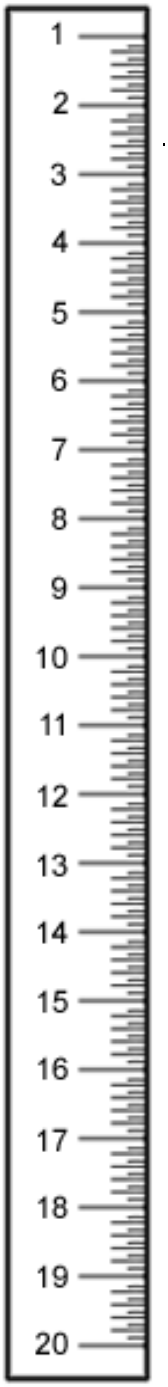
Tema 3: La atmósfera.

por Concepción Rodríguez-Rey.

Índice de contenido

Composición y propiedades de la atmósfera.....1
Las capas de la atmósfera.....3
Función e importancia de la atmósfera.....6
Impactos negativos relacionados con la atmósfera.....7
El agujero en la capa de ozono. 7
Efecto invernadero. 8
La contaminación del aire.....10
Fenómenos atmosféricos.....11



Regla compartida por Conchi Rodríguez-Rey.

Composición y propiedades de la atmósfera.

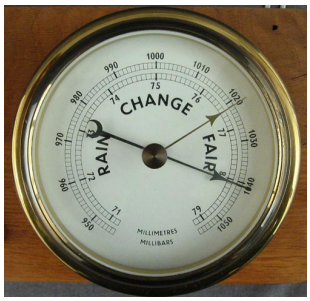
Una delgada capa gaseosa

La atmósfera es la **capa más externa de la Tierra**. Forma parte de nuestro planeta, junto con la geosfera (parte rocosa del planeta) y la hidrosfera (conjunto de todas las masas de agua). El radio terrestre desde el nivel del mar es de unos 6.370 Km y la atmósfera es una **delgada capa gaseosa de tan solo 100 km.**

Para que te hagas una idea de lo delgada que esta capa, toma como referencia tu aula. El espacio que ocupa la mesa y la silla de cada uno de tus compañeros es aproximadamente de 1 metro, 6 filas serían unos 6 metros. Ahora imagina que cada milímetro de este aula representa un kilómetro de la Tierra. Toma una regla ver el tamaño de un milímetro. Los 6 metros son 6.000 milímetros y equivaldrían a 6.000 Km. Nos vale como aproximación del radio de la Tierra.

Ahora calcula cuanto ocuparía la atmósfera. 100 Km serían 100 milímetros, es decir, 10 centímetros. Compara visualmente, con ayuda de tu regla, la altura de la capa gaseosa que nos envuelve con la profundidad del suelo que pisamos hasta el centro de la Tierra.

Presión atmosférica. El aire pesa.



El **barómetro** es el instrumento que se utiliza para medir la presión atmosférica. Imágen cedida por Langspeed.

La atmósfera está compuesta por **gases que se mantienen unidos a la geosfera-hidrofera por la fuerza de gravedad**. Las moléculas gaseosas pesan, es decir, tienen masa aunque sea pequeña y esta masa es atraída por la masa de la Tierra. Cuanto más cerca del suelo mayor es la atracción y a medida que nos alejamos la fuerza de gravedad es menor hasta que desaparece al adentrarnos en el espacio. Por ello el 75% de la masa de la atmósfera se concentra en los once primeros km y el 50% en los primeros 6 km de altura desde la superficie planetaria.

Volviendo a nuestro ejemplo, vuelve a coger la regla. El 75% de la masa se concentraría en los primeros 11 milímetros y el 50% de la masa estaría en los primeros 6 milímetros. Por suerte, tu vives en esos 6 milímetros, podrás respirar cómodamente.

La presión atmosférica se define como el peso de una columna de aire desde el punto en el que se mide hasta el límite de la atmósfera, es decir, el peso de la masa de aire que tengamos encima. Cuanto más ascendamos menos aire tendremos sobre nosotros, por lo que la presión atmosférica será menor. Además, como acabamos de ver, la mayor parte de la masa se concentra cerca de la superficie, por lo que **la presión atmosférica disminuirá rápidamente durante nuestro ascenso.**

Una mezcla de gases

• **Nitrógeno:** constituye el 78% del volumen del aire. Está formado por moléculas que tienen dos átomos de nitrógeno, de manera que su fórmula es N_2. Es un gas inerte, es decir, que no suele reaccionar con otras sustancias. El nitrógeno entra en nuestros pulmones en cada inspiración y sale sin modificarse ni interactuar con nuestro cuerpo. Algunas bacterias y plantas (en simbiosis con bacterias) pueden fijar el nitrógeno molecular como nitrito o nitrato, abonando el suelo de forma natural con un compuesto que necesitan todas las plantas.

La característica composición del aire permite que las longitudes de onda azules sean más visibles que las de otros colores, lo cual da un color azulado a la atmósfera terrestre desde el espacio. En el trasfondo se puede apreciar la luna ligeramente distorsionada por el aire. Los gases que componen la atmósfera es lo que comúnmente llamamos “aire”. No se trata de una única especie química, sino de una mezcla de distintas moléculas, y no todas ellas están en estado gaseoso, hay también sólidos y líquidos en suspensión entre las moléculas gaseosas. En las alturas en las que viven los seres vivos, incluidos también nosotros, este aire está compuesto principalmente por nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y argón (Ar). Imagen tomada por la NASA.

