



## ATMÓSFERA

### TEMA2. FUNCIÓN PROTECTORA Y REGULADORA DE LA ATMÓSFERA

2.1. Características de la radiación solar. 2.2. Efecto protector de la ionosfera y de la ozonfera. 2.3. El efecto invernadero.

**Conceptos básicos:** tipos de radiaciones solares, Formación del ozono, albedo, gases de efecto invernadero.

**2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR.** [Este epígrafe ha sido eliminado del temario, pero es imprescindible para poder entender el concepto básico de “tipos de radiaciones solares” y “el efecto invernadero”].

El Sol, emite continuamente un flujo de **materia** en forma de átomos, iones y partículas subatómicas (electrones y neutrones) así como de **energía** en forma de ondas electromagnéticas.

Las **radiaciones electromagnéticas** constituyen un tipo de energía transmisible que presenta una doble naturaleza: corpuscular y ondulatoria (se comporta a la vez como partículas en movimiento y como ondas). Estas radiaciones vienen caracterizadas por su *longitud de onda* o su *frecuencia* (magnitudes inversas) y constituyen una misma “familia de energías”, aunque en apariencia no guarden relación unas con otras. (Ver esquema).

#### Introducción: la radiación electromagnética.

Todo cuerpo con una temperatura superficial superior a 0°K, es decir, por encima de -273°C (273° bajo cero), emite radiación electromagnética. Ésta, es un tipo de energía en forma de ondas a las que van asociados corpúsculos o cuantos de energía, que en algunos casos llamamos fotones (la energía va “empaquetada” en forma de cuantos o fotones. En la asignatura de Biología aparecerán estos “paquetes de energía” cuando se hable de la fotosíntesis). Radiación significa que se irradia o desprende. Electromagnética significa que lleva asociada un campo magnético y otro eléctrico.

[Vale la pena recordar que buena parte de la energía solar -radiación electromagnética- es luz, que las teorías físicas sobre la naturaleza de ésta comienzan con Newton, quien a fines del siglo XVII explicó, con su teoría de la emisión, que la luz estaba formada por muy pequeños corpúsculos emitidos a gran velocidad por los objetos luminosos. Más tarde, otros autores dijeron que la luz tenía naturaleza ondulatoria y, más tarde aún, que estaba formada por ondas electromagnéticas. Finalmente, el debate entre las tesis corpusculares, retomadas por Planck y Einstein, y las ondulatorias se resuelve con la teoría de la mecánica ondulatoria de Louis de Broglie, quien, en 1.924, dijo que la luz, como radiación electromagnética, está formada por ondas y por corpúsculos íntimamente ligados (hay pruebas concluyentes de su doble naturaleza)].

La radiación electromagnética es, resumiendo quizás más de la cuenta, un tipo de energía caracterizada por un conjunto o **espectro** de ondas electromagnéticas de una amplia gama de longitudes de onda, que **se propagan a 300.000 km/s en el vacío y en línea recta** aproximadamente. Se trata, pues, de una clase de movimiento vibratorio u ondulatorio. Estos movimientos, de los que hay numerosos ejemplos cotidianos (el sonido, las ondas que aparecen en una superficie acuática tras el impacto de un objeto, la ondulación de una cuerda batida por un extremo o pulsada estando sujeta por los dos extremos y tensa, las ondas sísmicas, etc.) se caracterizan por tres parámetros, a saber: la **longitud de onda**, o distancia recorrida durante una vibración,  $\lambda$ ; el número de vibraciones por segundo o **frecuencia**,  $\nu$  y la **velocidad**, **c**. Y se cumple:  $c = \lambda \cdot \nu$  En los movimientos ondulatorios “normales” como el sonido o las ondas sísmicas la vibración se propaga, pero no lo hace la materia, requiriendo en estos casos las ondas para su propagación un medio material, sea el agua, el aire o las rocas. Sin embargo, **la radiación**



