

Capítulo 2. La Tierra y su atmósfera

1. Revisión de la atmósfera terrestre:

- Formación de la Tierra y la atmósfera.
- La atmósfera terrestre actual y antigua.
- Composición de la atmósfera.
- **2. Estructura vertical de la atmósfera**
- Densidad del aire.
- Concepto de presión atmosférica.
- Capas de la atmósfera.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

1

Capítulo 2. La Tierra y su atmósfera

3. Tiempo y clima

- Concepto
- Tiempo y clima, su importancia en las actividades humanas
- Fenómenos meteorológicos vistos desde los satélites

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

2

La atmósfera terrestre

El universo esta constituido por millones de galaxias y estas a su vez por millones de estrellas.

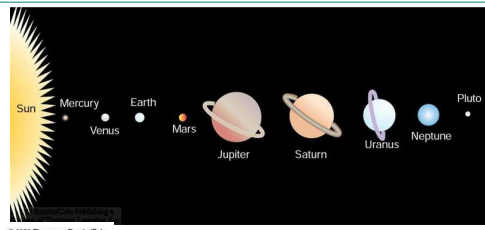


Figura 1.1: Tamaño y posición relativos de los planetas en nuestra Sistema Solar (las posiciones no están a escala)

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

3

La atmósfera terrestre

- La energía que reciben los planetas proviene principalmente de la energía del Sol. En un promedio de 150 millones de Km, la Tierra intercepta solo una pequeña parte de toda la energía del Sol, esta pequeña parte es suficiente para generar el viento y las variaciones diarias en el Tiempo y mantener la temperatura del planeta en promedio de 15°C
- A pesar de que la atmósfera terrestre se extiende cientos de kilómetros, casi el 99% de ella se encuentra en los primeros 30 Km desde la superficie. La atmósfera protege al planeta de los rayos ultravioleta, así como de otros objetos cósmicos como meteoritos.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

4

La atmósfera terrestre



Fig. 1.2: La atmósfera de la tierra visto desde el espacio durante salida del Sol. Cerca del 90% de la atmósfera terrestre está dentro del área brillante y cerca del 70% esta debajo del tope de la nube más alta.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

5

1. La atmósfera terrestre actual y antigua.

la **primera atmósfera** terrestre fue hace 4.6 mil millones de años atrás, estuvo compuesta mayormente por hidrógeno y helio, los dos gases mas abundantes del universo, como el hidrógeno compone el amoníaco y el metano. Muchos científicos piensan que esta atmósfera escapo hacia el espacio debido a la alta temperatura de la superficie de la Tierra.

Los volcanes hace millones de años votaban los mismos gases que ahora: S2O (casi 80%), CO2 (casi 10%) y algunos % de N2. Probablemente la **segunda atmósfera** terrestre estuvo compuesta mayormente por S2O y CO2.

La constante expulsión de gases desde el interior ardiente de la Tierra encontró un suplemento del H2O, que formo las nubes. La lluvia precipito por miles de años formando ríos, lagos y océanos. Durante este tiempo gran cantidad de CO2 fue disuelta en los océanos. Por medio de los procesos químicos y biológicos la mayor parte del CO2 quedo atrapado en las rocas sedimentadas de carbonato. Con la mayor parte del vapor de agua condensado y el CO2 disminuyendo, la atmósfera gradualmente se volvió rico en N2, el cual no es químicamente activo.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

6

Origen de la atmósfera



- Primera atmósfera = 4.6 mil millones de años.
- Hidrógeno** (H₂), **helio** (He) => dos gases más abundantes del universo; también **metano** (CH₄) y **amoníaco** (NH₃).
- La primera atmósfera se **escapó al espacio** debido a el calor ~ **85-110°C** de la temperatura superficial.
- La atmósfera del reemplazo vino de **rocas fundidas** en el interior de la tierra, los gases vinieron través de los volcanes.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

7

Que emiten los volcanes hoy en día?



- Agua (H₂O) ~ 80%
- Dióxido de Carbono (CO₂) ~ 10%
- Nitrógeno (N₂) ~ 2%
- Dióxido de sulfuro (SO₂)
- Sulfuro de hidrogeno (H₂S)
- Cloro (Cl)
- Partículas (hollín de carbón, ...)

