que lo hacen de Sur a Norte.



COMPOSICIÓN VECTORIAL DE CUALQUIER MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

Es decir, en el hemisferio Sur, la fuerza de Coriolis desvía hacia la izquierda los movimientos de las masas de aire y agua. En el hemisferio Norte se produce el efecto inverso: la desviación se produce hacia la derecha

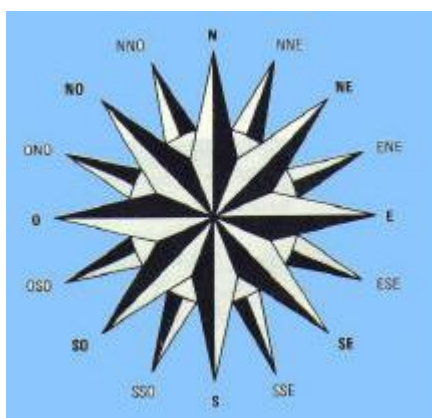
### **Desviación por la fuerza de Coriolis**

La rotación terrestre genera la denominada fuerza de Coriolis que se produce de forma perpendicular a la dirección del movimiento. En el hemisferio sur, el aire procedente de los anticiclones es desviado hacia la izquierda, girando en el sentido contrario de las agujas del reloj. En las depresiones, el viento gira en sentido de las agujas del reloj. En el hemisferio norte se produce el efecto contrario, lo que explica que el viento de las borrascas y los anticiclones gire en sentido inverso.

Este efecto es la base de la denominada Ley de Buys-Ballot que enuncia que un observador que se coloque cara al viento en el hemisferio sur tendrá siempre las bajas presiones a su derecha y las altas presiones a su izquierda.

### **4. DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO:**

**La dirección del viento.-** viene definida por el punto del horizonte del observador desde el cual sopla. En la actualidad, se usa internacionalmente la rosa dividida en 360°. El cálculo se realiza tomando como origen el norte y contando los grados en el sentido de giro del reloj. De este modo, un viento del SE equivale a 135°; uno del S, a 180°; uno del NW, a 315°, etc.



LA DIRECCIÓN SE SUELE REFERIR AL PUNTO MÁS PRÓXIMO DE LA ROSA DE LOS VIENTOS QUE CONSTA DE OCHO RUMBOS PRINCIPALES. SE MIDE CON LA VELETA.

**La velocidad del viento.-** se mide preferentemente en náutica en nudos y mediante la escala Beaufort. Esta escala comprende 12 grados de intensidad creciente que describen el viento a partir del estado de la mar. Esta descripción es inexacta pues varía en función del tipo de aguas donde se manifiesta el viento. Con la llegada de los modernos anemómetros, a cada grado de la escala se le ha asignado una banda de velocidades medidas por lo menos durante 10 minutos a 10 metros de altura sobre el nivel del mar.

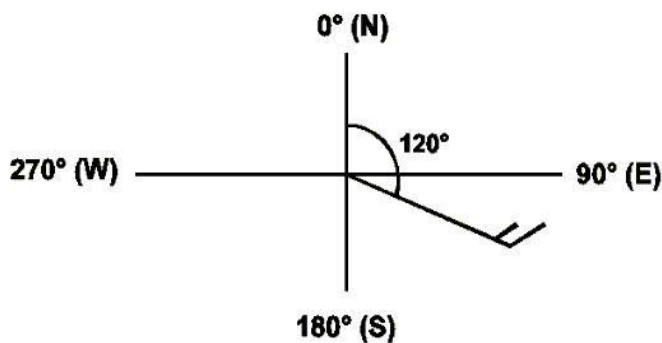
En la meteorología sinóptica moderna, la escala Beaufort tiende a sustituirse por las mediciones precisas en nudos.

### ¿Cómo se representa el viento en un gráfico?

Existen dos formas de representar el viento en un gráfico con vectores y flechas con barbas .

#### La dirección del viento:

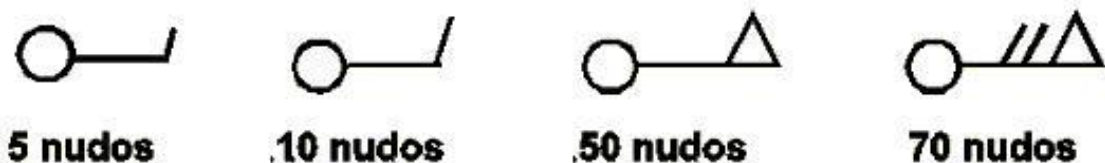
Se representa en grados de 0 a 360 como se muestra en la siguiente figura. En esta, 0 grados corresponde al Norte, 90 al Este, 180 al Sur, 270 al Oeste y 360 grados nuevamente al Norte. En la Fig. 4 se ha representado el viento con una dirección de 120 grados (aprox. del sureste), la punta de la flecha indica de donde viene el viento y las barbas como se verá a continuación la magnitud del viento, en este caso 15 nudos.



#### La velocidad del viento:

Si es un vector la longitud representa la velocidad del viento.

En el caso de las flechas con barbas, la velocidad del viento se representa teniendo en cuenta la escala gráfica siguiente. La barba de menor longitud equivale a 5 nudos, la de mayor longitud 10 nudos y el triángulo 50 nudos; si queremos representar 70 nudos será un triángulo con dos barbas grandes. Las velocidades inferiores a 5 nudos se representan con flechas sin barbas.



La unidad del viento en el Sistema Internacional es m/s, sin embargo aún se usan los nudos(kt) y km/h.

$$1 \text{ kt} = 1.8 \text{ km/h} \text{ ó } 1 \text{ kt} = 0.5 \text{ m/s}.$$

En la alta troposfera entre los 5 a 20 km de altura los vientos pueden llegar a ser mayores a 100 nudos (50 m/s) y se le denomina corriente en chorro (Jet Stream).

