

TEMA 8. DINÁMICA DE LAS MASAS FLUIDAS

Guión del tema

1. Introducción
2. Composición de la atmósfera
3. Estructura y función de la atmósfera
4. Dinámica atmosférica
5. Dinámica de las masas fluidas a escala global

Desarrollo del tema

1. Introducción

Llamamos capas fluidas a ATMÓSFERA e HIDROSFERA.

Son los dos subsistemas fundamentales de la **maquinaria climática terrestre**, cuya principal interacción es el ciclo del agua.

Repaso del ciclo del agua.

Funcionamiento de la máquina climática.

Sistema muy complejo que ha de estudiarse a partir de modelos basados en la existencia de un gradiente.

Gradiente es la diferencia existente entre dos puntos en alguno de los parámetros atmosféricos (temperatura, humedad o presión), ya sea en sentido vertical u horizontal, en el interior de la atmósfera o de la hidrosfera. Este gradiente origina siempre un movimiento de circulación del fluido para atenuar las diferencias entre ambos puntos.

En la atmósfera lo realiza el viento y en la hidrosfera las corrientes marinas.
A mayor gradiente, mayor velocidad del viento o de las corrientes.

El comportamiento de ambas es distinto por:

- densidad
- compresibilidad
- movilidad
- capacidad de almacenar calor
- capacidad de conducir calor

✚ Movimientos verticales.

Dependen de la temperatura que, a su vez, afecta a la densidad (aumenta al disminuir la temperatura).

- El aire es mal conductor del calor de modo que se calienta más por el calor que irradia de la superficie terrestre que por la radiación solar. El aire caliente tenderá a subir y el frío a descender, enfriándose y calentándose respectivamente.
- El agua conduce mejor el calor de modo que se caliente en superficie y es fría en el fondo. Como es más densa por debajo no serán posibles movimientos verticales salvo en los lugares con aguas superficiales muy frías.

✚ Movimientos horizontales.

El movimiento del viento y de las corrientes se debe a las diferencias de temperatura horizontales debidas al desigual calentamiento de la superficie terrestre según la insolación.

La presencia de masas continentales condiciona este flujo desviando tanto vientos como corrientes.

2. Composición de la atmósfera

La atmósfera primitiva se formó por la salida de los gases del planeta durante su enfriamiento, junto con polvo y gases de los volcanes.

Más tarde los seres vivos cambiaron su composición al aparecer la fotosíntesis que aportó oxígeno y rebajó los niveles de dióxido de carbono iniciales.

Los componentes se clasifican en:

- ✚ **Mayoritarios.** Nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %), argón (0,93 %), dióxido de carbono (0,03 %), otros (0,14 %)
- ✚ **Minoritarios. (en ppm)** Monóxido de carbono, metano, hidrocarburos, NOx, amoníaco, SOx, ozono, y otros no reactivos como helio, neón, criptón, xenón, óxido nitroso.
- ✚ **Variables.** Vapor de agua y contaminantes.

3. Estructura y función de la atmósfera

3.a La atmósfera como filtro protector

Esquema del libro

Las capas de la atmósfera hacen de filtro de modo que solo las ondas del centro del espectro las atraviesa, sobre todo la luz visible.

Las radiaciones de onda corta (gamma, X y UV) tienen gran energía y poder de penetración, pero son filtradas en las capas altas.

Las de onda larga (radio) entran pero son superadas por las que emitimos nosotros.

Las capas de la atmósfera son:

Homosfera hasta los 80 km de altura, con la mayoría de los gases

Heterosfera, a partir de los 80 km, con cuatro capas según la masa atómica de los gases presentes: nitrógeno molecular, oxígeno atómico, helio e hidrógeno.

