

CIENCIAS NATURALES
Y EDUCACIÓN
AMBIENTAL
PARTE 2

9



SEP



El surgimiento de la tabla periódica

Con el aumento de los elementos químicos durante el siglo XIX, los químicos comenzaron a pensar en una forma de organizarlos y de encontrar características comunes entre ellos. En 1862, después de haber establecido Cannizzaro el peso atómico como una de las más importantes herramientas de trabajo de la química, un geólogo francés, Aléxandre Émile Beguyer de Chancourtois, comprobó que los elementos se podían disponer en forma de tabla por orden creciente, según su peso atómico, de modo que los de propiedades similares se hallaran en la misma columna vertical. Dos años más tarde, un químico británico, John Alexander Reina Newlands, llegó a disponerlos del mismo modo, independientemente de Chancourtois. Pero ambos científicos fueron ignorados o ridiculizados. Ninguno de los dos logró ver impresas sus hipótesis. Muchos años más tarde, una vez reconocida universalmente la importancia de la tabla periódica, sus investigaciones fueron publicadas al fin. A Newlands se le concedió inclusive una medalla.

No obstante, fue el químico ruso Dimitri Ivanovich Mendeléiev quien finalmente puso orden en la selva de los elementos. En 1869, él y el químico alemán Julius Lothar Meyer propusieron tablas de los elementos que, esencialmente, se regían por las ideas de Chancourtois y Newlands. Pero Mendeléiev fue reconocido por la ciencia, porque tuvo el valor y la confianza de llevar sus ideas más allá que los otros. No obstante, su mayor triunfo se atribuye al hecho de predecir las propiedades de algunos elementos aún no conocidos y asignar su posición en la tabla periódica.

La estructura atómica

La indivisibilidad del átomo comenzó a sucumbir a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, mediante experimentos que probaron la existencia de partículas más pequeñas que el átomo. Ejemplo de esto son los trabajos de radiactividad realizados por Becquerel con el descubrimiento de los rayos X y los experimentos con elementos y minerales radiativos de los esposos Pierre y Marie Curie (1898). De la misma forma, los electrones de J. J. Thompson (1898) y el descubrimiento del núcleo atómico por Lord Rutherford (1911). Con base en esto, Rutherford sugirió que el átomo posee un núcleo o centro, en el que se encuentra su masa y su carga positiva con electrones girando a su alrededor del núcleo en órbitas circulares (algo parecido a los planetas girando alrededor del Sol).

El salto de lo clásico a lo cuántico

El modelo de Rutherford, aunque válido desde algunas perspectivas, no satisfacía las leyes de la Física de la época, por tanto, una mejor propuesta fue presentada por el físico danés Niels Bohr, quien recurrió a la denominada teoría de los cuantos formulada por el alemán M. Planck (1858-1947). Según este modelo, los electrones sólo pueden circular alrededor del núcleo atómico en ciertas órbitas circulares, seleccionada de acuerdo con unas leyes expresables matemáticamente. No obstante, a este propuesta Sommerfeld le hizo algunas modificaciones e introdujo el concepto de subnivel.

A pesar de esto, esta nueva visión no satisfizo a los científicos y finalmente se optó por una visión más compleja y matemática que trata con las probabilidades. En este modelo, no se puede afirmar con exactitud en qué punto se encuentra el electrón: no obstante, sí se puede preveer en qué región del espacio se hallará muy probablemente en un instante determinado. A esta región se le llama orbital atómico.

Finales del siglo XX y comienzos del XXI: la búsqueda de la última partícula

De la visión indivisible del átomo a la aparición del protón, electrón y neutrón, pasaron muchos años. No obstante, el hombre no se ha quedado ahí y sigue tratando de refutar la visión griega de que existe una última partícula hasta donde la materia puede dividirse. En esta búsqueda, han encontrado partículas especiales del tipo de los electrones pesados, llamadas muones, y piones o pimesones, que mantienen unidos a los protones y neutrones, utilizando aceleradores construidos para desintegrar los núcleos por medio de la rápida rotación de las partículas.

Los electrones, los muones y los neutrinos son variaciones de una misma partícula llamada leptón; en tanto que los protones neutrones y piones son todos del tipo hadrón. Una tercera familia, conocida como bosones, incluye diminutas partículas mensajeras que transmiten toda la fuerza cósmica del universo. Los fotones, por ejemplo, son los bosones que transportan la fuerza electromagnética, y pueden existir partículas llamadas gravitones, responsables de la fuerza gravitatoria.

Ahora los físicos creen que todos los hadrones están constituidos por partículas incluso más básicas llamadas quarks. De acuerdo con la teoría de los quarks, estos vienen en seis formas: arriba, abajo, extraño, encantado, fondo y cima. Los neutrones y los protones son en esencia tripletas de quarks; los piones son pares. Junto con los leptones, los quarks parecen ser las unidades constitutivas del universo.

Como si esto fuera poco, los científicos han estado convencidos de que cada partícula tiene su antipartícula, su imagen reversa, semejante pero en todos los sentidos opuesta. Por cada electrón existe un positrón de carga positiva; por cada quark un antiquark, etc. En síntesis, aún no se sabe si ya se ha encontrado la última partícula que hace la materia, y la búsqueda aún continúa. Por cierto, el campo de las partículas subatómicas ha dejado de ser parte de la química y ha tomado mayor importancia en la física moderna.

Para mayor información consultar las siguientes fuentes:

<http://www.monografias.com/trabajos/alquimia/alquimia.shtml>

<http://www.geocities.com/manuvilla2000/>

1.6. ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS: BIOMASA, HIDRÁULICA, EÓLICA, OCEÁNICA, SOLAR Y NUCLEAR

Corresponde a la sesión de GA 1.9 (97.3.Q) ¿QUIÉN DA MÁS?
y 1.10 (99.3.Q) CASI ETERNA

Debido a la escasez de petróleo y a los problemas ambientales que provoca el uso de los combustibles fósiles, se han elaborado, en algunos países, programas para la investigación de las llamadas “fuentes alternas de energía”, con el fin de disponer de la tecnología apropiada para su utilización.

Una fuente renovable de energía debe producir una cantidad tal de ella, que su consumo no puede ser superior a su generación natural. La Organización de las Naciones Unidas (1981) considera como “fuentes de energía nuevas y renovables” a las siguientes: **biomasa, hidráulica, geotérmica, eólica, oceánica y solar.**

Biomasa

Se conoce como **biomasa** a la masa total de la diversidad de organismos localizados en un ecosistema, la energía que se puede obtener a partir de ella depende, principalmente, de su contenido de carbohidratos; al someterla al proceso de digestión o fermentación, se pueden obtener alimentos, combustibles y fertilizantes.

El **biogás** es una mezcla de metano y dióxido de carbono, se obtiene mediante la reacción anaeróbica de materia orgánica, esta reacción depende de su composición, de la temperatura, acidez y tiempo de residencia en el reactor. Se ha utilizado con éxito el estiércol de varios animales de establo, del que se obtiene desde unos cuantos hasta varios litros de gas, el cual puede ser usado como combustible; también posee buenas propiedades energéticas y con llama estable. Se ha calculado que el biogas es 40% más barato que el propano.

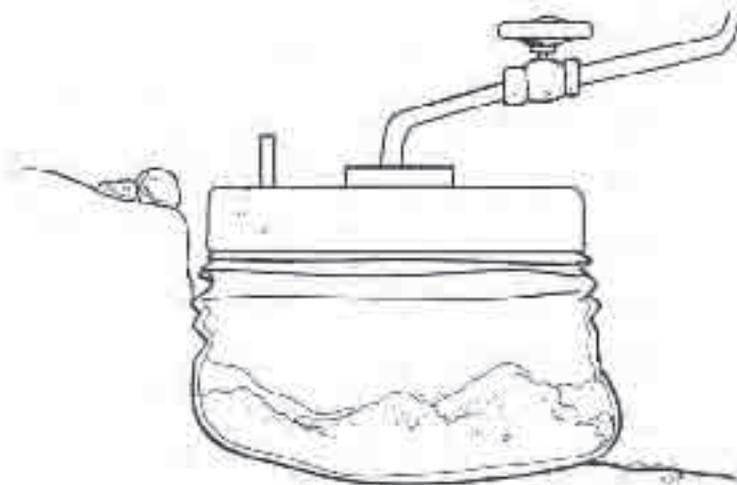


Figura 11. Sistema para obtener combustible a partir de residuos orgánicos.

El **etanol** se puede obtener por fermentación de líquidos azucarados, se obtienen aproximadamente 60 L de etanol por tonelada de materia prima, éste puede sustituir parcialmente a la gasolina en una mezcla de 90% de gasolina y 10% de alcohol, permitiendo a su vez el funcionamiento de motores de combustión interna.

Energía hidráulica

Se aprovecha la energía de movimiento del agua de los ríos para mover turbinas y generar corriente eléctrica.

En las grandes centrales hidroeléctricas del país, se producen unos 25 kw/h por año; existen plantas microhidráulicas que aprovechan las pequeñas caídas de agua, se ha estimado que en conjunto producen unos 100 Tw/h/año, la energía de las pequeñas caídas de agua se puede utilizar para mover molinos.

Energía eólica

Las corrientes de aire son provocadas, principalmente, por los diferentes niveles de radiación solar que se reciben en las zonas polares y en las tropicales. La conversión de la energía del aire en movimiento (energía eólica) a energía eléctrica tiene un rendimiento aproximado del 40%.

Los convertidores eólicos de mejor rendimiento son los de eje horizontal, a mayor velocidad del viento y mayor radio de la hélice, mayor será la potencia del convertidor eólico.

En los Estados Unidos de América, se han instalado centrales eólicas provistas de muchos convertidores eólicos. Una desventaja que presenta este sistema es el ruido producido por las máquinas ya que, inclusive, pueden interferir con los sistemas de comunicación local.



Figura 12. Convertidores eólicos.

Energía oceánica

Es posible aprovechar la energía cinética y la potencial de las mareas y las olas.

Para efectuar un análisis económico de los sistemas mencionados, se deben considerar los costos siguientes: el inicial se refiere a los energéticos empleados; el de operación se relaciona con el mantenimiento; y, el último, el deterioro de los equipos o el reemplazo de los mismos.

La inflación puede afectar más los costos de producción de energía convencional, que los sistemas alternativos.

El aumento del precio del petróleo trae consigo el incremento de los costos de la energía producida por sistemas convencionales.

Los sistemas térmicos solares pueden ser una buena inversión a largo plazo, al igual que el uso de fotoceldas.

Es conveniente el desarrollo masivo de las fuentes alternas de energía en las zonas rurales, ya que producir la energía a la manera tradicional muchas veces es caro y difícil.

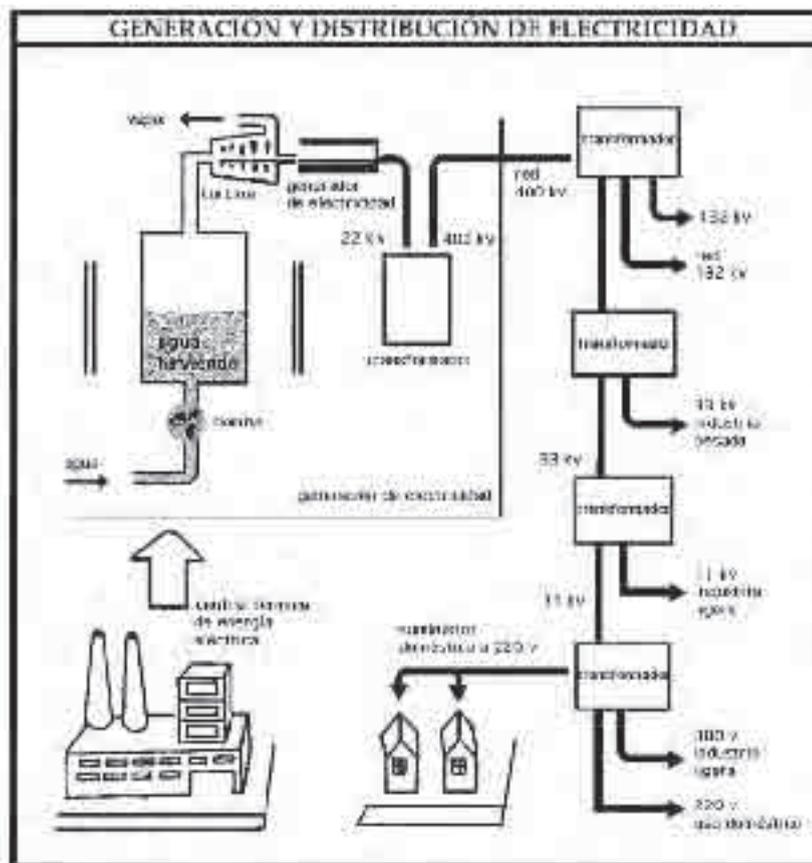


Figura 13. Central térmica: el calor producido por la combustión o reacción nuclear produce vapor que hace rotar las aspas de la turbina.

La energía se ha obtenido, durante muchos años, a partir de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo; esto ha ocasionado el consumo acelerado de los mismos, su escasez es una de las consecuencias de su sobreexplotación. Además, se estima que la reserva mundial es suficiente sólo para unos cuantos años más.

Ésta es una de las razones por la cual es necesario utilizar otras fuentes alternas de energía, que sean prácticamente inagotables; éstas pueden ser la solar y la nuclear.

Energía solar

La energía solar puede tener dos aplicaciones: la primera, convertir la radiación en calor, y la segunda, transformar directamente la energía incidente en electricidad por medio de fotoceldas.

Al convertir la energía solar en energía térmica, ésta puede emplearse tanto en el ámbito doméstico como industrial.

En el ámbito doméstico, la energía solar se puede utilizar en la climatización pasiva, esto es, el calor se conservaría dentro de los edificios o casas por medio de materiales especiales como persianas y sombras de movimiento heliotrópico (que giran siguiendo el movimiento del Sol). También es posible producir hielo, destilar agua y acondicionar invernaderos con este sistema.

El **calentador solar fijo** es una placa de 2 m² de longitud y de 5 a 10 cm de espesor aproximadamente; la radiación solar pasa a través de una cubierta transparente y calienta una superficie negra metálica, la cual transmite ese calor al agua que se encuentra dentro de unos tubos. Se coloca a mayor altura que el colector para que el líquido fluya hacia él.

En el ámbito industrial se usan materiales más sofisticados (doble o triple cubierta de vidrio, superficies tratadas especialmente y no pintadas, etc.) que permiten alcanzar temperaturas de 100°C. Éstos se utilizan para destilar agua, en el precalentamiento de la misma para su empleo en calderas y en el secado agrícola.



Figura 14. Calentador solar fijo.

En el **colector solar móvil**, se alcanzan temperaturas mayores a los 100°C; para esto es necesario concentrar la radiación solar mediante lentes o espejos, ya que mientras menor sea la zona en donde se concentra la radiación, más alta resultará la temperatura.

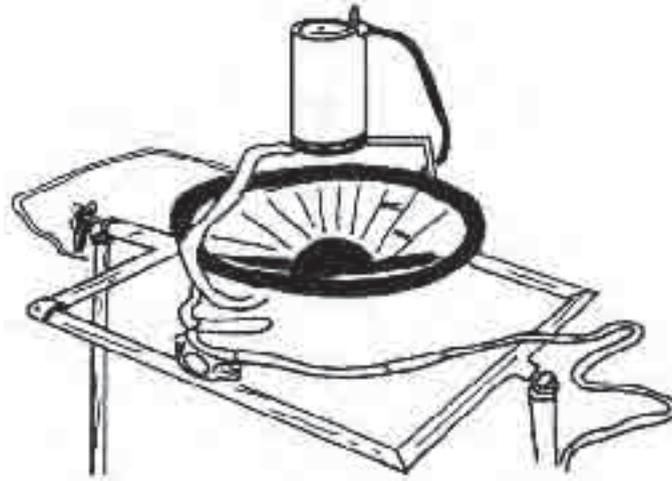


Figura 15. Colector solar móvil.