• **Oxígeno:** representa el 21% del volumen del aire. Al igual que el nitrógeno, está formado por moléculas de dos átomos de oxígeno y su fórmula es O_2. Es un gas muy reactivo, es el responsable de la oxidación de los metales al aire libre. Todos los seres vivos, salvo un pequeño grupo de bacterias, lo necesita para respirar. Las plantas y algunas bacterias realizan la fotosíntesis, un proceso en el que captan el CO_2 atmosférico y liberan como residuo O_2.

• **Argón:** contribuye en 0,9% al volumen del aire. Es un gas noble que no reacciona con ninguna sustancia.

Fijate que entre estos tres gases suman el 99,9%. El resto es una mezcla de muchos otros compuestos. Los más importantes, quizá no por su cantidad, pero sí por su interacción con los seres vivos son los siguientes:

• **Dióxido de carbono:** Representa el 0,03% del volumen del aire. Está constituido por moléculas de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno, de modo que su fórmula es CO_2. Participa en procesos muy importantes: Las plantas lo necesitan para realizar la fotosíntesis. Se combina con rocas y en el agua de los océanos. Se libera a la atmósfera por la respiración de todos los seres vivos, las erupciones volcánicas y las reacciones de combustión (incendios o uso de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo).

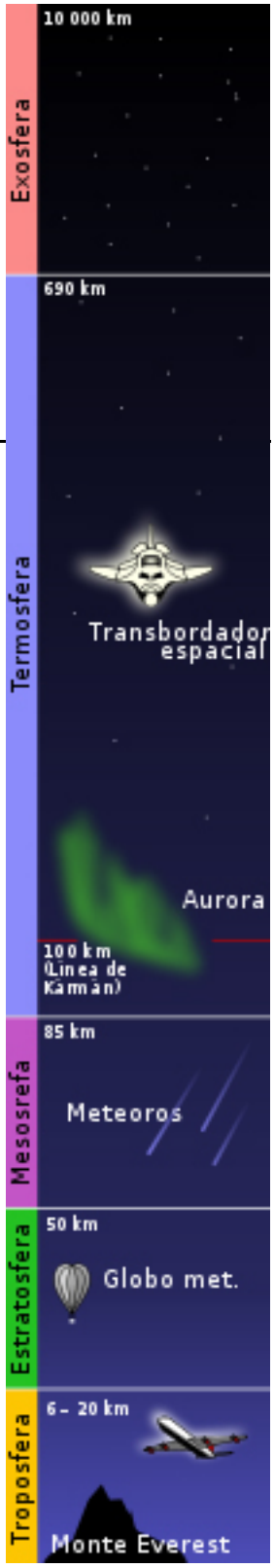
• **Vapor de agua:** se encuentra en cantidad muy variable. Está formado por moléculas de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, su fórmula es H_2O. Aparece en la atmósfera en sus tres estados, gaseoso como vapor de agua y líquido o sólido en las nubes.

- **Partículas sólidas y líquidas:** en el aire se encuentran muchas partículas sólidas en suspensión, como por ejemplo, el polvo que levanta el viento o el polen. Estos materiales tienen una distribución muy variable, dependiendo de los vientos y de la actividad humana. Estas partículas son las responsables de los colores en el cielo al amanecer o anochecer y actúan como núcleos de condensación de gotas de agua en la formación de lluvia.

La heterosfera: hacia el espacio exterior.

Si nos alejamos más del suelo se suceden varias zonas constituidas por único componente. De abajo hacia arriba serían nitrógeno molecular (N2), oxígeno atómico (O), helio (He) o hidrógeno (H). Estamos en la heterosfera, que **se extiende desde los 100 Km hasta unos 10.000 Km**, confundiéndose ya con el espacio exterior.

Volviendo a nuestra representación del aula, en la que el conjunto geosfera-hidrosfera abarcaba 6 metros y la homosfera tan solo 10 centímetros. La heterosfera ocuparía 10 metros más, pero apenas contendría masa gaseosa.



Las capas de la atmósfera.

La atmósfera está estructurada en capas. No solo la heterosfera, sino la homosfera también. Aunque la composición química no varíe dentro de la homosfera, las propiedades físicas sí y los procesos que tienen lugar también.

Troposfera.

La troposfera es la capa más próxima a la superficie terrestre. Su espesor alcanza desde el nivel del mar hasta una altitud variable entre los **6 km en las zonas polares y los 18 o 20 km en la zona intertropical**, por las razones indicadas más adelante. El grosor de esta capa es mayor cerca del ecuador por la fuerza centrífuga del movimiento de rotación terrestre y mucho menor en las zonas polares por la fuerza centrípeta (las líneas de fuerza son perpendiculares al eje).

En ella desarrollan su vida todos los **seres vivos** y suceden todos los **fenómenos meteorológicos**.

En la troposfera desarrollan su vida todos los seres vivos ya que es la única zona donde se concentra suficiente cantidad de aire. Imágen de prados en Cantabria tomada por Jesús Gómez Fernández..

La temperatura disminuye a medida que ascendemos hasta los -55 °C. El gradiente térmico (número de metros que es necesario subir para que la temperatura se reduzca un grado) depende de la región climática, la latitud o de variaciones locales como la orientación norte o sur de la ladera.

Aún así, el **gradiente térmico promedio es de 0,65 °C cada 100m**, o lo que es lo mismo, 1 grado cada 154 metros de altitud.

En esta capa ocurre el **efecto invernadero**, por el que la radiación emitida desde la superficie terrestre regresa a ella recalentándola.

El límite más alto de la troposfera, en el que se detectan cambios bruscos en las condiciones físicas, como la temperatura, se denomina tropopausa.