## **5. MEDICIÓN DEL VIENTO:**

El aparato tradicionalmente empleado para medir la dirección del viento es la veleta que marca la dirección en grados en la propia rosa. Debe instalarse de acuerdo a los procedimientos internacionales vigentes para evitar las perturbaciones.

Se considera que partir de 10 metros de altura las perturbaciones no afectan de forma notable a la medida. La velocidad del viento se mide con el anemómetro, que es un molinete de tres brazos, separados por ángulos de 120°, que se mueve alrededor de un eje vertical. Los brazos giran con el viento y permiten medir su velocidad. Hay anemómetros de reducidas dimensiones que pueden sostenerse con una sola mano que son muy prácticos aunque menos precisos debido a las mencionadas perturbaciones.

## **6. BRISAS TÉRMICAS:**

Son vientos costeros debidos a la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra. Su intensidad depende de muchos factores locales tanto sinópticos como climáticos.

En meteorología se denominan brisas térmicas a los vientos que soplan en las zonas de la costa del mar hacia tierra durante el día y de la tierra al mar durante la noche. Son vientos pues que no se generan por gradientes isobáricos a nivel general, sino a nivel local en las zonas costeras. En las latitudes medias, alcanzan su plenitud durante las épocas en el que el sol caliente con mayor intensidad, es decir, cuando está más alto. Su intensidad rara vez sobrepasa los 25 nudos y es normal que se sitúe alrededor de los 15.

### **Proceso de formación**

Las brisas se producen por el desfase existente en el proceso de calentamiento del mar y de la tierra por la acción de la radiación solar.

#### **Durante el día**

A medida que el sol asciende va calentando la tierra más rápidamente que el agua del mar. La tierra va calentando el aire en contacto con ella que asciende al aligerarse; su lugar a viene a ocuparlo el aire del mar que está más frío. Es decir, se origina un gradiente térmico que, a su vez, origina un gradiente de presión que

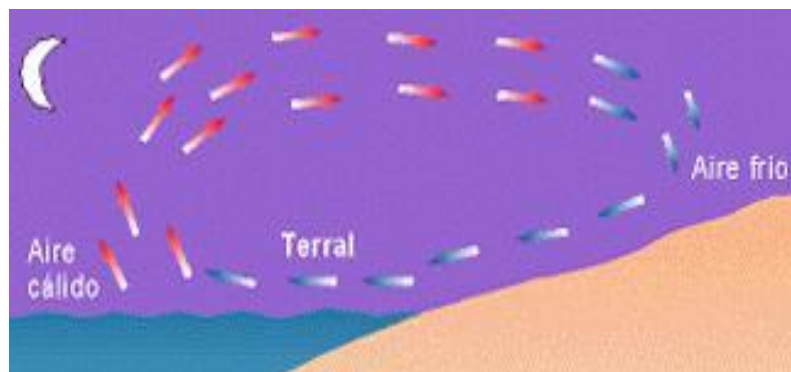
causa el desplazamiento del aire de la zona de mayor presión - la superficie del mar - al de menor presión - la superficie de la tierra -, generándose así un viento del mar hacia la tierra que se denomina brisa marina o virazón.



PROCESO DE FORMACIÓN DE LA BRISA MARINA

### **Durante la noche**

Cuando la radiación solar desaparece, la superficie del mar conserva más tiempo el calor captado durante el día que la tierra, la cual se enfría con más rapidez. Se produce un gradiente térmico y de presión inverso al caso diurno: el aire más caliente del mar se eleva y su lugar pasa a ser ocupado por el aire más frío proveniente de la tierra. Se origina así la brisa terrestre o terral.



PROCESO DE FORMACIÓN DE LA BRISA TERRESTRE O TERRAL

### **Condiciones favorables para la formación de brisas**

Todas las condiciones que favorezcan el incremento del gradiente de presiones entre aire del mar y el de tierra favorecerán la formación de las brisas.

### **- Un gradiente térmico de aproximadamente 4 o 5° C.**

Aunque, en general, basta que la temperatura del aire terrestre sea superior en al menos 1°C a la del aire marino se dan las circunstancias que posibilitan las brisas diurnas; por debajo de este valor difícilmente se establecen. Esto explica que en zonas donde el mar se calienta mucho, las condiciones favorables para el gradiente térmico se den en las épocas en el que el agua está todavía fría y el sol es capaz de calentar con intensidad la tierra; es decir, a finales de primavera y principios del verano. En invierno, la capacidad de calentamiento del sol es tan débil que cualquier circunstancia en contra hace que no existan brisas.

### **- Los cielos despejados o la nubosidad débil.**

La ausencia de nubes favorece el calentamiento de la tierra durante el día y la su pérdida de calor durante la noche, por lo que se favorece el gradiente térmico diurno y nocturno. Los cielos nubosos no dejan calentar la tierra durante el día y guardan el calor de ésta durante la noche.

### **- La inestabilidad térmica vertical.**

Cuanto más gradiente térmico vertical, más facilidad tendrá el aire caliente para ascender y generar una mayor depresión, por lo tanto más brisa habrá. Si en las capas altas de la atmósfera hay aire cálido, por más gradiente de temperatura que exista entre la tierra y el mar, no habrá brisa. Esto explica que visualmente se pueda predecir la intensidad de la brisa por las nubes de desarrollo vertical que se forman en la costa: cuanto más altas, dependiendo evidentemente de otros factores locales, más intensa podrá llegar a ser la brisa.

### **- La ausencia de vientos sinópticos generales**

Si existen gradientes de presión general más fuertes provenientes de depresiones térmicas o polares, las condiciones de viento marcadas por éstos prevalecerán sobre las brisas térmicas; aunque, en realidad, ambos gradientes bóricos - el general y el local que genera la brisa - se sumarán alterando la dirección e intensidad del viento sinóptico dominante o a la inversa: si las brisas son dominantes, las condiciones generales bóricas las influirán en dirección e intensidad.

