



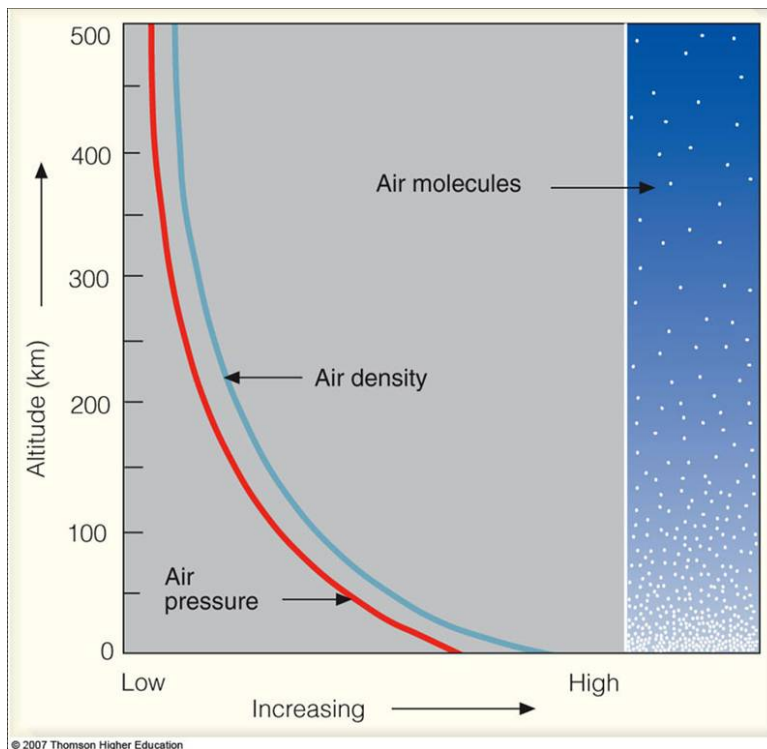
En esta famosa foto podemos observar cómo se distinguen las capas de la atmósfera que nos cubre. Es gracias a esta capa fina que existe la vida en el Planeta Tierra. (Imagen de NASA)

El concepto de la atmósfera va más allá de ser una capa fina de aire que rodea nuestro planeta Tierra. La atmósfera es un fluido complejo que se relaciona con cada aspecto del planeta Tierra. Para entender el comportamiento de nuestra atmósfera tenemos que entender como ésta se relaciona al océano, Sol y Tierra. Por ejemplo, el océano intercambia vapor de agua y calor con el aire. El Sol provee la energía básica para mover las corrientes de aire y del océano. La forma en que la Tierra absorbe y refleja el calor, afecta el movimiento del aire o viento y el desarrollo de la nubosidad. El conjunto de estas interacciones más otras adicionales, definen las condiciones de vida de nuestro planeta, y muestran la fragilidad de un sistema complejo ante pequeñas alteraciones.

La atmósfera es el conjunto de gases, partículas sólidas y líquidas que yacen suspendidas alrededor de nuestro planeta Tierra. Esta mezcla constituye lo que denominamos como aire, y su densidad (masa por volumen de moléculas de aire) es mayor cerca de la superficie terrestre. Nuestra atmósfera se extiende desde la superficie del planeta hasta más de 500 kilómetros (310 mi) hacia el espacio. Aunque esta profundidad parezca una gran cifra (distancia aproximada entre Mayagüez y Haití) la mayor parte del aire se concentra en los niveles más bajos de la atmósfera (los primeros 30 km o 18 mi). Si nuestro planeta fuera del tamaño de una manzana, la atmósfera tuviese el espesor de la cáscara de la manzana. Aunque el final de la atmósfera no se puede definir fácilmente, la densidad del aire a medida que nos alejamos de la superficie de la Tierra se hace menor y menor. Esta capa fina de aire nos protege constantemente de la radiación ultravioleta dañina del Sol y de los impactos de algunos escombros del espacio.



Imagen desde la Estación Espacial Internacional que muestra la profundidad de la atmósfera terrestre versus el contorno del planeta (Imagen de NASA).