Estratosfera.

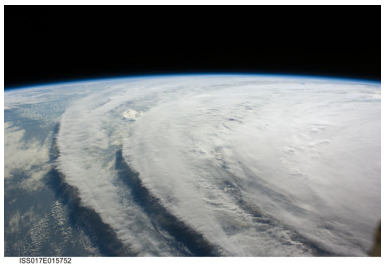


Imagen tomada desde la estratosfera en la que se aprecia un huracán. Imagen tomada por la NASA.

La estratosfera es la segunda capa de la atmósfera de la Tierra. Se extiende desde la tropopausa hasta los 50km de altitud.

Su nombre obedece a que está dispuesta en capas más o menos horizontales (o estratos). El estrato más importante es la ozonosfera.

Ozonosfera.

Es una delgadísima capa de unos 20Km con abundancia de ozono, contiene el 90% de todo el ozono de la atmósfera. Puede parecerte una capa muy gruesa, pero a esta altura la presión atmosférica es muy baja. Si todo el ozono de la ozonosfera fuese comprimido a la presión del aire al nivel del mar, esta capa tendría solo 3mm de espesor.

El ozono es una molécula de tres átomos de oxígeno (O_3). Se forma en la ozonosfera cuando la luz ultravioleta rompe moléculas de oxígeno molecular (O_2) dejando átomos sueltos de oxígeno (O*) que se combinan con otras moléculas de oxígeno molecular enteras. Los fotones ultravioleta que rompen las moléculas de oxígeno no llegan a la superficie terrestre, por lo que la ozonosfera actúa como **filtro de la radiación ultravioleta**, o escudo protector, de esta radiación que sería muy nociva si llegase hasta nosotros.

Mesosfera.

La mesosfera es la tercera capa de la atmósfera de la Tierra. Se extiende entre los 50 y 80 km de altura. Esos 30 Km contienen el 0.1% de la masa total del aire.

Es la zona más fría de la atmósfera, enfriándose de forma más o menos constante desde los 20 °C cerca de la estratopausa hasta los -80 °C en la mesopausa.

Es importante por la ionización y las reacciones químicas que ocurren en ella. La baja densidad del aire en la mesosfera determina la formación de turbulencias y ondas atmosféricas que actúan a escalas espaciales y temporales muy grandes.

La mesosfera es la región donde **se observan las estrellas fugaces** que son meteoritos que se han desintegrado en la termosfera. También en esta capa las naves espaciales que vuelven a la Tierra empiezan a notar el rozamiento de los vientos de fondo.

El límite superior de la mesosfera se denomina **mesopausa**.

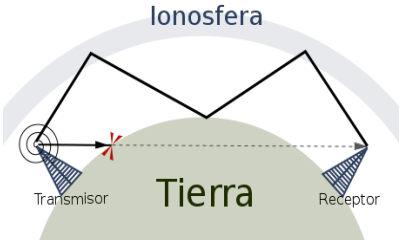
Meteorito Kapper, hallado en Argentina en 1896. La mayor parte de los cuerpos que caen hacia la tierra se desintegran por el rozamiento con el aire y no queda nada de ellos. Solo los más grandes dejan algún resto en la superficie terrestre, este llegó con 114 Kg. Imágen cedida por Beatrice Murch.

Ionosfera o termosfera.

Es la cuarta capa de la atmósfera de la Tierra. Se extiende entre los 80 y los 600 u 800Km de altura. Sus mas de 500/700Km albergan solo el 0.1% de los gases.

Con esta densidad de aire tan baja, **la temperatura varía con la mayor o menor radiación solar** tanto durante el día como a lo largo del año. Si el sol está activo, las temperaturas **pueden llegar a 1.500°C** e incluso más altas. De ahí que se la denomine termosfera.

Esta capa actúa de **filtro de la radiación solar más energética y nociva: los rayos equis y los rayos gamma**. Los rayos X son capaces de atravesar tu piel, tu carne y tus órganos internos, pero no tus huesos, por lo que se utilizan en medicina para hacer radiografías. Los rayos gamma son la energía liberada en los átomos radiactivos.



Esquema de la propagación por onda corta mediante rebotes sucesivos ionosfera-tierra, que permite sobrepasar el horizonte electromagnético. Imágen cedida por Phirosiberia

Al igual que ocurría en la ozonosfera, esta radiación rompe la molécula de aire sobre la que incide, dejando muchas "moléculas rotas" en dos partes, una con carga positiva y la otra con carga negativa. Esos fragmentos con carga se denominan iones, y es es motivo por el que esta capa se llama ionosfera.

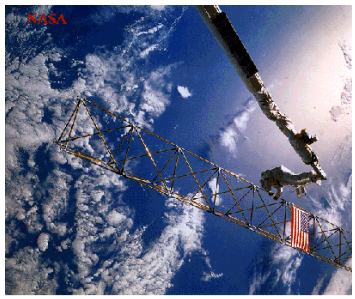
Esta capa ocurre la **reflexión de las ondas de radio** emitidas desde la superficie terrestre, lo que posibilita que éstas puedan viajar grandes distancias sobre la Tierra.

En esta capa se desintegran la mayoría de meteoritos, debido al rozamiento con el aire y dan lugar a las estrellas fugaces. Ocurre en la región más baja de la termosfera, muy cerca de la mesopausa, a una altura entre 80 y 110 km.

Magnetosfera.

En esta zona se aprecia el **campo magnético terrestre**. Éste desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol.En las regiones polares las partículas cargadas portadas por el viento solar son atrapadas por el campo magnético dando lugar a la formación de **auroras**.

