

# Capítulo 12

## La atmósfera y teoría de los gases

Puesto que el aire es un fluido, la existencia de organismos vivos sobre la superficie de la tierra se puede comparar con la de algunos animales acuáticos sobre el lecho marino. Así, la vida sobre la superficie de la Tierra, se halla inmersa dentro de un océano gaseoso compuesto de aproximadamente un 78% de  $N_2$  y un 21% de  $O_2$ . Así como el agua para los peces que viven dentro de un acuario o reservorio, la atmósfera para la vida sobre la superficie de la Tierra es de vital importancia. La composición de ambos fluidos puede, sin embargo, ser alterada irreversiblemente por sus propios moradores.

A condiciones normales (una atmósfera de presión y  $25^\circ C$  de temperatura), sólo once elementos se encuentran en estado gaseoso, ellos son:  $H_2$ , He,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$ , Ne,  $Cl_2$ , Ar, Kr, Xe y Rn. En lo referente a los compuestos químicos conocidos, puede decirse que más del 99,99 % de ellos son líquidos o son sólidos. En realidad, sólo una ínfima minoría se halla en estado gaseoso; la mayoría de estos gases corresponde a los haluros de hidrógeno, a los óxidos de los elementos no metálicos y a algunos compuestos orgánicos de bajo peso molecular.

### 12.1 El sistema solar

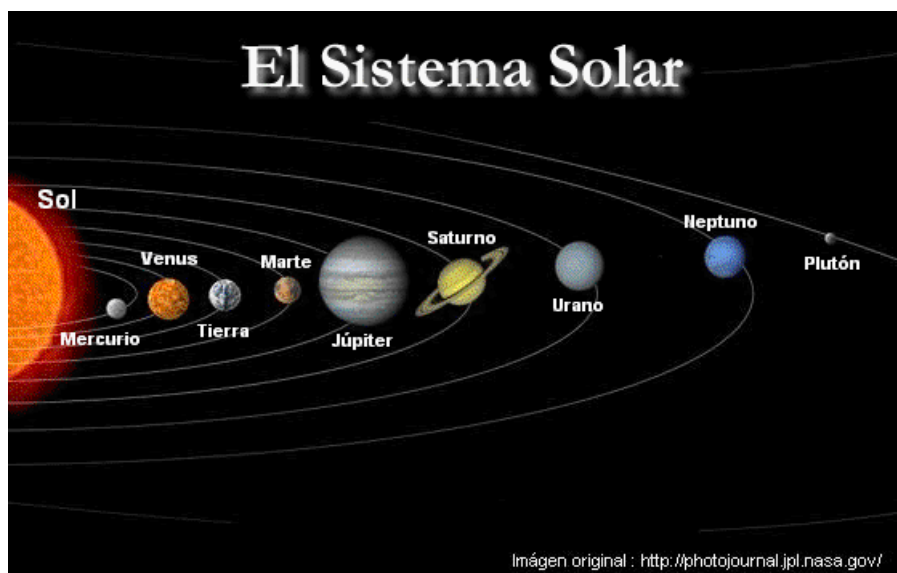


FIGURA 12.1 SISTEMA SOLAR. FUENTE:

[HTTP://WWW.COSMOPEDIAONLINE.COM/CONTENIDO\\_SS.HTML\\_TXT\\_PLANETSOLARSYSTEM\\_CMP.GIF](HTTP://WWW.COSMOPEDIAONLINE.COM/CONTENIDO_SS.HTML_TXT_PLANETSOLARSYSTEM_CMP.GIF)

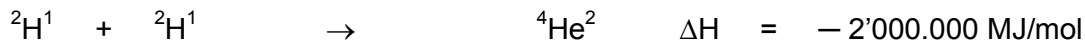
Una forma de comprender mejor la química de la atmósfera es mirando nuestro planeta desde la perspectiva del “sistema solar” en que habitamos. El sistema solar está compuesto por el sol, los nueve planetas conocidos y sus asteroides. Las dimensiones del sistema solar se estipulan comúnmente en términos de “unidades astronómicas de distancia, AU”. Una unidad astronómica

equivale a la distancia existente entre la Tierra y el sol, aproximadamente 150 millones de kilómetros. Así las cosas, Plutón, el planeta más distante, gira a una distancia de 39,44 AU.

La radiación del sol, es decir la energía que éste emite hacia el espacio, proviene de la energía liberada en su constante conversión de hidrógeno en helio. Este tipo de reacciones ocurre en el interior de cualquier cuerpo que tenga las dimensiones apropiadas. Esto es así, porque la fuerza de gravedad de un cuerpo aumenta con la masa y, debido a que la masa del sol es tan grande, la presión en su interior es tal que “fusiona”<sup>1</sup> los átomos de hidrógeno en átomos de helio.

Las erupciones volcánicas del sol lanzan hacia el exterior fragmentos atómicos, esto es, electrones, protones y neutrones que llegan hasta la Tierra a modo “lluvia” conocida como rayos cósmicos y radiación electromagnética. Dicha radiación, interfiere y altera las señales electromagnéticas de las comunicaciones en la tierra.