### **-Costa sin una orografía alta**

Las paredes montañosas de considerable altitud en la línea de la costa es un freno considerable a la formación de brisas. Por contra, los valles las favorecen.

### **-Terreno con alto coeficiente de absorción de calor**

La tierra pelada tiene más coeficiente de absorción del calor solar (se calienta más) que los vegetales, por consiguiente las masas boscosas debilitan las brisas. Por el contrario, el cemento, piedra, metales y asfalto de las masas urbanas tienen un altísimo coeficiente de absorción del calor lo que incrementa las brisas. Por otra parte, los automóviles y las industrias de las grandes concentraciones urbanas

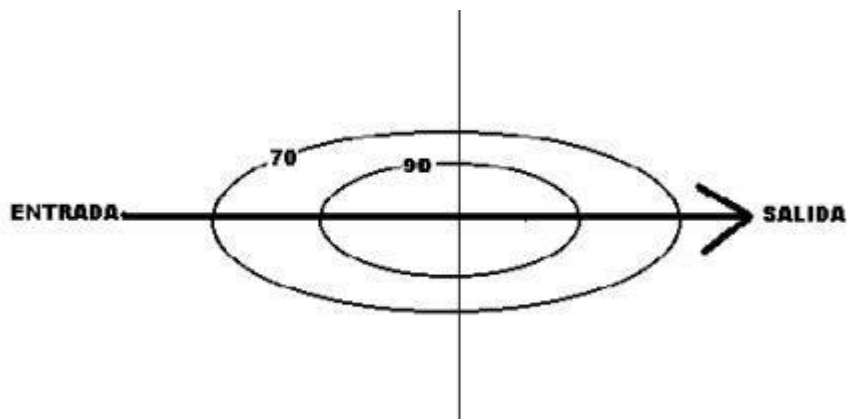


incrementan aún más el calor del aire, por lo que las grandes ciudades costeras favorecen la formación de brisas en sus costas.

## **7. LA CORRIENTE EN CHORRO O JET STREAM:**

Es un área de fuertes vientos concentrados en una franja relativamente angosta en la troposfera alta (o tropopausa) de las latitudes medias y en regiones subtropicales de los hemisferios norte y sur. Fluye en una banda semicontinua alrededor del globo de oeste a este y es producto de los cambios en la temperatura del aire cuando el viento polar se mueve hacia el ecuador encontrándose con el cálido viento ecuatorial que se dirige al polo. Se caracteriza por la concentración de isotermas y por fuertes gradientes transversales.

La generación de máximos de viento en altura, depende directamente del gradiente horizontal de temperatura (Holton, 1979). La presencia del mismo, es señal de la existencia de dos masas de aire con una frontera que las separa. En términos de apoyo a la aviación civil internacional, el Jet se define en altura como un área donde las isotacas son mayores de 70 nudos (Kt.), y con un núcleo o centro donde los vientos son iguales o mayores que 90 Kt,



Aunque típicamente se evalúa el Jet en los 250-300 hPa, el máximo de viento en realidad puede variar entre los 100-500 hPa, con algunos Jets estratosféricos definidos en los 70 hPa. La altura a la que el Jet se ubique dependerá de que tan fría sea la masa de aire; cuánto más fría, más bajo se va a manifestar el Jet.

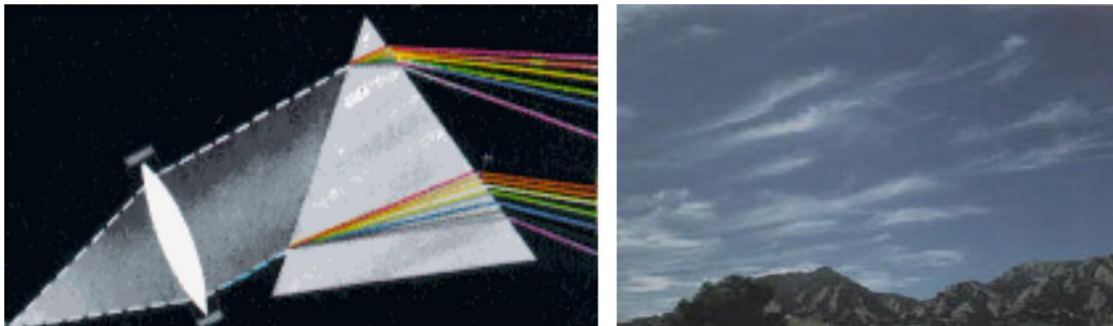


## METEOROS ELÉCTRICOS Y LUMINOSOS

### 1. EL COLOR AZUL DEL CIELO

Durante el día el cielo es azul, mientras que de noche es negro. Esta observación trivial nos indica que el cielo no brilla por si solo y que de alguna manera su color está relacionado con la presencia del Sol. En un día sin nubes el cielo envía a nuestros ojos una cantidad de luz de aproximadamente 10% de la que nos llega directamente del Sol. ¿Cómo brilla el cielo de día? Dado que el cielo de noche es oscuro, la luz que vemos llegar de todos lados del cielo de día debe venir originalmente del Sol.

El secreto del **color azul del cielo** esta relacionado con la composición de la luz solar -integrada por los distintos colores del arco iris- y con la humedad de la atmósfera. (El Sol es quien se encarga de procurar al aire su humedad. Con su calor, hace que parte del agua de la superficie terrestre se evapore. En corriente invisible pero incesante, la humedad se dirige hacia el cielo desde los océanos, mares, lagos y ríos; desde el suelo, las plantas y los cuerpos de los animales y del hombre).