La **celda solar** o **fotocelda**, construida con semiconductores, convierte directamente la energía solar en electricidad. Una fotocelda produce entre 0.5 y 1 v; al conectarse un número adecuado de ellas, se puede satisfacer cualquier demanda eléctrica requerida. Algunas de las ventajas de este sistema son su bajo peso, no requieren orientarse continuamente y con una eficiencia probada del orden del 10%.

Vatio-pico: potencia desarrollada bajo una insolación de 1 000 w/m² a una temperatura de 20°C.

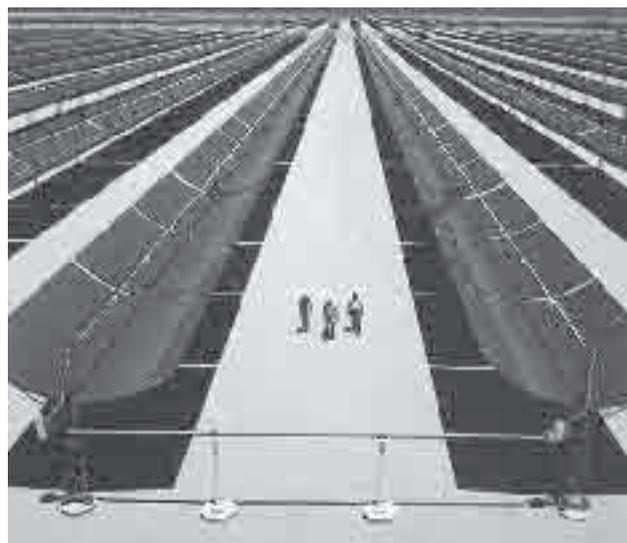


Figura 16. Planta de energía solar en el desierto de Mojave, Estados Unidos.



Figura 17. Placas solares.

Estos sistemas son viables para generar electricidad en zonas rurales distantes a más de 20 km de la red de distribución eléctrica, tanto para uso doméstico como agrícola.

La vida de un panel solar puede variar entre 10 y 30 años; con un convertidor especial se pueden conectar a él un televisor, un radio, una grabadora, electrodomésticos pequeños, una bomba de agua, un ventilador, etc.

Energía nuclear

Actualmente, el uranio (U) constituye una alternativa altamente productiva, ya que se usa como combustible para obtener energía eléctrica en una “central nuclear”.

En una central nuclear, se obtiene calor para producir vapor, el cual hará mover una turbina que, a su vez, impulsará un generador eléctrico. El calor se obtiene mediante una reacción nuclear llamada “fisión”.

Fisión

La fisión consiste en impactar una partícula altamente energética a un núcleo de un átomo de un elemento como el isótopo de Uranio U-235, lo cual genera inestabilidad y deformación hasta fisiónarlo (romperlo), así libera grandes cantidades de energía, dos fragmentos nucleares y tres protones; estos últimos se impactarán en otros tres núcleos, lo que hará que este mismo proceso se repita. A este tipo de reacción se le conoce como **reacción en cadena**; para que la reacción continúe deberá haber suficiente “combustible” (en este caso, el uranio).

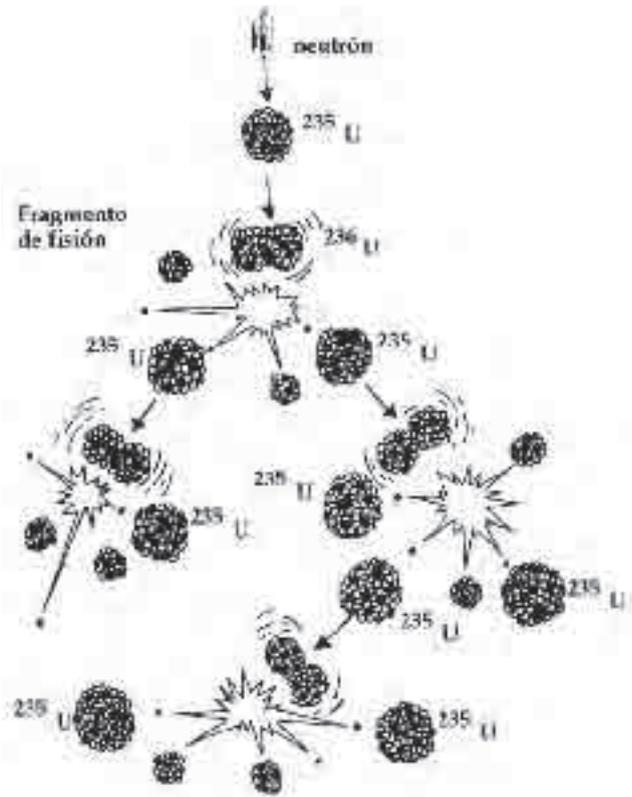


Figura 18. Reacción en cadena.

La energía liberada por la fisión de cada átomo de U es de aproximadamente 10^{-11} J, un valor extremadamente elevado en comparación con el valor de la energía que se libera en una reacción química común.

Alvarenga, 1983.

La energía que se libera durante la reacción en cadena es calorífica, ésta se utiliza para producir vapor, el cual impulsa las turbinas de los generadores eléctricos para, finalmente, producir electricidad.

Las centrales atómicas o nucleoelectricas presentan algunas desventajas, tales como:

- Producción de desechos altamente contaminantes, por ser radiactivos.
- Accidentes graves como el de la planta de Three Miles (Tres Millas) en Pennsylvania, EUA en 1979 y la de Chernobyl, en la Unión Soviética en 1986; ambos accidentes fueron causados por la pérdida del enfriador en el núcleo del reactor. En Chernobyl se registraron muertos y aún se desconoce el daño global y preciso. Hubo la necesidad de reubicar a 135 000 personas, ya que la descarga radiactiva de Cs 134 (cesio-134) y Cs 137 (cesio-137) puede originar serios problemas de salud a largo plazo.

1.7 PROYECTO: SER HUMANO - CIENCIA - TECNOLOGÍA - SOCIEDAD - AMBIENTE

Corresponde a la sesión de GA 1.11 (101.3.Q) MANOS A LA OBRA

El uso de combustibles fósiles ha provocado un desajuste en los ciclos naturales, por lo cual es necesario planear el uso de las fuentes alternativas de energía, una de las cuales es la energía solar.

La energía solar no requiere transporte de combustible ni almacenamiento de electricidad. Puede utilizarse en la calefacción o refrigeración, o bien, para producir más electricidad mediante pequeños generadores (fotoceldas).

En el medio rural, es conveniente implementar el uso de la energía solar, para lo cual es necesario diseñar un proyecto, planteándose en primer lugar las siguientes preguntas.

¿Qué es lo que se pretende realizar?, ¿por qué y para qué se quiere ejecutar el proyecto?, ¿cómo se llevará a cabo?, ¿de qué materiales se dispone? y ¿con quién se cuenta para llevarlo a cabo?

Cabe recordar que un proyecto contempla dos etapas fundamentales: la planeación y la ejecución.

Planeación

Consiste en elaborar, por escrito, lo que se pretende realizar, contestando las preguntas antes mencionadas; por lo tanto, en primer término, se deberá establecer el tema, en este caso “Utilización de la energía solar”.

Una vez definida la idea, se debe establecer la meta a la que se pretende llegar, por ejemplo: desalinización de agua de mar, construcción de una cocina solar sencilla, calentador solar, obtención de energía eléctrica, etc.

Ya establecida la finalidad del proyecto, es necesario reunir información bibliográfica sobre el uso de la energía solar. Con la información obtenida, se podrá determinar si se cuenta con los materiales necesarios o bien la facilidad o dificultad de obtenerlos.

Se deberá tener en cuenta cuántas personas son necesarias para el proyecto, establecer las actividades y el tiempo para realizarlas.

Es necesario evaluar cada tarea para detectar fallas y así corregirlas a tiempo.

Es conveniente que, además de contar con la asesoría del profesor o profesora, se solicite ayuda a otras personas que tengan conocimientos sobre el tema.

Ejecución

Una vez terminada la planeación, sigue la ejecución; en esta parte se llevan a cabo los pasos propuestos, tomando nota de los resultados obtenidos, así como de las dificultades que se presentan para su realización.

En ocasiones, es conveniente ejecutar el proyecto a escala para, posteriormente, realizarlo en las dimensiones propuestas.

Ahora sí, contando con la información básica, ¡es tiempo de proponerse la realización de un proyecto! ¡Manos a la obra!

Capítulo 2

ENLACES Y REACCIONES QUÍMICAS



En este capítulo, se estudia la forma o mecanismos en que los átomos de los elementos se unen para formar compuestos.

Se hace énfasis en el concepto de electronegatividad, los tipos de enlaces, características de los enlaces iónico y covalente y los tipos de reacciones químicas. Así mismo, se muestra la importancia de los productos químicos en el hogar, sus beneficios y perjuicios. Para estos últimos, se ilustra la forma que deben prestarse los primeros auxilios en caso de un accidente en el hogar.

La fórmula química de un compuesto es la información instantánea acerca de su composición.

SAMUEL MADRAS

2.1 ELECTRONEGATIVIDAD

Corresponde a la sesión de GA 2.12 (92.2.Q) LA BUENA VIBRA

En la mayoría de los átomos, a excepción de los gases nobles, las atracciones electrostáticas son mayores que las repulsiones, por lo cual los átomos se atraen entre sí formando enlaces. En este proceso la electronegatividad, es importante y se define como la capacidad que presenta un átomo para atraer electrones.

Los elementos más electronegativos se caracterizan por tener mayor número de electrones en su último nivel de energía y atraer electrones de átomos en los que se encuentra un menor número de electrones en el último nivel.

Un ejemplo sería el flúor (F) y el litio (Li), el primero se considera más electronegativo por tener un valor de electronegatividad de 4, y 7 electrones en el último nivel, mientras que el segundo posee un valor de 1, y 1 electrón en su último nivel. Por lo tanto, el litio cederá su electrón al flúor para que complete 8 electrones en su última órbita y pueda formar un compuesto.

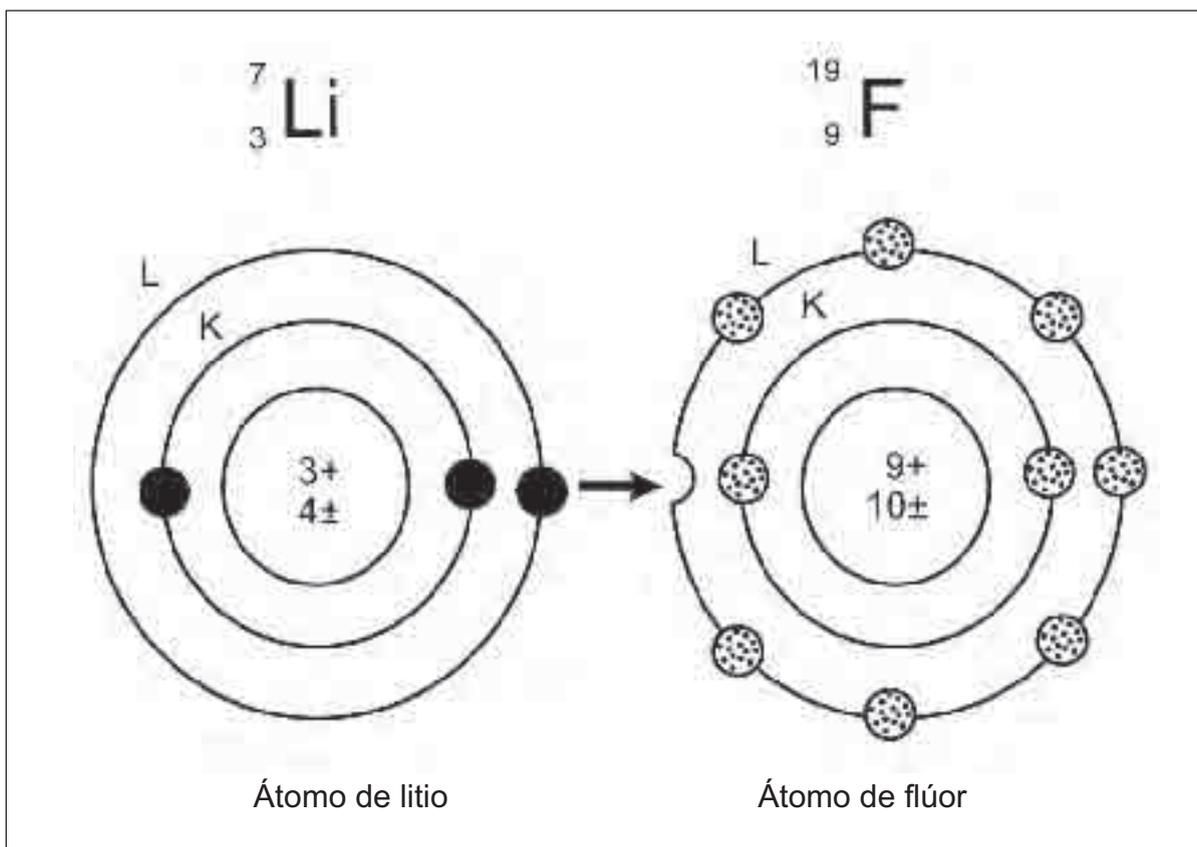


Figura 1. Átomos de litio y flúor.

Otro ejemplo es el del cloro (Cl), el cual tiene un valor de electronegatividad de 3, y, 7 electrones en el último nivel y el hidrógeno (H), con valor de electronegatividad de 2.1, y, 1 electrón en su último nivel. Por lo anterior, el cloro atraerá el electrón que se encuentre en el último nivel de energía del hidrógeno.

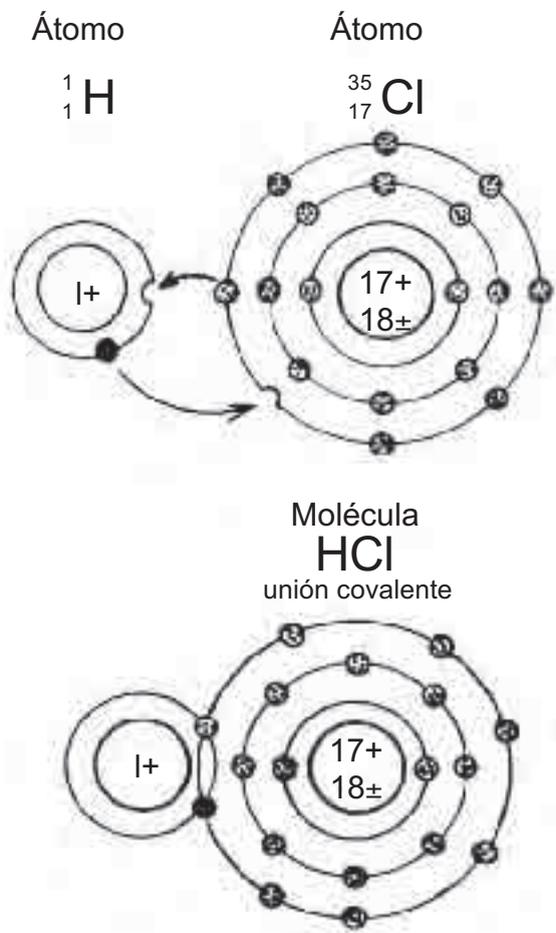


Figura 2. Un átomo de hidrógeno y un átomo de cloro forman el cloruro de hidrógeno.

Estudios realizados por el investigador Linus Pauling lo llevaron a crear una tabla de electronegatividad de los elementos químicos, en la cual el fluór (F) es el más electronegativo por poseer el valor de electronegatividad más alto, es decir, 4.

En esta tabla, la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba. Por ejemplo, el potasio (K) se encuentra a la izquierda de la tabla en la familia IA y tiene un valor de 0.8, mientras el fluór (F) se encuentra a la derecha en la familia VIIA y posee un valor de 4, lo cual indica que el fluór, al tener el valor más grande, atraerá los electrones de otro elemento que contenga un valor más bajo, y el potasio cederá los suyos, como consecuencia del valor que posee, a elementos que contengan un valor más alto y con los cuales se pueda unir.

