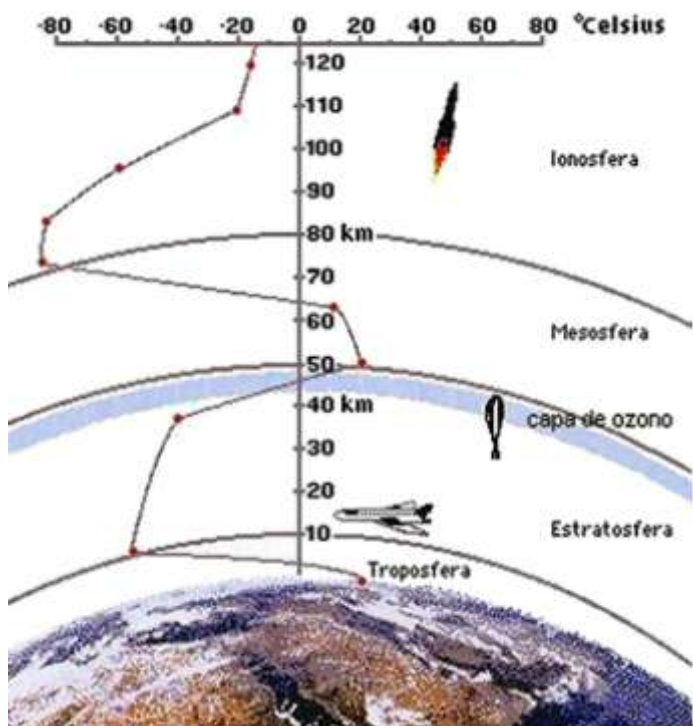


## Ionosfera y comunicaciones

A. González Arias

Las características de la atmósfera cambian drásticamente a medida que subimos y nos alejamos del nivel del mar. La capa donde hay nubes, lluvias, vientos, huracanes, cambios de temperatura y fenómenos climáticos es la *troposfera*, que alcanza de 9 a 18 km de altura según sea sobre los polos o sobre el ecuador. En esta capa la temperatura disminuye con la altura hasta un valor límite de 70°C bajo cero en su borde superior, la tropopausa. Los vuelos intercontinentales transcurren cerca de su límite inferior, a unos 10 km de altura. A esa altitud la presión atmosférica cae a una cuarta parte de lo normal, la densidad del aire se reduce a un tercio y la temperatura es de unos 50 grados bajo cero; la mitad del aire total de la atmósfera se encuentra por debajo de los 9 km, la altura aproximada del monte Everest en los Himalayas.

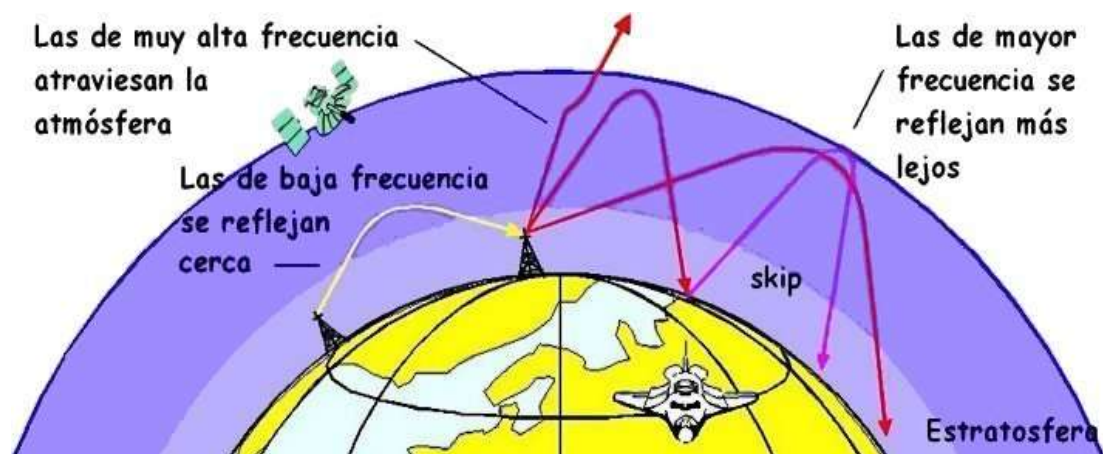


Más arriba se encuentra la *estratosfera*, hasta los 50 km de altura, donde la temperatura vuelve a subir, llegando a los 0°C. Esa capa está formada por estratos horizontales que no se mezclan entre sí, con vientos que pueden alcanzar los 200 km/h, aunque el aire casi no se mueve en la dirección vertical. Esta particularidad hace que cualquier sustancia que llegue a esa capa se difunda por todo el globo con mucha rapidez. En la parte superior de la estratosfera se encuentra la importante capa de ozono, que absorbe un 99% de las componentes dañinas de la radiación solar. Una vez atravesada la capa divisoria o estratopausa a los 50 km, se llega a la *mesosfera*, que alcanza hasta los 80 km, donde la temperatura desciende nuevamente hasta los -70 °C. Esta región (50-80 km de altura) contiene sólo el 0.1% de la masa total del aire de la atmósfera; no obstante, es allí donde comienza a tener efecto la fricción del aire sobre los meteoritos, haciéndolos incandescentes.