La densidad y la presión del aire disminuyen con aumento en la elevación y la concentración de moléculas de aire es mayor cerca de la superficie (representada por los puntos blancos en la columna a mano derecha de la gráfica). (Imagen de D. Ahrens, 2003)

Cerca de la superficie terrestre la atmósfera está compuesta mayormente por gases como Nitrógeno (N_2) y Oxígeno (O_2). Existen otros gases que son importantes y que comúnmente escuchamos, entre los cuales encontramos: Vapor de agua (H_2O), Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Argón (Ar), Neón (Ne), Helio (He), Hidrógeno (H_2) y Xenón (Xe). La presencia de estos gases es bastante homogénea hasta una altura de 80 km (49 mi) sobre la Tierra por la gran mezcla de los mismos en los bajos niveles. Es necesario mantener un balance entre el uso y producción de estos gases por los seres humanos, animales y plantas para así no afectar a ninguna de las partes envueltas. Es importante reconocer que nuestra atmósfera actual es el resultado de un proceso evolutivo desde que se formó nuestro planeta hace 4.6 mil millones de años atrás.

Origen de la atmósfera:

El origen de la atmósfera de nuestra Tierra está todavía sujeto a mucha especulación. Sin embargo, una teoría parece bastante cierta es que cuando la Tierra se formó estaba probablemente demasiado caliente para mantener cualquier atmósfera que hubiera tenido. Basado en nuestro conocimiento de los gases en el universo, esta primera atmósfera se componía probablemente de helio, hidrógeno, amoníaco y metano.

Si asumimos que los volcanes emitieron los mismos gases que éstos emiten hoy, la segunda atmósfera de la tierra se compuso probablemente de vapor de agua, dióxido de carbono, y nitrógeno. Estos gases fueron expulsados desde el interior de la Tierra por un proceso conocido como expulsión de gases.

Las vastas cantidades de vapor de agua expulsado por la tierra volcánica tuvieron como resultado la formación de nubes que, en cambio, produjeron la lluvia. Por un período de miles de años, la lluvia se acumuló en los ríos, lagos y en las cuencas oceánicas.

Durante este tiempo, los depósitos de agua actuaron como lavaderos para las grandes cantidades de dióxido de carbono (como lo hacen hoy) y a través de procesos químicos y biológicos se selló en rocas sedimentarias como la piedra caliza. El nitrógeno, que no es muy activo químicamente, continuó acumulándose en la atmósfera. Además, hay evidencia que el Sol era más fuerte hace varios miles de millones de años atrás, lo suficientemente fuerte para dividir por radiación las moléculas de vapor de agua en hidrógeno y en oxígeno (un proceso llamado foto disociación). El hidrógeno, por ser muy ligero, escapó hacia el espacio, mientras que el oxígeno que es más denso se acumuló en la atmósfera.

Estos procesos que actuaron en secuencia y simultáneamente parecen haber producido el equilibrio delicado de 78% de nitrógeno (N_2) y 21% de oxígeno (O_2) que observamos hoy.

VIDEO: Earth and the early atmosphere: <https://www.youtube.com/watch?v=Gyn754vw8ZQ>

Composición actual de la atmósfera:

La atmósfera está compuesta de gases que se consideran permanentes (gases que permanecen esencialmente constante por el por ciento) y los gases que se consideran variables (gases que tienen concentraciones cambiantes durante un período definido de tiempo).

Los gases PERMANENTES (juntos constituyen el 99% de la atmósfera) en la atmósfera según el por ciento son:

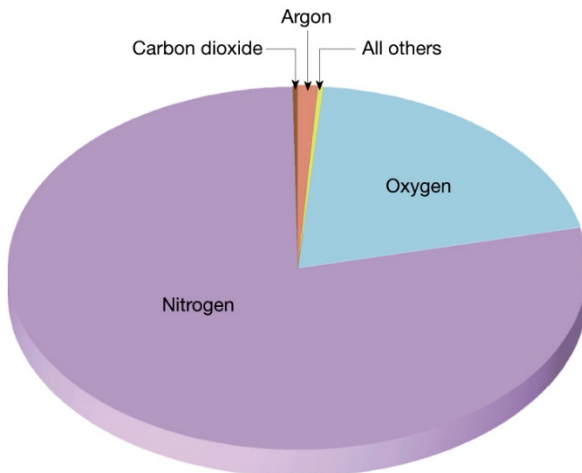
Nitrógeno	78.1%
Oxígeno	20.9%

Otros gases permanentes:

Argón	0.9%
Neón	0.002%
Helio	0.0005%
Kriptón	0.0001%
Hidrógeno	0.00005%

Los gases VARIABLES en la atmósfera y valores típicos de porcentaje son:

Vapor de agua	0 a 4%
Dióxido de Carbono	0.035%
Metano	0.0002%
Ozono	0.000004%



En esta tabla se muestra la composición de la atmósfera. Los gases que se encuentran en mayor concentración son el Nitrógeno y el Oxígeno.