IA	IIA	IVA	VIA	VIIA
Li 1.0	Be 1.5	C 2.5	O 3.5	F 4.0
Na 0.9	Mg 1.2	Si 1.8	S 2.5	Cl 3.0
K 0.8	Ca 1.0	Ge 1.8	Se 2.4	Br 2.8
Rb 0.8	Sr 1.0	Sn 1.8	Te 2.1	I 2.5
Cs 0.7	Ba 0.9	Pb 1.8	Po 2.0	At 2.2

Figura 3. Electronegatividades de algunos elementos.

2.2 TIPOS DE ENLACES

Corresponde a la sesión de GA 2.13 (93.2.Q) CUANDO LOS ELECTRONES SE UNEN

Cuando los átomos se aproximan entre sí para formar moléculas, se ejercen varias fuerzas, las cuales provocan atracciones y repulsiones entre dichos átomos.

Si en la aproximación de los átomos prevalecen las fuerzas de atracción, éstas conformarán lo que se llama un enlace químico, y será el causante de que los átomos se mantengan unidos para formar la molécula de una sustancia.

Así pues, un enlace químico es el resultado de la unión química de átomos, los cuales en algunos casos ceden electrones y en otros comparten. En la figura 4 se representa el enlace químico del anhídrido carbónico (CO_2), comúnmente llamado dióxido de carbono. En esta figura, se puede apreciar cómo los átomos comparten electrones entre sí. Esta molécula tiene un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno. El átomo de carbono es el átomo central y los átomos de oxígeno están a los lados.

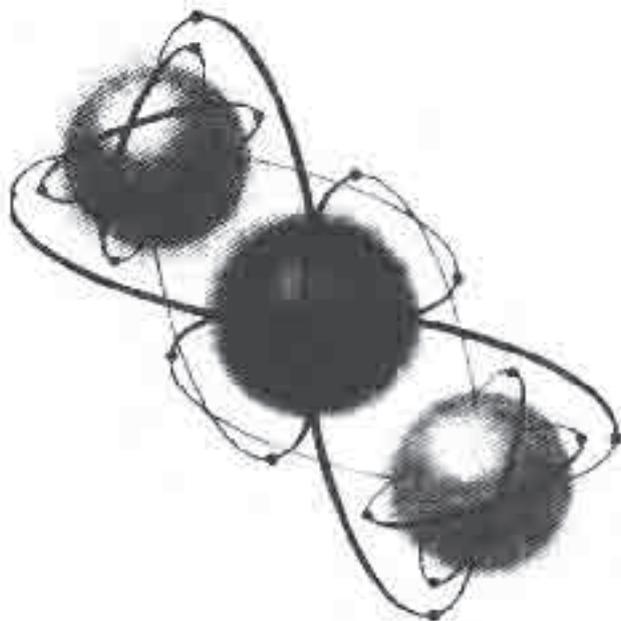


Figura 4. Representación de un enlace químico entre carbono y oxígeno, formando dióxido de carbono (CO₂).

Por lo visto anteriormente, se puede concluir que las partículas causantes de que los átomos permanezcan unidos por un enlace químico son los electrones, los cuales son atraídos por los núcleos atómicos de los átomos que conforman la molécula. Así pues, el núcleo de carbono atrae los electrones de los átomos de oxígeno y viceversa.

Existen varios tipos de enlaces que dependen de la forma en cómo se distribuyen los electrones entre los átomos. Los enlaces más comunes son el **iónico**, el **covalente** y el **metálico**.

2.3 ENLACE IÓNICO

Corresponde a la sesión de GA 2.14 (94.2.Q) ATRACTIVAS CARGAS DISTINTAS

Los **iones** se originan cuando los átomos ganan o pierden electrones. La pérdida de electrones da como resultado la formación de iones positivos, y los iones negativos son el resultado de la ganancia de electrones.

El **enlace iónico** o **electrovalente** se origina por la transferencia de uno o más electrones de un átomo o grupo de átomos a otro. Un enlace iónico se debe a la fuerza de atracción entre los iones positivos y negativos, se llaman **cationes** a los iones positivos (atraídos hacia el cátodo), y **aniones** a los iones negativos (atraídos hacia el ánodo). Este tipo de enlace es muy común entre metales (ceden electrones) y no metales (aceptan electrones).

Por medio de los enlaces iónicos, se forman compuestos químicos, conocidos como iónicos; por ejemplo, en la formación de una molécula de fluoruro de aluminio (AlF_3), el átomo de aluminio (Al) cede sus tres electrones y se convierte en un ion positivo; los átomos de flúor (F) aceptan los electrones del aluminio, se convierten en iones negativos, y así se produce una fuerza de atracción que los une.

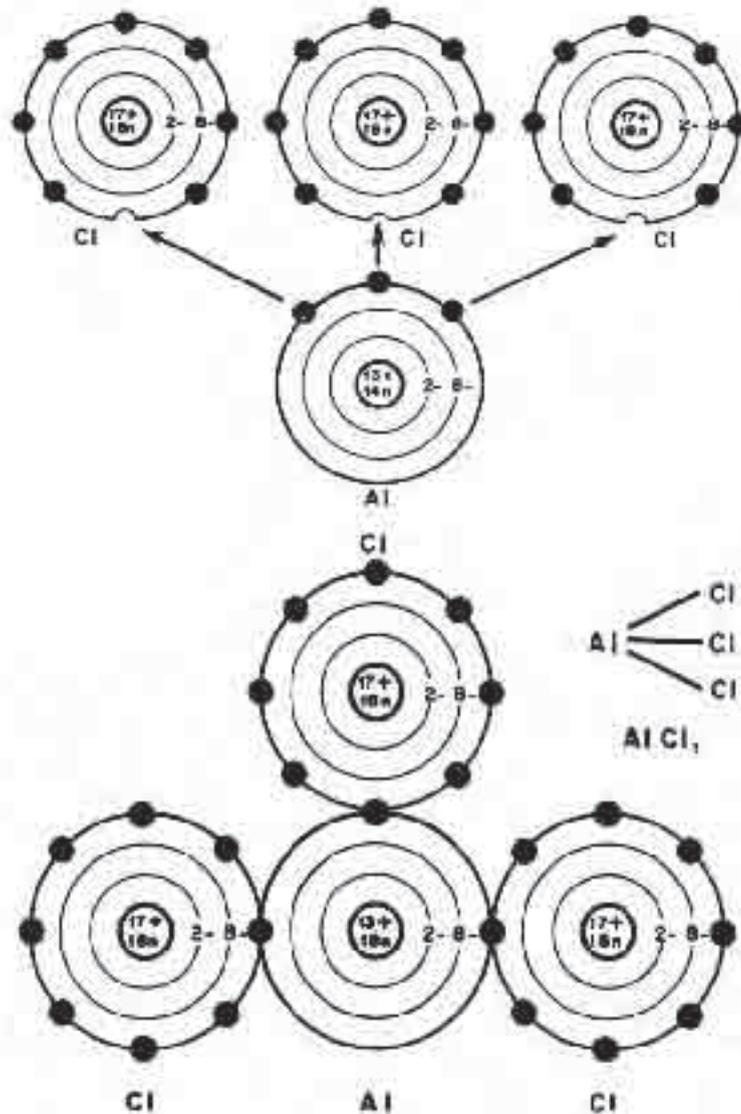


Figura 5. Formación de una molécula de cloruro de aluminio.

Otro ejemplo de enlace iónico es la unión entre un átomo de litio (Li) y un átomo de flúor (F), donde el flúor tiene en su último nivel de energía siete electrones, queda un espacio sin ocupar por la falta de un octavo electrón; este espacio es ocupado por el único electrón que el litio tiene en su último nivel, así se logra que los átomos de litio y flúor se estabilicen y se transformen en iones; el litio, por haber perdido un electrón, se convierte en un catión, y el flúor, por haber ganado un electrón, se convierte en un anión.

El compuesto que se forma por la unión de los iones Li^+ y F^- es el fluoruro de litio. El signo negativo (-) del flúor indica que ganó un electrón, y el signo positivo (+) del litio indica que éste perdió un electrón.

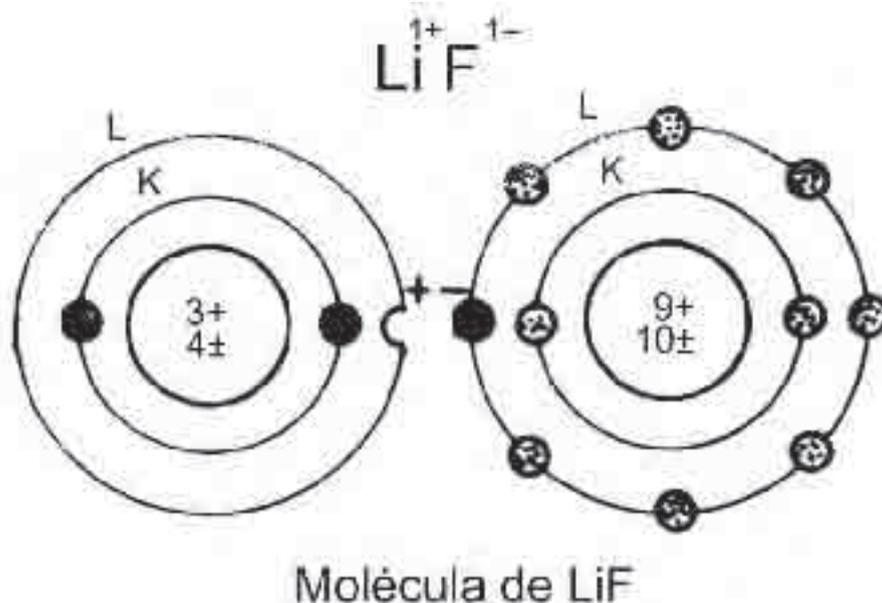


Figura 6. Enlace iónico entre los iones de litio y flúor.

Algunas características de los compuestos iónicos

A pesar de que es difícil establecer características únicas para los compuestos iónicos, es posible generalizar lo siguiente: son compuestos generalmente cristalinos, sólidos a temperatura ambiente, altos puntos de fusión y ebullición, solubles en agua y conductores de la corriente eléctrica cuando están en solución acuosa, o fundidos (líquidos). No conducen la corriente eléctrica en estado sólido. Usualmente, la diferencia en electronegatividad de sus elementos es mayor a 1.7.

Transferencia de electrones entre átomos metálicos y no metálicos

Casi todos los elementos conocidos como metales tienen pocos electrones (1, 2 ó 3) en su último nivel de energía y, por lo tanto, tienden a perderlos. Por el contrario, la mayoría de los no metales tienen muchos electrones en su último nivel (5, 6 ó 7), por lo tanto, tienden a ganar electrones.

Los elementos de la familia IA (grupo 1) tienden a perder un electrón, y los elementos de la familia VIIA (grupo 17) tienden a ganar un electrón al reaccionar con átomos de otros elementos. Por ejemplo, cuando se combina el sodio (Na) de la familia IA con el cloro (Cl)

de la familia VIIA, los átomos de sodio pierden su electrón del último nivel (electrón de valencia), cediéndoselo a los átomos del cloro, así se forman iones de sodio y de cloruro.



En las familias de los metales (IA, IIA y IIIA), el n3mero de electrones que pierden al formar iones positivos se expresa a trav3s del n3mero de la familia; por ejemplo, el sodio (Na) se localiza en la familia IA, por lo tanto, este elemento pierde un electr3n; el calcio (Ca) se localiza en la familia IIA, por lo tanto, este elemento pierde dos electrones; otro ejemplo es el caso del aluminio (Al), presente en la familia IIIA y que pierde tres electrones.

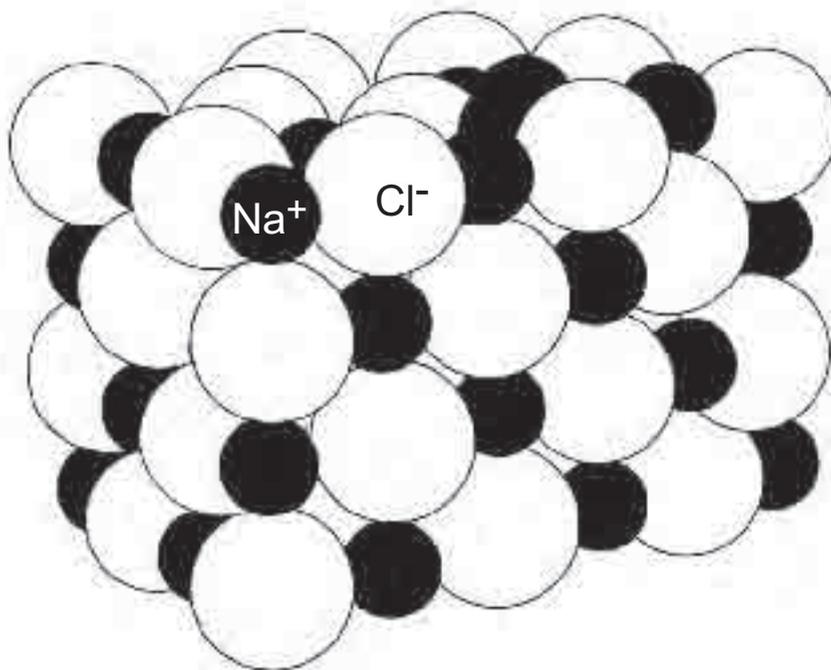


Figura 7. Los iones en los compuestos i3nicos est3n distribuidos en estructuras tridimensionales.

Los elementos de las familias (VA, VIA y VIIA), denominados no metales, tienden a ganar electrones para formar iones negativos. El n3mero de electrones ganados se obtiene rest3ndole al n3mero 8 el n3mero de la familia; por ejemplo, el ox3geno se localiza en la familia VIA: restando el n3mero de la familia, en este caso 6, al n3mero 8, se obtiene 2; por lo tanto, el n3mero de electrones ganados por el ox3geno es 2.

2.4 ENLACE COVALENTE

Corresponde a la sesión de GA 2.15 (95.2.Q) POR MITADES

A las fuerzas que unen a los átomos de los elementos para formar moléculas, se les llama uniones o enlaces químicos. El enlace químico se efectúa por la atracción entre cargas positivas (núcleos o cationes) y negativas (electrones o aniones).

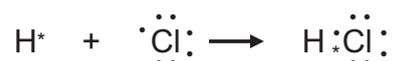
Usualmente, un átomo se considera estable cuando tiene 8 electrones en su último nivel de energía, como sucede con la familia de los gases nobles, que presentan 8 electrones en su último nivel de energía con excepción del helio que sólo tiene dos electrones.

Los átomos “buscan” completar su último nivel de energía con 8 electrones para parecerse al gas que está al final del período correspondiente en la tabla periódica. Para lograr esto, pierden, ganan o comparten electrones. El tipo de enlace que se presenta, cuando los átomos comparten electrones, se conoce como **enlace covalente**, el cual sucede en la mayoría de los casos entre elementos no metálicos. Dependiendo del número de electrones compartidos, los enlaces covalentes pueden ser sencillos (un par), dobles (dos pares) y triples (tres pares).

Los enlaces covalentes se subdividen a su vez en dos tipos: el enlace covalente polar y el enlace covalente no polar.

Enlace covalente polar

Este resulta cuando se comparten pares de electrones entre los átomos que reaccionan y forman compuestos; por ejemplo, el cloruro de hidrógeno (HCl), donde el hidrógeno (H) comparte su único electrón con el cloro (Cl) y éste a su vez comparte uno de sus 7 electrones con el hidrógeno. La solución acuosa del HCl se conoce como ácido clorhídrico.



Los cuadrados o bolitas alrededor del símbolo representan electrones, los cuales, en este caso, se utilizan para diferenciar los electrones de cada átomo. El número de electrones, en el último nivel de energía, puede determinarse conociendo el grupo o familia a la cual pertenece el elemento. En este caso, el H se encuentra ubicado en el grupo 1 (IA), lo cual indica que tiene 1 electrón en su último nivel de energía (electrón de valencia), y el Cl, 7 electrones, al hallarse en el grupo 17 (VIIA) de la tabla periódica.