Otra forma de estructurarla es la siguiente:

✚ **Troposfera.** Termina en la tropopausa (9-12-16 km de altura)
Contiene el 80 % de los gases atmosféricos
La presión atmosférica desciende de 1013 mb a 200 mb en tropopausa
La temperatura disminuye de 15°C a -70°C con valor medio de 0,65°C/100 m (**gradiente vertical de temperatura o GVT**)
Tiene lugar el **efecto invernadero**
Se producen los **fenómenos meteorológicos** (capa del clima)
Incluye la **capa sucia** (los primeros 500 m)

✚ **Estratosfera.** Termina en la estratopausa (50-60 km de altura)
Aire tenue solo con movimientos horizontales en los estratos o capas
Solo nubes de hielo en parte inferior (noctilucientes)
La temperatura sube hasta 0-4°C en la estratopausa
Contiene la **capa de ozono**(15-30 km, sobre todo a 25 km). Su mecanismo de formación y destrucción es:

1. Fotólisis del oxígeno por la luz UV
2. Formación del ozono
3. Destrucción del ozono por
 - a) Fotólisis del ozono por los rayos UV
 - b) Reacción del ozono con el oxígeno atómico

Las tres reacciones suelen estar en equilibrio dinámico de modo que el ozono se forma y se destruye al tiempo que retiene el 90 % de las radiaciones UV, siempre por encima de los 30 km.
Por debajo no hay destrucción del ozono y así se acumula. La cantidad varía según la radiación incidente.

✚ **Mesosfera.** Termina en la mesopausa (80 km)
Pocos gases pero suficientes para inflamar los meteoritos (**estrellas fugaces**)
La temperatura disminuye hasta -80°C

✚ **Ionosfera o termosfera.** Hasta los 600 km
La temperatura aumenta hasta los 1000°C por la absorción de las ondas cortas de alta energía realizada por el nitrógeno y el oxígeno presentes que se ionizan liberando electrones
Se origina un **campo magnético terrestre** entre la ionosfera (positiva) y la superficie (negativa). Se recarga en las tormentas
Hace posible las comunicaciones al rebotar en ella las ondas de radio
Sobre las zonas polares los electrones del Sol rozan con las moléculas de esta capa y producen las **auroras boreales y australes**.

✚ **Exosfera.** Hasta los 800 km de altura (10.000 km en otros libros como límite)
Muy baja densidad atmosférica similar a la del espacio exterior
El aire no capta la luz solar de modo que el cielo se oscurece

3.b Función reguladora de la atmósfera

Balance de radiación solar es la cantidad de radiación incidente sobre la Tierra y depende de:

- ✚ Radiación incidente
- ✚ Estructura física de la atmósfera
- ✚ Composición química de la atmósfera

Gráfico

4. Dinámica atmosférica

4.a Movimientos en la atmósfera

Tienen lugar en la troposfera, se denominan de convección y se deben a gradientes de temperatura, humedad o presión.

✚ **Convección térmica.**

Originada por el gradiente térmico entre la superficie y la parte superior.
Crea corrientes térmicas ascendentes (aire caliente) y descendentes (aire frío).

✚ **Convección por humedad.**

Se originan por la presencia de vapor de agua en el aire que le hace menos denso que el aire seco. La cantidad de vapor de agua se mide como:

- Humedad absoluta. Cantidad de vapor de agua que hay en un volumen determinado de aire, expresada en g/m^3 , poco empleada porque depende de la temperatura de modo que el aire frío contiene poca humedad mientras el caliente puede contener mucha.

Curva de saturación. Muestra la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener el aire a cada valor de temperatura, valor que se denomina punto de rocío.

- Humedad relativa. Cantidad en % de vapor de agua que hay en 1 m^3 de aire en relación con la máxima que podría contener a la temperatura a la que se encuentra.
Ejemplo. Humedad relativa del 25 % quiere decir que podría contener a esa temperatura cuatro veces más de vapor de agua. Humedad relativa del 100 % corresponde a un punto en la curva de saturación.

Nivel de condensación. Altura a la que la masa de aire que asciende alcanza su punto de rocío y forma nubes a partir de **núcleos de condensación**.

✚ **Movimientos verticales debidos a la presión atmosférica.**

La presión atmosférica es el peso que ejerce la columna de aire sobre la unidad de superficie. Se mide en milibares, atmósferas o mm de mercurio, con el barómetro (Torricelli midió a nivel del mar $1 \text{ atm} = 1013 \text{ mb} = 760 \text{ mm de mercurio}$).

Se representa en la superficie terrestre con los **mapas de isobaras**, que muestran **anticiclones y borrascas o ciclones**.

