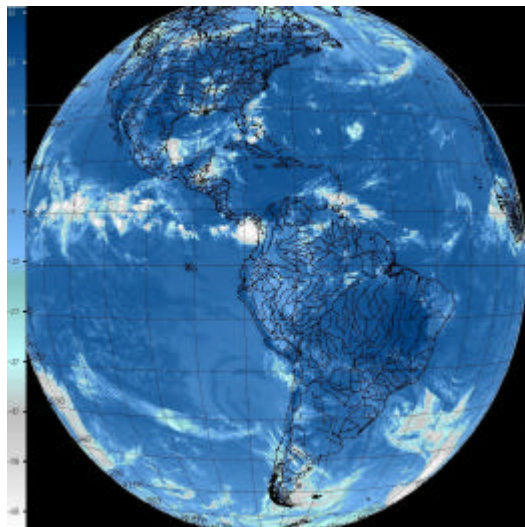


CAPITULO 1

LA TIERRA Y SU ATMÓSFERA

1. LA TIERRA EN EL ESPACIO:

La Tierra está dotada de dos movimientos principales estrechamente relacionados con el clima y sus variaciones: el de *traslación* y el de *rotación*. El primero es el recorrido que efectúa el planeta en torno al Sol, fuente de calor que regula todo el proceso climático terrestre. Y el segundo es el movimiento que ejecuta la Tierra sobre su eje imaginario que pasa por los polos, y que produce el día y la noche, con la consiguiente influencia en los procesos atmosféricos.



La órbita que describe la Tierra no es una circunferencia, sino una elipse ligeramente alargada, ocupando el Sol uno de los focos, aunque hay que reconocer que su excentricidad es muy pequeña. Cuando la tierra pasa por el punto más cercano al Sol, llamado perihelio (sucede en enero), se encuentra a 147,7 millones de kilómetros del mismo, mientras que cuando se halla en el punto más alejado, llamado afelio (sucede en julio), dista 152,2 millones de kilómetros. No obstante, por orden práctico, casi siempre se utiliza la distancia media, cuyo valor aproximado es de 149,5 millones de kilómetros. El tiempo que tarda la Tierra en completar ese recorrido da origen al año terrestre, que es de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45,975 segundos. Se le denomina año trópico y es la unidad fundamental del tiempo, comenzando las distintas estaciones en las mismas épocas de ese año.

El eje imaginario en torno del cual gira el globo terrestre no es perpendicular al plano de la órbita que describe alrededor del Sol, conocido como eclíptica, sino que está 23° 27' inclinado con respecto al mismo. Se debe a esta inclinación la desigualdad de los días y las noches y la sucesión de las estaciones.

La inclinación del eje terrestre, unida a la excentricidad de la órbita y a la esfericidad del planeta, hace que la cantidad de luz y calor procedente del astro rey no

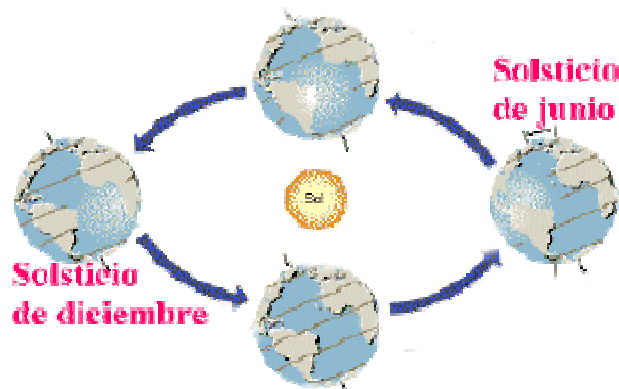
sea la misma en toda la superficie de la Tierra. Estas diferencias de iluminación y, por consiguiente, de calentamiento de la atmósfera y suelo terrestres, son causa de que experimente grandes oscilaciones la temperatura de cada región, país y continente, y de que varíen constantemente, a través del año, los fenómenos que dependen de la misma.