Fusión de hidrógeno en helio



Los nueve planetas conocidos actualmente se clasifican genéricamente en dos categorías: los “planetas Interiores”, (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) y los “planetas exteriores”, (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón). En términos de las características de las capas gaseosas que rodean a los planetas interiores, es decir de sus atmósferas, éstos se caracterizan por:

### **12.1.1 Mercurio**

Mercurio es un planeta mucho más denso que la Tierra, lo cual implica una fuerza de gravedad mucho mayor. Tiene sin embargo una atmósfera extremadamente fina y una temperatura media superior a los 100°C. No tiene líquidos en su superficie.

### **12.1.2 Venus**

Tiene una atmósfera 90 veces más tenue que la de la Tierra (aproximadamente 6 km), compuesta principalmente por dióxido de carbono. Como consecuencia del CO<sub>2</sub>, se genera un efecto de invernadero que eleva la temperatura de su superficie hasta temperaturas de aproximadamente 480 °C. Por esta razón, Venus tampoco tiene líquidos sobre su superficie. El efecto de invernadero de Venus es causado no sólo por la proximidad de la cobertura gaseosa a la superficie del planeta, sino también porque el CO<sub>2</sub> atrapa la radiación infrarroja que refleja el planeta, impidiendo de esta forma la disipación del calor hacia el espacio.

### **12.1.3 Marte**

Es el cuarto planeta, contando desde el sol hacia fuera; tiene una estructura muy similar a la de la Tierra, excepto en que no tiene agua en su superficie. Sin embargo, existen fuertes evidencias de que debió existir agua sobre su superficie en un pasado remoto. Actualmente es frío y seco, y posee una fina atmósfera de CO<sub>2</sub>, con capas polares compuestas de CO<sub>2</sub> y agua. Hasta donde se sabe, Marte representa la única perspectiva habitable, después de la Tierra, en todo el sistema solar.

---

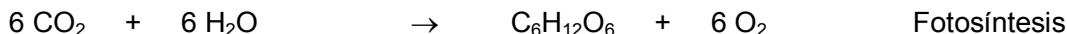
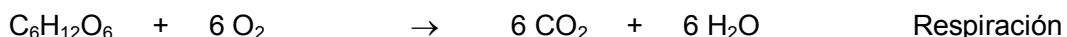
<sup>1</sup> Fusiona, funde, condensa, aglutina, etc.

## 12.2 La atmósfera terrestre

La Tierra es el único planeta con abundante líquido sobre su superficie y por esta razón se asocia este hecho con la existencia de manifestaciones vivas sobre su superficie. El planeta está rodeado por una capa gaseosa de aproximadamente 500 km de espesor, compuesta “actualmente” por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y un 1% de otros gases menos frecuentes, tales como el argón, 0,94%, el CO<sub>2</sub>, 0,033% y algunos gases nobles en proporción muy baja. Es importante tener en cuenta que el origen de la vida en la Tierra presupone la existencia, en el pasado, de una atmósfera reductora compuesta principalmente por CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

La proporción de agua en la atmósfera terrestre es variable de un punto a otro, pero la proporción de CO<sub>2</sub> es más o menos constante en sitios no alterados. Es evidente que la proporción de gases en la atmósfera terrestre se mantiene constante, debido a lo que comúnmente conocemos como los ciclos del nitrógeno, del oxígeno y del carbono.

Merced a estos ciclos los organismos heterótrofos, como el hombre, transforman continuamente grandes cantidades de materia orgánica y oxígeno en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O que escapan continuamente a la atmósfera. Por otra parte, los organismos autótrofos, como las plantas, recogen dicho CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y los convierten, también continuamente, en materia orgánica asimilable para los heterótrofos y en el O<sub>2</sub> necesario para su respiración.



Sin embargo, el equilibrio natural de estos procesos puede ser afectado por actividades antrópicas derivadas del desarrollo industrial, del incremento en el número de automotores y de la deforestación, principalmente. Los gases generados en estas actividades (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CFC, etc.) o no son recirculados mediante los ciclos ya descritos o su generación constante altera alguno de los ciclos naturales ya establecidos.

La deforestación de grandes áreas de la superficie terrestre reduce enormemente la capacidad natural de auto depuración de la atmósfera. Para facilitar su comprensión, frecuentemente se divide la atmósfera terrestre en las siguientes cuatro capas.

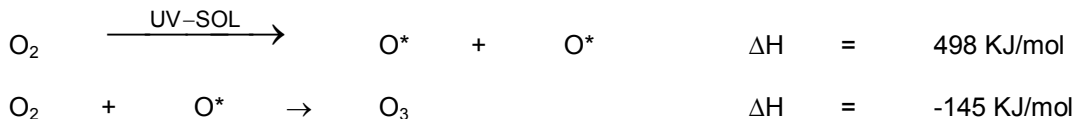
### 12.2.1 Troposfera:

Es la capa inferior de la atmósfera. Tiene aproximadamente 10 km de espesor y contiene aproximadamente el 80% de la masa atmosférica total. En esta capa se producen todos los fenómenos que determinan el clima, tales como la lluvia, los huracanes y las tormentas eléctricas. La temperatura en esta capa disminuye linealmente con la altura, desde aproximadamente 20°C en la superficie del planeta hasta aproximadamente – 25 °C en la superficie exterior de esta capa. La troposfera contiene el 90% del agua presente en la atmósfera bajo la forma de humedad.