Aún más arriba se encuentra la *ionosfera*, que cubre de 80 a 160 km, donde el aire está enrarecido en extremo. La concentración de gases es tan pequeña y las colisiones entre las partículas tan escasas, que cuando los remanentes atmosféricos se ionizan por la radiación solar tienden a permanecer largo tiempo en ese estado. Más allá se extiende la *exosfera*, límite exterior de la atmósfera, donde el hidrógeno escapa continuamente al vacío interplanetario.

### Reflexión de las ondas de radio

Las partículas ionizadas de la ionosfera poseen una importante propiedad: son conductoras y pueden reflejar parcialmente las ondas de radio, influyendo notablemente en las comunicaciones. Cuando en esa capa incide la radiación emitida por algún transmisor terrestre de alta frecuencia en el intervalo 3-30 megahertz (MHz), una pequeña parte de la energía se absorbe y la restante se refleja de vuelta a la superficie. Este efecto permite la recepción de señales de radio a distancias de hasta miles de kilómetros, mucho mayores que si las ondas viajaran en línea recta por la superficie terrestre. Es el intervalo de frecuencias utilizado en la navegación y aviación de largo alcance, en las emisoras comerciales de onda corta y por los radioaficionados. Debajo de los 3 MHz se encuentran las frecuencias de onda media de los radorreceptores de amplitud modulada.



A medida que aumenta la frecuencia, la radiación es capaz de penetrar más profundamente en la ionosfera y su alcance se reduce. En la región de muy alta frecuencia (Very High Frequency VHF, 30-300 MHz) la penetración en la capa llega hasta los 70-100 km. Las ondas VHF se emplean en la marina y en las comunicaciones aire-tierra a corta distancia, no más de algunos cientos de kilómetros. En los 300-3000 MHz las ondas de radio no se reflejan en la ionosfera y escapan al exterior; es por eso que su recepción se limita a la línea del horizonte. Son las frecuencias de los teléfonos móviles, televisión y frecuencia modulada. Para lograr transmisiones a mayor distancia usando estas frecuencias, es necesario utilizar satélites como puntos intermedios de retransmisión.

Las ondas reflejadas en la ionosfera alcanzan el suelo sólo a determinadas distancias del transmisor, que dependen tanto de la frecuencia como del ángulo de reflexión y la profundidad de penetración. Es por eso que una señal de radio puede no ser detectable a 100 km de la emisora, pero sí a 500 km, fenómeno conocido como *skip*. En otras regiones, las señales terrestres y las refractadas por la ionosfera pueden alcanzar el receptor casi conjuntamente e interferir una con otra, produciendo un fenómeno llamado *fading*. Como la ionización de la capa atmosférica y su altura sobre la superficie varía con la actividad solar, es común que las características de reflexión de las ondas de radio difieran en forma apreciable del día a la noche.

### ¿Guerra geofísica?

El Programa de Investigación de Aurora Activa de Alta Frecuencia (con siglas en inglés HAARP) es un proyecto conjunto de la Universidad de Alaska y las fuerzas armadas de los EE.UU.; data de 1993. Se dedica a enviar potentes señales de radio a la ionosfera y estudiar sus propiedades a partir del reflejo en las capas ionizadas.<sup>[1]</sup> La participación militar ha dado origen a especulaciones sobre su posible uso con fines bélicos contra posibles enemigos, asumiendo que se trata de influir en fenómenos tales como sequías, inundaciones, huracanes o terremotos.

No obstante, sin descartar alguna posible aplicación bélica en el campo de las comunicaciones, parece poco probable que una región que contiene mucho menos del 0.1% del aire atmosférico, tan enrarecido que las moléculas casi no chocan entre sí, pueda influir en el movimiento de las grandes masas de aire a baja altura. Aún más, el efecto que pudieran tener tales señales de radio sobre una región localizada de la ionosfera es, cuando menos, millones de veces menor que las causadas por las variaciones habituales de la radiación solar en todo el planeta.