2. LAS ESTACIONES DEL AÑO

Las cuatro estaciones son: primavera, verano, otoño e invierno. Las dos primeras componen el medio año en que los días duran más que las noches, y las dos restantes forman el medio año en que las noches son más largas que los días. No son iguales ni las mismas para todos los países.

A causa de la inclinación del eje de rotación, estos fenómenos no se producen al mismo tiempo en el hemisferio Norte (Boreal) que en el hemisferio Sur (Austral), sino que están invertidos el uno con relación al otro. Y se comprende, pues mientras la Tierra se mueve en torno al Sol con el eje del Polo Norte inclinado hacia él, el del Polo Sur lo está en sentido contrario. En otras palabras, que las regiones del primero reciben más radiación solar que las del segundo. Más tarde se invierte este proceso y son las zonas del hemisferio Boreal las que reciben menos calor.

Cuando en un hemisferio es invierno, en el otro es verano; cuando en uno es primavera, en el otro es otoño; y así sucesivamente. Estas cuatro estaciones están determinadas por cuatro posiciones principales, opuestas dos a dos simétricamente, que ocupa la Tierra durante su recorrido en torno al astro rey. Reciben el nombre de *solsticios* y *equinoccios*.



Debido a la inclinación del eje terrestre, la altura del Sol en el invierno llega a $23^{\circ} 27'$ por debajo del Ecuador, y en el verano alcanza la misma, pero encima del Ecuador. Estos dos puntos del cielo se llaman solsticios. Al principio de la primavera y al principio del otoño, el Sol está en el Ecuador. Por esta razón los días y las noches son iguales, y esos puntos del cielo se llaman equinoccios.

Es importante señalar que en cada polo se ve el Sol durante medio año seguido, para reinar allí una noche ininterrumpida durante los seis meses siguientes. Durante el tiempo en que la luz establece su morada en el Polo Norte, las tinieblas

se aposentan en el Polo Sur, y recíprocamente. En los demás lugares de la Tierra, el Sol llega cada día a una altura diferente sobre el horizonte, y el día dura menos de doce horas durante medio año, y más de doce horas durante el resto. Sólo en el Ecuador terrestre los días y las noches son siempre de doce horas.

La primavera empieza en el equinoccio de primavera y termina en el solsticio de verano; éste principia en el solsticio de verano y finaliza en el equinoccio de otoño; éste comienza en el equinoccio de otoño y acaba en el solsticio de invierno; y el invierno se inicia en el solsticio de invierno y acaba en el equinoccio de primavera.

Estas cuatro estaciones, principalmente a causa de la excentricidad de la órbita terrestre, no tienen la misma duración, pues la Tierra recorre su trayectoria con velocidad variable, yendo más a prisa cuanto más cerca está del Sol y más despacio cuanto más alejado se halla. Por el mismo motivo, el rigor de cada estación no es el mismo para ambos hemisferios. Nuestro planeta está más cerca del Sol a principios de enero (perihelio) que a principios de julio (afelio), lo que hace que reciba un 7% más de calor en el primer mes del año que no a la mitad de él. Por este motivo, en conjunto, aparte otros factores, el invierno boreal es menos frío que el austral, y el verano austral es más caluroso que el boreal.