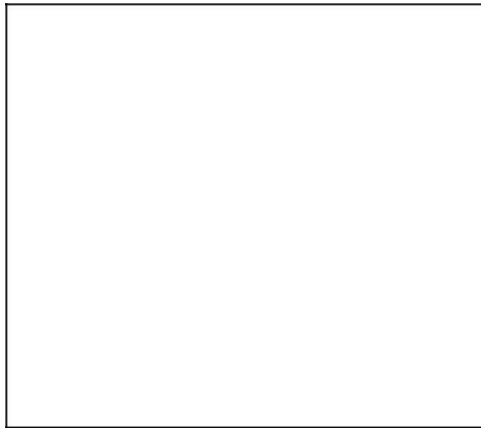


Para explicar el color azul del cielo, imaginemos que dejamos pasar un rayo de sol por un prisma de vidrio. La luz se abre en un abanico de colores (se dispersa) por refracción y como resultado de esta dispersión vemos una gama de colores: violeta, azul, verde, amarillo y rojo. El rayo violeta es el que se ha separado mas de la dirección del rayo blanco y ahí esta precisamente la explicación del color del cielo. La desviación es máxima para los rayos de longitud de onda corta (violeta y azul), y mínima para los de longitud de onda larga (amarillos y rojos), que casi no son desviados. Los rayos violetas y azules, una vez desviados, chocan con otras partículas de aire y nuevamente varían su trayectoria, y así sucesivamente: realizan, pues, una danza en zigzag en el seno del aire antes de alcanzar el suelo terrestre. Cuando, al fin, llegan a nuestros ojos, no parecen venir directamente del Sol, sino que nos llegan de todas las regiones del cielo, como en forma de fina lluvia. De ahí que el cielo nos parezca azul, mientras el Sol aparece de color amarillo, pues los rayos amarillos y rojos son poco desviados y van casi directamente en línea recta desde el Sol hasta nuestros ojos.

El color del cielo, debería ser violeta por ser ésta la longitud de onda más corta, pero no lo es, por dos razones fundamentalmente: porque la luz solar contiene más luz azul que violeta y porque el ojo humano (que en definitiva es el que capta las imágenes -aunque el cerebro las interprete), es más sensible a la luz azul que a la violeta. El color azul del cielo se debe por tanto a la mayor difusión de las ondas cortas. El color del sol es amarillo-rojizo y no blanco, porque si a la luz blanca procedente del Sol -que es suma de todos los colores- se le quita el color azul, se obtiene una luz de color amarillo-rojo.

## **2. LA AURORA POLAR:**

Fenómeno luminoso que aparece en la alta atmósfera, en forma de arcos, bandas, cortinas, doseles, etc., generalmente en latitudes altas. Aunque su estudio cae dentro de la astronomía por su origen, es importante citarlo por ser parte de los meteoros luminosos y eléctricos. Son llamadas también boreales las que ocurren en el hemisferio norte y australes las que se observan en el hemisferio sur.



AURORA BOREAL (HN)



AURORA AUSTRAL (HS)

Es un fenómeno de variadas manifestaciones, con sus colores unas veces blancos, amarillentos o verdosos, y otras rojizo, que presentan estas fantásticas cortinas de finísimo tul. Las investigaciones realizadas en el transcurso de los últimos años, parecen confirmar que las auroras polares son producto de la presencia en la alta atmósfera, de partículas electrizadas sobre cuyos movimientos actúa el campo magnético terrestre, el que tiende a dirigirlos hacia las regiones polares; de aquí la alta frecuencia del fenómeno en estas zonas.

Las auroras se producen a alturas muy variadas, rara vez se encuentran debajo de los 70 u 80 km y extendiéndose a lo largo de centenares de kilómetros.

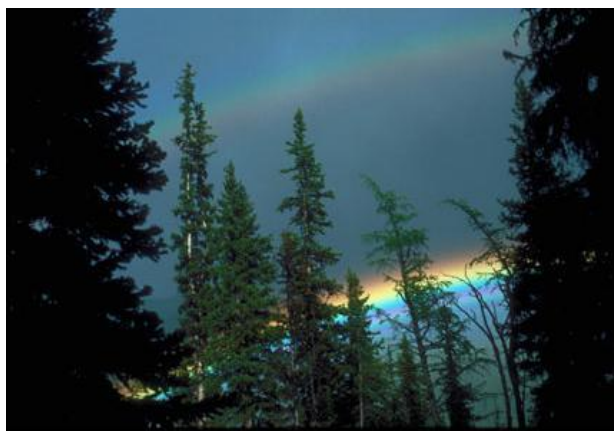
## **3. EL ARCO IRIS:**

Grupos de arcos concéntricos, cuyos valores van desde el violeta rojo, provocado por la separación de la luz solar o lunar, sobre una cortina de gotas de agua (gotas de lluvia, gotitas de llovizna o niebla).

De todos los fenómenos ópticos, el más antiguamente conocido es el arco iris. Este se produce cuando llueve en la parte del cielo opuesta a aquella donde el Sol brilla sin obstáculos de nubes. Esto quiere decir, que en su formación, intervienen fenómenos de reflexión; pero los colores que muestra indican que la luz ha sido descompuesta por refracción, en las gotas de lluvia.

La teoría elemental del arco iris se debe al matemático y físico R. Descartes, quien la dio a conocer en 1637.

El arco iris consiste en dos arcos, uno de ellos más brillante, de color rojo en el exterior y violeta en el interior y otro mayor y más débil, en el que el orden de los colores está invertido.