Aurora boreal (del polo norte). Imágen tomada por el National Park Service estadounidense.



Astronauta realizando trabajos en la exosfera. Imágen tomada por la NASA.

Exosfera.

La exosfera es la última capa de la atmósfera de la Tierra. Se extiende desde el final de la ionosfera a 600/800Km hasta que el aire escapa a la gravedad del planeta a los 2.000 o 10.000 km de altura. La densidad del aire es tan baja que el límite superior de esta capa es indefinido
Es la zona de tránsito entre la atmósfera terrestre y el espacio interplanetario. Algunos de los átomos de aire escapan al espacio.

Función e importancia de la atmósfera.

La atmósfera es primordial en varios aspectos que afectan directamente a la supervivencia de la vida en el planeta. Los gases que contiene son imprescindibles para la **respiración** de todos los seres vivos, para realizar la **fotosíntesis**, como estudiarás en las unidades correspondientes. Y como **escudo protector contra los meteoritos**, ya que el rozamiento con las moléculas de gas durante la caída desintegra los fragmentos rocosos caídos desde espacio exterior.

La atmósfera y el clima.

En lo referente al clima y las condiciones meteorológicas, la atmósfera **redistribuye el calor recibido por el sol** mediante corrientes de aire. Desde los lugares de máxima insolación en el ecuador hasta los lugares que reciben menos radiación solar en los polos. La distribución de calor es la principal responsable de la ubicación de los principales climas o biomas terrestres a lo largo de bandas paralelas al ecuador. Bandas de selva ecuatorial, desiertos, bosques templados, etc. Modificados estas por las condiciones locales que configurarán el clima real de cada región.

En la atmósfera, concretamente en la troposfera, también **se forman las nubes**, que originarán lluvias, nieve o granizo, desplazando los recursos hídricos desde las zonas de evaporación a las zonas de descarga.

La Tierra vista desde el Apolo XVII, mostrando los patrones de nubosidad, que dan indicaciones de temperaturas, lluvias, humedad, presiones y vientos, lo que permite realizar pronósticos meteorológicos para regiones extensas. Los satélites meteorológicos realizan sus órbitas a menor altitud, con lo que los pronósticos son aún más precisos para lugares o áreas de pequeña extensión. Imagen tomada por la NASA.

La atmósfera como filtro de radiaciones.

Ya hemos visto que la atmósfera refleja parte de las radiaciones que nos llegan del sol, permitiendo que entren otras hasta la superficie terrestre. Para repasar lo que has leído recordaremos que las radiaciones equis y gamma se reflejan en la ionosfera y la radiación ultravioleta es reflejada por una región de la estratosfera denominada capa de ozono. Estas tres radiaciones son las más energéticas que nos llegan desde el sol. Si alcanzasen la superficie terrestre la vida no existiría como la conocemos.

Radiografía. Se aprecia la distinta densidad de los huesos, los tejidos musculares y el metal del anillo. Imagen cedida por Wilhelm Röntgen.

- Los **rayos equis** (X) son capaces de atravesar tu piel, tu carne y tus órganos internos, pero no tus huesos, por lo que se utilizan en medicina para hacer radiografías. Es tan energética que daña las zonas que atraviesa, por lo que no es saludable hacerse un elevado número de radiografías al año, para dar tiempo a que las zonas afectadas se regeneren.

- Los **rayos gamma** son la energía liberada en los átomos radiactivos. Es tan penetrante que atraviesa hasta tus huesos y solo es parada por una lámina de plomo de al menos un centímetro. Tienen efectos mutagénicos, es decir, los produce daños en el material genético de las células originando mutaciones. Los efectos más habituales son los tumores, más o menos invasivos, fallos en cualquier órgano, si afecta a los órganos reproductores producirían esterilidad, abortos o los

daños pasarían a la siguiente generación causando malformaciones o tumores.

• La **radiación ultravioleta** (UV) es menos penetrante que las anteriores, puede atravesar la piel, pero no los músculos. Los rayos UV de alta energía son muy nocivos para los seres vivos, con efectos mutagénicos en seres unicelulares o como cáncer de piel en los humanos. Los rayos UV de baja energía (los rayos UVA) son los que utilizan las plantas para realizar la fotosíntesis y los que nos ponen morenos cuando tomamos el sol. La ozonosfera filtra el 97% de la radiación UV de alta energía, permitiendo que pase sin impedimento la ultravioleta de baja energía.

• La **radiación infrarroja** (IR), también llamada calor, la emiten todos los cuerpos cuya temperatura es mayor que cero[1]. La radiación que llega desde el sol, junto con la energía geotérmica del interior de nuestro planeta, calientan la superficie terrestre, haciendo que emita calor o radiación IR. La radiación IR procedente de la superficie terrestre se refleja en la troposfera volviendo a la Tierra.