La duración de las estaciones para los dos hemisferios es la siguiente:

<i>ESTACION</i>	<i>HEMISFERIO NORTE</i>	<i>HEMISFERIO SUR</i>
VERANO	93,7 días	89 días
OTOÑO	89,6 "	92,9 "
INVIERNO	89 "	93,7 "
PRIMAVERA	92,9 "	89,6 "
<i>AÑO</i>	<i>365,2 días</i>	<i>365,2 días</i>

A causa de perturbaciones que experimenta la Tierra mientras gravita en torno al Sol, no pasa por los puntos solsticiales y equinocciales con rigurosa exactitud, lo que motiva que las diferentes estaciones no principien siempre en el mismo preciso momento. Como cosa práctica reseñamos las fechas que señalan generalmente el principio de las estaciones:

<i>INICIO DE ESTACION</i>	<i>HEMISFERIO NORTE</i>	<i>HEMISFERIO SUR</i>
20 ó 21 de marzo	PRIMAVERA	OTOÑO
21 ó 22 de junio	VERANO	INVIERNO
23 ó 24 de septiembre	OTOÑO	PRIMAVERA
21 ó 22 de diciembre	INVIERNO	VERANO

3. ZONAS CLIMATICAS Y CLASES DE CLIMAS:

En razón de la desigualdad de temperaturas ocasionada por los movimientos de rotación y traslación de nuestro planeta, así como a su esfericidad, excentricidad de órbita e inclinación del eje de rotación, la Tierra, con respecto al clima, ha sido

dividida en cinco zonas principales: una zona tórrida, dos zonas templadas y dos zonas glaciales.

Zonas tórridas.- Está comprendida entre los dos trópicos, o sea, entre los paralelos de 23° 27' de latitud terrestre, zona que registra las temperaturas más altas por tener siempre el Sol a gran altura y recibir sus rayos muy perpendicularmente.

Zonas templadas.- Están situadas a los dos lados de la zona tórrida (una en el hemisferio Norte y otra en el Sur) entre los trópicos de latitud 23° 27' Norte y Sur, y círculos polares a 66° 33' Norte y Sur. Durante una parte del año experimentan fuertes calores, por tener el Sol bastante alto, y durante la otra reina el frío, al estar el Sol más bajo con respecto al horizonte.

Zonas glaciales.- Comprenden las zonas a partir de las latitudes de 66° 33' Norte y Sur y los respectivos polos. Se conocen también por casquetes polares, ya que los hielos son permanentes. El frío es intenso durante todo el año a causa de la poca elevación del Sol sobre el horizonte y por las largas noches de invierno, que en algunos lugares duran casi seis meses.

Estas zonas, que están más en relación con la luz solar que reciben que en el clima que poseen, sirven de base a una más racional división de los climas terrestres que, en conjunto, son fenómenos atmosféricos característicos de determinadas zonas terrestres. Como el clima depende de diversos factores, como son la altitud, la temperatura, la presión atmosférica, los vientos, la humedad, la pluviosidad, etc., se han sugerido varias clasificaciones para su distribución. No obstante, la que ha tenido más aceptación ha sido la clasificación que atiende a la temperatura de acuerdo con la media anual, en los siguientes cuatro grupos principales:

CALIDOS más de 21° C	ECUATORIAL	LLuvias constantes. Propio de países del ecuador, como El Ecuador, Colombia, Kenia, Camerún, Venezuela, Indonesia, etc.
	TROPICAL	Epoca seca en invierno. Propio de países tropicales, como Méjico, Sahara, Mauritania, Egipto, Arabia Saudí, etc.
	MONZÓNICO	Verano lluvioso e invierno casi seco. Se da en el sur de Asia.
TEMPLADOS 10 y 20° C	SUBTROPICAL	LLlamado también mediterraneo, con invierno suave y verano caluroso. Sur de Italia y de España, Marruecos, norte de Argelia, etc.
	TEMPLADO-HÚMEDO	O oceánico, propio de las costas del Atlántico: Inglaterra, norte de España, norte de Francia, Países Bajos, norte de Bélgica, etc.
	CONTINENTAL	Propio del interior de los continentes, con un verano muy caluroso y un invierno muy frío. Corresponde a regiones centrales de Europa, Norteamérica y Sudamérica.
FRIOS inferior a 10° C	CONTINENTAL FRÍO	Invierno muy largo y seis o más meses con tempertauras inferiores a 6° C. Tiene verano. Es propio de Rusia, Noruega, Finlandia, Suecia, Canadá, sur de la Argentina, etc.
	POLAR	Sin verano. Propio de los círculos polares. Todo el año con temperaturas inferiores a 10° C., como Groenlandia, el Artico, la Antártica, etc.
DESÉRTICOS		Se caracterizan por su gran sequedad y sus alteraciones de temperatura, como ciertas regiones del Sájara, Arabia, Asia Central, etc.