El centro de estos arcos se encuentra en un punto del espacio llamado antisol, por ser diametralmente opuesto al Sol y, a causa de esto, nunca se puede ver el arco iris completo. Según sea la posición de las gotitas de agua, se puede producir una reflexión total de los rayos luminosos sobre ellas, y bajo determinada forma de incidencia, dos reflexiones también totales a las cuales se debe la inversión de los colores. Con esto se produce la emisión hacia nuestra vista de los denominados "rayos eficaces" de Descartes. Al variar la incidencia, varía también el color. Para que el arco iris pueda ser observado, la altura del Sol sobre el horizonte debe ser inferior a  $51^\circ$ ; si su altura pasa de  $42^\circ$ , el arco iris principal estará completo debajo del horizonte. Para que los colores sean brillantes, las gotas deben ser gruesas (de diámetro superior a 0.5 mm) y así se explica que el fenómeno sea mucho más visible con motivo de los chaparrones de verano.

A veces, por debajo del arco principal y más raramente, por encima del arco secundario, se observan franjas violetas y verdes que se llaman arcos supernumerarios. Las dimensiones de estas franjas dependen del tamaño de las gotas de lluvia. Por el contrario, cuando hay niebla, como ocurre con gran frecuencia en las regiones polares durante el verano, los colores del arco iris aparecen mezclados y éste es casi blanquecino. Esto ocurre cuando las gotitas de agua que forman la niebla, tienen un diámetro inferior a 0.025 mm. Este mismo fenómeno se observa desde las montañas o los aviones, sobre un mar de nubes y se llama arco de niebla.

También se percibe, en algunas ocasiones, un arco iris horizontal en condiciones atmosféricas normales. Contemplando un prado o el césped sobre el cuál se ha depositado el rocío de la mañana, o la fina lluvia artificial lanzada con manguera pulverizadora, se puede llegar a ver una especie de arco tendido sobre la hierba, si los rayos del Sol procedentes detrás del observador, inciden sobre dichas gotas de agua.

La Luna puede evidentemente, dar los mismos arco iris que el Sol; pero la intensidad de su luz puede ser insuficiente para que sean observados y, sobre todo, para que se puedan distinguir los colores. Por estas razones, dichos arcos son siempre blanquecinos y poco perceptibles.

Aunque sea un fenómeno vistoso, desde el punto de vista meteorológico, no tiene interés alguno y no permite hacer deducción o previsión del tiempo, únicamente indica que llueve en la dirección donde se observa.

#### **4. LOS HALOS:**

Son fenómenos ópticos, en forma de anillos, arcos, columnas o focos brillantes, producidos por la refracción o reflexión de la luz en cristales de hielo suspendidos en la atmósfera (nubes cirriformes, niebla congelada, etc.).



Los fenómenos de halo comprenden:

**El halo pequeño.-** es un anillo luminoso de  $22^\circ$  de radio, con el astro en el centro, habitualmente con un borde interno débilmente rojizo y en pocos casos, con un borde violáceo del lado externo. Este es el halo más frecuente.

**El halo grande.-** es un anillo luminoso de  $46^\circ$  de radio, menos brillante y menos común que el halo pequeño.

**La columna luminosa.-** es blanca y semejante a una estela de luz, continua o no; puede observarse verticalmente, por encima o por debajo del Sol o de la Luna.

**Arcos tangentes superior e inferior.-** vista a veces en la parte exterior del halo grande, o del pequeño; estos arcos tocan el halo circular en su punto más alto y en su punto más bajo, respectivamente. Los arcos, con frecuencia, son cortos y pueden reducirse a simples focos brillantes.

**Arcos circuncenitales superior e inferior.-** el arco circuncenital superior es un arco marcadamente curvado, perteneciente a un pequeño círculo horizontal, próximo al cenit; tiene una brillante coloración roja en la parte exterior y violeta en la parte interior. El arco circuncenital inferior es un arco de un círculo horizontal, muy abierto y próximo al horizonte.

**Círculo parhéllico.-** es un círculo blanco horizontal, situado a la misma altura angular del sol. Pueden observarse focos luminosos (falsos soles), en ciertos puntos del círculo parhéllico. Estos focos aparecen comúnmente, algo afuera del halo pequeño (parhéllicos con frecuencia brillantemente coloreados), ocasionalmente a una distancia azimutal de  $120^\circ$  del Sol (paranthéllicos), y muy raramente, opuestos al Sol (anthéllicos). Los fenómenos correspondientes que se producen por efecto de la Luna, se designan como círculo paraselénico, paraselene, paranteselene y anteselene.

**Imagen del sol.-** aparece verticalmente debajo del Sol, en forma de una mancha blanca brillante, similar a la imagen del Sol en una superficie de agua en reposo. Los halos raros o más difíciles de observar, pasan inadvertidos para el vulgo, aunque los campesinos saben que presagian lluvias y son de mal tiempo. Cuando son poco intensos, los anillos aparecen de color blanquecino, pero generalmente se distinguen los colores del espectro, siendo rojos en el interior y violetas, más o menos pálidos, en el exterior.

La Luna puede presentar este fenómeno, aunque más tenue. Los puntos de intersección se llaman paraselenes, en vez de parhéllicos. A la salida y a la puesta del Sol, suelen aparecer las llamadas columnas luminosas o pilares del sol, a veces con ramas laterales en cruz.

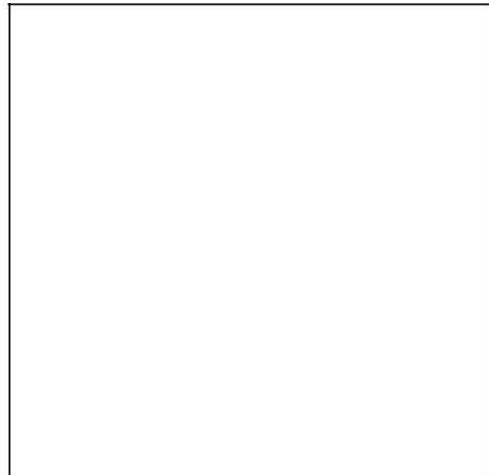
Se explica la formación de los halos por reflexión y refracción de los rayos solares en los cristales de hielo que constituyen las nubes elevadas (cirrus o cirrostratus), y de un modo general, todas las nubes de los países polares, donde estos fenómenos se producen con bastante frecuencia. Como estos cristales pertenecen a la singonía hexagonal y se presentan en prismas o estrellas, se han hecho las hipótesis convenientes para explicar todos estos fenómenos, como resultado de reflexiones o refracciones preferenciales.