Los químicos suelen simplificar la estructura del anterior usando una raya sencilla (-) entre los átomos para representar el par de electrones del enlace:



En este caso, se habla de enlace covalente polar ya que el cloro tiene más electronegatividad que el hidrógeno, lo cual hace que los electrones se localicen principalmente alrededor del átomo de cloro, se produce de esta manera una mayor densidad de cargas negativas (electrones). Por tanto, la molécula es polar, es decir, posee un polo parcialmente negativo (cloro) y otro polo parcialmente positivo (hidrógeno).

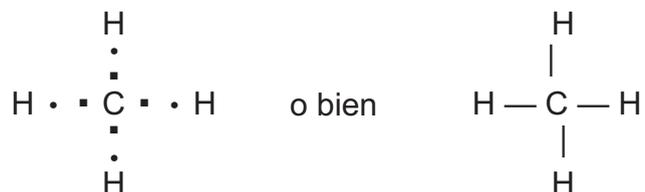
Enlace covalente no polar

Éste se forma cuando se unen dos átomos del mismo elemento, o bien, cuando se forman moléculas **simétricas** (cargas igualmente distribuidas) o cuando las electronegatividades de los diferentes elementos son exactamente iguales.

Por ejemplo, en una molécula de flúor (F_2) se unen dos átomos del mismo elemento.



En una molécula de metano (CH_4), se forma una molécula simétrica, donde alrededor del átomo de carbono cada átomo de hidrógeno comparte un par de electrones.



Se nota que cada átomo de los ejemplos anteriores completa su último nivel de energía con 8 electrones, con excepción del hidrógeno, en el que su configuración estable es semejante a la del helio: 2 electrones.

Algunas características de los compuestos covalentes

Al igual que los compuestos iónicos, no es posible afirmar que estos compuestos presenten todos las mismas propiedades, no obstante, se puede generalizar que:

Pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos a temperatura ambiente, frágiles, bajos puntos de fusión y ebullición, poco o nada solubles en agua, no conducen la corriente eléctrica, excepto algunas moléculas polares solubles en agua. Usualmente, la diferencia en electronegatividad entre sus elementos es menor a 1.7.

2.5 TIPOS DE REACCIONES QUÍMICAS

Corresponde a la sesión de GA 2.16 (96.2.Q) CUANDO LAS CLASES EXISTEN

En los fenómenos químicos, las sustancias sufren cambios o se transforman reaccionando entre sí y originando una sustancia con características distintas, es decir, se forman compuestos.

Independientemente del compuesto formado, al reaccionar las sustancias que los constituyen, se deben aplicar las siguientes leyes:

- La **Ley de la conservación de la masa o de Lavoisier**: “La masa de las sustancias reaccionantes es igual a la masa de los productos”. Por ejemplo: si los reactivos tienen una masa de 10 g, el producto deberá ser de 10 g.



Figura 8. Antoine Laurent Lavoisier.

- La **Ley de Proust o de las proporciones definidas**: “Cuando dos o más elementos se combinan para formar un determinado compuesto, lo hacen siempre en proporción fija y definida”. Por ejemplo: el oxígeno siempre requiere 2 átomos de hidrógeno por 1 de oxígeno para formar agua (H_2O).

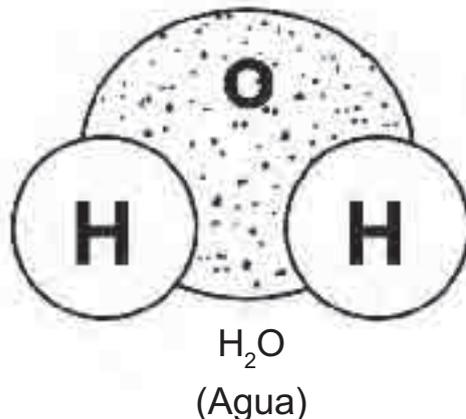


Figura 9. Molécula de agua.

Para la formación de compuestos, las reacciones que se llevan a cabo pueden ser de los siguientes tipos:

- I. Unión directa o síntesis
- II. Sustitución o desplazamiento
- III. Doble sustitución
- IV. Descomposición o separación

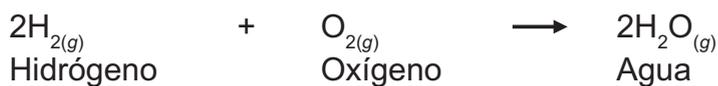
Antes de iniciar la descripción de cada una de ellas, es importante señalar que los compuestos están formados por una parte positiva o catión (+) y una negativa o anión (-); por ejemplo, en el caso del cloruro de sodio, las partes del compuesto son:



Unión directa o síntesis

Dos sustancias se unen entre sí formando una sola sustancia como producto*.

a) elemento + elemento \longrightarrow compuesto



b) compuesto + compuesto \longrightarrow compuesto



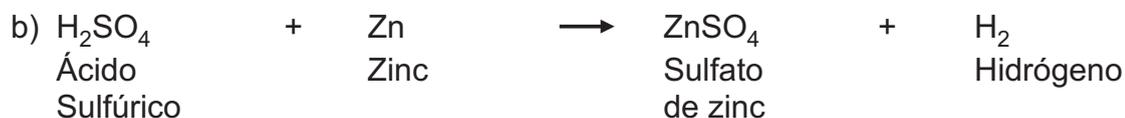
* (g): gas; (l): líquido; (s): sólido; (ac): acuoso.

Sustitución o desplazamiento

Se lleva a cabo cuando un elemento reemplaza, en una molécula de un compuesto, a otro elemento. Por ejemplo:

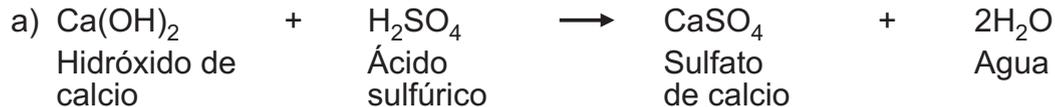


Otro ejemplo sería la reacción entre el ácido sulfúrico y el zinc.



Doble sustitución

Este tipo de reacción ocurre cuando reaccionan dos compuestos y se genera un intercambio de iones entre ellos, por ejemplo:

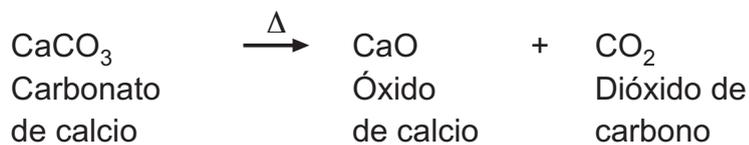
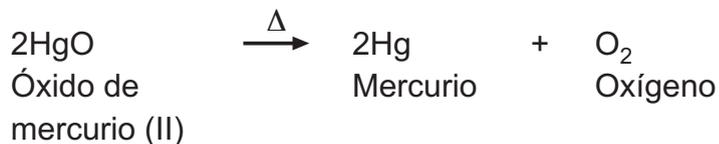
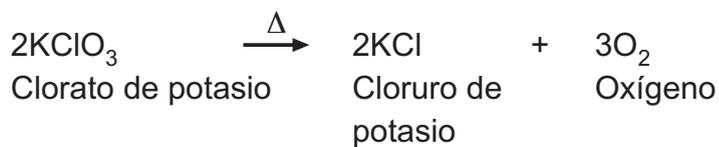


Un esquema de los intercambios iónicos de los compuestos que participan en la reacción (b) quedaría así:

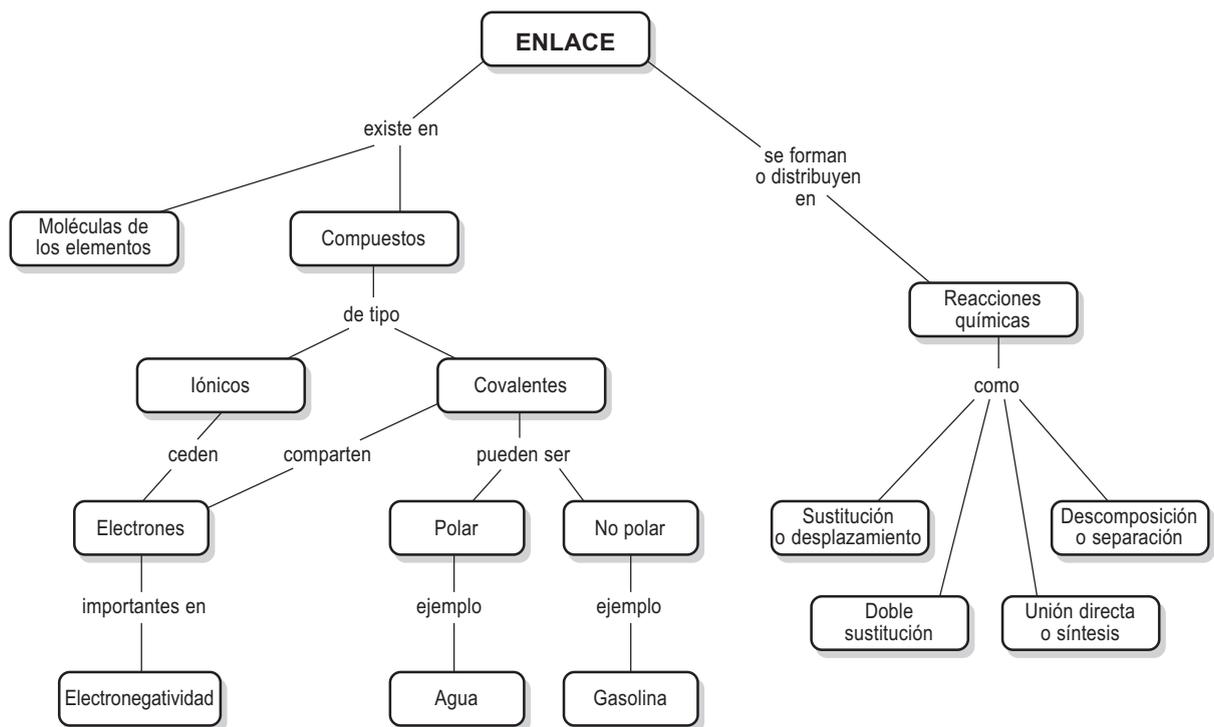


Descomposición o separación

En estas reacciones, los compuestos se disocian por la acción de la energía (calor, entre otras formas energéticas) en las sustancias que los constituyen. Por ejemplo:



El siguiente mapa conceptual muestra los principales conceptos vistos hasta ahora en este capítulo:



2.6 PRODUCCIÓN QUÍMICA EN LA INDUSTRIA

Corresponde a la sesión de GA 2.17 (93.3.Q) NO TAN LIMPIA

Obviamente, las diferentes reacciones químicas conllevan a la producción de diversas sustancias químicas, las cuales, en la mayoría de los casos, tienen como objetivo el bien de la humanidad. No obstante, esta no es la realidad. Se ha observado que gran cantidad de productos químicos son perjudiciales para el ambiente y, por consiguiente, para los seres vivos. Por tanto, surge la pregunta: ¿es progreso o autodestrucción?

El desarrollo industrial ha proporcionado fuentes de empleo, mayores niveles de producción y prestación de servicios a gran escala; lo que a su vez supone un mejor nivel de vida. Sin embargo, estos avances han traído consigo dos efectos secundarios: problemas de salud y deterioro ambiental. Desde la aparición de las grandes industrias, la gente comenzó a percatarse de que existían cambios en el ambiente; sin embargo, no le dio mayor importancia.

A fines del siglo pasado, el químico sueco Svante A. Arrhenius expresó su inquietud acerca de las cantidades considerables de CO emitidas a la atmósfera, su advertencia fue despreciada, así como la de otros científicos. Hoy en día, las industrias emiten una gran cantidad de desechos y provocan un deterioro importante al ambiente, debido a que la cantidad y variedad de residuos es tan amplia como los tipos de industrias que existen. Los desechos pueden ser clasificados en los siguientes grupos: orgánicos, material flotante, sólidos sedimentables, sustancias tóxicas, cieno y partículas.

- a. **Orgánicos.** Son residuos originados por las industrias alimentaria y agrícola, principalmente de leche, cerveza, vino. Representan un grave problema, ya que al ser vertidos en los ríos son descompuestos por las bacterias ahí presentes o sirven de alimento a éstas y, por consecuencia, hay un mayor consumo de oxígeno; este proceso provoca, además de la muerte de los peces por asfixia, procesos de fermentación, malos olores y finalmente la muerte del río, ya que el proceso de depuración es lento en comparación con las cantidades de desechos ahí descargados.
- b. **Material flotante.** Son sustancias de baja densidad: grasas, plásticos, espuma e hidrocarburos, que no son útiles a las industrias.
- c. **Sólidos sedimentables.** Son sustancias que van al fondo de un líquido, entre ellas se cuentan los fragmentos y polvo de metales, vidrio, hollín, etc.
- d. **Sustancias tóxicas.** Estas sustancias envenenan a los organismos vivos y alteran el medio. Este tipo de desechos son característicos de las industrias química y metalúrgica. Algunas de las sustancias tóxicas son: cianuro, arsénico, plomo, mercurio y pesticidas; las cuales resultan venenosas a lo largo de cualquier cadena alimenticia. Esto significa que si el hombre consume algún organismo que esté contaminado, le provocará intoxicación. Los productos tóxicos pueden contaminar el agua a corto o a largo plazo.

- e. **Cieno.** Es la acumulación de sólidos que, debido a sus características, dan un aspecto pastoso al agua. Este tipo de desechos también exterminan la flora y fauna del medio acuático, en donde son derramados; además, esto implica una gran dificultad para regenerar lo dañado.

Por lo regular, los desechos sólidos y líquidos son arrojados a las fuentes de agua, lo que provoca graves deterioros ambientales, pues extingue la fauna de ríos, lagos y mares, así como la vegetación que los circunda. Esto origina focos de microorganismos patógenos cuando hay estancamiento de esas aguas. Asimismo, éstas se infiltran en los mantos freáticos, lo que causa que también se contaminen.

- f. **Partículas (humos, polvos).** Este tipo de contaminantes son generados por las industrias de los metales, fertilizantes, materiales de construcción, etc. Las partículas pueden producir varios efectos: irritación, alergia, cáncer o mutaciones.

Los desechos industriales que se lanzan a la atmósfera son cuantiosos y, por lo tanto, de efectos negativos en el ambiente. El problema de la contaminación generada por las industrias es grave. Por un lado, los industriales no han asumido su responsabilidad social, ya que no consideran al medio como parte integral de las actividades que permitieron la creación de sus empresas y como la base que las mantiene en funcionamiento, de modo que no les preocupa el deterioro ambiental que causan sus desechos.

Por otro lado, los países desarrollados han establecido normas y leyes para controlar la contaminación, y las industrias que no cumplen con ellas son trasladadas a países en vías de desarrollo.

Un hecho aun más grave reside en que los desechos tóxicos industriales son llevados, de manera ilegal y con engaños, a naciones no desarrolladas. Los países africanos son las principales opciones para descargar esos residuos tóxicos, aunque también en América Latina se han presentado casos, países como Venezuela y México han importado desechos tóxicos bajo contrato; además de que otra parte es arrojada al mar.

La solución a los problemas de contaminación ocasionados por la industria está supeditada, principalmente, a la política gubernamental y a la irresponsabilidad de los industriales. ¿Qué es lo que hay que hacer para evitar estos problemas?

Alternativas de solución

- Que cada empresa controle las emisiones nocivas en sus propios centros industriales y les dé el tratamiento adecuado antes de expulsarlos al ambiente.
- Que cada industria desarrolle programas, tecnología y recursos humanos y económicos para recuperar los materiales de desecho, lo que además de economizar materias primas y energía, permitirá aminorar el deterioro del ambiente.