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

8

Origen de la atmósfera

- Impactos de los **meteoritos** y de los **cometas** trajeron agua.
- Se formaron las **nubes**, luego la lluvia => en **millares** de años formaron los **océanos**, etc. Hasta que la tierra se refrescó.
- El CO₂ disuelto en los océanos => para arriba y se quedaba en las rocas sedimentarias del carbonato (piedra caliza).
- Mientras que H₂O y el CO₂ fueron retirados de la atmósfera, esta llegó a ser más rico en N₂.
- El oxígeno (O₂) vino del proceso lento:
 $2\text{H}_2\text{O} + \text{radiación solar (energía)} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$
(Hidrogeno es mas ligero, fácil de escapar)
- El crecimiento vegetal enriqueció nuestra atmósfera con el O₂.
- Durante fotosíntesis:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{luz solar} \rightarrow \text{O}_2$
- Nuestra composición atmosférica = varios 100,000,000 (**100 millones**) de años atrás

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

9

La atmósfera terrestre actual y antigua.

Parece que el oxígeno, el segundo gas mas abundante en la **atmósfera actual**, comenzó a aumentar en cantidad lentamente debido a la energética de los rayos solares que dividió el H₂O ente hidrógeno y oxígeno durante el procesos llamado *fotodisociación*. El **hidrógeno probablemente escapó al espacio** por ser mas liviano, mientras que el **oxígeno aun permanece en el planeta**.

Desde el punto de vista de su composición, la Atmósfera está en un 99 % formada por una mezcla de oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂) molecular siendo el resto casi en su totalidad argón y dióxido de carbono (CO₂). El conjunto adquiere una característica coloración azul debida a la dispersión de la luz solar por las moléculas del aire

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

10

Composición de la atmósfera

Fig. 1.3: La atmósfera terrestre es una mezcla rica de muchos gases, con nubes producidos por la condensación del vapor de agua y de los cristales de hielo.



© 2005 Thomson - Brooks/Cole

El agua se evapora de la superficie del océano, asciende por las corrientes de aire, se condensa y se transforman del invisible vapor de agua en muchos mil millones de minúsculas gotitas líquidas que aparecen como nube.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

11

Composición de la atmósfera

Gases permanentes			Gases variables		
Gas	Simbolo	% (x Vol. de aire seco)	Gas y partículas	Simbolo	% (x volumen) ppm
Nitrógeno	N ₂	78.08	Vapor de agua	H ₂ O	0 a 4
Oxígeno	O ₂	20.95	Dióxido de Carbono	CO ₂	0.036 365
Argón	Ar	0.93	Metano	CH ₄	0.00017 1.7
Neon	Ne	0.0018	Oxido nitroso	N ₂ O	0.00003 0.3
Helio	He	0.0005	Ozono	O ₃	0.000004 0.04*
Hidrógeno	H ₂	0.00006	Polvo, otras partículas		0.000001 0.01-0.15
Xenón	Xe	0.000009	Clorofluocarbonos (CFC)		0.00000002 0.0002

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

12

Gases de la atmósfera

N₂:

- Procesos **biológicos** (suelo, bacterias, plantas, fijación del N₂, etc.) N₂ → NO
→ NH₃
- Devuelto por la **descomposición de plantas y de animales**.

O₂:

- Quitado cuando decaimiento de la materia orgánica y cuando se **oxidan** las cosas, y durante la **respiración** (O₂ en pulmones y CO₂ hacia fuera)
- Devuelto por la **fotosíntesis**
H₂O + CO₂ + Luz visible → O₂ + azúcar
- Hay una **fente fotoquímica**:
H₂O + luz → H₂ + O proceso lento
→ OH + H
O + O + M → O₃ + M
O + OH → O₂ + H (escapa al espacio)

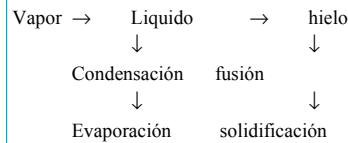
Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

13

Gases de la atmósfera

H₂O Vapor de agua:

- Gran variación:
espacial
temporal
- Tropicos calientes ≈ **4%**.
- Polos fríos ≈ **< 1%**.
- H₂O se **encuentra en todas sus faces**



Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

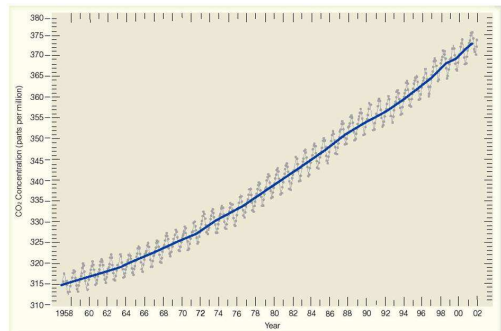
14

Gases de la atmósfera

CO₂:

- Del decaimiento de la vegetación
- Erupciones volcánicas.
- Exhalations de animales/hombres
- Al quemarse los combustibles fósiles (carbón, aceite, gas natural).
- Deforestación, tala de árboles (quemada o dejada a la putrefacción).
- Retiro por fotosíntesis
CO₂ + H₂O + luz visible → O₂ + azúcar
- CO₂ almacenado en los océanos (~>50 veces mas de lo que hay en la atmósfera CO₂).
- Phytoplankton** (pequeñas plantas) fija el CO₂ en tejidos finos orgánicos.
- Mezclas hacia abajo en los océanos.
- Cambios en el CO₂ = gas de invernadero.

Fig. 1.4: Mediciones de CO₂ en el Observatorio de Mauna Loa **Hawaii**



16

Cambios en las concentraciones de CO₂

- Observatorio de Mauna Loa **Hawaii**
 - ~ 16% aumento desde 1958 combustible fósil
 - ↑ Invierno, **plantas mueren**
 - ↓ verano, mas plantas **absorben mas CO₂**
- Datos de hielo muestran **↑ 25% desde 1800s**.
- Estable en **280 ppm por 10,000 años** con testigos de hielo (*ice cores data*)
- Ahora **↑ 0.4% por año, hasta 370 ppm desde 1800**
- 500 ppm hasta finales del siglo XXI**.
- La mayoría de los modelos predicen calentamiento global de **1°C a 3.5°C al año 2100**.
- Los impactos son mucho mayores**

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

17

Gases de la atmósfera

CH₄:

Otro gas de invernadero

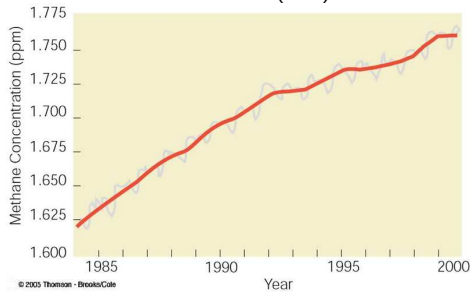
- ↑ de 0.5% por año.
- Decaimiento de materiales de plantas por las bacterias (arroz).
- Mojado, oxígeno - suelo pobre.
- Tierras humedas (humerales).
- Termitas (actividad biológica).
- Digestión de la vaca (reacciones bioquímicas).
- Fuentes antropogénicas (terraplenes).
- Por reacciones químicas en la atmósfera

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

18

Cambios en las concentraciones de CH₄

Fig. 1. 5: Concentración media global del metano atmosférico (CH₄).



Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

19

Gases de la atmósfera

O₃:

- **Smog** (humo + neblina (Lima, Inglaterra)).
- **Smog** fotoquímico– reacción química con la luz solar
- Problemas – “**MALO**” O₃ en la troposfera (nivel superficial)
 - Irrita los ojos
 - Problemas respiratorios
 - Daña la vegetación
- Superficie = ~ **40 ppb** (o mas).
- **97% está > 12 km** → formación **natural** (Estratosfera).
 - $O_3 + UV \rightarrow O + O_2 + \text{calor}$
 - $O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$
- Estratosfera = **5 to 12 ppm**. (~ 15 – 50 km)
- Filtra los rayos UV antes de llegar a la superficie– “**BUENO**” O₃ en la estratosfera

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

20

2. Estructura vertical de la atmósfera

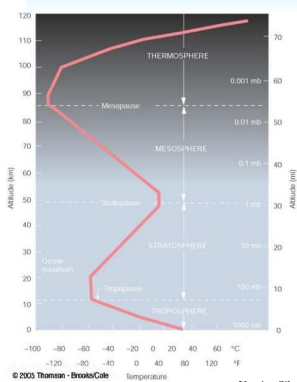


Fig. 1.9: Capas de la atmósfera con respecto al perfil medio de temperatura del aire sobre la superficie de la tierra. La línea roja ilustra cómo la temperatura media varía en cada capa.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