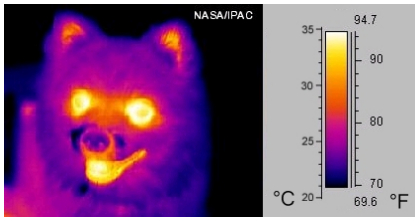
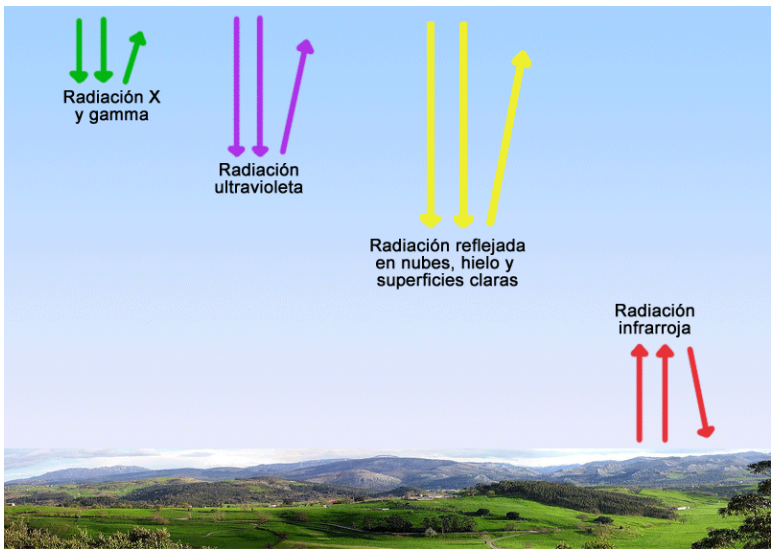


Imagen tomada con radiación infrarroja media («térmica») y coloreada. Imagen tomada por NASA/IPAC.

[1] La temperatura en unidades del sistema internacional se mide en grados kelvin, no en grados centígrados como hacemos en nuestro día a día. El cero absoluto en grados kelvin se corresponde con -273º centígrados.



Resumen de las radiaciones que son reflejadas por la atmósfera. Montaje de Conchi Rodríguez-Rey.

El **mecanismo de filtración** es siempre el mismo: Un rayo de radiación impacta contra una molécula de gas atmosférico. Si la radiación es poco energética, como es el caso de la radiación IR, la molécula es capad de ganar esa energía y devolverla poco a poco. Si la radiación es muy energética, como ocurre con la radiación X, gamma y UV, al impactar contra la molécula la rompe. Al romperla quedan dos fragmentos de la molécula y un haz de radiación menos energética que la original, el rayo ha perdido energía en el choque y por ello es también menos dañino. Si uno de los fragmentos tiene carga positiva y el otro carga negativa se llaman iones, esto es lo que ocurre con los rayos X y gamma en la ionosfera. Si los fragmentos no tienen carga se llaman radicales libres, esto ocurre con los rayos UV en la ozonosfera.

Impactos negativos relacionados con la atmósfera.

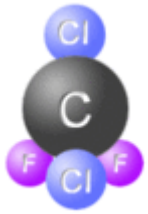
El agujero en la capa de ozono.

En una estrecha franja de la estratosfera se concentra el 90% del ozono que existe en el planeta. Este ozono se forma a partir de oxígeno molecular (O_2). El ciclo se inicia cuando un fotón ultravioleta choca contra una molécula de oxígeno la rompe, separando sus dos átomos y creando dos radicales libres muy reactivos (O*). Estos dos radicales pueden unirse de nuevo si

están cerca, pero si antes uno de ellos encuentra una molécula entera de oxígeno se une a ella formando ozono (O_3). Resumiendo, **el impacto de un rayo UV puede producir hasta dos moléculas de ozono** (una por cada radical de oxígeno).

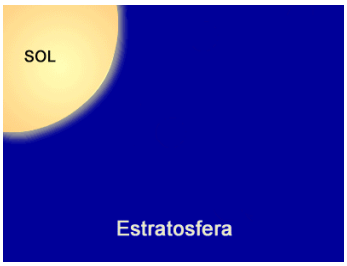
Del mismo modo si una molécula de ozono es alcanzada por radiación UV se rompe separando una molécula de oxígeno (O_2) y un radical que puede regenerar ozono o unirse a otro radical para producir O_2. En la naturaleza existe un **equilibrio entre el número de moléculas de ozono que se rompen y las que se crean** y ambos procesos absorben radiación ultravioleta. Este equilibrio depende de la época del año y de la región geográfica de modo que cerca de ambos polos hay una zona que se adelgaza estacionalmente. En octubre en el polo sur y hacia marzo en el polo norte.

El problema surge en el momento que entra en escena una molécula nueva: el **clorofluorocarbono o CFC**. Los CFC son derivados de los hidrocarburos en los que algún átomo de hidrógeno se ha sustituido por átomos de flúor y/o cloro. El más básico es este:



Molécula de CFC básica. Con un solo átomo de carbono y dos átomos de cloro y flúor.

Un fotón que impacte sobre una molécula de CFC puede arrancar uno de los átomos de cloro, que queda en forma de radical (Cl*). Este radical de cloro es capaz, sin ayuda de radiación, de romper las moléculas de ozono convirtiéndolas en oxígeno molecular y radicales de oxígeno. Puede parecer que la situación no es muy distinta de la natural: formación de ozono, destrucción de ozono, formación de ozono, destrucción de ozono... pero la clave está en que **en este nuevo ciclo la radiación ultravioleta solo interviene en la formación de ozono, no en la destrucción.** El nuevo ciclo sería formación de ozono, destrucción, destrucción, destrucción, formación de ozono... Toda la radiación no absorbida atraviesa la capa de ozono sin impedimento y llega a la superficie terrestre.



En esta animación se muestra la destrucción de ozono por un solo radical de cloro. Compartida por Conchi Rodríguez-Rey.

Los CFCs tienden a acumularse cerca de los polos, en aquellas zonas que se adelgazaban de manera natural estacionalmente. Este adelgazamiento, unido a la acción de los CFCs acumulados allí, provocan una entrada masiva de radiación UV, lo que se ha llamado **"agujero en la capa de ozono"** y es mucho mayor en el polo sur que en el polo norte.