- Que se instalen filtros para las emisiones gaseosas y sistemas de tratamiento de agua en las industrias que así lo requieran. Es un gasto fuerte para las empresas, pero todas ellas deben reconocer su compromiso y responsabilizarse del destino que tendrán los desechos para evitar, de esta manera, dañar al ambiente.
- Que los propietarios de las industrias se encarguen de desarrollar la tecnología y el equipo especial para hacer más eficiente su funcionamiento y evitar que sus procesos industriales causen más daño al ambiente, pues a largo plazo es más económico prevenir que remediar los daños.

Es importante la promoción de “productos ecológicos”, esto es, la fabricación y consumo de productos sin sustancias dañinas y con carácter biodegradable, por ejemplo: pinturas de agua (sin solventes, plomo, cromo o titanio), autos eléctricos, plásticos biodegradables, pilas y acumuladores sin plomo, lubricantes naturales, vajillas biodegradables (platos de maíz y tazas de pasta de pan).

Jacques Vernier, 1992.

El trabajo de las industrias no sólo debe limitarse a los procesos de producción, sino también debe incluirse el cuidado de los productos en la etapa de consumo, es decir, la fase de envoltura y envasado.

Deben reemplazarse las envolturas de aluminio, los envases de unicel (poliuretano), reutilizar los de plástico o reciclarlos, según sea necesario. Buscar, en general, recuperar la mayor parte de los materiales para su reciclaje, tales como metales, vidrios, plásticos, etc., y así, disminuir los desechos.

En cuanto a la participación personal dirigida a solucionar el problema, es conveniente que, mediante la organización comunitaria, se detecten las industrias contaminantes y se envíe la información a todas las autoridades y secretarías competentes, para que realicen las acciones necesarias a fin de eliminar tal situación. Además, cada individuo debe promover la compra y el uso de productos que no impliquen procesos y materiales que causen daño al ambiente, y evitar el consumo de aquellos que resulten perjudiciales para la salud.

2.7 PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS EN EL HOGAR

Corresponde a la sesión de GA 2.18 (94.3.Q) **MANÉJESE CON CUIDADO**

Dentro de la gran variedad de productos elaborados por la industria química, existe un grupo muy selecto que se utiliza para “facilitar” la limpieza, cuidado, preservación, etc., de nuestros hogares. Además de que las industrias desechan sustancias contaminantes en

el ambiente que originan cierto deterioro, tampoco deben ignorarse los efectos nocivos de los productos de uso cotidiano en el hogar.

En la época actual, se está inmerso en un mundo de consumismo, en donde grupos de especialistas en mercadotecnia diseñan centros comerciales para que los clientes adquieran, además de los productos de primera necesidad, otros que no lo son y que son comprados debido al atractivo del empaque, solamente por la sensación que produce la adquisición o por la estimulación que se genera dentro de la tienda hacia los sentidos del consumidor; es decir, utilizan tácticas por medio de la musicalización, el colorido u otras estrategias.

De ese modo, se compran productos inútiles, que causan daños al ambiente y al propio usuario. Todo esto demuestra el gran impacto que tiene la publicidad en el consumidor.

A continuación, se mencionan algunos de los productos de uso casero que causan efectos dañinos al ambiente.

Limpiadores

El uso de limpiadores en los hogares es muy amplio; por ejemplo, entre ellos están el jabón de tocador, blanqueadores, limpiadores de piso, detergentes para ropa y quitacochambre (con soda cáustica) y lavalozas. Según la necesidad, existe una gran variedad de limpiadores cuyo poder depende de las sustancias que lo componen. Los efectos nocivos más importantes son:

- La producción exagerada de espuma, que permanece en el ambiente y que no se degrada a corto plazo a pesar de la utilización de detergentes biodegradables. El problema de la espuma se refleja en la dificultad que presenta el agua residual para su tratamiento, ya que al acumularse una gran cantidad de detergentes, en un cuerpo de agua, éste puede contaminarse totalmente al grado de inutilizarlo como fuente de abastecimiento; además, cuando los residuos de los limpiadores son arrojados a algún río o ecosistema acuático, éstos exterminan a los organismos.
- Los limpiadores que contienen sustancias inorgánicas aportan sustancias sólidas no biodegradables, las cuales resultan tóxicas a los seres vivos y alteran el medio acuático en donde fueron desechadas.
- El uso de limpiadores, para quitar cochambre o manchas difíciles de eliminar, resulta agresivo a las manos, a las mucosas, y contaminan el agua.

Productos de poliuretano (unicel) y poliestireno

Estos materiales son empleados en la elaboración de vasos, platos y empaques para guardar la comida; en muchos centros comerciales se presentan los vegetales o frutas en charolas de poliestireno, y en algunos restaurantes sirven la comida en platos y vasos de este material. El poliuretano y el poliestireno no se degradan, así que todos los objetos de estos materiales que se han utilizado van acumulándose al generar más “basura”, además, en su proceso de producción, se utilizan sustancias que dañan la capa de ozono.

Aerosoles

Existe en el mercado una gran cantidad de productos, tales como limpiadores, fijadores para el pelo, insecticidas, esmaltes, desodorantes, pinturas, etc., cuya presentación es en aerosol, éstos contienen compuestos clorofluorocarbonados (CFCl_3), cuya función es dispersar homogéneamente el contenido del envase en la atmósfera; no obstante, la actividad reactiva del cloro causa la destrucción de la capa de ozono.

Insecticidas

El DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) es el insecticida de uso más generalizado para combatir insectos en el hogar, aunque es empleado en mayor cantidad en los terrenos agrícolas. El uso indiscriminado de este producto se debe, en parte, a la amplia propaganda de los medios de comunicación además del bajo costo y su fácil aplicación, y sobre todo, por la falta de información acerca de los daños que ocasiona a los seres vivos.

El DDT contamina tanto el aire como el agua del mar y las aguas dulces. Afecta a las hormonas sexuales de las aves, por ello, se han ido extinguiendo; los animales más afectados son las especies acuáticas, pues éstas se alimentan de fitoplancton que se convierte en un tóxico por la influencia del DDT; además afecta al sistema nervioso de muchos animales. Por todo lo anterior, es innegable que el ser humano también resulta perjudicado a través de las cadenas que utiliza para su alimentación. Otro problema es que, así como extermina insectos dañinos, también mata a otros que son benéficos para el ser humano.

Cabe aclarar que el uso de DDT y otros insecticidas altamente dañinos, fueron suspendidos en Estados Unidos de América a partir de 1973; pero se siguen fabricando y distribuyendo en diferentes países, sobre todo en los subdesarrollados.

Solventes

En el hogar, son usados una gran cantidad de productos que incluyen solventes, entre ellos están: esmaltes, pinturas, barnices, pegamentos, desmanchadores y tintes, que, al usarlos durante tiempos prolongados o al aspirar esas sustancias, dañan las mucosas, las vías respiratorias y, principalmente, el cerebro.

Plásticos

Los plásticos se obtienen a partir del petróleo y con este recurso han sido fabricados muchos objetos, como juguetes, envases, empaques, bolsas, cubetas, charolas, recipientes en general, platos, cucharas, partes para aparatos eléctricos y materiales aislantes. Cada persona desecha una cantidad significativa de plásticos, los cuales constituyen la tercera parte de la “basura”.

Básicamente, se generan desechos plásticos a partir de los empaques y bolsas que se “dan” en los supermercados, mercados y tiendas. Esta “basura” está incluida en el pago del consumidor y constituye desechos que permanecerán sobre la Tierra, sin poder definir por cuánto tiempo. Debe encontrarse una forma de reciclar los productos derivados del petróleo para que tengan un mejor destino y no la “basura”. Es muy común ver en un mercado cómo reparten bolsas indiscriminadamente, para que aumente la cantidad de los desechos, en lugar de destinar la materia prima en productos que aporten mayores beneficios al ser humano y al ambiente.

Alternativas de solución

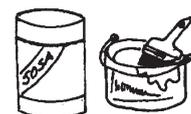
Ante la problemática de contaminación que hoy se vive, no se pueden ignorar los daños ocasionados al ambiente; es necesario tomar medidas preventivas y limitar, ¡ya!, la cantidad de desechos y tipo de contaminación que cada persona origina, así como considerar qué productos realmente se necesitan, y valorar en los casos necesarios tanto la forma de uso como su cantidad.



JABÓN



PLÁSTICOS



LIMPIADORES PINTURAS



AEROSOLE



LIMPIA GRASA



UNICEL

Figura 10. Algunos productos de uso diario que pueden afectar el ambiente.

Es necesario analizar el daño que puede causar un producto antes de comprarlo.

- Usar en cantidades necesarias y sin exceso limpiadores biodegradables, jabones y en casos difíciles auxiliarse con agua caliente.
- No usar productos desechables. Evitar la utilización de platos y vasos de poliestireno y poliuretano; así como no comprar comestibles envasados en charolas o recipientes de estos materiales, ¡evita usar el unice!
- Mientras que los clorofluorocarbonos no sean sustituidos por otros gases que cumplan una función de dispersores, y que no dañen la capa de ozono, es necesario utilizar otros productos, pues existen otras opciones.
- Limitar el uso de los insecticidas manteniendo el lugar donde vivimos o trabajamos lo más limpio posible, con ello se evita que los insectos se acerquen, después se deben colocar mallas en ventanas y puertas para que éstos no tengan acceso.

Es importante tener en cuenta que, al presentarse la necesidad de utilizar algún insecticida, se verifique en la etiqueta que no contenga DDT, aldrín o dieldrín. De todas maneras, cualquier otro insecticida deberá aplicarse con precaución: distante de los alimentos y de las personas, cuidando lavarse las manos después de rociarlo.

También es conveniente combinar un uso racional de los insecticidas con otras técnicas para combatir las plagas, como es el empleo de animales depredadores que existen en el lugar.

- Los productos que contienen solventes deben utilizarse con precaución, si se usan, debe evitarse la exposición continua, dejarlos bien tapados; pero antes que nada, hallar la posibilidad de sustituir el producto por otro menos dañino.
- Evitar la adquisición de productos plásticos si no son muy necesarios y cuando se compran, darles un uso prolongado; en el caso de las bolsas de plástico, encontrarles más usos, utilizar una bolsa o canasta para ir al mercado y así evitar almacenarlas y producir más basura.

Es responsabilidad de todos ser más conscientes en el consumo de productos, pues a mayor consumo, mayor contaminación.

Es compromiso de los seres humanos, cualquiera que sea su nacionalidad, creencia, nivel social o económico, cuidar el ambiente, porque el planeta en donde vivimos es uno solo y los daños que causemos en algún lugar, nunca estarán lo suficientemente distantes como para que no pueda alcanzarnos la contaminación.

Como una forma de coadyuvar en la conservación del ambiente, se deben considerar los siguientes puntos antes de adquirir cualquier producto industrializado:

- Antes de comprar un producto, analizar si realmente es necesario.
- Si se puede sustituir por otro menos dañino (que no contenga CFC o solventes).
- Que su empaque produzca un mínimo de desechos.
- Optar por empaques y productos biodegradables.
- Promover el uso de productos de origen natural y lo menos industrializados posible.
- Evitar el uso de productos cuyo proceso de elaboración implique deterioro ambiental (refrescos en lata y alimentos procesados).

2.8 PRIMEROS AUXILIOS: PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Corresponde a la sesión de GA 2.19 (40.3.C y T) MÁS VALE PREVENIR

El trabajo de laboratorio implica una gran variedad de riesgos, los cuales pueden ir desde un rasguño hasta una intoxicación severa o incluso la muerte. Muchas veces como producto de una reacción química, sin notarlo o siquiera premeditarlo, se pueden producir gases tóxicos, o mediante un procedimiento experimental se puede romper algún material y causar con ello algún tipo de herida o quemadura. Debido a estos factores, es necesario conocer algunos aspectos básicos de primeros auxilios, en caso tal de que alguno pudiese necesitarlos tanto en el colegio, como en la calle o el hogar.

Nunca se debe realizar un experimento sin previa autorización. Si es necesario, debe usar los anteojos de seguridad. Estudiar previamente todo lo referente al experimento antes de iniciarlo y tener en cuenta las precauciones que se mencionan para la actividad; lo anterior es de vital importancia.

El material utilizado en las prácticas deberá ser manejado con mucho cuidado y sin dirigir las bocas de los tubos, vasos o matraces que se estén calentando o manipulando (sobre todo en los que se verifican reacciones exotérmicas) hacia la cara o el cuerpo de las personas. Verificar con precisión lo que se hace y lo que hacen los demás.

Al concluir el trabajo de laboratorio, debe cerciorarse de que se hayan cerrado bien las llaves del gas, del agua, y que los aparatos eléctricos e instalaciones eléctricas no tengan alteraciones que pudieran favorecer los cortocircuitos.

Algunas causas que pueden ocasionar los accidentes son el mal manejo de utensilios punzo-cortantes, sustancias cáusticas, medicamentos, gas, bolsas de plástico, veladoras, contactos eléctricos, escaleras, balcones, tijeras, huecos en los patios de recreo y canchas deportivas, pisos mojados, vidrios rotos, materiales de construcción, etc. Otros aspectos a considerar son el agotamiento y la enfermedad.

Si ocurre un accidente en el laboratorio, en la escuela, en la casa o en algún lugar de esparcimiento o de trabajo, es necesario comunicarlo de inmediato al profesor o profesora, al médico o al centro de emergencia más cercano; es conveniente, además, que se manejen las técnicas básicas de primeros auxilios y que se cuente con un botiquín para tales efectos.

En el tema siguiente, conocerás algunos elementos esenciales en la elaboración de un botiquín de primeros auxilios y los procedimientos básicos en el diagnóstico y tratamiento de heridas, hemorragias y fracturas.

2.9 PRIMEROS AUXILIOS: PERCANCES VARIOS

Corresponde a las sesiones de GA 2.20 (41.3. C y T) LA CAJA DE PANDORA y 2.21 CHIPOTE CON SANGRE (42.3.C y T., 43.3.C y T, y 44.3.C y T)

La diferencia entre la vida y la muerte, entre la invalidez y la rehabilitación, en un momento dado, puede depender de la ayuda básica que se brinde a un ser humano cuando ocurre un accidente o una emergencia.

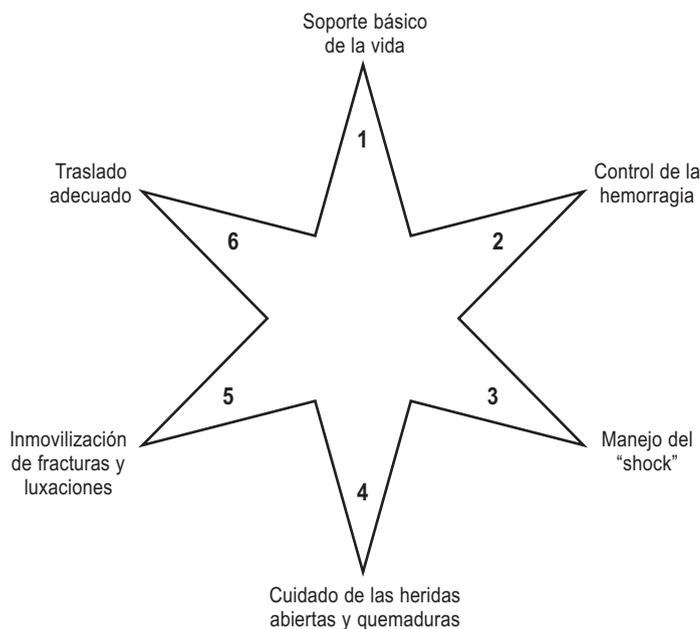


Figura 11. Seis recomendaciones básicas para salvar una vida.

Se recomienda que periódicamente se realicen prácticas entre los(as) estudiantes y con la asesoría del (de la) profesor(a) para que todos y cada uno de ellos(as), en un momento de emergencia, sepan cómo aplicar los primeros auxilios en forma individual o en equipo, con seguridad y eficiencia.