Por lo tanto, un halo es el indicio de cristales de hielo y el índice probable de su presencia exclusiva, teniendo en cuenta la inestabilidad de las gotitas en una nube de cristales. Pero no todas las nubes de hielo producen halo; además de la forma y el tamaño de los cristales, se requiere la ausencia de turbulencia, porque los halos exigen una orientación definida de la cara y además, la transparencia de la nube. Un espesamiento local, suprime frecuentemente, una parte del halo nítido; de esto proviene, quizás, la rareza de las "columnas" que corresponden a nubes atravesadas en su máxima dimensión.

## 5. LAS CORONAS:

Consisten en una o más series (raramente más de tres) de anillos coloreados, de radio relativamente pequeño, centrados alrededor del Sol o de la Luna.

Entre los fenómenos ópticos, los más corrientes son las coronas. Son unos anillos de color que se observan alrededor de la Luna (raramente alrededor del Sol, porque brilla demasiado y de los planetas, porque brillan demasiado poco), cuando se observa una capa de nubes delante de los astros. Muchos de nosotros hemos visto la Luna medio borrada por un banco de Altocumulus, rodeándose de un anillo teñido de blanco azulado en su interior y de rojo en su exterior.



Se pueden percibir más raramente (exclusivamente alrededor del Sol) dos, tres y cuatro anillos concéntricos, que presentan más o menos claramente, la serie de colores del espectro solar. El diámetro angular de la corona depende de la magnitud de las partículas, siendo tanto mayor cuanto más pequeñas sean éstas.

En el borde de las nubes, es frecuente ver coronas que se apartan de la forma circular, porque en el borde extremo, las partículas se evaporan y se hacen más pequeñas. Si se admite que las partículas de las nubes son gotitas esféricas de la misma dimensión, se puede aproximadamente deducir de la observación de las coronas naturales y artificiales, el diámetro predominante, siendo éste un medio cómodo para la investigación de las nubes.

Las coronas más hermosas, de gran diámetro y brillantes colores, se observan en el Cirrocumulus y en el Cirrostratus, en el seno de los cuales la sobrefusión parece poco probable.

## 6. TORMENTA ELECTRICA:

Una o más descargas eléctricas repentinas, manifestadas por una luminosidad breve o intensa, rayo (relámpago), y un fragor intenso o sordo, trueno.



## El Rayo

El rayo es uno de los espectáculos más extraordinarios y peligroso de la atmósfera. No es pronosticable y tiene una vida de pocos segundos. Siempre se presenta brillante, resplandeciente, pero casi nunca sigue una línea recta, sino que describe un camino tortuoso para llegar al suelo, como si se trataran de las raíces de un extraño árbol. Pero otras veces se presenta como una lámina de fuego y, en raras ocasiones, como una esfera intensamente iluminada que queda suspendida en el aire. Generalmente, la chispa eléctrica que llega a tierra recibe el nombre de *rayo*, mientras que la chispa que va de una nube a otra nube, o de la parte alta a la parte baja de la misma nube, se llama *relámpago*, aunque en la vida cotidiana los dos son usados como sinónimos del mismo fenómeno. La aparición del rayo es sólo momentánea, seguida a los pocos momentos por un tremendo chasquido y el retumbar del *trueno*.



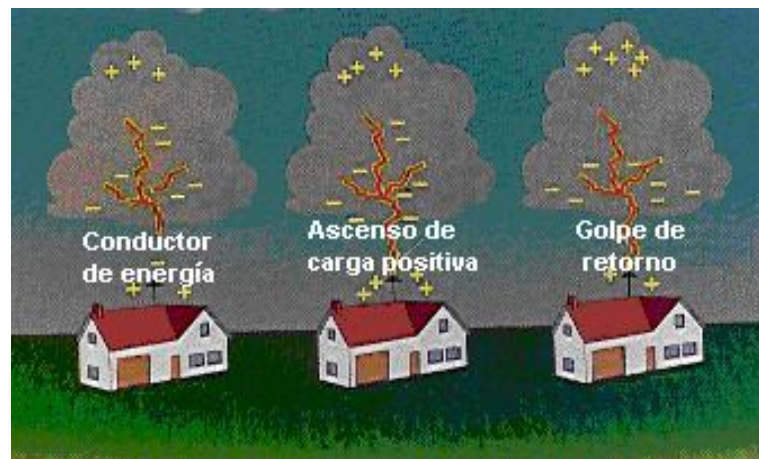
En realidad, el rayo es una enorme chispa o corriente eléctrica que circula entre dos nubes o entre una nube y la tierra. Es un efecto parecido al que observamos, en pequeña escala, cuando desenchufamos un artefacto eléctrico en funcionamiento. La diferencia más importante es que esa pequeña chispa sólo salta a través de una fracción de milímetro y que el rayo natural puede cruzar kilómetros de distancia. El rayo, como es de sobras conocido, se origina en los cumulonimbos o nubes de tormenta.

### **Como se produce el rayo:**

En general, no hay mucho acuerdo entre los científicos acerca de las causas que dan lugar a los rayos. Pero, de todos modos, es un hecho innegable que el rayo representa una descarga o arco entre dos centros de distinta carga eléctrica. Cuando el gradiente de potencial eléctrico entre dos regiones de una nube, o entre una nube y el suelo, excede el valor crítico de unos 10.000 voltios por centímetro (la corriente doméstica moderna posee un voltaje de 220 voltios), se produce una chispa eléctrica de descarga.