21

Estructura vertical de la atmósfera

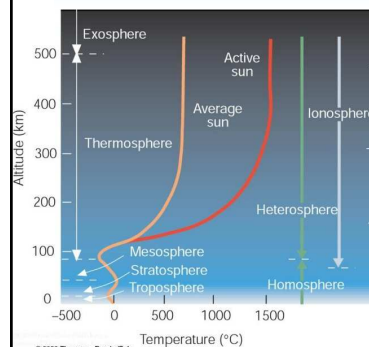


Fig. 1.10: Capas de la atmósfera basada en la temperatura (línea roja), la composición (línea verde), y las características eléctricas (línea gris). (un sol activo se asocia a una gran cantidad de erupciones solares, descritas en el capítulo 2 del libro.)

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

22

la Ionósfera

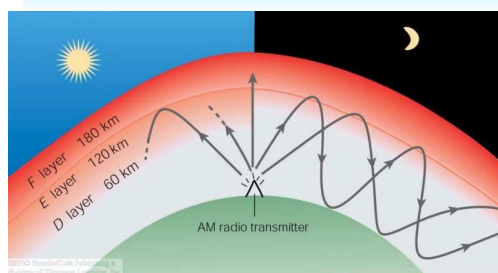


Fig. 1.11: En la noche, la región más alta del ionósfera (región F) refleja fuertemente las AM ondas de radio, permitiendo que sean enviadas sobre grandes distancias. Durante el día, la región más baja (región D) absorbe y debilita fuertemente las ondas AM de radio, evitando que sean captadas por receptores distantes

Densidad del aire

- La **densidad del aire** (o cualquier sustancia) es determinada por la masa de los átomos y moléculas y la cantidad de espacio entre ellos, es decir la densidad nos indica cuanto de materia hay en un determinado espacio.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

- Debido a que hay mas moléculas de aire cerca de la superficie que en niveles altos de la atmósfera, la densidad del aire será mayor cerca de la superficie. Debido a que el aire cerca de la superficie es comprimido, la densidad de aire normalmente decrece rápidamente al inicio, y conforme se aleja de la superficie es mas lento.

24

Densidad del aire

- **La Gravedad** jala a las moléculas de aire, por eso, hay más moléculas cerca a la superficie → **la densidad es mayor.**
- Densidad = g/cm^3 , kg/m^3 .
- Numéricamente la densidad = número de **moléculas/cm³**.
- Número de moléculas de aire en un espacio dado.
- Ejemplo: densidad poblacional

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

25

Densidad del aire

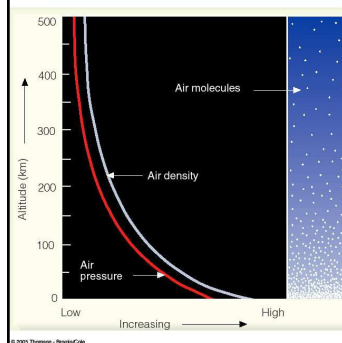


Fig. 1.7: Presión y densidad del aire disminuyen con la altitud

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

26

Densidad del aire

Altura	Densidad
0 km	1.225 kg/m ³
1 km	1.112 kg/m ³
5 km	0.736 kg/m ³
10 km	0.413 kg/m ³
20 km	0.089 kg/m ³
50 km	0.001 kg/m ³

$$\begin{aligned} \text{Densidad} &= \rho \\ &= \text{Masa} / \text{Volume} \\ &= m / V \\ &\text{en g/cm}^3 \text{ o kg/m}^3 \end{aligned}$$

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

27

Concepto de presión atmosférica

Todo el tiempo las moléculas de aire golpean a la persona, con una pequeña fuerza. Esta pequeña fuerza dividida por el área sobre la cual actúa la fuerza se llama **presión**:

$$\text{Presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}}$$

Unidades de presión: $\text{Fuerza} / \text{Área} = \text{Newton/m}^2 = \text{N/m}^2$
 1 Pascal = Pa = 1 N/m²
 kiloPascal = kPa = 1000 Pa
 bars o milibares

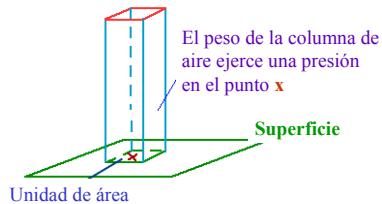
Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

28

Concepto de presión atmosférica

- **La presión**, se define como la fuerza ejercida por la superficie en una unidad de área, en contra del peso del aire sobre esa superficie.

