



ATMÓSFERA

TEMA 1. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA.

1.1. Características de las distintas capas. Composición y estructura.

Conceptos básicos: **homosfera, heterosfera, troposfera, tropopausa, estratosfera, ozonosfera, estratopausa, mesosfera, mesopausa, termosfera, ionosfera, termopausa, exosfera.**

Introducción a las capas fluidas de la Tierra: aunque las tratemos por separado, la atmósfera y la hidrosfera están constituidas por fluidos (aire y agua) y forman un **sistema dinámico**, manteniéndose ligadas mediante el **ciclo del agua**. (Recuerda que todas las “esferas” están interrelacionadas).

El sistema atmósfera-hidrosfera determina el clima y es muy complejo, dado que en dicho sistema intervienen múltiples factores. El cambio de una sola de las variables afecta a todas las demás, por lo que es prácticamente imposible construir modelos fiables y predecir resultados en función de los parámetros iniciales. Por eso, no cabe esperar que se formulen leyes científicas sino como mucho *teorías* y *modelos* climáticos. De ahí también, la imposibilidad de establecer un control sobre el clima, reto al que se enfrentan diariamente los meteorólogos. Los avances tecnológicos han mejorado enormemente la predicción meteorológica en los últimos años, pero aun así, ninguna previsión de tiempo atmosférico resulta medianamente precisa más allá de 48 horas. Esas nuevas tecnologías se basan en el análisis de millones de datos que continuamente registran los satélites meteorológicos y muchos observatorios terrestres. A pesar de la inexactitud y de los “fallos” de las predicciones, el pronóstico del tiempo nos resulta de suma utilidad en nuestra vida cotidiana y salva muchas vidas en el mundo todos los años.

La meteorología es la ciencia, perteneciente a la Física, que estudia los fenómenos atmosféricos o **meteoros** así como otros elementos de la atmósfera, tales como la presión y la temperatura. Hay meteoros acuosos como la lluvia, la nieve, la niebla y el granizo; otros eléctricos como los rayos y otros luminosos como el arco iris o las auroras boreales.

Podemos definir la **atmósfera** como la envoltura gaseosa que rodea la Tierra. Está formada por una *mezcla* de gases que reciben el nombre de aire (es una mezcla ya que dichos gases no reaccionan entre sí, aunque esto no es del todo cierto).

La atmósfera actual parece ser el resultado de varios procesos: en primer lugar se formó una **envoltura gaseosa primitiva** constituida por los materiales menos densos y, por tanto, menos atraídos por la parte más interna y densa de la Tierra en formación. (Como resultado del giro de una gran masa de materia heterogénea y fluida en los comienzos, nuestro planeta se diferenció en capas concéntricas de menor a mayor densidad de fuera a dentro). Un segundo proceso fue el enriquecimiento en ciertos componentes como consecuencia de la **desgasificación** sufrida por la Tierra desde los inicios al liberar la geosfera ingentes cantidades de polvo y gases a través de los volcanes (algo que sigue sucediendo hoy en día); la **actividad biológica** de los organismos fotosintéticos modificó drásticamente su composición, debido al aporte de O y N principalmente y a la absorción de dióxido de carbono. El aporte de la **hidrosfera**, con la emisión de vapor de agua y sal marina también debe tenerse en cuenta. Actualmente, la **humanidad** incide de manera importante en su composición, alterando gravemente sus propiedades, como resultado fundamentalmente de las actividades industriales y de la deforestación. (Atmósfera actual = atmósfera primigenia + componentes de la desgasificación + actividad biológica + componentes de la hidrosfera + sustancias contaminantes). [Podría añadirse que la actividad solar influye en la capa de ozono; que las variaciones de temperatura en



los océanos roban o ceden dióxido de carbono a la atmósfera, y que un largo etcétera de otros condicionantes son responsables de lo que hoy es la atmósfera y de lo que podrá ser en un futuro].

Podemos clasificar los componentes atmosféricos en:

Mayoritarios como el N y el O, que ya constituyen el 99% del total (78% y 21% respectivamente).

Minoritarios, que por estar en muy pequeñas proporciones se miden en partes por millón (miligramos por litro) y que se dividen a su vez en componentes reactivos (CO₂, CH₄, NO, NO₂, NH₃, SO₂, O₃) y no reactivos (gases nobles, H₂).

Otro modo de considerarlos es:

Constantes, algunos componentes como el nitrógeno o el oxígeno pueden considerarse constantes, si bien no quiere esto decir que los encontremos en todas partes en la misma cantidad o incluso en la misma proporción. (Pero en un punto concreto, no hay cambios apreciables a lo largo del tiempo).