### 12.2.2 Estratosfera:

Es una capa de 40 km de espesor, constituida principalmente por oxígeno, nitrógeno y ozono, una forma alotrópica del oxígeno. En la estratosfera, la temperatura aumenta con la altitud, desde

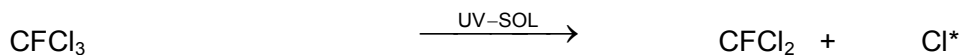
aproximadamente  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El calentamiento en esta capa se debe a las reacciones exotérmicas provocadas por la radiación ultravioleta proveniente del sol:



El ozono es un gas sumamente reactivo que tiene la particularidad de absorber radiación electromagnética en la región del UV (200 a 300 nm). Por este hecho su existencia constituye una especie de filtro protector que impide el paso de la radiación UV desde el sol hacia la superficie de la Tierra. Aunque el ozono representa un constituyente importantísimo para la vida en la Tierra, su cantidad es mínima, ya que si esta capa estuviese comprimida sobre la superficie de la Tierra, ¡tan solo alcanzaría para recubrirla con una delgada capa de aproximadamente 3 mm de espesor!

Algunos compuestos sintéticos, como los fluoroclorocarbonos y, en general, todos los gases orgánicos halogenados que escapan a la atmósfera, llegan hasta la estratosfera y se descomponen por acción de la luz UV proveniente del sol. El halógeno atómico que se genera en esta descomposición reacciona instantáneamente con el ozono disminuyendo su cantidad y abriendo agujeros por donde la luz del sol penetra directamente hacia la superficie terrestre.

a. Descomposición de los compuestos órgano-halogenados y liberación del halógeno:



b. Reacción del halógeno atómico con el ozono y destrucción de la capa de ozono



c. Regeneración del halógeno atómico



d. Nuevamente, reacción del halógeno atómico con el ozono:



Los fluoroclorocarbonos son gases sintéticos utilizados a nivel industrial en la fabricación de aerosoles, espumas y refrigerantes. Aunque su uso ya ha sido restringido, las cantidades liberadas a la atmósfera han sido enormes. Muchas de las formas de cáncer en la piel que se conocen actualmente son atribuidas a una exposición prolongada a la radiación UV del sol, radiación que es tanto más peligrosa, como menor sea la cobertura de la capa de ozono.

Por otra parte, el  $\text{CO}_2$  liberado a la atmósfera durante los últimos 50 años, (como consecuencia del desarrollo industrial) incrementa la proporción de este gas en la estratosfera generando un efecto de invernadero que puede llegar a ser tan nocivo para la vida en la Tierra, como lo es el efecto de invernadero existente en la atmósfera de Venus.

### 12.3.3 Mesósfera:

La mesosfera es una capa muy tenue de aproximadamente 30 km de espesor, en donde la temperatura disminuye nuevamente con la altitud, desde aproximadamente 50°C hasta aproximadamente -60 °C.

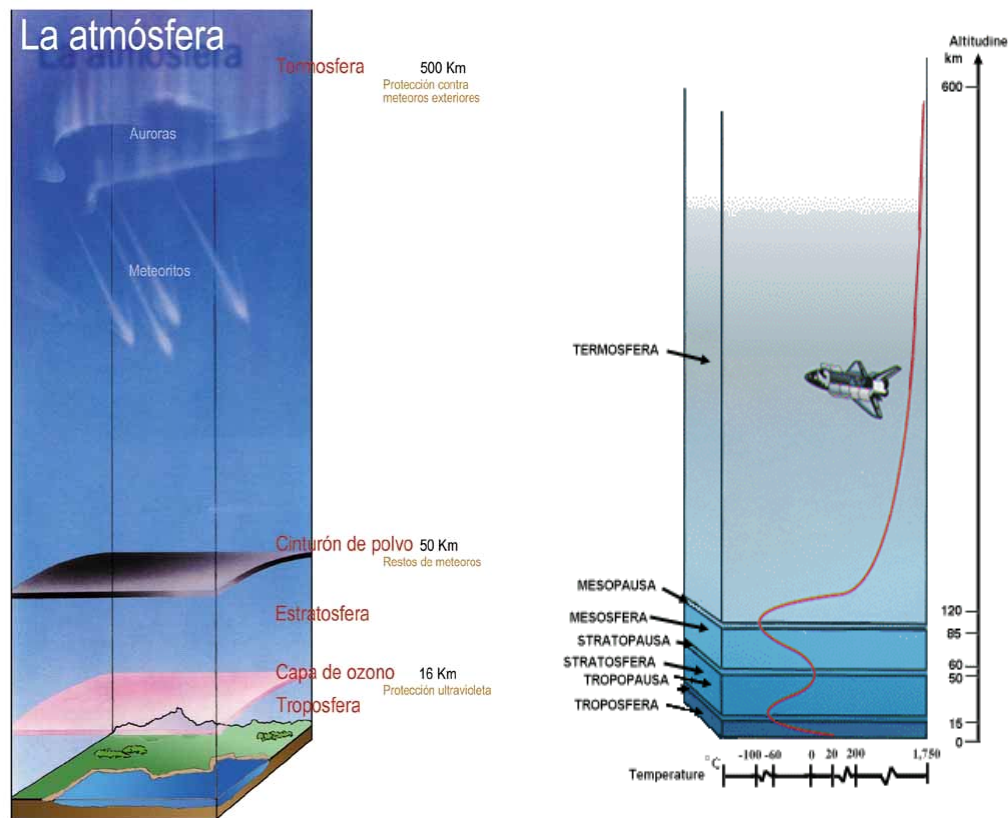
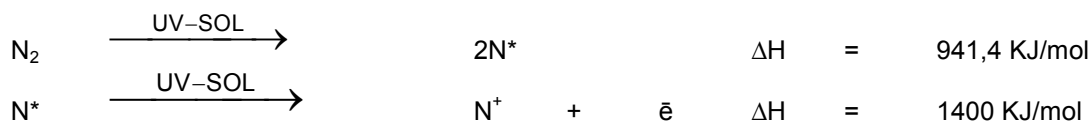