Además de los gases, la atmósfera está compuesta de pequeños aerosoles que son partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, y que en la mayoría de los casos, sirven como núcleos de condensación. Los gases y los aerosoles se pueden convertir en contaminantes si la concentración de los mismos en el aire amenaza la vida de los organismos vivos o interrumpen el funcionamiento normal de un área.

GOTAS DEL SABER: Cada vez que respiras, inhalas alrededor de un litro de aire. Para que tengas una idea, 1,000 centímetros cúbicos hacen un litro, y un centímetro cúbico es el tamaño de un cubito de azúcar. A nivel del mar, hay alrededor de 1,022 moléculas de aire por litro. Por lo tanto, cada vez que respiras, llevas a tus pulmones 10 mil millones, millones, millones de moléculas de aire. Y si te pones a pensar, el aire que hoy respiras, es el mismo que respiraron otras personas y animales hoy, ayer y miles de años atrás, pues todos compartimos la misma atmósfera desde que ésta se formó.

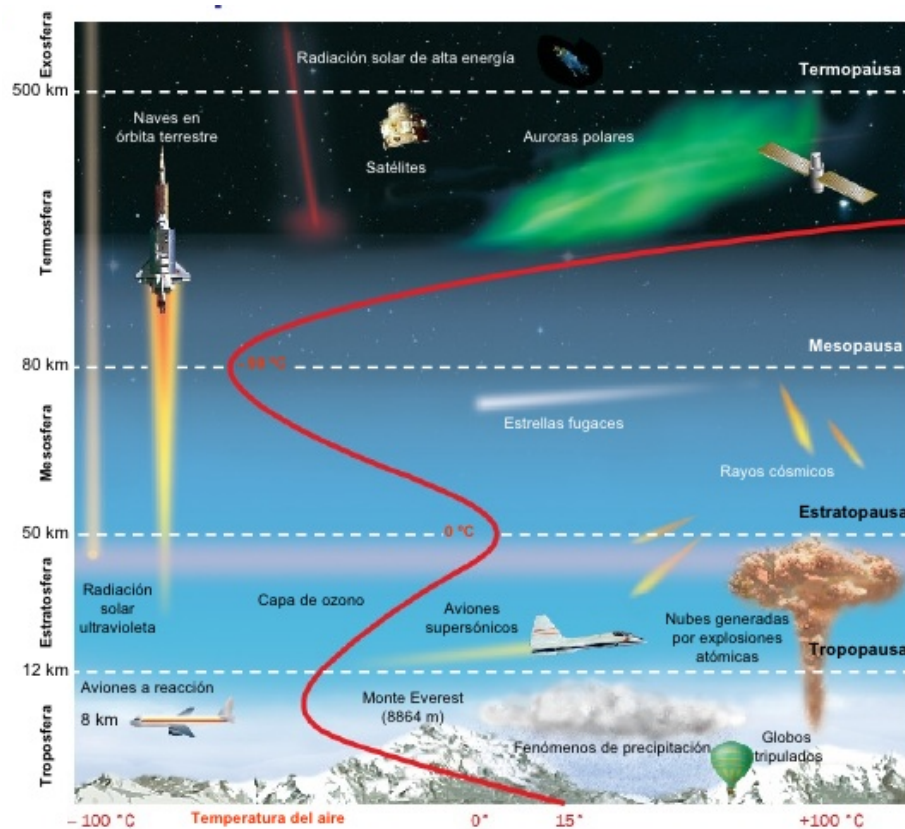
El vapor de agua es invisible y es uno de los gases más importantes de nuestra atmósfera, pero el más variable en su cantidad. Aunque se encuentra en una pobre proporción con respecto a los demás gases, si éste no existiese, no habría nubes o lluvia para reestablecer los abastos de agua, y la vida en la Tierra sería imposible. Aún en los desiertos donde no hay fuente de agua cercana, el vapor de agua está presente, pero en una mínima concentración.