Variables, como el vapor de agua, cuyo papel es muy importante en la regulación del clima, y cuya cantidad depende de la temperatura y la presión que exista en un lugar y un tiempo determinados. Los contaminantes también aparecen en cantidades variables, y sus proporciones están sujetas a fluctuaciones debidas a la proximidad de núcleos urbanos e industriales o a la presencia de corrientes atmosféricas que los transportan. Los contaminantes pueden ser algunos de los gases minoritarios como el ozono, el metano o el dióxido de carbono, si aparecen en mayor proporción de la que de modo natural debieran (podríamos decir que son “gases naturales” producidos artificialmente), otros gases sí son de origen totalmente artificial, como las dioxinas, los freones e incluso muchos tipos de pequeñas partículas en suspensión (aerosoles).

No obstante, la clasificación de los gases componentes de la atmósfera en constantes y variables no es práctica ni fácil de aplicar.

ESTRUCTURA: la atmósfera se encuentra dividida en una serie de capas superpuestas de características físico-químicas diferentes. La clasificación más utilizada sigue el criterio de los cambios de gradiente de la temperatura, es decir, termina una capa y empieza otra cuando la temperatura que estaba disminuyendo con la altura deja de hacerlo para aumentar progresivamente o bien al revés: si en una capa la temperatura va aumentando hacia arriba, a la altura en que la temperatura empieza a descender, marcamos el límite con la capa siguiente. (Hay otro modo de clasificarla que es en función de la composición). A los límites entre las capas los llamamos **pausas**. Puesto que la atmósfera es una capa fluida de gases, y como tal es compresible, en sus niveles más bajos (en contacto con la hidrosfera y la geosfera) es donde se encuentra su máxima densidad. Conforme ascendemos, hay menos partículas por unidad de volumen, y por lo tanto, incluso a igualdad de agitación térmica de las mismas, la temperatura del aire es menor cuanto menos denso es éste. Este hecho explica por qué al ascender, la atmósfera está cada vez más fría. Los gradientes invertidos (aumento de la temperatura al ascender) que se dan en ciertas zonas tienen otra causa: reacciones químicas exotérmicas y absorción-emisión de energía solar en algunos de los componentes del aire. (De las inversiones de gradiente a nivel del suelo se hablará en otro tema). Las distintas capas que se consideran, basadas en el gradiente térmico son:

La troposfera: es la capa inferior de la atmósfera. Su altitud es variable estacionalmente (más alta en verano que en invierno) y latitudinalmente (oscila entre los 16 Km. en el ecuador los 12 Km. en las latitudes medias y los 9 Km. en las proximidades de los polos). La troposfera es la zona más densa de la atmósfera, pues, debido a la compresibilidad, los gases se concentran en su parte más baja. Los primeros 500 metros se denominan **capa sucia**, porque en ellos se concentra el polvo en suspensión, procedente del suelo, de los desiertos, los volcanes, la sal marina y las actividades industriales. Este polvo contribuye a la coloración rojiza del cielo del



amanecer y atardecer, sirviendo además como **núcleo de condensación** que facilita el paso del vapor agua atmosférico a agua líquida. Los fenómenos meteorológicos más importantes, como las nubes y las precipitaciones, tienen lugar en esta parte de la atmósfera. El aire no se calienta directamente por medio de radiación solar, sino que lo hace indirectamente, gracias al calor transmitido desde la superficie terrestre (se verá con detalle en el siguiente tema). Por este motivo, la temperatura de la troposfera es máxima en su parte inferior (unos 15°C como media), y a partir de ahí comienza a descender con la altura en una proporción aproximada de 0,65°C/100 metros. Este valor medio se conoce como **gradiente vertical de temperatura** (GVT), hasta alcanzar un valor mínimo de -70°C en su parte final, la **tropopausa**. La temperatura disminuye progresivamente en altura por no existir vapor de agua en la parte alta ni CO₂ (responsables del efecto invernadero) y por ir disminuyendo la concentración de los gases mayoritarios (menor densidad de la atmósfera).

La estratosfera: se extiende desde el final de la troposfera hasta la estratopausa, situada a unos 50 Km. de altitud. En ella no existen apenas movimientos verticales del aire, sino movimientos horizontales, debido a su disposición en estratos superpuestos. Desde el Km. 30 hasta la estratopausa tiene lugar un aumento progresivo en la formación del ozono atmosférico. Por esta razón, la temperatura en esta capa aumenta hasta alcanzar un valor máximo (0°C) en la **estratopausa**. (La formación de ozono a partir de oxígeno es una reacción fuertemente exotérmica y por lo tanto es la responsable del cambio de gradiente).

La mesosfera: se extiende desde los 50-60 km hasta la **mesopausa**, situada hacia el Km. 80. Su temperatura disminuye de nuevo hasta aproximadamente -80°C.