**electromagnética no necesita de un medio material para su transmisión** y por ello pueden transmitirse en el vacío.

El **espectro electromagnético** es el conjunto de las diferentes ondas electromagnéticas, que se diferencian entre sí por su longitud y a la vez por la cantidad de energía que portan. Las ondas de radio y de televisión, las microondas, la radiación infrarroja, los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma son ondas electromagnéticas de la misma naturaleza que la luz, que no podemos ver con los ojos pero sí captar con distintos aparatos. (La radiación infrarroja o calor podemos percibirla a través de los termorreceptores de la piel y la ultravioleta es capaz de inducir a ciertas células, también de la piel, a fabricar melanina).

Además de estas radiaciones, que serán analizadas a continuación, el Sol emite enormes cantidades de partículas a gran velocidad. Éstas, que por la energía con la que se mueven supondrían un gran peligro para la vida no llegan hasta nuestro planeta gracias a la presencia de la **magnetosfera**, **QUE NO TIENE NADA QUE VER CON LA ATMÓSFERA**, pero es otro "escudo protector" de la vida en la Tierra.

Nuestro Sol es una estrella que por su tamaño y su edad, emite básicamente radiación electromagnética dentro del rango ("la subfamilia") de la **luz visible**. Lo cual no quiere decir que no emita radiaciones de otras longitudes de onda ni partículas, pero éstas no son mayoritarias (algunas estrellas emiten preferentemente neutrones, otras ondas de radio, las hay emisoras de rayos X, etc.).

Toda la energía que llega a la Tierra alcanza en primer lugar la atmósfera, donde sus distintos componentes absorberán y reflejarán selectivamente las diferentes radiaciones; así, esta envoltura hará de filtro eficaz de muchas de estas ondas electromagnéticas, que por sus características son muy perjudiciales para la mayor parte de los seres vivos.

Cada sustancia, por su naturaleza, es capaz de captar sólo ciertas radiaciones pero no otras. Esta propiedad es responsable de los fenómenos de **absorción** y **reflexión** de la energía. Pero se da otro fenómeno interesante: la energía es absorbida sólo momentáneamente (por el átomo o molécula), siendo expulsada o **reemitida** por la sustancia que la captó, pero *transformada en radiación de mayor longitud de onda* que la que recibió en principio. Un ejemplo sacado de la realidad cotidiana es el que fundamenta el funcionamiento de las bombillas de bajo consumo y de los tubos fluorescentes: mediante electricidad, se excitan los átomos de un gas noble –neón o argón– que llega a perder electrones y por lo tanto a ionizarse. Rápidamente vuelven a su estado fundamental captando los electrones perdidos y emitiendo parte de la energía que captaron en forma de radiación ultravioleta. Este ciclo se repite indefinidamente mientras estemos suministrando energía eléctrica al sistema. Pero la luz ultravioleta no nos sirve de nada a los humanos puesto que no tenemos capacidad para verla. Por ello, el cristal de las bombillas y de los tubos es recubierto por una película de una sustancia fluorescente que es capaz de captar la radiación UV. Las moléculas de este material se excitan al absorber la energía y rápidamente se desprenden de ella para alcanzar su estado fundamental. Pero ya no expulsan radiación ultravioleta sino radiación algo menos energética que es radiación visible. Esta luz sí nos sirve para iluminarnos.

[Curiosidad: no se trata exactamente del mismo fenómeno pero está relacionado y trata de explicar cómo cada tipo de molécula sólo es capaz de absorber radiaciones de una frecuencia concreta y no cualquiera de ellas. El funcionamiento de un horno de microondas: en estos artefactos un dispositivo llamado *magnetron* produce una radiación electromagnética con una frecuencia que se halla dentro de lo que conocemos como microonda. Pero dentro de esa "familia" de ondas, el aparato sólo emite una radiación con una frecuencia de 2.450 MHz., que coincide con la *frecuencia natural o de resonancia* de la molécula del agua. Esto significa que sólo la molécula de agua, entre todas las existentes en el interior del horno, absorberá esta energía. Ni el agua absorbe otras radiaciones, ni esa radiación es absorbida por otras moléculas diferentes (el plástico, el vidrio, las proteínas de los alimentos, por ejemplo). La absorción continuada de esa energía a una molécula de agua la hace agitarse y emitir radiación de onda larga, del tipo infrarrojo, lo que conocemos como calor. Este calor es el que a su vez calienta (hace agitarse a