Para entrar en materia, es conveniente el uso de ropa cómoda, resistente y de manga corta; es necesario despojarse de relojes, anillos, pulseras, collares, uñas largas, de preferencia no aplicarse maquillaje facial y evitar el uso de objetos punzantes o cortantes, que pudieran obstaculizar la aplicación de las seis acciones para salvar una vida.

Seis acciones para salvar una vida:

I. Soporte básico de la vida

- a. Aplicar la técnica de respiración artificial.
- b. Aplicar la técnica de Reanimación Cardio Pulmonar (R.C.P.), en paro cardiorespiratorio.

Definición

Reanimación Cardio Pulmonar (R.C.P.): es el conjunto de técnicas manuales y mecánicas, que se aplican a una víctima que ha sufrido un paro respiratorio o cardiorespiratorio.

Paro respiratorio: es la suspensión momentánea o definitiva de las funciones respiratorias.

Paro cardiorespiratorio: es la suspensión momentánea o definitiva de las funciones tanto cardíacas como respiratorias.

Datos

Para identificar cuándo un paciente presenta un paro cardiorespiratorio, existe ausencia de pulso y ruidos cardíacos, movimiento respiratorio; piel pálida, inconsciencia y los labios se van amoratando conforme pasa el tiempo.

Causas

Padecimientos cardíacos de vías respiratorias, golpes fuertes en tórax, electrocución, anegamiento, intoxicación por inhalación, fármacos, traumatismos.

Primeros Auxilios

Paro respiratorio: doce respiraciones por minuto, una cada cinco segundos.

Paro cardiorespiratorio: quince masajes por dos respiraciones, cuatro ciclos.

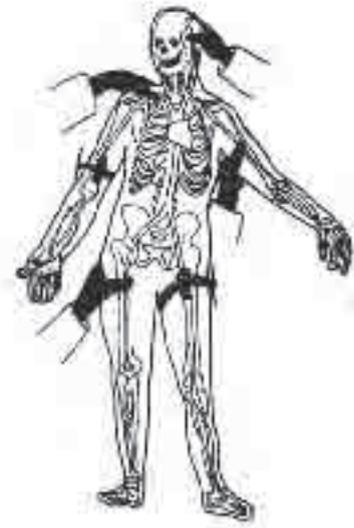


Figura 12. Reanimación en paro cardiorespiratorio.

II. Control de una hemorragia

Métodos de contención de una hemorragia:

- a) Presión directa
- b) Presión indirecta
- c) Elevación de extremidades
- d) Crioterapia
- e) Torniquete

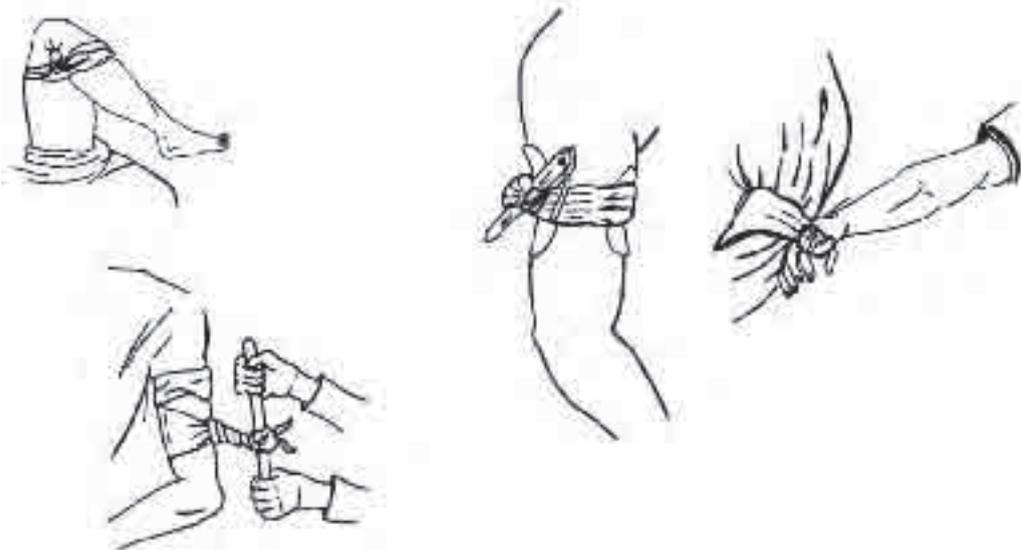


Puntos de presión (manos) y lugar donde aplicar el torniquete (venda) para evitar hemorragias.

Figura 13. Contención de hemorragia por presión.

Definición

Es la pérdida de sangre debido a una agresión a los conductos o vías sanguíneas naturales. Se considera vía natural de circulación sanguínea a las arterias, venas y vasos capilares.



Clasificación de las hemorragias

Arterial: se identifica por su color rojo brillante y sale conforme a las pulsaciones de la red arterial.

Venosa: se identifica por su color rojo oscuro y su salida es continua.

Capilar: se identifica por su escasa salida de sangre (gotas en puntilleo), enrojecimiento de la piel, comúnmente se presenta en las escoriaciones.

Mixta: se observa en heridas en las que fueron lesionadas tanto las arterias como las venas (capilar).

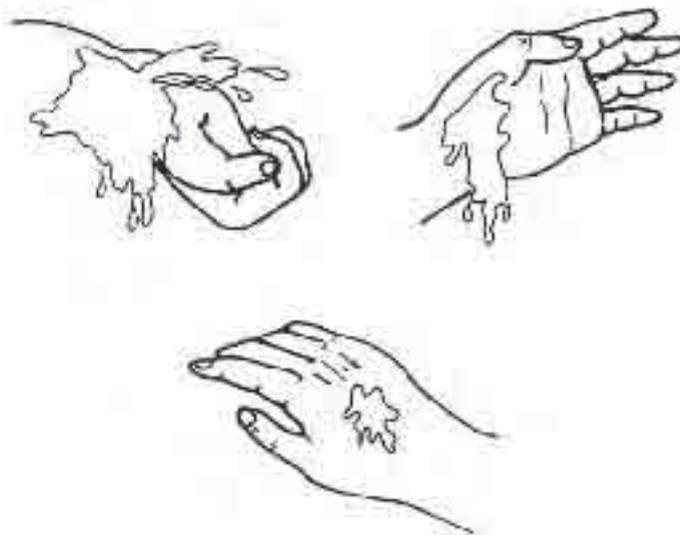


Figura 14. Hemorragia mixta, lesión de arterias y de venas (capilar).

III. Manejo del “shock”

Definición

Es el estado de deficiencia circulatoria generalizada en todos los tejidos, ocasionado por diversos factores como traumatismos, enfermedades cardiacas, reacciones alérgicas o infecciones severas.

Datos

Respiración arrítmica y débil, pulso arrítmico y débil, piel húmeda, pálida y fría, sudor pegajoso y frío, dilatación de la pupila, vómito, somnolencia, angustia.

Tratamiento de urgencia

- Mantener las vías respiratorias libres, localizando algún objeto extraño en la boca o nariz, extraerlo y mantener hiperextensión (estirar).
- Aflojar la ropa para que exista una mayor circulación, esto es, aflojar zapatos, corbatas, cinturones. Investigar qué ocasionó el estado de “shock” y tratar de eliminar la causa.
- Colocar en posición de “shock”, que consiste en levantar los pies a una altura aproximada de 20 a 30 cm, para que exista una mayor circulación hacia el cerebro.

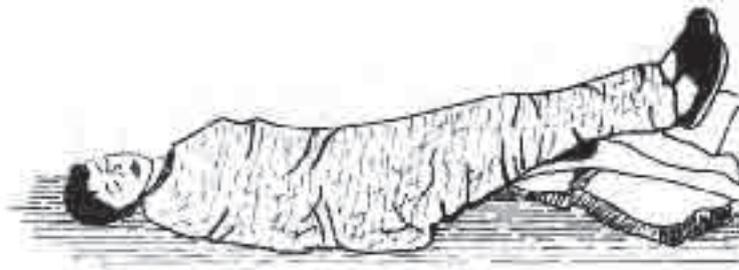


Figura 15. Posición de “shock”.

- Mantener la temperatura corporal impidiendo que el cuerpo pierda su calor, manteniendo abrigado al lesionado, pero evitando el calor excesivo porque esto puede provocar que se agrave su estado. Recuerde siempre colocar un cobertor por debajo del lesionado para impedir la pérdida del calor por contacto directo con el piso.
- Mantenerlo consciente, haciéndole plática.
- Nunca hablarle de la gravedad de sus lesiones, ni dejarlo que las vea.

No aplicar posición de “shock” en:

- Extremidades pélvicas fracturadas
- Heridas penetrantes en tórax
- Heridas penetrantes en abdomen
- Fracturas en el cráneo
- Mujeres embarazadas

Peligros

El estado de “shock” puede tomar tres caminos:

- Paro respiratorio
- Paro cardiorespiratorio
- Estado de coma

IV. Cuidado de las heridas abiertas y quemaduras

Heridas

Definición

Una herida es definida como la pérdida de continuidad de una sección de la piel, acompañada o no de lesiones en los tejidos adyacentes.

Clasificación

Según el agente externo que las produce, las heridas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Lacerantes
- Contusas
- Cortantes
- Punzantes
- Abrasivas
- Mixtas
- Avulsión



Tratamiento de urgencia

Para la atención de las heridas, se deberá dar el siguiente tratamiento aplicándolo en su correcto orden:

- Contener la hemorragia.
- Asepsia: consiste en lavar enérgicamente la herida de adentro hacia fuera con agua y jabón (neutro de preferencia).
- Antisepsia: se hace al aplicar benzal o isodine alrededor de la herida para prevenir la infección.
- Cubrir y vendar: para sujetar el apósito y al mismo tiempo para comprimir la herida y evitar nuevamente la hemorragia.
- Proporcionar asistencia médica.

Peligros

Hemorragia: si no se detiene puede ocasionar un estado de “shock”, o la muerte de la persona por pérdida de volumen sanguíneo.

Infección: ocasiona problemas posteriores en el tratamiento de recuperación de la lesión.

Heridas especiales

Definición

Heridas que ponen en peligro la vida del lesionado o que causan la amputación de algún miembro.

Clasificación

- a. Heridas penetrantes en tórax
- b. Heridas penetrantes en abdomen
- c. Heridas dobles penetrantes (abdomen y tórax)
- d. Amputaciones

Tratamiento de urgencia

La gravedad de estos heridos indica que lo más adecuado es buscar de inmediato la ayuda profesional o el traslado a un centro hospitalario en posición semisentada, vigilando sus signos vitales y aplicando R.C.P. en caso necesario.

Cuando en la herida penetrante de tórax se escucha un silbido por la herida, en el momento que el lesionado inhala o exhala, es indispensable evitar la salida del aire, bloqueando la herida con plástico, hule o celofán, pegando el parche en tres puntos solamente para dejar un espacio que funcione como válvula.



Figura 16. Heridas penetrantes de tórax.

Si la herida penetrante es en el abdomen es indispensable el traslado inmediato, pues puede haber hemorragia interna que, al no ser visible, oculte la gravedad de la lesión.

Si la herida penetrante es en abdomen y con exposición de vísceras, también puede haber hemorragia interna además de la exposición de las vísceras. En este caso se debe:

- Humedecer las vísceras con el agua limpia o con suero (solución salina isotónica) de preferencia estéril.

- Colocar un apósito limpio humedecido con agua o suero de preferencia estéril.

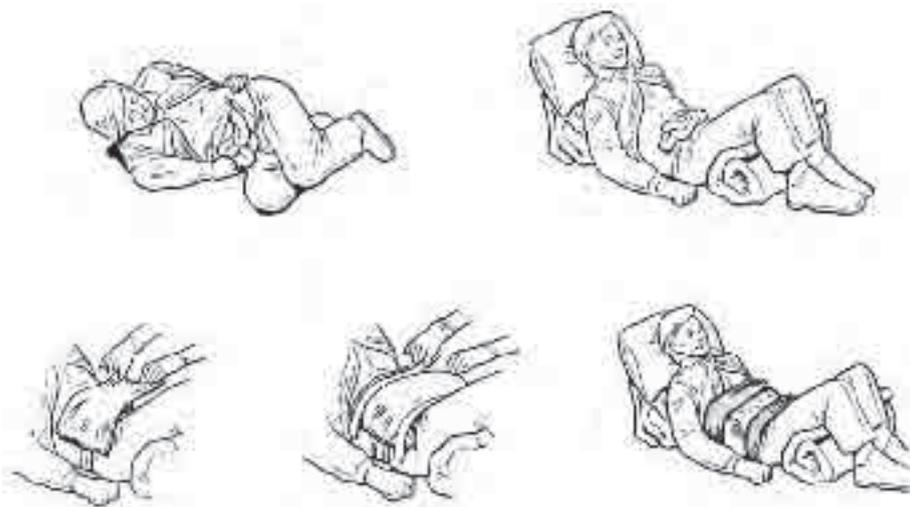


Figura 17. Herida abierta de abdomen con apósito limpio y humedecido con suero o agua estéril.

- Vendar para sostener las vísceras. Trasladar semisentado y con piernas flexionadas al lesionado. Aplicar R.C.P. y medidas antishock si es necesario.

Lo que siempre deberá hacerse en estos casos:

- No reintroducir las vísceras.
- No administrar bebidas ni alimentos.
- No extraer objetos punzo-cortantes si existen dentro de la herida (fijarlos para que no se muevan).

Si existe la amputación parcial, no desprender el miembro y evitar la hemorragia. Si la amputación es total, debe evitarse la hemorragia por presión directa, indirecta y en última instancia por el uso de torniquete.

Los segmentos amputados deberán trasladarse con el lesionado en gasas estériles y secas, dentro de una bolsa de plástico sellada para que no se mojen e introduciéndola en un recipiente con hielo.

IV. Quemaduras

Definición

Se llama quemadura a la agresión que sufre el organismo por la acción del calor o frío extremo.

Clasificación

Por el tipo de agente que ocasiona la quemadura, se pueden mencionar agentes físicos (calor seco, húmedo, sólidos incandescentes, fricción y electricidad), agentes quí-

micos (ácidos, álcalis y corrosivos), agentes radioactivos (rayos X, rayos ultravioleta, rayos solares).

Por la intensidad de la lesión se pueden mencionar:

Quemaduras de **primer grado** (afectan capas externas de la epidermis).

Datos

- Se enrojece la piel.
- Se hincha.
- Se pone muy sensible.
- Presenta dolor y ardor.

Quemaduras de **segundo grado** (afectan la dermis superficialmente: epidermis, dermis, fascia superficial y región reticular).

Datos

- Se enrojece la piel, con partes blanquecinas.
- Se manifiesta dolor y ardor intenso.
- Se producen ampollas.
- Sensibilidad extrema.
- Se hincha.

Quemaduras de **tercer grado** (afectan la piel en todos sus estratos: epidermis, dermis, fascia superficial, región reticular, región papilar que contiene vasos, nervios, glándulas sebáceas, folículos pilosos y papilas).

Datos

- La piel se pone pálida y serosa.
- No existe dolor.
- Se necrosa el tejido.
- Aparecen ámpulas en las orillas de la quemadura.

Tratamiento general de urgencia

- Colocar la lesión al chorro suave del agua o sumergirla 15 minutos.
- Quitar con cuidado alhajas, cinturones y prendas de vestir antes de que la hinchazón lo impida.
- Cubrir la lesión con un lienzo limpio de preferencia estéril y libre de pelusa, sujetándolo con una venda.
- Si la lesión es en la cara, cubrirla de igual manera (puede usarse una funda de almohada con cortes para ojos, nariz y boca).
- Inmovilizar las extremidades gravemente quemadas.
- Dar tratamiento preventivo contra estado de “shock”.
- Si el lesionado está consciente, darle a beber agua o suero para hidratarlo.
- Aplicar R.C.P. si se detienen la respiración y las pulsaciones cardíacas.
- Trasladar al lesionado al hospital.