Las nubes se forman por la condensación del vapor de agua que hay en la atmósfera (Imagen de Ada Monzón).

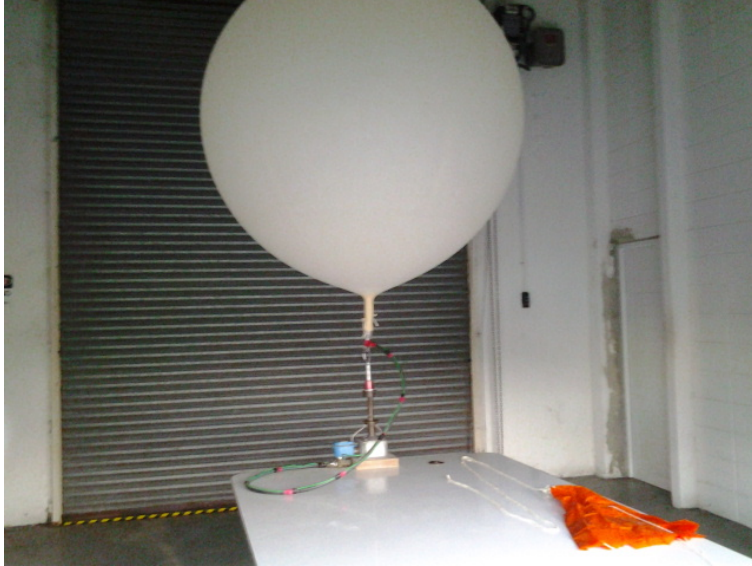
Capas de la atmósfera:

La atmósfera se divide en varias capas verticalmente que se distinguen unas de otras por sus características de temperatura, y están orientadas alrededor del planeta por la fuerza de gravedad.



Nuestra atmosfera contiene 5 capas que se distinguen por los cambios observados en temperatura con respecto a la altura. (Imagen de es.slideshare.net)