las moléculas del recipiente y a las de los alimentos]. [En el envase de detergente para lavadora verás que entre los ingredientes aparecen “blanqueantes ópticos”. Busca en Internet qué son. Busca también en qué consiste el fenómeno de fluorescencia con ejemplos].

## 2.2. EFECTO PROTECTOR DE LA IONOSFERA Y DE LA OZONOSFERA.

La atmósfera actúa como un filtro que impide el paso de ciertas radiaciones muy energéticas y consideradas peligrosas para los seres vivos ya que pueden inducir alteraciones genéticas (la radiación ultravioleta de muy baja longitud de onda es absorbida con gran facilidad por el ADN).

Esta función protectora de la atmósfera es ejercida por la ionosfera y la ozonosfera.

En la **ionosfera**, las radiaciones electromagnéticas de onda más corta, esto es, *rayos X* y *rayos gamma* son absorbidos por el H<sub>2</sub>, y el N<sub>2</sub>, presentes en ella, y debido al choque se ionizan. Estos iones, altamente inestables, vuelven a su estado fundamental tras captar los electrones que perdieron y lo hacen desprendiendo la energía sobrante en forma de calor (energía infrarroja). Este desprendimiento de energía provoca el incremento en la temperatura de esta capa (la reemisión en ondas infrarrojas ha dado nombre a la capa: termosfera). Si dichas radiaciones llegaran a la Tierra actuarían a modo de "cuchillos", rompiendo las moléculas. Esta capa ionizada posee, además, la facultad de reflejar las ondas de radio procedentes del Sol y de la Tierra. En la ionosfera de las zonas polares se producen los fenómenos de las **auroras polares** [Relacionadas con la magnetosfera].

Dada la facilidad para desestabilizar moléculas y átomos transformándolos en iones, se conoce a los rayos gamma y rayos X como **radiaciones ionizantes**. [Estos tipos de radiaciones se producen también en los fenómenos de fisión o desintegración de elementos radiactivos, y ya sabemos de su peligrosidad. Los rayos X también se producen artificialmente mediante lámparas que se emplean para hacer las radiografías, que son un método de diagnóstico clínico muy utilizado].

La formación-destrucción de iones sucede continuamente mientras las radiaciones solares llegan; por eso, esta capa se refuerza durante el día y se debilita durante la noche.

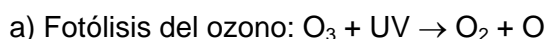
En la **estratosfera** se encuentra la mayor parte del ozono atmosférico (la famosa capa de ozono), aunque también existe en la troposfera, constituyendo un contaminante.

El ozono es una molécula triatómica formada por oxígeno (O<sub>3</sub>), es gaseosa y de olor picante. Se concentra entre los 15 y los 30 Km. de altura, aunque abunda más hacia los 25 Km. La capa de ozono presenta, al igual que las otras capas, un espesor variable, máximo en el ecuador y mínimo en los polos, siendo este gas transportado de unos lugares a otros por la circulación horizontal de esta capa. Las cantidades de ozono estratosférico sufren variaciones diarias y estacionales, en función de la radiación solar.

Formación y destrucción del ozono:



3º Destrucción del ozono:



En condiciones normales, estas reacciones están en **equilibrio dinámico**, y además de retener el 90% de los rayos UV de los llamados tipo B, producen un incremento en la temperatura de la estratosfera, debido a la liberación de calor: **la formación de ozono es una reacción fuertemente exotérmica**.