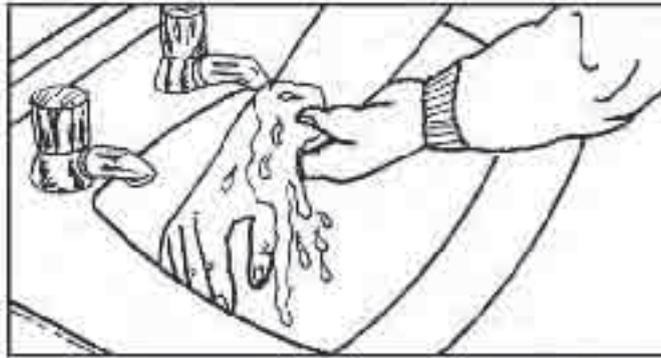


Figura 18. Colocar la lesión al chorro suave del agua.

Lo que se debe hacer:

- No retirar nada que haya quedado adherido a una quemadura.
- No aplicar lociones, ungüentos ni grasa en la lesión.
- No romper las ampollas.
- No retirar la piel desprendida.
- No tocar el área lesionada.
- No juntar piel con piel.

V. Inmovilización de fracturas y luxaciones

Definición

Es la pérdida de la continuidad en el tejido óseo.

Clasificación

Por violencia, por esfuerzo o por enfermedad:

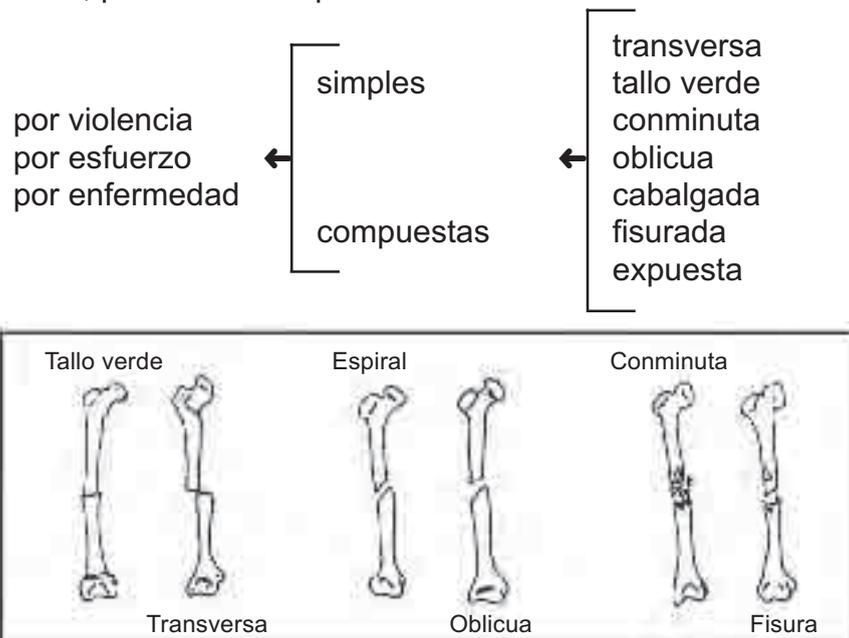


Figura 19. Tipos de fractura.

Por su localización:

Cráneo

Tórax

Pelvis

Columna vertebral

Miembros torácicos o brazos

Miembros pélvicos o piernas

En la inmovilización de fracturas es fundamental:

- No mover la parte fracturada, si no hay razón para hacerlo.
- Usar material adecuado al lugar y tipo de fractura que se pretende inmovilizar.
- Al inmovilizar la fractura, es necesario hacerlo también con las articulaciones más cercanas a la fractura.
- Colocar una férula abajo y otra arriba de la fractura.
- No apretar demasiado las férulas para permitir la libre circulación de la sangre.

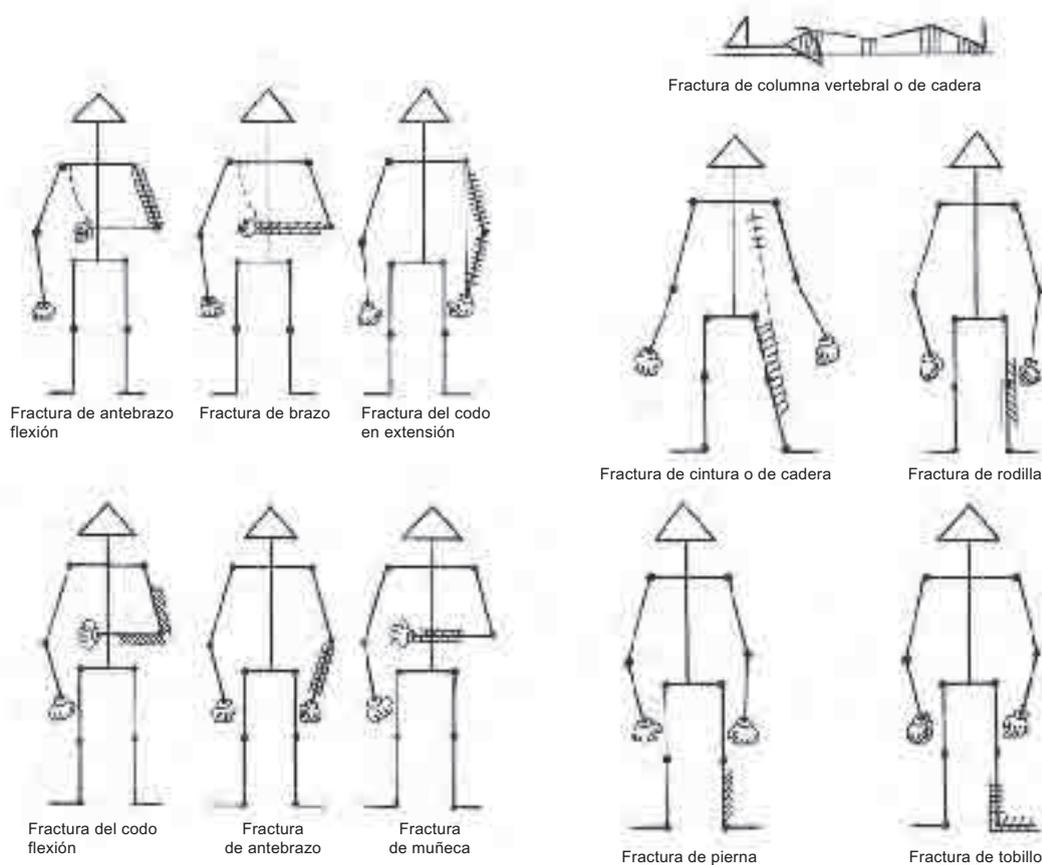


Figura 20. Inmovilización de fracturas.

Férulas

Se pueden utilizar cartones, periódicos enrollados, tablas, cobijas, pedazos de plástico rígidos. Las dimensiones de estos objetos dependerán del tipo y localización de la fractura; se pueden sujetar con cordones, corbatas, pañuelos, vendas, etc.

Riesgos

El mal manejo de una fractura puede provocar lesiones permanentes, hacer expuesta la fractura, lastimar nervios, arterias y vasos sanguíneos, infecciones o deteriorar la médula espinal con lo que se podría provocar la invalidez o lesiones aún más graves.

VI. Traslado

Definición

Maniobras necesarias para trasladar a un lesionado del lugar del accidente al servicio médico o de emergencia, ocasionando las mínimas molestias.

Transporte

- **Mecánico:** camilla, existen cinco tipos: marina, militar, carro, rígida y la de combustible.
- **Manual:** realizado por personas para auxiliar a un accidentado consciente.
- **Improvisado:** con los recursos que se tengan a la mano para trasladar a un accidentado consciente o inconsciente por medio de chamarras, cobijas, palos, sillas...

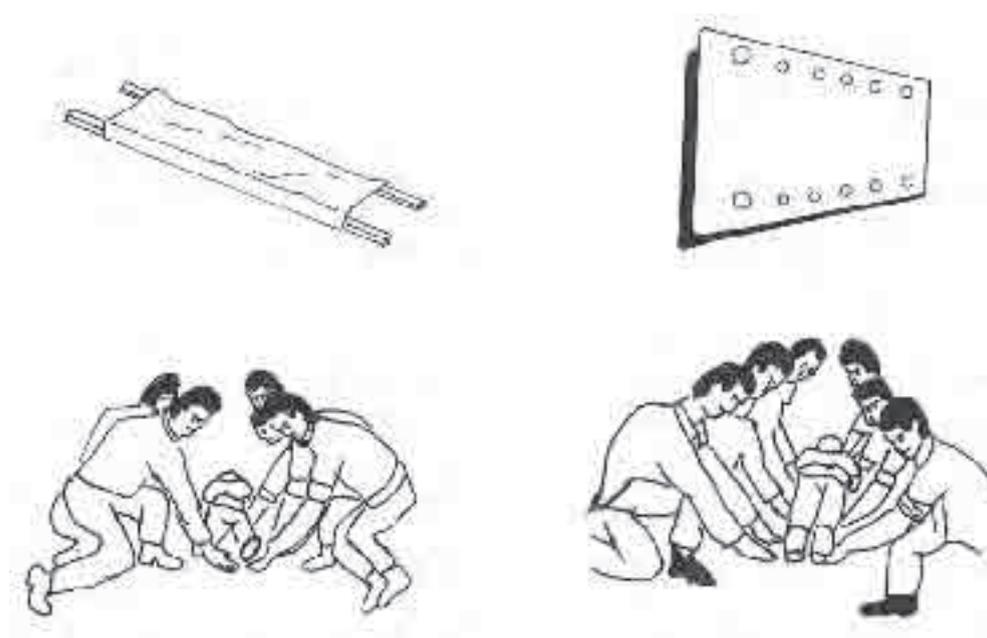


Figura 21. Camillas y algunas formas de traslado de lesionados.

Reglas para efectuar un transporte o traslado

En relación con el auxiliador:

- Distribuir el peso del lesionado.
- Quitarse objetos que estorben o que pueden lastimarle las manos anillos, relojes, pulseras.
- Colocarse fajas en la cintura, para evitar lastimaduras.
- Amarrarse bien las correas o cordones de los zapatos.
- Subirse las mangas de la camisa, saco o suéter.
- Levantar el peso con las piernas y no con la espalda o cintura y con el tronco recto.
- En pendientes y declives bajar al lesionado con los pies por delante.

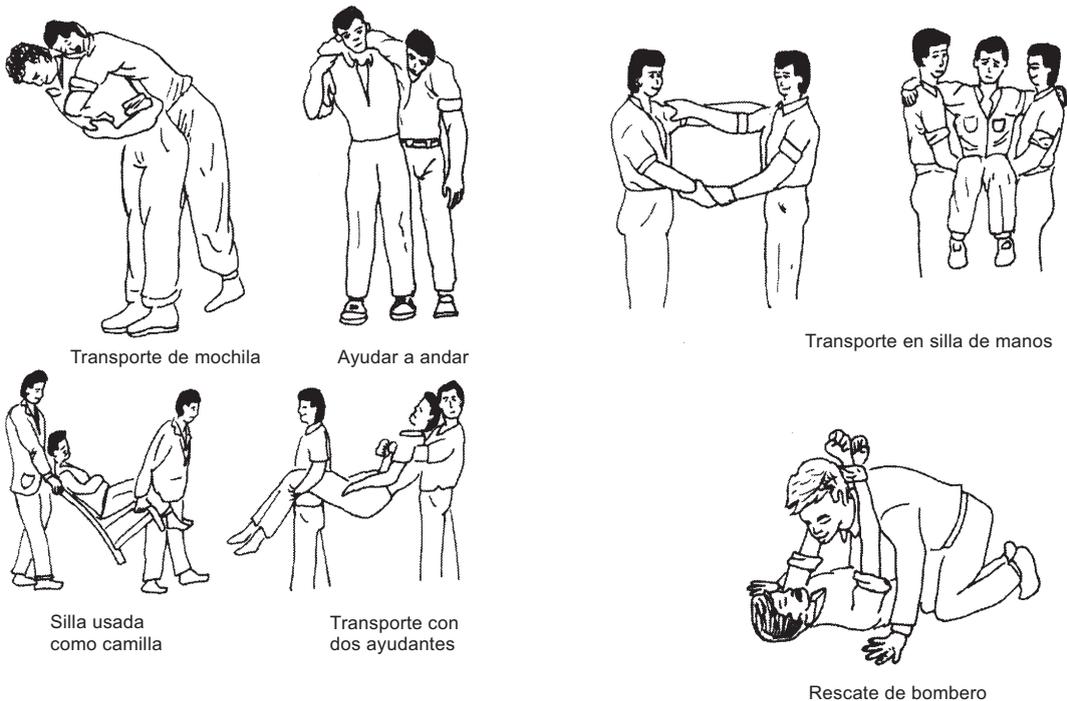
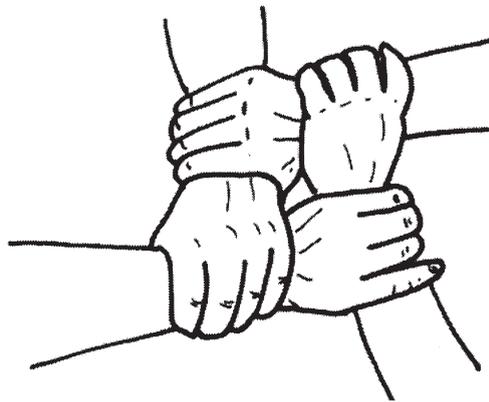


Figura 22. Traslado de lesionados.

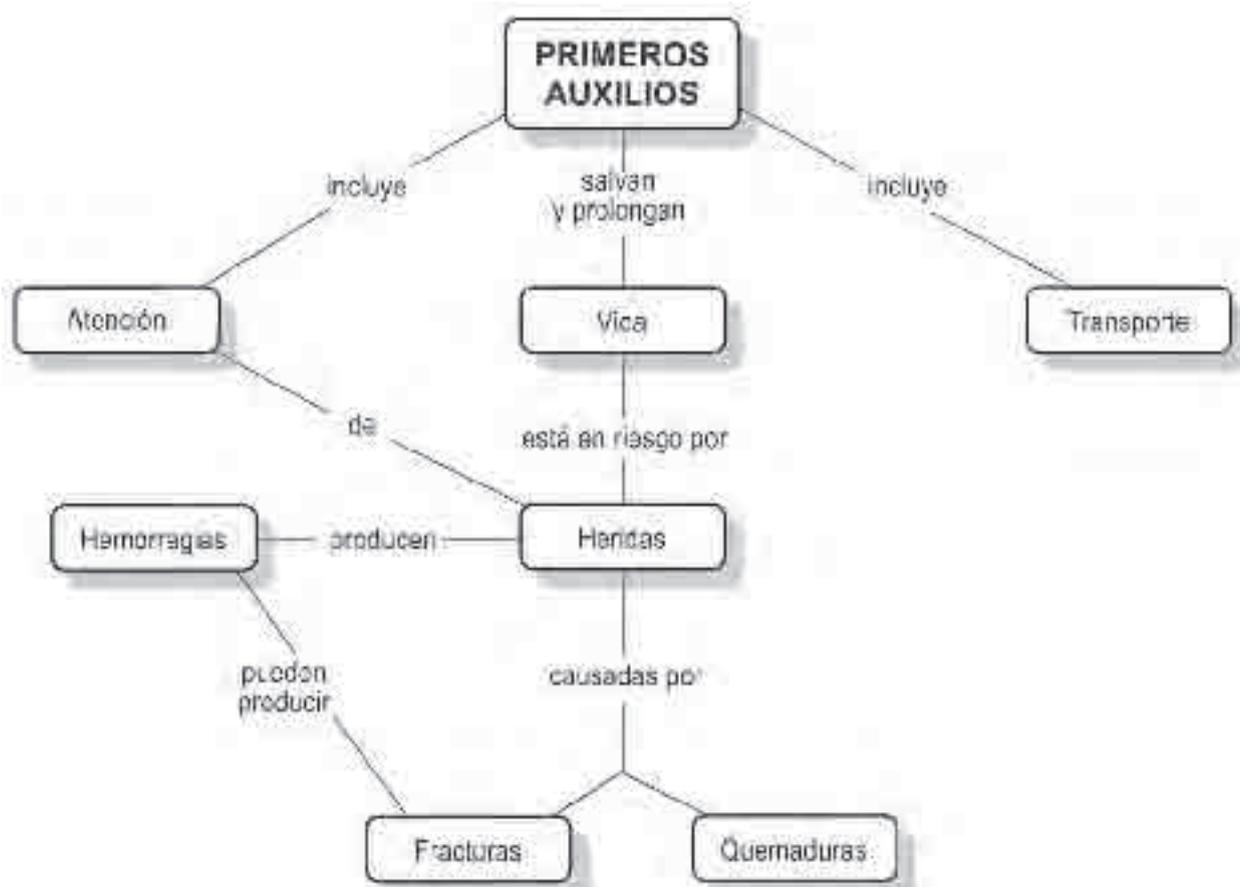
En relación con el lesionado:

- Aplicar primeros auxilios antes de las maniobras y durante el traslado.
- Controlar sus signos vitales cada tres o cinco minutos.
- Adecuar su transporte o levantamiento al tipo de lesión.