Dentro de todos estos términos generales, cada país comprende, según su extensión, un conglomerado de pequeños climas, ya sea de acuerdo con la situación geográfica de sus diversas regiones, de su altitud, de su vegetación, o de sus estepas.

4. LA ATMOSFERA:

Capa gaseosa que envuelve algunos planetas y otros cuerpos celestes. La atmósfera terrestre consiste en una mezcla de gases (aire) formada por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), gases inertes, hidrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua. El conjunto adquiere una característica coloración azul debida a la dispersión de la luz solar por las moléculas del aire.

El estudio de la atmósfera, del que se puede considerar como iniciadores a Torricelli y Pascal, trata de determinar sus distintas características (presión, temperatura, humedad) y las variaciones que experimentan en las diferentes capas. La troposfera o capa inferior, en la que tienen lugar los llamados fenómenos meteorológicos, alcanza una altitud comprendida entre los 8km (en los polos) y los 18km (en el ecuador). Contiene el 70% del peso total de la atmósfera y en ella existe un gradiente de temperaturas del orden de 6,5° C/km.

El límite superior (tropopausa) da paso a la estratosfera, caracterizada por la ausencia de vapor de agua y una temperatura bastante homogénea (entre -55° C y -40° C); aquí el oxígeno se encuentra, en parte, en forma triatómica constituyendo la capa de ozono, de vital importancia por su función de absorción de las radiaciones ultravioleta, ya que, si llegaran directamente a la superficie terrestre, destruirían todo vestigio de vida en ella. Cerca del límite superior, la temperatura experimenta un aumento brusco y considerable hasta alcanzar los 10° C. Entre los 50 y 80km se halla la mesosfera, con temperaturas decrecientes hasta los -75°. En la termosfera se producen disociaciones moleculares que provocan temperaturas muy elevadas, de 1.000 a 1.500° C.

A partir de los 500km, y hasta una altura indeterminada, se halla la exosfera. En ella, la atmósfera se halla sumamente rarificada y abunda el hidrógeno ionizado, con lo cual hay una pérdida de partículas (protones y electrones) que escapan al espacio exterior, pérdida que se ve compensada por el aporte de partículas en forma de viento solar.

5. COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA:

La envoltura gaseosa de la Tierra no sirve solamente como un techo protector contra las radiaciones procedentes del Sol y de otros cuerpos celestes, sino que es la base de la vida terrestre, ya sea como fuente de oxígeno para el reino animal y de anhídrido carbónico para el vegetal, ya como fuente de agua potable o como fuerza de presión vital sobre el organismo animal.

También es la atmósfera la que regula la temperatura terrestre, igualando, aproximadamente, la del día con la de la noche. Ella es la que evita que existan grandes contrastes entre los dos períodos, como sucede con los astros que carecen

cobertura atmosférica, los cuales gozan de altas temperaturas cuando reciben la luz solar y llegan hasta 200° C. bajo cero con la llegada de las tinieblas. La luna es un ejemplo de ello.