Como puede observarse, **la capa de ozono está ahí para frenar los rayos UV** sino que los rayos UV producen el ozono (y lo destruyen) a partir de las moléculas de oxígeno en forma biatómica de la atmósfera. Si la atmósfera no tuviera oxígeno, no habría protección frente a las radiaciones ultravioletas y no existiría capa de ozono.

Pregunta para pensar: ¿Por qué la capa de ozono está donde está y no más arriba o más abajo u ocupando toda la atmósfera?

Parece ser que ciertos contaminantes producidos por los humanos, ayudados por la dinámica atmosférica, podrían causar la destrucción de las moléculas de ozono, mermando la capacidad de filtrado de radiación ultravioleta. De todos es conocido el “agujero” de la capa de ozono situada sobre la Antártida.

**[Aunque no es** una capa de la atmósfera, ya se ha mencionado la existencia de otra barrera protectora situada más allá de la exosfera. Se trata de la **magnetosfera**. Esta envoltura no es otra cosa que el *campo magnético terrestre*. La Tierra, debido a la presencia de un núcleo formado básicamente por hierro, cuya porción exterior se halla en estado líquido, produce un campo magnético como si de un imán gigante se tratara. Aparte de la utilidad de la brújula para orientarnos y que aprovecha este campo, y de las utilidades del paleomagnetismo, nuestro campo magnético impide la entrada de las **partículas** eléctricamente cargadas, fundamentalmente **electrones**, **protones** (hidrógeno ionizado) y **partículas  $\alpha$**  (núcleos de Helio), procedentes del Sol y que constituyen el llamado **viento solar**. Las zonas de los polos, donde el campo magnético se debilita (hasta hacerse nulo en los polos magnéticos) están desprotegidas y las partículas cargadas llegan a la ionosfera donde son detenidas y producen los efectos luminosos que llamamos auroras polares. La llegada hasta la superficie del viento solar tendría efectos más perniciosos aun para los seres vivos que los rayos ultravioleta y las radiaciones ionizantes].

La atmósfera hace, como ya se ha visto, que sólo llegue a su superficie una parte de las radiaciones emitidas por el Sol. Se denomina **ventana de emisión o ventana atmosférica** al intervalo del espectro de radiaciones solares que llegan a la superficie de nuestro planeta porque no son absorbidos por la atmósfera.

La atmósfera terrestre presenta una ventana en el campo visible (entre 0,4 y 0,8 micras aproximadamente) y otra ventana en el campo de las ondas de radio (entre 1 mm. y 15 metros aproximadamente). (Ver esquema). [Para el resto de las radiaciones es como si hubiera una pared].

### 2.3. EL EFECTO INVERNADERO.

#### iii EL EFECTO INVERNADERO NO TIENE NADA QUE VER CON LA CAPA DE OZONO!!!

La atmósfera actúa durante el día reflejando y absorbiendo parte de la energía solar, lo que evita que ésta llegue íntegramente hasta la superficie terrestre y la caliente en exceso. También absorbe parte de la radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra. El calor almacenado en su seno es expulsado lentamente, y parte de él vuelve de nuevo a la Tierra como **contrarradiación**. Este fenómeno hace que la superficie se enfríe más lentamente durante la noche y no de manera brusca actuando, por lo tanto, como un eficaz termorregulador.

La radiación infrarroja (calor) es absorbida principalmente por las moléculas de  $H_2O$  y  $CO_2$  pero también existen otras moléculas capaces de absorberla, incluso en mayor medida, como las de  $CH_4$ ,  $NO_2$  y  $O_3$ , aunque sus bajas concentraciones en la atmósfera nos hacen considerarlas menos relevantes. Otras moléculas abundantes, como el  $O_2$  y el  $N_2$ , tienen menor poder de absorción. Estas sustancias actúan tal y como lo hace el vidrio o el plástico en una de esas construcciones llamadas invernaderos, que evitan la pérdida de calor y por eso reciben el nombre de **gases de efecto invernadero**.