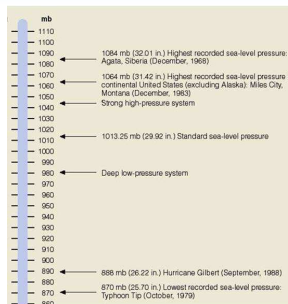
Tope de la atmósfera



Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

29

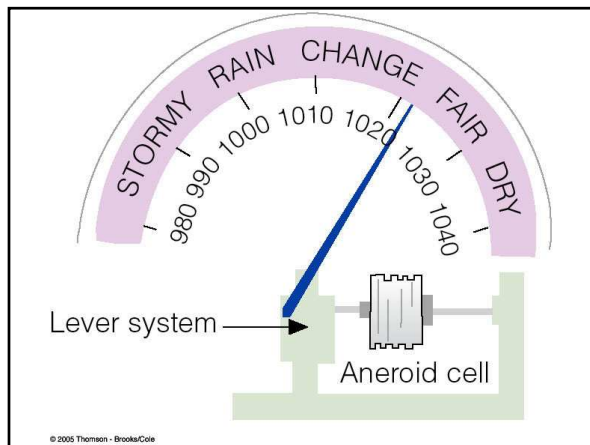
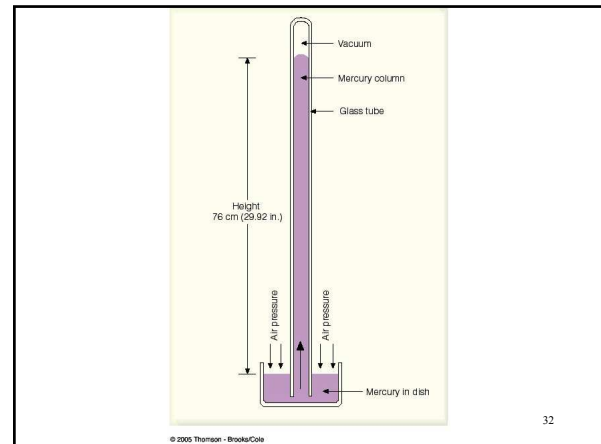
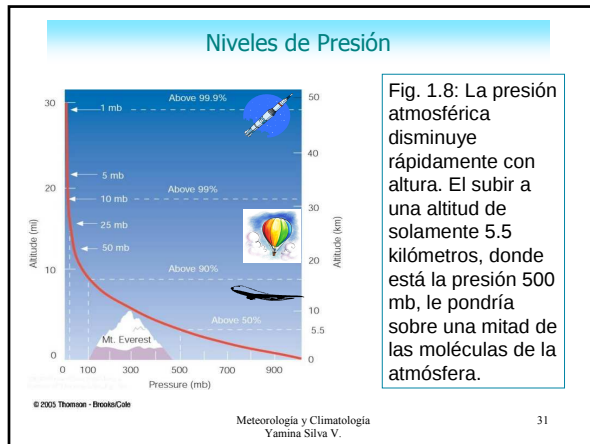
Records en valores de Presión



Fuente: Curso Introduction to Atmospheric Science, prof. Diane Michelangeli, YORK UNIVERSITY

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

30



3. Concepto de tiempo y clima

Tiempo

El Tiempo es la manifestación del estado de la atmósfera en un lugar y momento determinado. El termino Tiempo se usa para describir la variación diaria de nuestra atmósfera. Por ejemplo decimos, el tiempo esta muy variado hoy, amaneció soleado y luego se nubló o ayer llovió por la tarde.