Efecto invernadero.

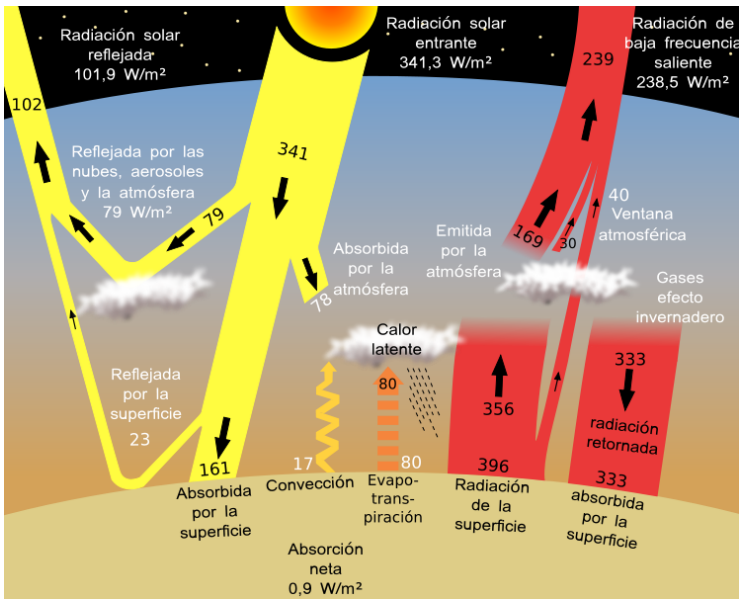
El efecto invernadero **es un proceso natural** que ayuda a mantener la temperatura del planeta constante entre el día y la noche. Si no existiera, de noche cuando no llegan los rayos solares, el calor se escaparía al espacio y la temperatura bajaría por debajo del punto de congelación. Toda la superficie terrestre se helaría, sería como presenciar una pequeña glaciación cada noche.

En la troposfera existen gases capaces de reflejar la radiación infrarroja, también llamada calor. La radiación infrarroja la emiten todos los cuerpos cuya temperatura es mayor que cero*. La radiación que llega desde el sol, junto con la energía geotérmica del interior de nuestro planeta, calientan la superficie terrestre, haciendo que emita calor o radiación IR. **Esta radiación procedente del suelo se refleja en la troposfera volviendo a la Tierra.**

¿Sabías que...?

La hora de máxima insolación es a las 12:00 hora solar (las 14:00 en agosto), pero es dos horas después cuando hace el máximo calor por la radiación infrarroja emitida, las 14:00 hora solar (las 16:00 en agosto).

La radiación solar no es capaz de calentar el aire, pero sí las superficies, este es el motivo por el que en las frías mañanas de invierno si nos ponemos hacia el sol nos calentamos la cara o el cuerpo, pero seguimos respirando aire frío. Y no es hasta que el suelo se ha calentado lo suficiente como para emitir radiación infrarroja que el aire se calienta. El aire se calienta desde abajo.

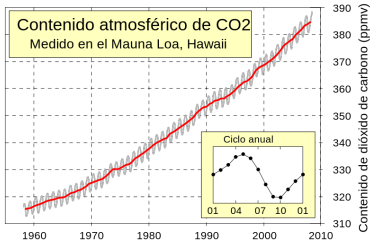


Balance anual de energía de la Tierra desarrollado por la NCAR en 2008. La superficie de la Tierra recibe del Sol 161 w/m^2 y del Efecto Invernadero de la Atmósfera 333w/m², en total 494 w/m^2,como la superficie de la Tierra emite un total de 493 w/m^2 (17+80+396), supone una absorción neta de calor de 0,9 w/m^2, que es el que actualmente está provocando el calentamiento global. Imagen cedida por la NASA.

Los gases responsables de este rebote de calor se denominan **"gases de efecto invernadero"** y los principales son el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano.

• **Vapor de agua** (H_2O): es el principal gas de efecto invernadero. Su distribución depende de las masas de agua cercanas y la energía solar incidente que se evapore. Al formar parte del ciclo del agua, **es muy difícil modificar la cantidad de agua en la atmósfera**, salvo produciendo un cambio climático.

• **Dióxido de carbono** (CO_2): es el gas expulsado por todos los seres vivos durante la respiración. De manera natural también se produce en las erupciones volcánicas y los incendios. El hombre lo emite al **quemar combustibles fósiles como el petróleo o el carbón**, utilizados en los coches, las calefacciones y en maquinaria industrial.

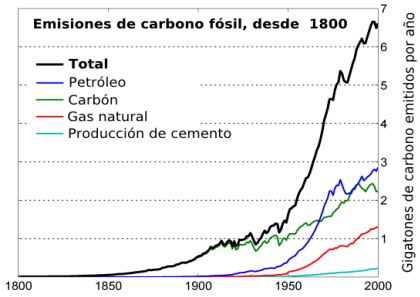


La denominada curva Keeling muestra el continuo crecimiento de CO2 en la atmósfera desde 1958. Recoge las mediciones de Charles David Keeling en el observatorio del volcán Mauna Loa, en Hawaii. Estas mediciones fueron la primera evidencia significativa del rápido aumento de CO2 en la atmósfera y atrajo la atención mundial sobre el impacto de las emisiones de los gases invernadero. Imagen cedida por la NASA.