Actividad de observación de mapas del tiempo en el ordenador

4.b Gradientes verticales

Gradiente vertical. Diferencia de temperatura entre dos puntos situados a una diferencia de 100 m de altitud.

✚ **Gradiente vertical de temperatura (GVT)**

Variación vertical de la temperatura del aire en condiciones estáticas. **0,65°C/100m**

Inversión térmica. Espacio aéreo en el que la temperatura aumenta con la altura, en un GVT negativo. Son frecuentes en invierno y causan un incremento de la contaminación.

✚ **Gradiente adiabático seco (GAS)**

Variación vertical dinámica que afecta a una masa de aire en movimiento debido a un desequilibrio con el aire que la rodea. Esta masa de aire se considera un sistema aislado o adiabático que no intercambia calor con el aire circundante. **1°C/100m.**

El agua está en forma de vapor.

- Al ascender el aire disminuye la presión atmosférica, los gases se expanden, las partículas rozan menos y disminuye la temperatura.
- Al descender aumenta la presión, los gases se contraen, las partículas chocan y la temperatura aumenta también.

✚ **Gradiente adiabático saturado (GAH)**

La masa de aire alcanza su punto de rocío y el vapor de agua se condensa formando una nube. Esto libera el calor latente de modo que el gradiente disminuye a **0,3 – 0,6°C/100m.**

La masa prosigue su ascenso con el gradiente GAH, que poco a poco irá aumentando a medida que el aire pierda humedad hasta que todo el vapor se condense, alcanzando de nuevo el valor de 1°C/100m.

- A mayor cantidad de vapor de agua inicial menor GAH, 0,3 en zonas tropicales con formación de nubes más altas, a 0,6 en latitudes medias con formación de nubes en zonas más bajas.

4.c Condiciones de estabilidad e inestabilidad atmosférica

✚ **Condiciones de inestabilidad**

Cuando se producen movimientos ascendentes de una masa de aire cuya temperatura inferior varía según el GAS dentro de una masa de aire estática ambiental con GVT.

El aire ascenderá siempre que **GVT > GAS** (aire exterior más denso y frío)

El aire ascendente formará una borrasca en superficie con vientos que convergen hacia el centro, con probabilidad de lluvias si la masa de aire que asciende contiene suficiente vapor de agua para condensar y formar nubes de suficiente tamaño.

✚ **Condiciones de estabilidad o subsistencia**

Cuando desciende hacia la superficie una masa de aire frío y denso que se encuentra a determinada altura.

La masa se va secando por calentamiento (se suman gradientes salvo en situaciones de inversión térmica).

Origina anticiclones en superficie y vientos divergentes hacia el exterior lo que impide la entrada de precipitaciones.

Se produce en dos situaciones:

GVT positivo < GAS. No hay movimientos verticales.

GVT negativo. Estamos en una inversión térmica que forma nubes a ras de suelo (niebla) atrapando la contaminación.

5. Dinámica de las masas fluidas a escala global

5.a Dinámica atmosférica

La circulación atmosférica horizontal es llevada a cabo por el viento.

El viento superficial es divergente en los anticiclones y convergente en los ciclones.

Si un anticiclón y una borrasca están próximos, el viento soplará del primero a la segunda en superficie y a la inversa en altura.

- ✚ El relieve de los continentes altera la trayectoria del viento sumándose al **efecto Coriolis**. Efecto Coriolis (Coriolis, 1835). Es consecuencia de la rotación terrestre y de su giro antihorario (de oeste a este). No tiene un valor constante, siendo máxima en los polos y mínima en el ecuador (nula).
Un punto de la Tierra gira más despacio cuanto mayor es la latitud a la que se encuentra de modo que un móvil que se dirija desde el ecuador al polo norte se desviará a la derecha de su trayectoria inicial. Lo mismo ocurre si es en sentido inverso, al encontrarse un suelo que gira más deprisa quedará desviado a su derecha. En el hemisferio sur ocurrirá al contrario y se desviará a la izquierda.

En los anticiclones los vientos radiales quedarán desviados por la fuerza de Coriolis girando en sentido horario, mientras en las borrascas girarán en sentido antihorario en el hemisferio norte. En el hemisferio sur será al revés.