Las capas de nuestro aire, cuyas alteraciones y fenómenos trata de controlar la ciencia meteorológica, contienen diversos elementos, los cuales varían según la altitud y condiciones reinantes en cada momento. No obstante, como base de estudio, ha quedado establecido que la composición química del aire seco a nivel del mar es la siguiente:

Nitrógeno	78,08 %
Oxígeno	20,95 %
Argón	0,93 %
Anhídrido carbónico	0,03 %
Neón	0,0018 %
Helio	0,0005 %
Criptón	0,0001 %
Hidrógeno	0,00006 %
Ozono	0,00004 %
Xenón	0,000008 %

En esta relación no está incluido el vapor de agua, ya que se halla en la atmósfera en cantidad muy variable, no llegando casi nunca al 0,0001 %. También existen vestigios de radón, óxido nitroso y metano, aunque son considerados más como residuos contaminantes que como elementos integrantes de la atmósfera tipo.

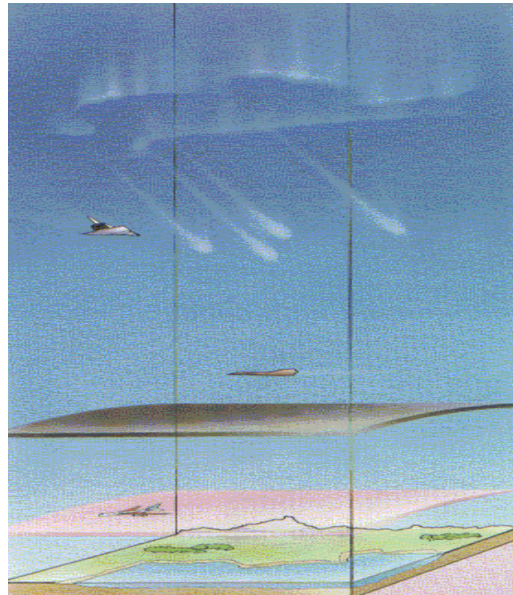
De todos los gases que componen el aire que nos rodea, el oxígeno es el más importante para la vida terrestre, como nadie ignora. Es vital para la respiración animal, ya que los tejidos no pueden utilizar otros gases como comburentes. El nitrógeno, por ejemplo, es asimilado a través de los alimentos, donde casi siempre está combinado con carbono, oxígeno e hidrógeno.

Como ya es sabido, el abastecimiento del oxígeno es mantenido por las plantas, que producen oxígeno durante su proceso de síntesis de alimentos. Parte de él lo emplean para sí mismas y el sobrante lo liberan en la atmósfera, donde queda a disposición de la respiración animal. Este ciclo se renueva continuamente, gracias a la luz solar.

Visto el valor de ese gas atmosférico, demos más importancia a esa ciencia llamada meteorología, cuya función no sólo radica en observar y analizar los fenómenos que en ella se producen, sino en vigilar y cuidar del mantenimiento vital de todo ese ciclo que, junto con los fenómenos meteorológicos que detallaremos más adelante, basados en el agua (otro producto base de la vida), son, en definitiva, la esencia del mundo que habitamos, de la única morada que tenemos y que hemos de cuidar para no perderla

6. ALTURA Y PRESION DE LA ATMOSFERA:

Esa masa de aire o envoltura gaseosa en cuyo fondo vivimos, tiene un peso, por lo que ejerce una presión sobre los objetos y las cosas. En realidad, es un inmenso océano de aire, en el que viven animales y plantas.



El peso total de la atmósfera es de unos 6.000 billones de toneladas. Sin embargo, ese peso apenas lo notamos. A nivel del mar nuestro cuerpo soporta una presión periférica de algo más de un kilo por cm^2 , pero esa presión sobre la piel se equilibra por la que ejerce hacia afuera el aire que entra en los pulmones y la sangre. A causa de esto no advertimos los 15.000 kilos que soportamos cada uno, más o menos.

La presión debida al peso del aire se denomina *presión atmosférica* y su unidad de medida es la atmósfera, que es la cantidad de peso que ejerce una columna de mercurio de 760 milímetros, a la latitud de 45° y al nivel del mar. Como es lógico, esta presión disminuye con la altitud, pues cuanto más alto está a un punto sobre el nivel del mar, menos capa de aire tiene encima. Pero esa disminución no se realiza en proporción aritmética, sino geométrica, es decir, rápidamente en las capas bajas y con lentitud en las altas. En las primeras disminuye a razón de un milímetro por cada 11 metro, aproximadamente. En las superiores lo hace más despacio.