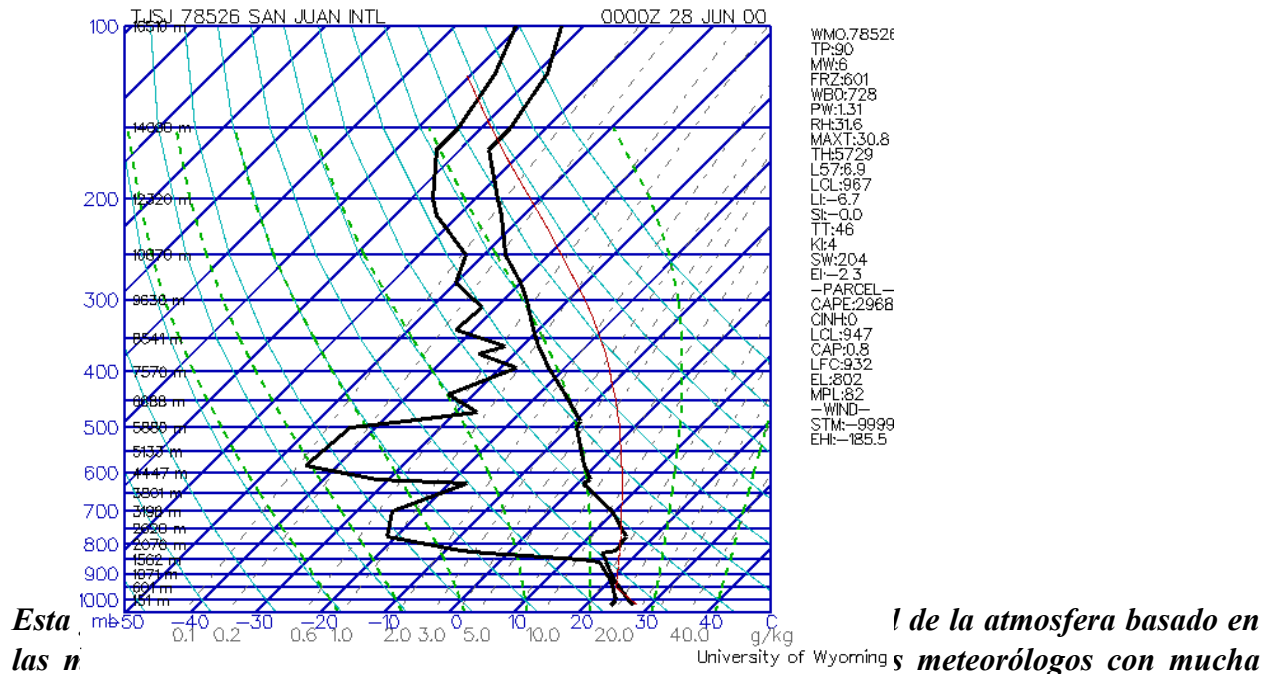
Los datos de la distribución vertical de temperatura, presión, humedad y vientos hasta una altura de 30 km (18 mi) pueden obtenerse por un instrumento que se conoce como radiosonda. La radiosonda es una caja pequeña que contiene instrumentos meteorológicos y un transmisor de radio. Esta caja está atada a un paracaídas y un globo lleno de hidrógeno, y es lanzada dos veces al día (7 a.m. y 7 p.m.) por personal de los servicios meteorológicos a través del mundo entero. A medida que el globo asciende, el instrumento transmite por radio las medidas de los valores de temperatura (con un termómetro eléctrico), presión (con un barómetro pequeño) y humedad (con corriente eléctrica a través de una placa cubierta de carbón). Por el movimiento del globo con respecto a la superficie, se puede determinar la dirección y velocidad del viento también. Una antena recibe estos datos y los pasa a una computadora que convierte los datos en forma gráfica produciendo un perfil vertical de la atmósfera real, el cual servirá a los meteorólogos para preparar sus pronósticos. Eventualmente, el globo se explota, y el paracaídas asegura un descenso suave. La mayor parte de estos instrumentos que se lanzan desde Puerto Rico se pierden en las aguas del Océano Atlántico o del Mar Caribe, pero es posible que te encuentres con alguno un día. Si lo encuentras asegúrate de devolverlo al Servicio Nacional de Meteorología en una bolsita doblada que se encuentra dentro de la caja. En el Caribe las islas de San Martín, República Dominicana y Puerto Rico son las únicas que envían radiosondas todos los días. En el Internet podrás ver las gráficas resultantes en <http://www-das.uwyo.edu/upperair/mx.html>. Al entrar a esta página, escribe en Station ID: TJSJ para buscar el perfil actualizado de la atmósfera sobre San Juan.



La radiosonda va atada a un globo lleno de hidrogeno, cuya densidad es menor que la del aire y permite el ascenso de este instrumento hasta grandes alturas. Se lanza dos veces al día (7 a.m. y 7 p.m. en P.R.) (Imagen de Fernanda Ramos-Garcés).



Dentro de esta caja va una serie de instrumentos que nos permite conocer el estado de la atmosfera a diferentes alturas: temperatura, presión atmosférica y humedad. La radiosonda tambien nos permite conocer la dirección y la velocidad del viento a distintas elevaciones. (Imagen de Fernanda Ramos-Garcés)



Esta l de la atmosfera basado en las n s meteorólogos con mucha información importante, como por ejemplo: las dos líneas negras gruesas representan la temperatura y el punto de rocío a diferentes alturas (ilustradas por medio de la presión atmosférica). Donde estas dos líneas se tocan es donde ocurre condensación y, así conocemos el nivel al cual se forman las nubes. (Imagen de la Universidad de Wyoming)

Si comenzamos a enumerar las capas de la atmósfera basado en los cambios de temperaturas desde la superficie de la Tierra encontramos cuatro capas:

1. La **Tropósfera**: Esta se extiende hasta aproximadamente 11 km de la superficie del Planeta. En esta capa encontramos todos los fenómenos relacionados a las condiciones del tiempo que conocemos. En esta capa, el aire se mantiene en movimiento continuo por las corrientes de aire ascendentes y descendentes. Las moléculas de aire circulan a una profundidad de 10 km (6 mi) en pocos días. Otro factor que la caracteriza es que la temperatura generalmente disminuye con el aumento en la altura. Por esto, las temperaturas en las zonas montañosas como El Yunque y Adjuntas son más frías que Ponce o Mayagüez. El punto donde se separa la tropósfera de la próxima capa más alta se conoce como la **Tropopausa**, y su altura puede variar ya que normalmente es más alta en los trópicos (por la expansión del aire por el calor del trópico) y más baja cerca de los polos. En el verano se puede encontrar en alturas más elevadas que en el invierno y en ocasiones es difícil de situar. Es por esto que los científicos estudian su altura para poder ubicar donde se encuentran las llamadas corrientes de chorro o “*Jet Streams*”, donde el viento viaja a una velocidad de más de 160 km/h (100 mph). La tropopausa se caracteriza porque no existe cambio en temperatura con la altura. Cuando la temperatura del aire es constante con la altura se conoce como isotermal. Así que la tropopausa es un área isotermal.