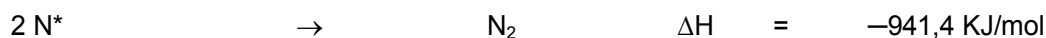
FIGURA 12.2 CAPAS ATMOSFÉRICAS. FUENTE: [WWW.EXPOINDUSTRIA.NET/IMAGES/ATMOSFERA.JPG](http://WWW.EXPOINDUSTRIA.NET/IMAGES/ATMOSFERA.JPG) Y [WWW.MCLINK.IT/MCLINK/ASTRO/IDS/LIB/ATMOS.GIF](http://WWW.MCLINK.IT/MCLINK/ASTRO/IDS/LIB/ATMOS.GIF)

### 12.3.4 Ionósfera:

Es la capa más externa y amplia de la atmósfera. Tiene aproximadamente 400 km de espesor y en ella la temperatura aumenta nuevamente con la altitud, desde aproximadamente - 70 °C hasta aproximadamente 1.000 °C. Este hecho se debe a que por ser ésta la capa más expuesta al sol, recibe la radiación directa de partículas subatómicas tipo electrones, protones y neutrones. Las reacciones de los gases presentes en la ionósfera, con la radiación solar, son altamente endotérmicas, pero dicha energía es suministrada constantemente por la radiación solar.



Sin embargo, cuando dichos elementos regresan a su estado basal, liberan una cantidad de energía similar en forma de calor. Así, la ionosfera absorbe energía en el ultravioleta y la emite en el infrarrojo, bajo la forma de calor:



Las altas temperaturas existentes en la ionosfera son una de las razones por las cuales los transbordadores espaciales llevan un recubrimiento aislante que los protege contra las altas temperaturas. De no ser así, se incinerarían antes de atravesar dicha capa.

## 12.3 Presión atmosférica

Los átomos y las moléculas de los gases en la atmósfera, como los de cualquier otro tipo de materia, están sujetos a la atracción de la fuerza gravitacional. Y puesto que dicha fuerza disminuye con la distancia al centro de la tierra, la atmósfera es mucho más densa cerca de la superficie de la Tierra que lejos de ella. De acuerdo con las mediciones más recientes, aproximadamente el 50% de la masa gaseosa que compone la atmósfera se encuentra dentro de los primeros 6,4 km de altura, el 90% dentro de los 16 km; y el 99 %, dentro de los 32 km. A alturas relativamente cortas (8,6 km en la cumbre del Monte Everest), el aire es ya muy ligero y tenue como para poder ser respirado.

Por definición, la fuerza que experimenta cualquier superficie expuesta a la atmósfera es igual al peso de la columna de aire que se halla sobre ella. Lo que se entiende comúnmente por presión atmosférica estándar es la presión que ejerce la atmósfera de la Tierra sobre los cuerpos que se hallan a una altitud de cero metros sobre el nivel del mar y a 0 °C de temperatura. La especificación de la altitud y de la temperatura es necesaria en la definición ¿Por qué<sup>2</sup>?

### 12.3.1 El barómetro de Torricelli

El barómetro es el instrumento más común para medir la presión de un gas. Un barómetro consta de un tubo delgado de vidrio, cerrado en uno de sus extremos, que ha sido llenado de mercurio y posteriormente invertido y colocado cuidadosamente sobre un recipiente que contiene también mercurio.

Cuando esto se hace sin dejar entrar aire al tubo, una parte del mercurio pasa del tubo hacia el recipiente, generando un vacío extremo en la parte superior. El peso de la columna remanente de mercurio dentro del tubo es exactamente equilibrado por la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie del mercurio en el recipiente.

Ya que a nivel del mar y a 0 °C de temperatura, la altura de la columna de mercurio es igual a 760 mm, se ha escogido el “milímetro de mercurio” como la unidad de presión y se le ha dado el nombre de “torr”, en honor del matemático italiano Evangelista Torricelli (1.608 – 1674), a quien se le atribuye este invento.