• **Metano** (CH_4): En la naturaleza se produce durante la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno que hacen las bacterias de aguas pantanosas o las intestinales. El 97% del gas natural es metano, por lo que el hombre aumenta la cantidad de metano atmosférico al **utilizar gas natural como combustible**. El metano es un gas de efecto invernadero muy potente pero que su concentración es bajísima. Cada kilo de metano calienta la Tierra 23 veces más que la misma cantidad de CO_2, sin embargo hay aproximadamente 220 veces menos metano en la atmósfera por lo que contribuye de manera menos importante al efecto invernadero.

¿Sabías que...? El mal olor que emana de las aguas estancadas o de los gases intestinales se debe al metano. También se utiliza metano en las llamadas "bombas fétidas" que se venden como artículos de broma.

El problema del efecto invernadero surge porque los gases de efecto invernadero han aumentado su concentración desde que comenzaron a utilizarse combustibles fósiles en la revolución industrial. Y el ritmo de crecimiento se ha acelerado mucho en los últimos 50 años. Esto ha originado que el efecto invernadero sea más potente ahora de lo que era hace un siglo. La troposfera es más eficaz atrapando la radiación infrarroja y **la temperatura media de la superficie terrestre está aumentando**. Esto a lo que se llama **calentamiento global**. Este rápido sobrecalentamiento está causado directamente por las actividades humanas que producen gases de efecto invernadero.



A partir del año 1950 se dispararon las emisiones de CO2 debidas a la combustión de combustibles fósiles. Imágen cedida por Robert A. Rohde.

Las consecuencias del calentamiento global son:

– Mayor evaporación de agua, que acrecenta el vapor de agua en la atmósfera, y acelera más aún el efecto invernadero.

– Fusión de los hielos de los casquetes globales. El nivel del mar subirá, cubriendo zonas costeras ahora emergidas como los países bajos (Holanda), o varias zonas de la costa mediterránea española.

– La fusión de los hielos cambiará la circulación de agua en los océanos y podría originar una glaciación.

– Cambios en la dinámica atmosférica de vientos y lluvias. En España se extenderán los años y la duración de las sequías. En Asia las lluvias monzónicas se amplificarán causando inundaciones.

– El cambio climático afecta ya a muchas especies que han modificado sus ciclos biológicos. Muchas aves ya no migran en invierno a zonas más cálidas, alterando las cadenas tróficas tanto del lugar donde se quedan como del lugar a donde no van. Los pandas han variado la época de celo, machos y hembras no coinciden en el tiempo, impidiendo la reproducción natural. Existen muchos otros ejemplos de perturbaciones ecológicas debidas asociadas al cambio climático.

La contaminación del aire.

Tanto los CFCs como los gases invernadero se dispersan por la atmósfera de todo el planeta causando efectos globales como el agujero en la capa de ozono y el efecto invernadero aumentado. Otros contaminantes causan efectos locales allí donde se emiten. Es el caso de las grandes ciudades o las zonas industriales. El tráfico y las calefacciones, muy presentes en las ciudades emiten hidrocarburos, partículas sólidas y óxidos de carbono, azufre y nitrógeno.

La contaminación atmosférica de las ciudades puede verse fácilmente si la observamos desde una localización alta a suficiente distancia. Imagen cedida por DL5MDA.

Cualquiera de los compuestos mencionados tiene efectos tóxicos específicos, la mayoría causa **trastornos respiratorios**.

Los óxidos, además, pueden combinarse con vapor de agua de la humedad ambiental o con agua de lluvia para producir otra serie de compuestos ácidos como ácido carbónico, ácido nítrico o ácido sulfúrico. Es lo que se llama **lluvia ácida**. Estos compuestos ácidos son muy corrosivos, deterioran los materiales, dañan las plantas, contaminan el suelo cuando llegan a él y pueden causar daños en las vías respiratorias al inalarlos.

Todas estas emisiones van acompañadas de calor, algunos de estos compuestos tienen efecto invernadero, además los materiales de construcción de las ciudades captan la radiación solar mejor que la vegetación, lo que concentra aún más el calor y dificulta que se disipe por la noche. Esto es lo que se llama el **efecto isla de calor**. Se trata de un efecto invernadero a pequeña escala que se da en núcleos de población lo bastante grandes.

Las partículas sólidas son las causantes de la típica **"boina negra" o "paraguas de contaminación"** de las ciudades. La mayor parte de los contaminantes realmente no aportan color al aire, pero suelen ir acompañados de partículas sólidas emitidas por la misma fuente. Lo que vemos son esas partículas sólidas cubriendo la ciudad y marcando el límite de la isla de calor de la ciudad. Por encima de esa altura las corrientes atmosféricas dispersan la contaminación.

Fenómenos atmosféricos.

Distinción entre tiempo y clima.

El **tiempo** es la **combinación de fenómenos meteorológicos que se observan en una zona y momento concreto**. Es lo mismo tiempo atmosférico que tiempo meteorológico. Así el tiempo en tu ciudad puede ser soleado y despejado de nubes hoy y nublarse o llover mañana. Las variaciones pueden ser más o menos rápidas: Puede soplar mucho viento esta mañana y estar calmado por la tarde o dentro de un rato.

El tiempo es característico de una zona concreta, varía según estemos cerca de masas de agua como el mar o un embalse, según tengamos montañas cerca que corten o canalicen el viento, según vivamos en una gran ciudad con efecto isla térmica o en un pequeño pueblo y otras alteraciones zonales que hacen que el tiempo en mi localidad no sea exactamente igual al de la localidad vecina. En parte es por estas variaciones locales por lo que la predicción del tiempo para nuestra región no siempre se ajusta al tiempo que realmente tenemos.