La disminución de la temperatura con la altura en promedio es de 10° C por cada 1000 m (5.5° F por cada elevación de 1,000 pies). Sin embargo, este valor es un valor promedio y es de acuerdo al perfil del “U.S. Standard Atmosphere”. Habrá días donde las temperaturas reales serán progresivamente más frías o menos frías que lo normal con la altura.

Cuando en la tropósfera, existe alguna región donde la temperatura en vez de disminuir, aumenta con la altura, se le conoce entonces como una inversión (pues se invierte el patrón de temperatura normal).

3. La **Estratósfera**: Si seguimos ascendiendo, luego de la tropopausa se encuentra la estratósfera, la cual se extiende hasta 50 km (31 mi) de la superficie terrestre. Luego de alcanzar esta altura, la temperatura comienza a aumentar en la medida que ascendemos en la atmósfera. Este aumento de temperatura se debe a la presencia del **gas ozono**. El ozono es importante porque nos protege absorbiendo la radiación ultravioleta del Sol. Parte de esta radiación aumenta el movimiento de las moléculas de ozono, lo que produce el aumento en la temperatura. Al llegar a la **Estratopausa**, las temperaturas de la región son parecidas a las que encontramos a nivel del mar. La Estratopausa es la zona de transición con la próxima capa más alta, la **Mesósfera**.
4. La **Mesósfera**: En esta capa la temperatura disminuye nuevamente en la medida que aumenta la altura. Aunque el porcentaje de oxígeno y nitrógeno hasta esta capa es similar que al nivel del mar, la densidad tan baja del aire a este nivel no nos permitiría sobrevivir por mucho tiempo. A esta altura, la presión atmosférica es aproximadamente 1 milibar, cuando en la superficie de la tierra es de alrededor de unos 1,000 milibares, es decir, que el 99.9% de la masa de la atmósfera se encuentra bajo este punto o capa. La mesósfera se extiende hasta la **Mesopausa** que se encuentra aproximadamente a unos 80 km de la superficie terrestre y marca la temperatura más baja de la atmósfera que es alrededor de -95° C (-139° F).
5. La **Termósfera**: Aquí la temperatura inicialmente se mantiene constante, es decir es isothermal; luego aumenta rápidamente con la altura. Es la región donde la temperatura es más variable dentro de la atmósfera. Se debe a que la radiación solar es absorbida mayormente por las pocas moléculas de oxígeno (O₂) que se encuentran a estas alturas de más de 80 km, provocando que éstas se rompan en átomos. La energía que se libera aumenta y acelera el movimiento de los átomos. Debido a que la cantidad de átomos y moléculas es mínima en la termósfera, la absorción de pequeñas cantidades de radiación solar provoca un aumento en la temperatura asociado con la velocidad de movimiento de estos. Como la radiación solar varía constantemente, por consiguiente, las temperaturas en la termósfera también varían.