✚ **Circulación general de la atmósfera.**

En las zonas ecuatoriales el calentamiento es intenso debido a la incidencia vertical de los rayos solares. Por ello se generan **borrascas ecuatoriales (B)**.

En las zonas polares, en cambio, los rayos inciden oblicuamente, calentando menos y asentando los **anticiclones polares (A)**.

Esto hace que en teoría el viento superficial circule desde los polos hacia el ecuador, mientras en capas altas lo hace al revés. La fuerza de Coriolis es la encargada de romper estas células de convección desviando los vientos hacia la derecha o la izquierda en los hemisferios norte y sur, respectivamente, y generando tres células distintas:

- **Célula de Hadley.** La más energética de las tres.
Tiene lugar entre el ecuador y los 30 ° de latitud
La desviación de los vientos es tan grande que parte del aire se dirige hacia los polos pero la mayoría desciende generando **anticiclones subtropicales** que generan los grandes desiertos del planeta.
De ellos el de las Azores es que más afecta a España, aunque también el del Sahara afecta en verano, sobre todo a Canarias.
La célula se cierra por los **vientos alisios** que soplan del NE o SE según el hemisferio originando la ZCIT (zona de convergencia intertropical).
- **Célula polar.** El viento de superficie (**levante polar**, del NE y SE dependiendo) va de los anticiclones polares y llega hasta los 60 ° de latitud donde se eleva formando las **borrascas subpolares** que afectan a España en invierno cuando desciende hasta los 40 ° de latitud norte.
- **Célula de Ferrel.** Entre las dos anteriores, se forma por acción de los vientos del oeste (**westelies**, del SO o NO según el hemisferio) que soplan desde los anticiclones desérticos a las borrascas subsolares.

Dibujo del Libro.

5.b Dinámica de la hidrosfera

De todas las aguas de la hidrosfera son los océanos los más importantes en la regulación climática del planeta. Constituyen el 97 %.

Su interés reside en su elevado poder calorífico y en las corrientes como mecanismo de transporte de calor.

✚ La hidrosfera como regulador térmico

Por su elevado calor específico es agua absorbe y retiene por más tiempo una elevada energía calorífica. Los océanos se calientan y se enfrían mucho más lentamente que los continentes disminuyendo la **amplitud térmica** en los lugares próximos a ellos.

En los grandes continentes el aire se enfría en invierno provocando los anticiclones continentales, con una gran estabilidad, pocas lluvias y presencia de heladas y nieblas.

Las **brisas marinas** son responsables de que las zonas costeras posean menor amplitud térmica.

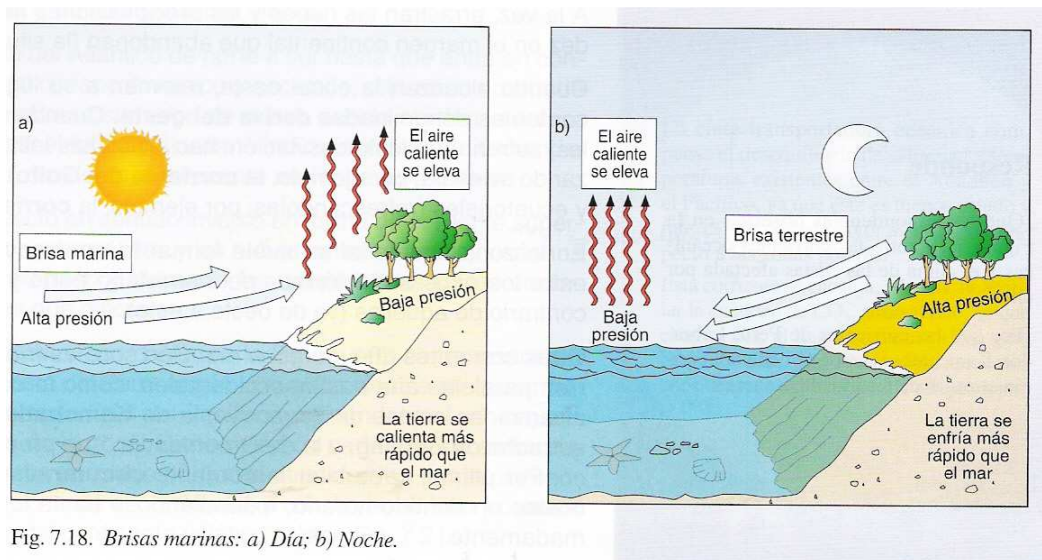


Fig. 7.18. Brisas marinas: a) Día; b) Noche.