Para la comprensión de la electricidad de las tormentas es necesario tener un conocimiento completo del proceso o procesos por los cuales pueden generarse las grandes magnitudes de carga eléctrica que originan los rayos. Existen varias teorías para explicar ese singular fenómeno, pero ninguna ha sido aceptada universalmente.

En principio, se sabe que las partes superiores de las nubes de tormenta poseen carga positiva, mientras que en las partes centrales predominan las negativas. Algunas veces, un pequeño centro cargado positivamente aparece en la lluvia, en la parte inferior de la nube. La región de máxima intensidad de campo eléctrico se halla entre las dos zonas principales de distinta polaridad.



Las teorías que intentan explicar la electrificación de las tormentas pueden dividirse en dos grupos, según que para su tesis requieran la presencia de cristallitos de hielo y precipitación o no. La mayor parte de los meteorólogos opinan que la primera clase de hipótesis es la correcta, puesto que las descargas no se observan, en general, hasta que las nubes no alcanzan un desarrollo bastante notable, con hielo en las capas superiores.

En experimentos de laboratorio se ha demostrado claramente el papel que desempeñan las partículas de hielo en la electrificación de las nubes. Se ha comprobado que cuando se congelan soluciones diluidas de agua, se originan grandes diferencias de potencial eléctrico entre el agua y el hielo. Mientras el hielo adquiere carga eléctrica negativa el agua retiene carga positiva.

Se cree que la formación de los centros de carga en las nubes de tormenta tiene lugar cuando el granizo recoge más agua líquida de la que puede ser congelada al instante. Una vez que se inicia la solidificación, parte del agua que no pasa inmediatamente al estado sólido es arrastrada por la corriente vertical de aire. Las pequeñas gotitas de agua, llevadas hacia arriba, constituyen la porción de carga positiva que corona la nube, mientras que las partículas de hielo más grandes caen hacia alturas menores.

También se ha demostrado que la ruptura de una gota de agua en una fuerte corriente vertical de aire produce una separación de cargas eléctricas. En este proceso las grandes partículas de agua conservan el signo positivo, mientras que el



aire adquiere signo negativo. Esta separación conduce a una polaridad opuesta a la que está asociada con los principales centros de carga de las tormentas, pero explica perfectamente el pequeño núcleo positivo cercano a la base de la nube.

Otros físicos sostienen la idea de que la precipitación, y en particular los cristales de hielo, no es necesaria para la formación de los grandes centros de carga en las tormentas. Y aunque sus teorías difieren en principio, ninguna de ellas requiere la presencia de partículas de hielo. Todas están basadas en la captura de iones, diminutas cargas eléctricas en el aire, por parte de las gotitas de nube.

Las variaciones de estas teorías, llamadas de *captura de iones*, son muchas, y existen evidencias de laboratorio que confirman la efectividad de algunas de ellas. Uno de los más fuertes argumentos de sus defensores es que dicen haber observado relámpagos en pequeñas nubes convectivas en las que no existía hielo. Si esas observaciones pueden ser corroboradas, es evidente que las partículas de hielo no son necesarias y que las teorías de captura de iones se harán más sostenibles.

### **Los daños que causa el rayo:**

Como no todas las descargas eléctricas tienen la misma potencia, los "caprichos" del rayo son realmente extraordinarios. Si se considera que la *intensidad media* durante cada descarga principal llega hasta 20.000 amperios, no debe extrañar que el rayo sea tan poderoso y atemorice tanto. No obstante, la cantidad real de electricidad transferida desde la nube a tierra es muy pequeña, pues esa enorme corriente circula solamente durante una fracción de segundo. Con todo, es sumamente peligrosa, ya que quema lo que toca y electrocuta a los seres vivos.



El daño que causa el rayo se debe en gran parte al calor que engendra. Los incendios que las chispas eléctricas provocan todos los años calcinan miles de kilómetros cuadrados de bosques, con los consiguientes incendios de casas y haciendas. Muchas veces los árboles y los edificios resultan perjudicados debido a que la onda repentina de calor provoca la vaporización del agua y la acumulación de una presión suficiente para hacer estallar la corteza o saltar los ladrillos. por otro lado, cada año mueren fulminados por el rayo miles de personas.

## **El pararrayos:**

Ya hemos dicho que las nubes de tormenta llegan a cargarse, algunas veces, positivamente en su base. Sin embargo, generalmente son las cargas negativas las que se acumulan en esa zona de la nube. Esa carga negativa de la nube significa que se halla a una tensión negativa (presión eléctrica) con relación a la Tierra, que tiene carga positiva. La presión eléctrica tiende a impulsar las cargas hacia tierra, pero el aire que se interpone normalmente es un mal conductor de la electricidad. De ahí las grandes tensiones necesarias que hemos señalado para que pase una chispa o descarga entre una nube y el suelo.

El paso de la chispa eléctrica es facilitado por la circunstancia de que la tierra que se halla debajo de la nube llega a cargarse con cargas contrarias durante una tormenta. Así, lo hace positivamente si la nube lo está negativamente. Este proceso se denomina *inducción electrostática*.

Las cargas eléctricas negativas se repelen entre sí, de manera que la nube rechaza las de este signo (electrones) existentes en la superficie del suelo, en la zona ubicada debajo de ella misma. El movimiento de electrones puede ser muy escaso, porque la Tierra se compone, en su mayor parte, de material aislante, pero siempre queda una carga positiva inducida sobre el suelo situado bajo la nube de tormenta, de la misma magnitud que la negativa de la nube. Como ambas se atraen, a medida que esta última avanza, descendiendo, también lo hace la zona de carga positiva del suelo, ascendiendo.