Hemos de hacer resaltar que la presión atmosférica no es la misma siempre en un punto determinado, sino que sufre altibajos, pues la misma depende de diversos factores, entre ellos la temperatura y la humedad. Como el vapor de agua pesa menos que el aire, por ejemplo, si en un momento dado hay más vapor de agua en la atmósfera, habrá menos presión atmosférica. Para apreciar estas variaciones (que tienen gran influencia en los fenómenos atmosféricos), se utiliza el barómetro, un instrumento que, al mismo tiempo, podemos utilizar como altímetro.

Si tomamos un barómetro y subimos a una montaña, observaremos que si en la orilla del mar marcaba 760 milímetros, a los 115 metros de altura, indica 750, mientras que a los 230 metros señalará 740. Y si pudiéramos subir a los 5.000 metros, marcaría unos 400, mientras que a los 10.000 metros ya serían unos 200.

Con la altura no sólo disminuye la presión, sino también la densidad del aire, pues según una ley fundamental de los gases, la densidad de los mismos depende de la presión a que están sometidos. A unos 5.000 metros de altitud los pulmones ya no encuentran suficiente oxígeno para cumplir el ciclo respiratorio. Por ello, los escaladores y alpinistas de las altas cumbres han de llevar una provisión de oxígeno puro. Por igual motivo, los aviones que navegan a gran altitud mantienen en sus cabinas una composición y presión de aire semejante a la del nivel del mar.

Para nuestra vida, la presión atmosférica que soportamos es tan útil como el oxígeno que respiramos. Así como sin éste nos asfixiaríamos, sin la presión entraríamos en ebullición. Como es sabido, la ebullición de un líquido no es más que el punto en que sus vapores llegan a equilibrar y vencer el peso del aire que soportan. En una montaña a gran altitud, el agua está sometida a una presión menor y por lo tanto hierve a una temperatura más baja. Si los ocupantes de un avión que vuela a 10.000 metros no viajaran en una cabina hermética, con la presión conveniente, la sangre y los líquidos del cuerpo hervirían literalmente.

La atmósfera no termina a determinada altitud de una manera brusca, por lo que no se puede señalar una frontera definida de la misma. Antes de la Era Cósmica, se consideraba que el confín teórico de nuestra envoltura gaseosa se hallaba a unos 500 Km. de altitud, pero gracias a los satélites artificiales se ha puesto de manifiesto que se encuentran moléculas de gases atmosféricos hasta los 1.000 Km., que parece ser el límite superior de las auroras.

7. LAS CAPAS DE LA ATMOSFERA:

El océano de aire que nos rodea, para efectos prácticos y de estudio se ha dividido en diversas zonas o capas en relación con la altitud y sus funciones, según los científicos y países que las han establecido. De acuerdo con las últimas investigaciones realizadas, las principales capas de la atmósfera son:

<i>ALTURA</i>	<i>CAPAS</i>	<i>FENOMENOS</i>
De 1.000 km en adelante	EXOSFERA	Vacío casi absoluto. Zona de circulación de satélites geofísicos.
De 400 a 1.000 km.	MESOSFERA	Producción de iones. Transformación de los rayos cósmicos primarios en secundarios.
De 80 a 400 km.	IONOSFERA	Producción de iones. Capas electrizadas. Reflejan ondas radio. Auroras y bólidos.
De 25 a 80 km.	QUIMIOSFERA	Reacciones químicas. Presencia de capa de ozono. Filtro de la radiación ultravioleta.
De 10 a 25 km.	ESTRATOSFERA	Aire prácticamente en calma. Nubes irisadas.
De 0 a 10 km.	TROPOSFERA	Fenómenos meteorológicos: nubes, vientos, lluvia, etc.