A manera de ejercicio, el estudiante debe demostrar la validez de las siguientes relaciones y adquirir habilidad en la interconversión de unidades de presión. ¿A que presión, en términos de kilogramos por centímetro cuadrado, están sujetos los restos del Titanic, si se sabe que yacen a 3240 metros de profundidad?

---

<sup>2</sup> Reflexione sobre esta pregunta. Encuentre su explicación más adelante.

Una atmósfera = 760 mm Hg = 760 Torr =  $1,013 \cdot 10^6$  Din/cm<sup>2</sup> =  $1,013 \cdot 10^5$  Newtons/m<sup>2</sup> = 14,7 lb/pulg<sup>2</sup> = 2116 lb/pie<sup>2</sup>.

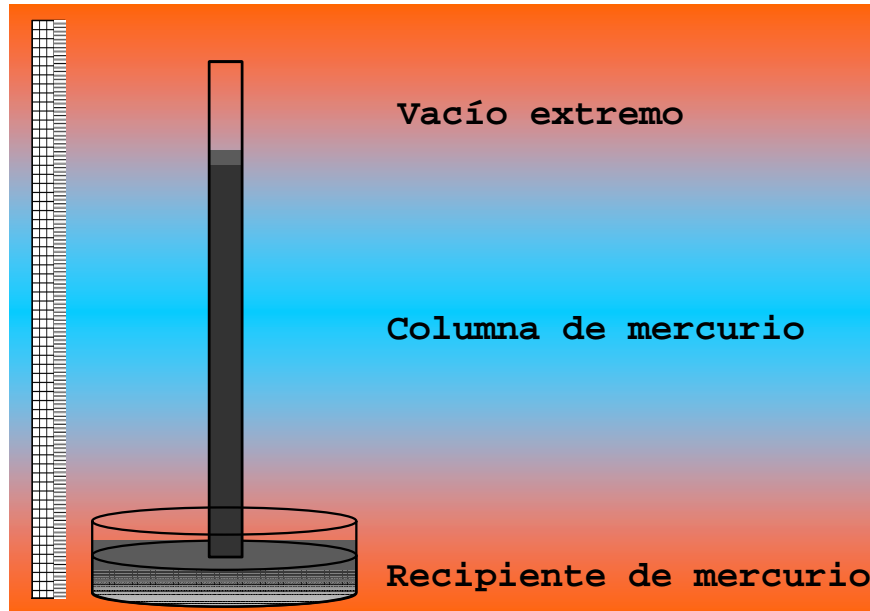


FIGURA 12.3 BARÓMETRO DE MERCURIO. FUENTE: AUTOR

En el Sistema Internacional de Unidades, SI, la unidad de presión es el Newton/m<sup>2</sup>, unidad que se conoce como Pascal. Sin embargo, como esta unidad es muy pequeña para la mayoría de las aplicaciones cotidianas, es más frecuente referirse a kilo Pascales. Así, como una atmósfera =  $1,013 \cdot 10^5$  Newtons/m<sup>2</sup>, entonces,

Una Atmósfera = 101,3 kilo Pascales.

## 12.4 Las leyes de los gases

Aun cuando los diferentes gases que existen en la naturaleza difieren ampliamente en cuanto a sus propiedades químicas, es decir, en cuanto a su grado de reactividad y/o toxicidad, la mayoría de ellos comparte ciertas generalizaciones físicas. Así, por ejemplo, todos los gases adoptan la forma y el volumen del recipiente que los contiene; todos los gases responden con cambios de volumen a los cambios de presión y de temperatura, y a la inversa; adicionalmente, todos los gases están compuestos por partículas en constante, rápido y caótico movimiento, cuya evidencia se manifiesta bajo la forma de presión.

### 12.4.1 Ley de Boyle

Una de las generalizaciones que comparten los gases es la que expresa la relación existente entre la presión y el volumen. Según esta relación, cuando la temperatura es constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión ejercida sobre él. Esta generalización se le reconoce al inglés Robert Boyle (1627 – 1691) quien fue el primero en publicarla.

Que la temperatura sea constante significa que cuando se reduce el volumen de un gas mediante presión, es necesario disipar el calor que se genera durante la compresión del gas, antes de realizar la comparación de los volúmenes, con objeto de que esta sea hecha en igualdad de condiciones. Esto debido a que cuando los gases se comprimen, se calientan, mientras que cuando se expanden, se enfrían. Sobre este principio funcionan todos los equipos de refrigeración.