✚ Corrientes oceánicas

Mecanismo de transporte de calor más eficaz que el atmosférico.

- **Corrientes superficiales.** La mayoría de las que recorren la zona central de los grandes océanos. Su trayectoria está condicionada por el giro del viento en torno a los anticiclones, iniciado por los vientos alisios (de E a O) que arrastran nubes y precipitaciones hacia el oeste originando aridez en el margen continental que abandonan, situada al este.

Cuando las corrientes alcanzan la costa oeste vuelven a su lugar de origen formando las corrientes **deriva del oeste**. Y al alcanzar las costas orientales se desvían hacia altas latitudes llevando calor (**corriente del Golfo**) y hacia las zonas tropicales y ecuatoriales refrescándolas (**corriente de Canarias**).

En la zona ecuatorial la **contracorriente ecuatorial** de E a O.

Corrientes frías del polo Norte son paralelas a las costas occidentales como la **corriente del Labrador, Kamchatka, Groenlandia**.

Corriente circumpolar Antártica, rodea sus costas en sentido horario hasta los 60 ° de latitud.

- **Corrientes profundas**

Originadas por las diferencias en la densidad del agua que es mayor cuanto más fría y salada esté, tendiendo a hundirse para dar lugar a una circulación **termohalina vertical**.

El agua superficial se enfría y desciende dejando sitio a aguas más cálidas que ascienden. Este movimiento se dificulta cuando hay aporte de agua dulce (precipitación mayor que la evaporación, río o fusión de un iceberg).

- **El océano global**

Conjunto de todos los mares y océanos del planeta. Es un importante almacén de dióxido de carbono. Dentro de esta idea hay dos fenómenos importantes:

- **Cinta transportadora oceánica.** Especie de río que recorre la mayoría de los océanos, en la primera mitad como corriente profunda, condicionada por la densidad y en la segunda como corriente superficial supeditada a los vientos dominantes.

Comienza en Groenlandia donde el agua se hunde por salada y fría (al hundirse arrastra gran cantidad de dióxido atmosférico). Recorre el Atlántico de norte a sur después el Antártico y asciende para volver a sumergirse en el Índico y el Pacífico donde después asciende, calentándose y realizando el trayecto inverso.

En su regreso origina lluvias y eleva las costas atlánticas noreuropeas.

- **El fenómeno del Niño.**

La fig. 7.21 a) Representa la situación normal en la costa del Perú donde los alisios empujan hacia el oeste el agua superficial del Pacífico haciendo aflorar el agua profunda y fértil. Estos vientos surgen en un anticiclón sobre la isla de Pascua y mueren en una borrasca próxima a Asia.

La fig. 7.21 b) Representa el fenómeno El Niño (ENSO u oscilación meridional) se debe a un excesivo calentamiento superficial de las aguas del Pacífico oriental en las costas de Perú. Ocurre cada 3-5 años y dura unos 18 meses con máximos en Navidad. Los alisios amainan, el agua superficial se caldea y se forma una borrasca sobre las costas peruanas. No se produce el afloramiento y decae la pesca.

La Niña es una exageración del fenómeno normal cuando los alisios soplan con más fuerza de lo normal.

El Niño puede deberse:

- al calentamiento climático que hace disminuir el contraste térmico entre la costa oriental y occidental de Pacífico, y con ello la intensidad de los alisios y la de las corrientes oceánicas.
- al aumento del vulcanismo en las dorsales próximas que elevaría la temperatura del agua impidiendo el afloramiento, de hecho coinciden los años del Niño con una mayor actividad sísmica.

El Niño se deja sentir en todo el mundo con:

- aumento de la temperatura atmosférica
- lluvias torrenciales e inundaciones en distintas zonas de la costa occidental del Índico
- tormentas en California
- sequías en Brasil, África, Indonesia y Filipinas

Leer el anexo de la pág 232.