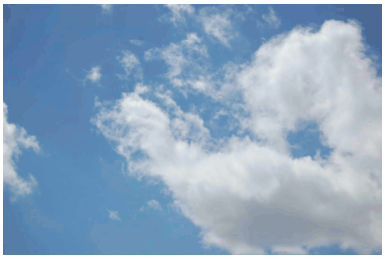
El tiempo es lo que se relaciona directamente con nuestra vida cotidiana. La lluvia que riega nuestras cosechas y llena nuestros embalses es parte del tiempo, lo mismo que los huracanes y tornados que dañan nuestras ciudades o el rayo que puede fulminarnos sin previo aviso.

Sin embargo, es innegable que hay ciertas características del tiempo que se dan con mayor frecuencia en unas regiones del mundo o en una época del año. ¿A quién no le sorprendería que nevase en agosto? ¿O que un tornado hiciese volar casas y vacas en Asturias? ¿O que no se nublase el cielo ningún día de otoño? Estos sucesos pueden ocurrir, por supuesto, pero serían noticia en todos los telediarios. Sin embargo no nos extraña que llueva en octubre, que haga calor en julio o que los puertos de montaña se queden incomunicados por la nieve en enero.

Estas **características esperables para una región y una época del año** es lo que se denomina **clima**. Los factores naturales que afectan al clima son las estaciones del año, la latitud (proximidad al ecuador), altitud, junto con el relieve y la distancia al mar. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente.

Fenómenos meteorológicos.

La **meteorología** es la ciencia que **estudia las variaciones producidas en el tiempo** de una zona a lo largo del año. Los fenómenos meteorológicos o meteoros más relevantes, que son los que estudiarás en este tema son las precipitaciones en todas sus formas, que se originan en las nubes y el viento.



En esta animación puedes apreciar el movimiento de las nubes que tantas veces habrás visto. Realizada por KoS.

- **Las nubes** son una masa formada por cristales de nieve o gotas de agua microscópicas suspendidas en las capas más bajas de la atmósfera. Las nubes dispersan toda la luz visible, y por eso se ven blancas. Sin embargo, a veces son demasiado gruesas o densas como para que la luz las atraviese, y entonces se ven grises o incluso negras. Estas nubes densas están más cargadas de agua y tienen más posibilidades de dejar precipitaciones. Cuando las nubes se forman muy cerca del suelo las llamamos niebla.

- **El viento** es el movimiento de aire, siempre desde una zona de alta presión (muchas moléculas gaseosas) hasta otra de baja presión (pocas moléculas gaseosas). Según las Ley de los gases ideales, las partículas gaseosas tienden a distribuirse homogéneamente en el espacio, por lo que variaciones puntuales que concentren un mayor número de partículas, ocasionará una migración de estas a zonas menos pobladas. Este mismo fenómeno lo puedes apreciar tú mismo al viajar en metro. La gente siempre entra por las puertas y se mueven para distribuirse ocupando todos los asientos libres. Si siguen entrando personas, volverán a distribuirse para ocupar las zonas más desocupadas. Sería muy extraño que, en un vagón vacío, los pasajeros se quedaran apretujados en una pequeña zona.

Formación de nubes.

Algunas masas de aire que componen la atmósfera terrestre llevan entre sus componentes significativas cantidades de **agua que obtuvieron a partir de la evaporación** del agua de mar y de la tierra húmeda, juntándose así con partículas de polvo o cenizas que hay en el aire (núcleos de condensación).

Estas masas de **aire cálido y húmedo tienden a elevarse** cuando se topan con otra masa de aire frío y seco. Las masas de aire no se mezclan entre sí cuando chocan; están bien delimitadas y tienden a desplazarse en bloque hacia zonas de menor presión atmosférica. En el nuestro ejemplo de los viajeros del metro sería como un grupo de amigos que entra en el vagón y se desplaza junto. Al elevarse las masas de aire caliente se expanden al encontrar menor presión en las alturas. En nuestro ejemplo, el grupo habría encontrado una zona vacía y no es necesario que estén tan juntos, pueden incluso sentarse.

Según la Ley de los Gases ideales, al separarse las moléculas gaseosas por menor presión, **la temperatura de la masa de gas disminuye**, se enfría. Esto causa que el vapor de agua que contienen estas masas de aire se condense formando las nubes. La condensación comienza en las partículas sólidas que haya en la atmósfera, llamadas **núcleos de condensación**, del mismo modo que el vaso de una bebida fría condensa gotas de humedad ambiental en su superficie.

Las nubes son gotas de agua sobre polvo atmosférico. Luego dependiendo de unos factores las gotas pueden convertirse en lluvia, nieve o granizo.

Origen de las precipitaciones.

Las nubes se han formado por condensación de vapor de agua al enfriarse la masa de aire. Si este enfriamiento continúa habrá demasiadas microgotas de agua en suspensión, se unirán unas a otras, ganarán peso y no podrán mantenerse en el aire. Caerán formando la **lluvia**.

Si la temperatura es más baja, el enfriamiento será más rápido, en lugar de gotitas de agua se formarán cristales de hielo, que al unirse formarán copos de nieve. Caerán en forma de **nieve**.

Si además hay corrientes ascendentes dentro de la nube, los cristales de nieve ya formados volverán a subir, ganando humedad y volviendo a congelarse antes de caer. En este caso caerán en forma de **granizo**. Cuanto más fuerte sea la corriente ascendente más tiempo se quedarán los cristales de hielo subiendo y recubriéndose de nuevas capas de hielo, formándose granizos más grandes.

La electricidad estática generada por el movimiento de estos torbellinos dentro de estas nubes es una posible causa de las tormentas eléctricas con **rayos y truenos**.