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{A temperatura constante} \quad V = \frac{K_1}{P}$$

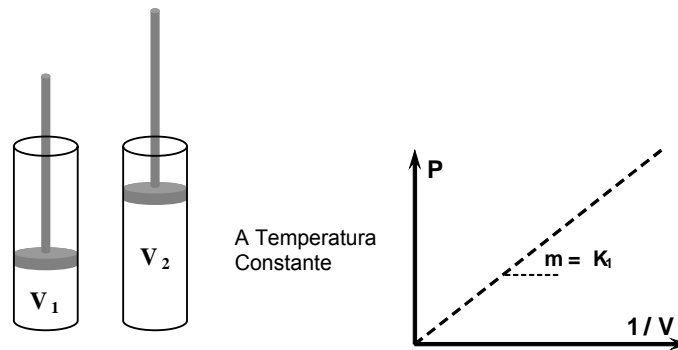


FIGURA 12.4 RELACIÓN ENTRE PRESIÓN Y VOLUMEN. FUENTE: AUTOR

Así, un sistema de refrigeración consta de tres partes: una parte térmicamente aislada en donde se almacenan los alimentos; una bomba accionada por un motor que comprime el gas fuera de la unidad térmica y lo suelta dentro de ésta a través de una tubería metálica que actúa como sistema de comunicación y como medio, a través del cual se realiza el intercambio de calor.

El proceso de refrigeración funciona en dos tiempos. En una primera etapa la bomba recoge el gas y lo comprime, fuera del refrigerador, para que el calor generado durante la compresión se disipe hacia el exterior. En una segunda etapa, el gas se libera hacia el interior, enfriándose como consecuencia de su expansión y “extrayendo calor del interior”. La bomba recoge nuevamente el gas y lo comprime afuera, para soltarlo nuevamente hacia el interior...

### 12.4.2 Ley de Gay - Lussac

Otra de las generalizaciones que comparten muchos gases es la que expresa la relación existente entre la temperatura y el volumen. De acuerdo con esta relación, cuando la presión es constante, todos los gases se expanden y contraen en proporción directa a los cambios de temperatura. Esta generalización de los gases dio origen al transporte aéreo mediante globos y dirigibles.

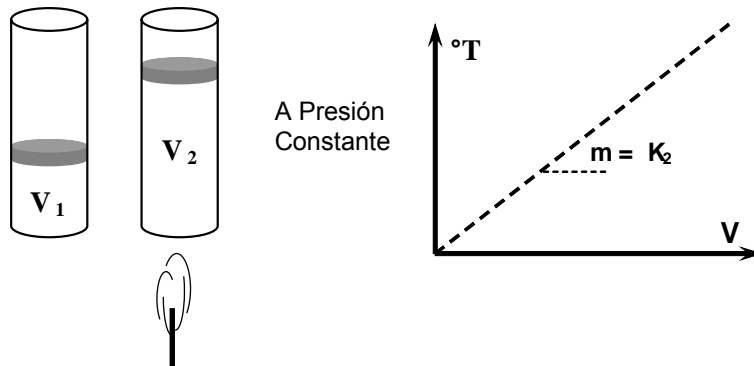


FIGURA 12.5 RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y VOLUMEN. FUENTE: AUTOR

$V \propto ^\circ T$  A presión constante

$$V = k_2 \cdot ^\circ T$$

En donde  $k_2$  es una constante de proporcionalidad.

#### 12.4.4 Ley de Avogadro

En 1811 Amadeo Avogadro publicó una hipótesis según la cual, "...A las mismas condiciones de presión y de temperatura, volúmenes iguales de cualquier gas contienen el mismo número de partículas componentes, ya sean éstas átomos o moléculas...". De ésta generalización se deduce que a las mismas condiciones de presión y de temperatura, el volumen de cualquier gas es directamente proporcional al número de moles,  $n$ .

$V \propto n$  Cuando  $P$  y  $^\circ T$  son constantes

$$V = k_3 n$$

En donde  $k_3$  es una constante de proporcionalidad.



FIGURA 12.6 ILUSTRACIÓN GRÁFICA DE LA LEY DE AVOGADRO. FUENTE: AUTOR

## 12.4.5 Ecuación de los gases ideales

Lo que se conoce como ecuación ideal de los gases, es la combinación de las leyes de Boyle, Gay-Lussac y Avogadro. A partir de estas tres observaciones generales, se puede deducir fácilmente que:

$$V \propto \frac{n^\circ T}{P} \quad \text{Para cualquier } n, T^\circ \text{ y } P \quad V = \frac{Rn^\circ T}{P}$$

O bien:  $PV = nR^\circ T.$  Ecuación No 12.4.

En donde "R" es una constante de proporcionalidad que se conoce como "la constante universal de los gases". Nótese que, en el desarrollo de esta ecuación, no se considera que los cambios de presión o de temperatura puedan ocasionar cambios de estado en el gas; tampoco se considera la polaridad de las moléculas ni la existencia de atracciones intermoleculares. Además, la ecuación presupone que el volumen de las partículas comprimidas es despreciable, en comparación con el volumen del gas. Por todo esto, la ecuación 12.4, se conoce como "La ecuación de los gases ideales".

Sin embargo y pese al adjetivo de "ideal", la ecuación 12.4 describe con bastante aproximación el comportamiento de muchos gases sometidos a cambios de presión y de temperatura, dentro de intervalos razonables. Cuando la presión del gas se expresa en atmósferas, la temperatura en grados Kelvin y el volumen en litros, "R" es igual a:

$$R = 0,0821 \text{ litros X atmósfera/mol X K}^\circ$$

## 12.5 Lluvia ácida

La lluvia ácida es el resultado de la combinación de los óxidos de nitrógeno y de azufre con el agua en la capa inferior de la atmósfera conocida como troposfera.