La circulación atmosférica moviliza grandes masas de aire y nubes desde las zonas



calientes intertropicales hasta las frías de las altas latitudes, de modo que existe una transferencia de calor que tiende a compensar los desequilibrios de temperatura ocasionados por la desigual insolación que tiene lugar en las diferentes latitudes de nuestro planeta.

El CO<sub>2</sub> se encuentra en pequeña proporción, tan sólo en un 0,0355% (355 ppm o partes por millón o mg. por litro) aunque esta cantidad está aumentando desde la Revolución Industrial debido a los aportes producidos por los humanos. Las fuentes de CO<sub>2</sub> pueden ser de origen natural, debido a exhalaciones volcánicas, respiración de los seres vivos, descomposición de la materia orgánica y reacciones de combustión (incendios naturales), pero también de origen antrópico, mayoritariamente por consumo de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural).

El CO<sub>2</sub> (junto con el vapor de agua) es absorbente y emisor de radiación infrarroja. Su aumento tenderá a elevar el nivel de absorción de este tipo de radiación emitida por la superficie terrestre, produciendo un cambio en el balance energético consistente en una elevación de la temperatura media del aire en la troposfera (efecto invernadero). Según numerosos expertos en el tema, este incremento de temperatura conducirá a significativos cambios en los modelos climáticos y en la distribución de las precipitaciones en un futuro no muy lejano. [Cuando se dice que es absorbente y emisor de radiación infrarroja hay que entender que siempre emitirá infrarrojos de longitud de onda mayor que los que ha absorbido: la "calidad" de la energía siempre varía entre la que se absorbe y la que se emite. Como la energía infrarroja que absorbe la atmósfera procede, por emisión o radiación, de la que anteriormente absorbió el suelo como luz, se denomina contrarradiación. Es algo así como la radiación de la radiación].

No debes olvidar que las radiaciones procedentes del Sol que nos llegan a la superficie de la Tierra (océanos y continentes) son básicamente de onda corta, es decir, LUZ VISIBLE. Apenas llegan ultravioletas, infrarrojos y otras (ventana de emisión).

Así pues, el agua de mar, las rocas y el suelo absorben luz. Las moléculas se estimulan (cada cual en la longitud de onda que por naturaleza le corresponda), e inmediatamente reemiten esa energía para volver a su estado mínimo energético. Pero la "calidad" de esa energía se ve modificada, emitiéndose radiación de onda larga, de tipo infrarrojo o calor.

Si la atmósfera es transparente a la luz, como el plástico o el vidrio de un invernadero, es opaca a los infrarrojos, absorbiéndolos y reemitiendo esa radiación de onda larga en radiación de onda más larga (aunque todavía dentro del rango del infrarrojo).

Por eso, si a lo largo del día "el Sol calienta" las piedras o la carrocería del coche, en realidad lo único que ha hecho es iluminar las piedras o el coche y el calentamiento es un efecto indirecto.

Toda la dinámica de la atmósfera: borrascas, anticiclones, viento, lluvia... está basada en este fenómeno. El Sol no calienta el aire sino que es la superficie terrestre quien lo hace.

Para saber más, habrá un tema sobre circulación atmosférica en la página Web del instituto.

Resumiendo ideas que deben quedar muy claras:

### **!!!EL EFECTO INVERNADERO NO TIENE NADA QUE VER CON LA CAPA DE OZONO!!!**

El Sol no calienta: sólo ilumina. Pero indirectamente la luz puede transformarse en calor.

Cuando un objeto es iluminado, puede absorber la luz y posteriormente transformar esta energía en calor, que se desprenderá al medio. Esta nueva absorción-emisión se llama contrarradiación y es el efecto invernadero.

Este calor, radiación infrarroja, puede ser absorbido por ciertas moléculas de la atmósfera que a su vez lo transformarán en otro tipo de radiación infrarroja o también calor.

Luz y calor son dos formas de energía semejante, sólo diferentes en su longitud de onda.