La ionosfera o termosfera: esta parte de la atmósfera se prolonga por encima de la mesosfera. En ella los átomos se ionizan debido a la absorción de las radiaciones solares de onda más corta (rayos X y rayos gamma), de ahí su otro nombre de ionosfera. Al retornar los átomos ionizados a su estado fundamental emiten la energía absorbida en forma de radiación de onda larga (infrarrojos o calor). Por eso, la temperatura en esta capa aumenta hasta unos 1.000°C. La termosfera finaliza en la **termopausa**, situada hacia el Km. 600. En ella se reflejan las ondas de radio y de televisión procedentes de las emisiones de origen humano.

La exosfera: es la última capa, y su límite viene marcado por una densidad atmosférica similar a la del espacio exterior por lo que hay que decir que no hay un límite neto.

Un concepto importante a tener en cuenta es la **presión atmosférica**, que se define como el peso ejercido por la masa de aire atmosférico sobre la superficie terrestre. Este valor se mide gracias al barómetro (existen varios tipos, pero el primero fue el de mercurio del italiano Torricelli en el siglo XVII), y su valor a nivel del mar y en condiciones "normales" es de una Atmósfera ó 760 mm de Hg ó 1.013 milibares.

Como cualquier gas, el aire es muy compresible [que no comprensible, porque no comprende nada], por lo que la presión disminuye con la altura, haciéndolo en una proporción de unos 11 mb por cada 100 m de ascenso en los primeros kilómetros; después el descenso es más brusco. En los mapas del tiempo suele representarse la presión mediante **isobaras**, que son líneas que unen los puntos de igual presión, referida al nivel del mar.



HOMOSFERA Y HETEROSFERA

Además de la clasificación de la atmósfera basada en los cambios en el gradiente de temperatura y que nos permite distinguir capas diferentes, puede clasificarse la atmósfera según su **composición química**:

Según este criterio, en la atmósfera se distinguen dos capas: la **homosfera**, con composición uniforme, y la **heterosfera**, con composición no uniforme. La primera se extiende desde el nivel del mar hasta unos 100 Km. de altitud y la segunda, a partir de este nivel altitudinal. Como la homosfera tiene una composición química uniforme, puede darse una tabla con los porcentajes de cada uno de los gases que constituyen su aire. A continuación, se presenta la composición del aire puro y seco de la homosfera (porcentaje en volumen). Por aire puro se entiende sin partículas sólidas y líquidas (aunque recuerdese que éstas forman parte de la atmósfera de un modo natural) y por aire seco se excluye el vapor de agua, dado que su presencia sí es muy variable.

Nitrógeno (N ₂)	78,08%
Oxígeno (O ₂)	20,95%
Argón (Ar)	0,93%
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,03%
Neón (Ne), helio (He), criptón (Kr), hidrógeno (H ₂), xenón (Xe), metano (CH ₄), ozono (O ₃), dióxido de nitrógeno, etc...	0,003%
TOTAL:	100,00%

(Como la anterior composición es volumétrica y porcentual, los porcentajes corresponden al número de moléculas de cada gas que habría en un volumen de aire, de la homosfera, que contuviese cien moléculas de sus distintos gases). La homosfera real contiene, especialmente en las capas bajas, una cantidad apreciable de vapor de agua, que puede representar hasta un 4%.

Para la heterosfera no puede darse una tabla única de componentes gaseosos, sino que hay que considerar diferentes capas o niveles caracterizados por el predominio de un determinado gas. Así, se distinguen, de abajo a arriba:

- Capa de nitrógeno molecular (N₂), entre 100 y 200 Km. de altitud;
- Capa de oxígeno atómico (O), entre 200 y 1.000 Km. de altitud;
- Capa de helio (He), entre 1.000 y 3.500 Km. de altitud; y
- Capa de hidrógeno atómico (H), a partir de 3.500 Km. de altitud.

Hay que indicar que en la heterosfera la densidad del aire es muy pequeña y que entre las capas señaladas se dan franjas amplias de transición. Es de destacar que las capas se ordenan según el peso atómico de los componentes principales (desde el nitrógeno molecular hasta el hidrógeno atómico).

El nitrógeno es, por tanto, el gas atmosférico más abundante; en masa, tres cuartas partes del aire de la homosfera son nitrógeno. A pesar de su abundancia, su importancia en muchos procesos atmosféricos y de la biosfera es mucho menor que la del oxígeno y la de otros gases, ya que, en estado molecular, tal como se presenta, es inerte.

[La homosfera correspondería a la troposfera, estratosfera, mesosfera y aún incluiría una pequeña porción de ionosfera].

IMPORTANTE: Es fundamental conocer y saber interpretar la gráfica que relaciona la altura sobre la superficie de la Tierra con las diferentes capas de la atmósfera, sus límites o "pausas" y los gradientes de temperatura.