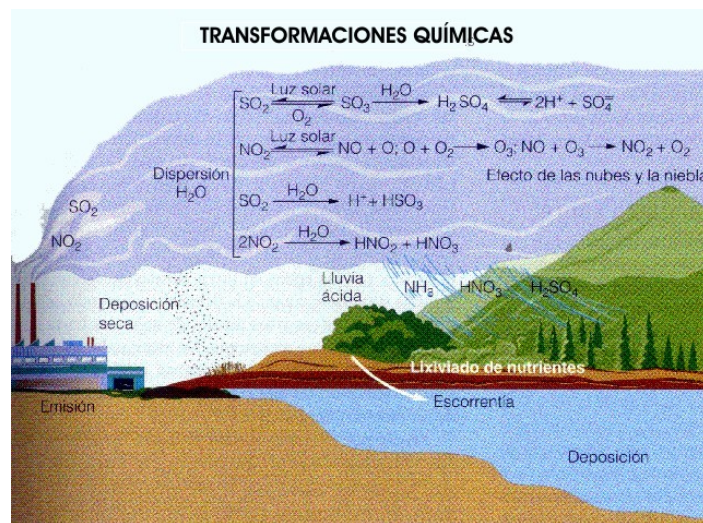
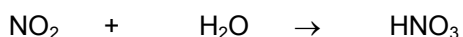
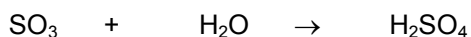
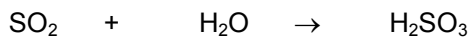


FIGURA 12.7 DIAGRAMA DE LA GENERACIÓN DE LLUVIA ÁCIDA. FUENTE:: [WWW.SAGAN-GEA.ORG/HOJARED/HOJA13.HTM](http://WWW.SAGAN-GEA.ORG/HOJARED/HOJA13.HTM)

Los óxidos de nitrógeno y de azufre que se generan y liberan a la atmósfera en diversos procesos industriales, tales como los que ocurren en las termoeléctricas, en la fabricación de los ácidos sulfúrico y nítrico y en la combustión de hidrocarburos en los automotores, entre muchos otros procesos, tienen la capacidad potencial de formar ácidos al contacto con la humedad atmosférica.

Cuando estos gases se liberan a la atmósfera, se combinan con el agua presente en la atmósfera bajo la forma de humedad y forman los ácidos correspondientes que modifican el pH del agua lluvia, desde su valor natural,  $\text{pH} \approx 5$ , hasta  $\text{pH}$  inferiores a 4. La lluvia ácida generada de esta forma corroe las estructuras metálicas que contacta, disminuye la resistencia del concreto y altera la vida en los ecosistemas en donde se acumula.



## 12.6 El smog

La palabra “smog” se utiliza para describir la combinación de gases y partículas sólidas dispersas en el aire, que emanan de los procesos industriales. La parte gaseosa del smog está compuesta principalmente por  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  e hidrocarburos gaseosos parcialmente quemados que escapan del motor de los automóviles. Tanto estos gases como el material particulado contenido en el smog afectan el sistema respiratorio de los organismos superiores y son la causa de múltiples enfermedades pulmonares y coronarias en el hombre.

La capa de smog sobre la ciudad de Bogotá puede observarse mirando la ciudad en un día despejado, desde los cerros de Monserrate, Guadalupe o La Calera. Los estudios en contaminación atmosférica son relativamente nuevos y complejos. Una de las principales limitaciones, consiste en la carencia de una línea base que permita comparar la composición del aire en diferentes épocas y analizar sus proyecciones con rigurosidad científica.

El Centro Internacional de Física, CIF, Universidad Nacional de Colombia, desarrolla actualmente una metodología para la medición y cuantificación de la contaminación atmosférica, basada en la dispersión y absorción de luz monocromática. El método consiste en dirigir un rayo láser hacia la atmósfera desde diferentes puntos de la ciudad y en captar, mediante un receptor, la luz reflejada por el material particulado, presente en la atmósfera en forma de humos. Teóricamente, la intensidad de la reflexión deberá ser proporcional a la concentración de material particulado presente en la atmósfera y la “absorción de luz”, directamente proporcional a la concentración de gases en el aire.

De esta forma, se puede conocer el estado de contaminación atmosférica de un lugar, mediante el análisis de la dispersión y absorción de luz de su masa gaseosa. La figura 12.8 ilustra la capa de smog formada sobre una ciudad industrial típica.



FIGURA 12.8 CAPA DE SMOG SOBRE UNA CIUDAD TÍPICA. FUENTE: KURP-WWW.HUT.FI/~ILO/ 2001/SEST/KUVAT/SEST15.JPG

## 12.7 Epílogo

### Con el tiempo...

Con el tiempo aprendes la sutil diferencia que existe  
entre tomar la mano de alguien y encadenar su alma.  
Y aprendes que el amor no significa apoyarte en otro  
y que la compañía de otros no significa seguridad interior.