Clima

Es el conjunto de condiciones atmosféricas, que caracterizan uno u otro lugar dependiendo de su ubicación geográfica, deducido principalmente por el estado medio de la atmósfera, determinado a lo largo de un periodo de tiempo de varias décadas (idealmente tres o más), cuanto más largo sea la serie de datos mas real será la imagen que se quiera construir.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

Tiempo y clima, su importancia en las actividades humanas.

- El Tiempo generalmente dicta el **tipo de ropa que usaremos**, mientras que el Clima determina el tipo de ropa que compramos.
- El Clima determina **cundo plantar los granos y tipo de granos** pueden ser plantados. El Tiempo determinara si estos mismos granos crecerán hasta madurar o no.
- Para protegernos del frío o del calor construimos casas especiales, ponemos ya sea **calefacción o aire acondicionado**.
- El Tiempo y Clima también afecta la salud de los humanos, así como la de los animales.
- Información sobre el estado del Tiempo ocupa diariamente por lo menos una pagina en los diarios de mayor circulación.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

Fenómenos meteorológicos vistos desde los satélites.

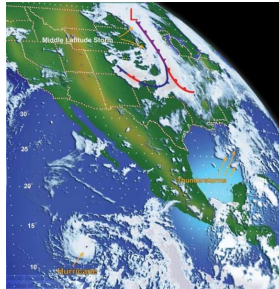
¿Que podemos ver en las imágenes del satélite?

- Nubosidad
- Tormentas
- Huracanes
- Sistemas frontales
- Diferenciar tipos de nubes y suelo por contraste
- Estimar precipitación
- Vientos
- Temperatura de la superficie del mar.

Fuente: IGP
Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

Fenómenos meteorológicos vistos desde los satélites.

Fig. 1.12: Esta imagen basada en los satélites (espectro visible) muestra una variedad de patrones y de tormentas y nubosidad en la atmósfera terrestre



Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

37

Fenómenos meteorológicos vistos desde los satélites.

Fig. 1. 13: Mapa de tiempo superficial simplificado que correlaciona con el cuadro basado en los satélites demostrado en Fig. 1.12.

El área verde sombreada representa la precipitación.

Los números en el mapa representan temperatura del aire en °F.



Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

38

Fenómenos meteorológicos vistos desde los satélites.



Figura 1.14: Tempestades de truenos a lo largo de un frente frío que se acerca



Figura 1.16: Los tornados infligen daño extenso y causan anualmente la pérdida de muchas vidas.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

39

Resumen del capítulo 1/2

- Revisión de la atmósfera terrestre
- La atmósfera es rica en contenido de Nitrógeno y oxígeno, los otros gases en menor cantidad (H₂O, CO₂, otros GEF)
- El aire de la atmósfera antigua de la Tierra era diferente al aire que respiramos actualmente
- La estratosfera, donde se encuentra la mayor concentración de O₃ nos protege de los rayos UV, y puede ser afectada la concentración de O₃ debido al aumento de los gases CFC que destruyen el O₃
- La parte mas fría de la atmósfera es la mesosfera, la mas caliente la termosfera y la troposfera donde vivimos es donde se forman todos los fenómenos meteorológicos que conocemos
- La Ionosfera es la parte de la atmósfera que tiene mayor contenido de iones y esta libre de electrones

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

40

Resumen del capítulo 2/2

- Los mapas del tiempo e imágenes de satélite, se pueden identificar las tormentas y nubes de todos los tamaños y tipos.
- El desplazamiento, intensificación o decaimiento de estos sistemas producen distintas condiciones de tiempo que se llaman elementos del tiempo
- La suma total del "tiempo" y sus extremos es llamado clima
- Los cambios en el tiempo pueden ocurrir en un momento, pero los cambios en el clima (cambio climático) ocurren gradualmente en el transcurso de muchos años
- El estudio de la atmósfera y todos los fenómenos referentes a él es llamado *Meteorología*, cuyo origen data de los tiempos de Aristoteles.
- Influencia del tiempo y clima en nuestras vidas

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

41

Preguntas del Cap. 1 (tarea)

- Leer todo el capítulo (pag. 2-22)
- Responder la sección *Preguntas para revisión* (Questions for review), pag. 22
- Responder la sección *Preguntas para pensar* (Questions for thought), pag. 23.

Meteorología y Climatología
Yamina Silva V.

42