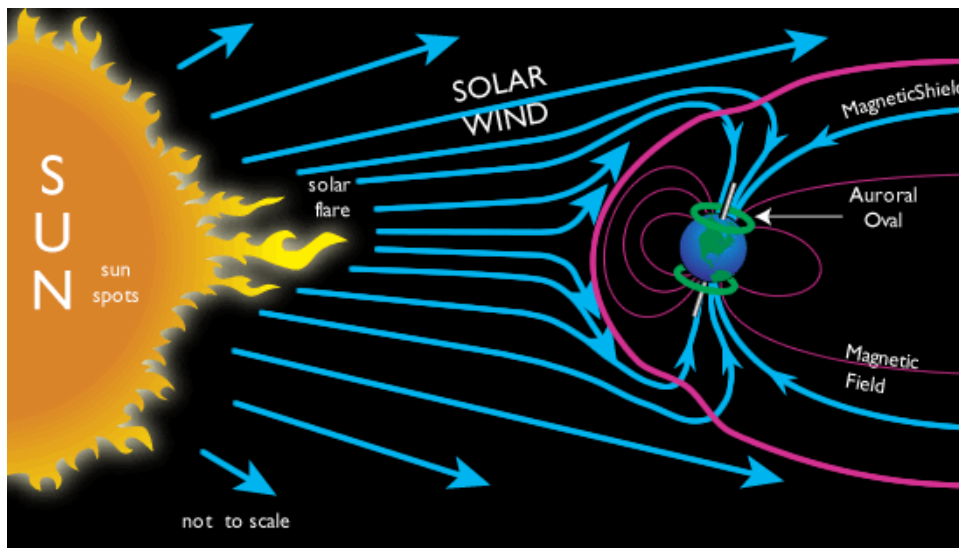
Video: CLIMA 24/7 Capas de la atmosfera. -<https://www.youtube.com/watch?v=eJ6RcWowMtg>

La ionósfera es una región dentro de la termósfera (entre 80-400 km) donde se encuentran altas concentraciones de iones. Un ión es una partícula atómica que posee carga eléctrica. La radiación solar que entra en la alta atmósfera arranca los electrones de los átomos de oxígeno y nitrógeno, dejándolos como iones cargados positivamente. La presencia de esta capa es muy importante para las transmisiones de radio, pues la ionósfera refleja las señales de radio hacia la superficie terrestre, y permite que las señales reboten y se reciban a través de todo el planeta.

En la ionósfera ocurre el fenómeno de óptico conocido como Luces del Norte o la aurora borealis (en el Hemisferio Norte, y como aurora australis en el Hemisferio Sur). Las auroras aparecen en las noches como si fueran cortinas de luces con movimiento y con colores verdosos, blancos y rosados. Este fenómeno se da cuando las moléculas de oxígeno y nitrógeno se energizan o excitan emitiendo colores verdosos y rosados, respectivamente. El proceso de energizar estas moléculas ocurre cuando una corriente del viento solar, es decir, una corriente de partículas como protones y electrones que emanan del Sol, viaja a través del espacio entre 400 – 500 km (248 mi-310 mi) por segundo hasta llegar a la parte alta de nuestra atmósfera (322 km o 200 millas sobre la superficie). El campo magnético terrestre desvía el viento solar hacia los polos, deformando el campo magnético de la Tierra en forma alargada, constituyendo entonces la magnetósfera. El campo magnético de la Tierra se alinea del polo norte geomagnético al polo sur geomagnético. La aguja de una brújula se alinea de forma paralela a las líneas del campo magnético de la Tierra. La interacción compleja de los protones y electrones del viento solar con los iones de la ionósfera, producen la energización de los iones de nitrógeno y oxígeno, produciendo entonces el espectáculo de luz conocido como la aurora. Este fenómeno es visible dentro de 20 a 30 grados de latitud de los polos geomagnéticos de la Tierra por lo que en Puerto Rico es imposible observar este fenómeno. La Estación Espacial de NASA ha observado muy claramente este fenómeno ya que debajo de su altura orbital es que ocurre la aurora.

AURORA BOREALIS SEEN FROM SPACE <https://www.youtube.com/watch?v=Ip2ZGND1I9Q>

How does an aurora form? – UiO - https://www.youtube.com/watch?v=L_k92H7KQAg



En este diagrama vemos resumido el proceso de formación de las auroras. Las líneas azules muestran el viento solar. Las líneas de color rosa marcan la extensión del campo magnético terrestre. Cuando el viento solar alcanza el campo magnético de la Tierra, es desviado y solamente parte del sobrepasa el campo magnético de la Tierra en el área de los polos magnéticos. Es así que al llegar a la parte más alta de nuestra atmosfera la energía liberada genera las luces asociadas a las auroras en las áreas marcadas con líneas verdes. (Imagen de aurorahunter.com)



Las auroras boreales o australes, también conocidas como las Luces del Norte o Luces del Sur, ocurren en la capa de la atmósfera conocida como la ionosfera. (Imagen de www.nasa.gov)