Con el tiempo empiezas a entender que los besos  
no son contratos y que los regalos no son promesas.  
Y aceptas tus derrotas con la cabeza en alto,  
con los ojos bien abiertos, con la postura de un ser humano  
y no con el rostro afligido de un niño.

Con el tiempo aprendes a construir todos tus caminos en el hoy,  
porque el mañana es demasiado incierto  
Y aprendes que incluso los agradables rayos de sol  
pueden quemarte si te expones demasiado a ellos.

Por lo tanto, siembra y riega todos los días tu propio jardín  
y adorna y nutre tu propia alma,  
en vez de esperar o desear que alguien lo haga por ti.

Y así aprenderás que puedes sobrellevarlo todo,  
que en verdad eres fuerte, que vales mucho  
y que cada mañana llega, un nuevo amanecer

Tomado de: <http://www.ee.pdx.edu/~arustan/poesia.html>  
Adaptación de Jorge Cárdenas, J@L. Mayo / 2002

## Ejercicios de Aplicación y Reflexión

1. Defina presión y deduzca su expresión en términos de atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado, libras por pulgada cuadrada, dinas por centímetro cuadrado y Newtons por metro cuadrado.
2. ¿Por qué se usa una columna de mercurio y no de agua para medir la presión?
3. Deduzca y explique la ecuación de los gases ideales paso por paso.
4. Exprese la presión a la que está sometido un buzo que nada a 45 metros de profundidad, en términos de atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y libras por pulgada cuadrada.
5. Un gas que ocupa un volumen de 2,5 litros a una presión de 47 libras por pie cuadrado, se deja expandir a temperatura constante hasta cuando el volumen llega a 18 litros. ¿Cuál es la nueva presión en términos de atmósferas?
6. Si 25 litros de hidrógeno se calientan de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ , a presión constante, ¿cuál es ahora el volumen de hidrógeno?
7. Una cierta cantidad de gas se halla contenida en un recipiente a  $25^{\circ}\text{C}$  y a una presión de 17 Newtons por centímetro cuadrado. Asumiendo que el recipiente está diseñado para soportar presiones de hasta 30 atmósferas, ¿cuál es la máxima temperatura a la que puede elevarse el gas sin que se rompa el recipiente?
8. Diez gramos de hielo seco, han sido colocados en un recipiente vacío de 10 litros a una temperatura constante de  $15^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es la presión interior del recipiente cuando todo el hielo seco se ha transformado en gas?
9. La temperatura y presión típicas en la estratosfera son de  $250^{\circ}\text{K}$  y 0,001 atmósferas, respectivamente. Si esta capa está formada exclusivamente por ozono, (60 %), hidrógeno, (30%) y nitrógeno (10%), ¿cuántas moléculas de cada uno de estos gases están presentes en un litro de estratosfera?
10. ¿Qué porcentaje de oxígeno se desprende de la sangre de un buzo que nada a 30 metros de profundidad, si asciende súbitamente a la superficie a nivel del mar?
11. Una bebida carbonatada desprende por agitación, 2,5 veces su volumen en  $\text{CO}_2$ . ¿Cuál era la presión interna antes de destaparla, a las condiciones ambientales de Bogotá?

## Lecturas y referencias sugeridas

- Farrington, D., Alberty, R. Físicoquímica, Capítulo 9. Editorial CECSA. , México D. F. 1979.  
Hollyday and Resnick. Física, Capítulos 23 y 24. Editorial CECSA. México D. F. 1975.  
Levine, I. Físicoquímica, Capítulos 1, 2 y 8. Mc Graw-Hill, Bogotá, 1982.  
Chang Raymond. Química, Capítulos 5 y 17. Mc Graw-Hill, Bogotá, 1999.  
<http://www.una.ac.cr/quim/laqat/laqat1.html>  
<http://www.if.ufrj.br/teaching/cosmol/quimica.html>  
<http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/gasIdeal/gasIdeal.html>

[http://www.lafacu.com/apuntes/quimica/teor\\_cine\\_gases/default.htm](http://www.lafacu.com/apuntes/quimica/teor_cine_gases/default.htm)

[http://www.hottopos.com/regeq2/gas\\_perfeito\\_cont.htm](http://www.hottopos.com/regeq2/gas_perfeito_cont.htm)

<http://www.zpe.hpg.ig.com.br/gases/gases.htm>

[www.sbf1.if.usp.br/eventos/ebfp/6/programa/res0034.pdf](http://www.sbf1.if.usp.br/eventos/ebfp/6/programa/res0034.pdf)

[www.terra.es/personal/isabel.uniovi/asklec6.doc](http://www.terra.es/personal/isabel.uniovi/asklec6.doc)

[www.relaq.mx/RLQ/tutoriales/cromatografia/Gas.htm](http://www.relaq.mx/RLQ/tutoriales/cromatografia/Gas.htm) - 28k

[www.geocities.com/SiliconValley/Lab/9043/quimica/resumo17.htm](http://www.geocities.com/SiliconValley/Lab/9043/quimica/resumo17.htm) - 13k