El pararrayos corriente es una varilla puntiaguda de metal buen conductor, instalada en la parte más elevada de un edificio y unida por un grueso cable de cobre a una plancha del mismo metal introducida profundamente en la tierra. Los electrones pueden trasladarse fácilmente por el pararrayos, ir desde la carga negativa de la nube que está encima y dejar cargas positivas en la punta del pararrayos, las cuales adquieren tal fuerza y cohesión que ionizan el aire que las rodea. A diferencia de las cargas de la punta, las del aire ionizado pueden ascender hacia la nube, rechazadas por las cargas positivas que quedan detrás del pararrayos y atraídas por las negativas de la nube. Por lo tanto, si el rayo se produce entonces, recorrerá el camino más corto y fácil, que es el que conduce al pararrayos. Y como éste está conectado al suelo, el rayo, al tocar la punta metálica, se descarga a tierra sin causar daños.

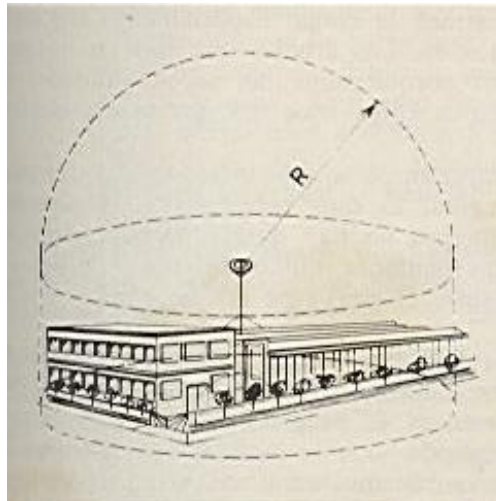
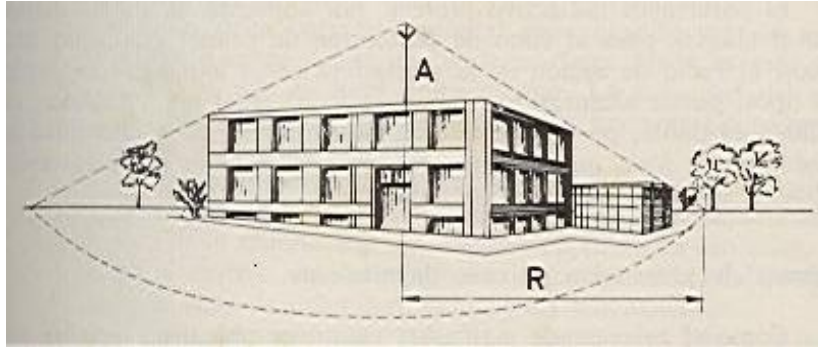
### **Partes principales del pararrayos:**

**La barra:** es cilíndrica de 3 a 5 metros de altura, con una punta o puntas de hierro galvanizado o de cobre.

**El conductor aéreo:** está formado de cable de cobre de más de 8 mm de diámetro o cable de hierro de más de 11 mm de diámetro, aunque también se puede emplear tubos de los mismos materiales. Una condición importante es que no esté aislado del edificio que protege.

**El conductor subterráneo:** consiste en placas de cobre o de hierro galvanizado de un metro cuadrado de superficie por lo menos, hundidas en el agua de un pozo o

mejor en la tierra húmeda y enlazadas al conductor aéreo. Si el terreno es seco, es mejor usar como conductor subterráneo un cable muy largo enterrado alrededor de la casa. Se debe tomar en cuenta que el radio de la base circular ( $R$ ) es igual a la altura ( $A$ ) del pararrayos. Ver la siguiente figura.



## **7. NORMAS DE PRECAUCIÓN EN CASO DE TORMENTA:**

Como el rayo tiende a ir sobre cualquier objeto elevado, ya sea un edificio o un árbol, en virtud de que las cargas eléctricas se acumulan en los puntos más altos, la mejor protección la constituyen "los pararrayos", a continuación citamos algunas recomendaciones:

- No refugiarse debajo de un árbol aislado. La humedad y la altura aumentan la intensidad del campo eléctrico y atraen la carga. Los árboles que forman bosques son menos de temer porque aumentan las posibilidades de que la chispa eléctrica caiga lejos.
- En caso de encontrarse en pleno campo, no correr para escapar de la tormenta. Es muy peligroso. Si la tormenta eléctrica es muy intensa no hay

ningún inconveniente en colocarse horizontal sobre la tierra, que reduce al máximo el riesgo de ser alcanzados por el rayo.

- En las casas fuera de la ciudad, cierre puertas y ventanas. No camine sobre suelos húmedos o con calzado mojado.
- Evite permanecer en lo alto de las colinas; busque refugio en lugares bajos, pero no en quebradas o ríos.
- No salga a la puerta ni tenga las ventanas abiertas.
- No manejar herramientas ni objetos metálicos durante la tormenta.
- No tener contacto con el agua, por ejemplo cuando se está en la playa o cerca de un río o un lago. La salinidad del agua permite que toda la intensidad de la descarga eléctrica produzca efectos fatales.
- Alejarse de las verjas metálicas o vallas. Estas podrían causar la muerte aun sin hallarse en contacto con ellas. Por tal motivo, se recomienda alejarse de toda clase de maquinaria, vehículos y herramientas.
- Dentro de la casa, la máxima seguridad se encuentra sobre la cama, principalmente si es de madera.
- Durante la tormenta no utilice artefactos eléctricos; use el teléfono solo en una emergencia.
- En lugares abiertos no use paraguas con punta de metal.
- Los vehículos constituyen un buen refugio; se debe quedar dentro del automóvil.
- Los edificios grandes como escuelas y otros similares, son seguros.-