La troposfera

Es la capa de aire que está en contacto con la superficie terrestre, por lo que es la más densa, pues se concentra en ella el 90 % del peso de la atmósfera. Sus características principales son las corrientes verticales debidas al calor, la variación vertical de la temperatura ($0,6^{\circ}\text{C}$. por cada 100 metros de altitud), la moderación de las oscilaciones de temperatura a causa del día y la noche, y la formación de los fenómenos meteorológicos. Esta capa es, por tanto, la más importante para la meteorología, ya que es en ella donde se producen las nubes, las lluvias, las tormentas, los vientos, etc.

La altura de la troposfera es de más o menos 10 km, y su frontera con la capa superior se denomina tropopausa. No obstante, el confín de la troposfera no es muy conocido, especialmente en el hemisferio sur. En el ecuador parece llegar a una altitud de 16 km, mientras que en los polos sólo llega a los 8 km.

La estratosfera

Encima de la tropopausa, pasada la región de los vientos helados, se encuentra la estratosfera, que llega hasta una altitud de alrededor los 25 km. Esta capa se halla constituida, en general, por estratos de aire con poco movimiento vertical, aunque sí lo tienen horizontal. En esta zona, el aire está casi siempre en perfecta calma y prácticamente no existe el *clima*, aunque algunas veces se encuentran unas ligeras nubes denominadas irisadas, por presentar sus bordes los colores del iris.

El límite de esta capa se llama estratopausa. Las antiguas nomenclaturas fijaban la altura de la estratosfera hasta los 80 km, pero los nuevos experimentos científicos determinan que esa capa finaliza a unos 25 km, en donde empieza la quimiosfera.

La quimiosfera

La razón de esta subdivisión moderna de la antigua estratosfera, obedece a que a partir de los 25 a 30 km de altitud la temperatura del aire comienza a aumentar debido a que los rayos ultravioleta del Sol, de gran intensidad a esa cota, transforman el oxígeno del aire en una variedad denominada ozono, que simultáneamente los absorbe y se calienta, o sea, que en esa capa se producen reacciones químicas. Se estima que la quimiosfera llega hasta unos 80 km de altitud, límite en que comienza la ionosfera.

La concentración máxima de ozono en la quimiosfera tiene lugar a unos 40 km de altitud y forma una especie de cinturón o faja protectora que se denomina ozonoesfera. Esta faja, al producir la dispersión de la luz solar, hace que veamos el cielo de color azul, cuando es negro en realidad, como han comprobado los astronautas. Gracias a esta capa que absorbe gran cantidad de rayos ultravioleta, es posible la vida vegetal y animal en la superficie de la Tierra que, de otra manera, sería rápidamente aniquilada por esa radiación.

La ionosfera

Esta capa está muy enrarecida y compuesta, principalmente, por iones, o sea, por átomos que han ganado o perdido uno o más electrones, y que por lo tanto poseen una carga eléctrica. Puede considerarse que empieza a los 80 km y termina a los 400 km.

En esta capa se reflejan las ondas de radio, permitiendo las comunicaciones a gran distancia, al vencer la curvatura de la Tierra. En la ionosfera se producen auroras y se ven bólidos. De los 80 a 160 km de altitud existen gran cantidad de átomos de oxígeno e iones, mientras que de esa cota a los 400 km abunda el nitrógeno ionizado.

La mesosfera

Comienza a los 400 km y termina a los 1.000 km. Los gases enrarecidos son ionizados por la radiación cósmica procedentes del espacio exterior. Aquí es donde los rayos cósmicos primarios se transforman en rayos cósmicos secundarios.

La exosfera

Se encuentra a partir de los 1.000 km, y apenas existen moléculas de materia. Es la región que exploran los satélites artificiales y no tiene la menor influencia sobre los fenómenos meteorológicos.