Con relación al material:

- Protegerlo del sol y la humedad.
- Asegurarse de que el material utilizado sea resistente.
- Que sea cómodo.
- Que no tenga objetos salientes que lastimen.

El siguiente mapa conceptual sintetiza los temas 2.8 y 2.9.



Capítulo 3

CINÉTICA QUÍMICA



Foto: Worldview, Aris Entertainment Inc.

Gracias a las reacciones químicas, muchos alimentos pueden consumirse después de varios días de haber sido adquiridos en el mercado. Por ejemplo, el pescado puede comprarse el domingo y meterse en el congelador para cocinarse y comerse el jueves.

En este capítulo, se estudian los temas: movimiento y rapidez de una reacción química; contenido energético de una sustancia, y reacciones exotérmicas y endotérmicas.

Se analizan la energía de activación, las reacciones reversibles y los factores que aceleran la rapidez de reacción.

De hecho, los seres humanos están vivos porque su cuerpo contiene miles de catalizadores llamados enzimas.

STEVEN S. ZUMDAHL

3.1 CINÉTICA QUÍMICA

Corresponde a la sesión de GA 3.22 (62.3.Q) EL ACELERE

La corrosión del hierro, la combustión de la madera, la fotosíntesis en las plantas, la producción de plásticos, la fermentación del maíz para producir chicha y la cocción de los alimentos son ejemplos de reacciones químicas.

REACCIONES Y ECUACIONES QUÍMICAS

Una **reacción química**, se representa mediante una **ecuación química**. La reacción se da cuando una sustancia se transforma en otra con características diferentes a la sustancia original. En ella existe un reordenamiento de los átomos, los cuales están presentes en los **reactivos** y se conservan en los **productos** después de la reacción.

Todas las reacciones químicas que ocurren en la naturaleza tienen distinta rapidez; por ejemplo: la oxidación del hierro expuesto al oxígeno del aire es una reacción química muy lenta, mientras que la combustión del gas doméstico (butano) es una reacción rápida. Esta **rapidez** es estudiada por la **cinética química**.

Cambio químico en el cual una o más sustancias se transforman en otras con propiedades y estructura diferentes.

Las reacciones químicas se representan mediante ecuaciones químicas. Las cuales indican las sustancias que tomaron parte en el cambio químico.

Las ecuaciones químicas, se dividen generalmente en dos secciones separadas por una flecha (\rightarrow) que indican la dirección del proceso. Esta flecha se lee como "produce" o "da lugar a...". En el lado izquierdo (o primer término) se especifican los reactivos (sustancias que reaccionan) y en el derecho (o segundo término) se escriben los productos (sustancias nuevas que se producen).

Modelo de colisiones

Una forma de explicar cómo suceden las reacciones es mediante el **modelo de colisiones**, en donde se señala que, para que haya una reacción química, es necesario que las partículas de las sustancias reaccionantes o reactivos choquen entre sí. Muchos de estos choques son muy fuertes, de manera que los enlaces entre las partículas se rompen y originan un reacomodo de los átomos, lo cual da lugar a una sustancia nueva denominada producto.

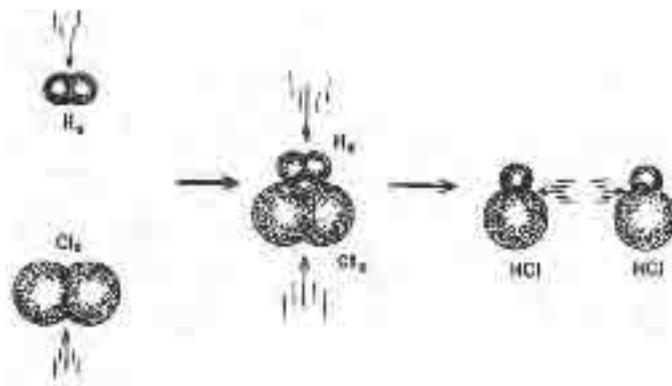
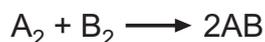


Figura 1. Colisión entre moléculas de cloro e hidrógeno, para dar origen a la formación de cloruro de hidrógeno o ácido clorhídrico.

Rapidez de reacción*

La **rapidez de reacción** es el tiempo que tarda en producirse una reacción química. También se define como la cantidad de producto generada en un determinado tiempo.

A continuación, se dará una explicación más amplia, considerando la siguiente reacción química:



Donde A_2 y B_2 = reactivos; y AB = producto

Cuando se inicia la reacción, las moléculas de los reactivos chocan entre sí y forman moléculas de producto, entonces la concentración de los reactivos comienza a disminuir y la del producto aumenta. Por lo tanto, hay un cambio en estos dos últimos, de manera que la concentración del producto se representa así: $[AB]$.

Para calcular la rapidez de una reacción o la de producción de AB , en química se usa la siguiente fórmula, la cual se da a manera de información:

Rapidez de producción de $AB = \frac{\Delta[AB]}{\Delta t}$

Donde

AB = producto

$[AB]$ = concentración de producto.

$\Delta[AB]$ = cambio de la concentración de producto.

Δt = cambio del tiempo (*el signo Δ , se lee como delta*).

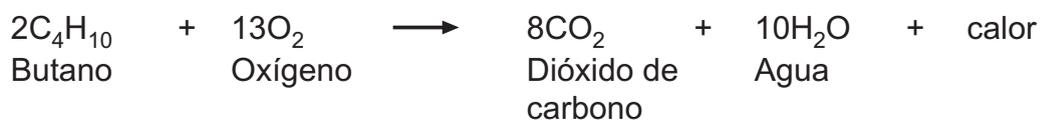
3.2 CONTENIDO ENERGÉTICO

Corresponde a la sesión de GA 3.23 (63.3.Q) ¡QUÉ CALOR!

Para preparar café o unos ricos tamales, es necesario un combustible como gas butano, carbón o leña.

Por ejemplo, el gas butano al reaccionar con el oxígeno del aire origina dióxido de carbono, vapor de agua y energía en forma de calor de acuerdo con la siguiente ecuación:

* En la mayoría de los textos se describe la rapidez como velocidad de reacción. No obstante, es necesario aclarar que el concepto velocidad implica una dirección, y en el caso de las reacciones químicas, no es posible decir si una reacción va en dirección norte, sur, etc. Por tanto, es más adecuado hablar de rapidez.



Este **contenido energético**, que se libera en forma de calor, es el utilizado para cocinar los alimentos, entre otras cosas. Cada combustible presenta un contenido energético distinto.

Todas las sustancias presentan un contenido energético almacenado en sus átomos o moléculas en forma de energía química. El contenido energético de cada sustancia es diferente y depende de los átomos y tipo de enlaces atómicos que presenta cada sustancia.

En una reacción química, el contenido energético de los reactivos se distribuye entre los productos, en donde además de sustancias, se pueden obtener luz y calor. La energía liberada o suministrada en una reacción se mide en **calorías o kilocalorías por mol o por gramo**, ejemplo: Kcal/mol o cal/g.

La energía liberada por algunos combustibles se menciona a continuación:

Carbón	8 000 cal/g
Hidrógeno	34 500 cal/g
Metano	13 200 cal/g
Alcohol	7 100 cal/g
Gasolina	11 000 cal/g
Madera	4 000 cal/g

Como la **caloría** es igual a la cantidad de calor que se requiere para que un gramo de agua aumente un grado Celsius, se pueden calcular las calorías que contienen los combustibles calentando agua y midiendo el cambio de temperatura de la misma; por lo tanto, el calor específico del agua es igual a 1 cal/g·°C.

Los combustibles son sustancias con alto grado de contenido energético.

El cálculo del calor absorbido por el agua o del calor liberado por el combustible se conoce a través de la siguiente fórmula:

$$Q = m \times C_e \times \Delta T$$

Donde: Q = calor ganado por el agua = calor liberado por el combustible
 m = masa del agua en gramos
 C_e = calor específico del agua
 $\Delta T = T_2 - T_1$ = cambio de la temperatura del agua
 T_1 = temperatura inicial
 T_2 = temperatura final

3.3 REACCIONES EXOTÉRMICAS Y ENDOTÉRMICAS

Corresponde a la sesión de GA 3.24 (6. 64) ¡QUÉ CALOR Y QUÉ FRÍO!

Ejemplo de una reacción exotérmica es la combustión del gas natural.



Cuando las bacterias descomponen los desechos orgánicos de un basurero, lo hacen mediante reacciones químicas. Asimismo, la obtención del cobre en la industria metalúrgica requiere de reacciones químicas. En el primer caso, durante las reacciones se libera calor porque se trata de una **reacción exotérmica**; en el segundo caso, para que la reacción se lleve a cabo, es necesario un suministro de calor, este proceso se conoce como una **reacción endotérmica**.

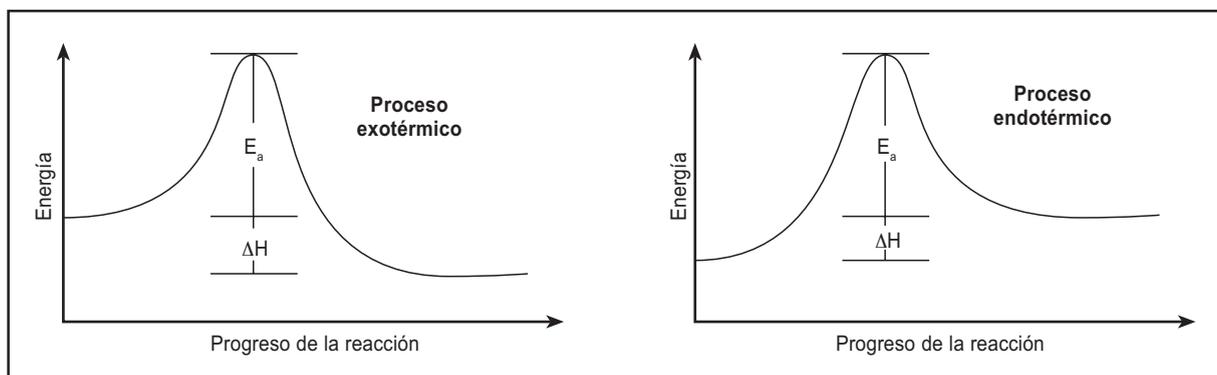


En un proceso endotérmico la energía (calor) se absorbe de los alrededores del sistema.

Hay que recordar que una **reacción química** se da cuando una (o varias) sustancia(s) sufre(n) un cambio químico y se transforma(n) en otra, con características y propiedades diferentes a la sustancia original.

El **cambio de entalpía (ΔH)** puede entenderse como la energía liberada o absorbida durante una reacción química. En las **reacciones exotérmicas**, la entalpía de los productos es menor que la de los reactivos y ΔH tiene un valor negativo. Cuando se realiza una **reacción endotérmica**, la entalpía de los productos es mayor que la de los reactivos y ΔH es positivo.

Las siguientes gráficas ilustran los procesos endotérmicos y exotérmicos. E_a indica la energía de activación, de la cual se hablará en la siguiente sección.



3.4 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

Corresponde a la sesión de GA 3.25 (65.3.Q) ¡EL CHISPAZO!

Una reacción química está rodeada de varios procesos energéticos y por un reordenamiento de los átomos que participan en ella. Pero ¿qué factores intervienen para que se produzcan las reacciones químicas?

Es necesario considerar a una reacción química como **un sistema**; es decir, como un proceso aislado, que es objeto de estudio.

Hay ciertas reacciones que se efectúan por sí solas, basta que los reactivos estén en contacto para transformarse en otras sustancias, a éstas se les conoce como **reacciones espontáneas**. Ejemplos de éstas son la neutralización y algunas de oxidación. Pero hay otras reacciones que se necesitan de una energía externa al sistema para llevarse a cabo.

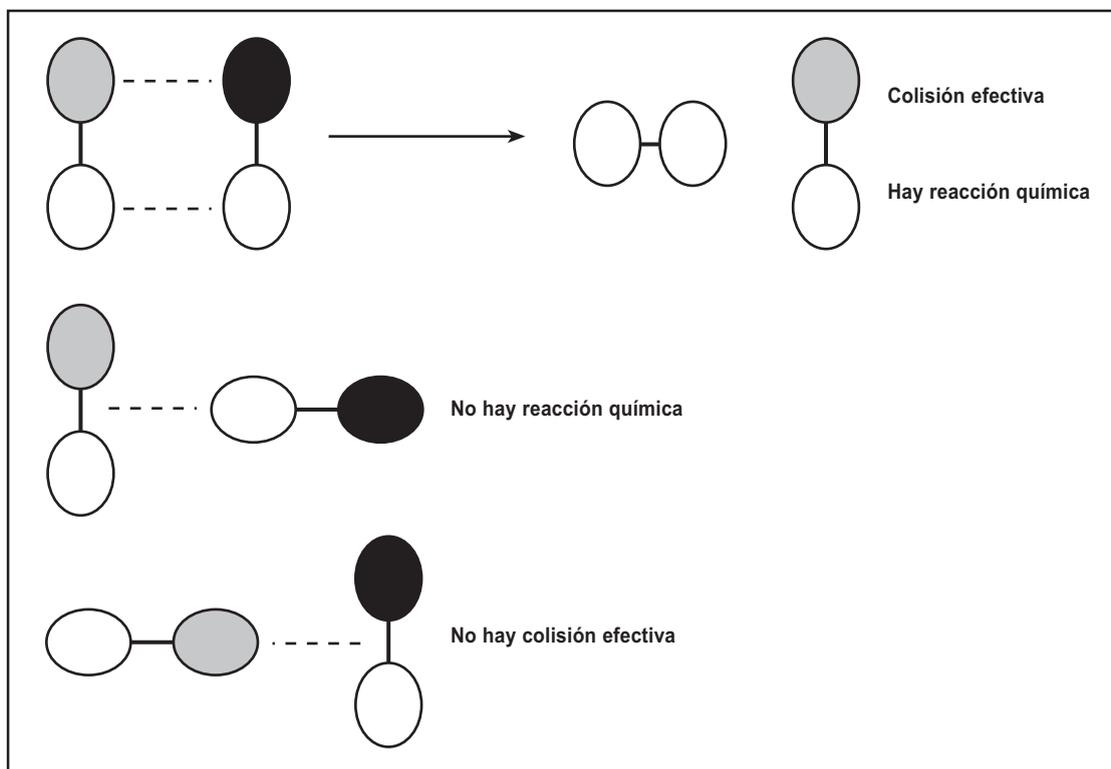
Un sistema de partículas contiene una energía total, parte de ella es la energía química almacenada y también la energía cinética. A esta última, se atribuye la translación o movimiento de las partículas en el sistema y está distribuida de manera desigual.

Cuando se eleva la temperatura del sistema, también las moléculas aumentan su energía cinética y aquellas que adquieren mayor rapidez provocan choques de manera azarosa o errática.

Esos choques pueden provocar una reacción química, cuya posibilidad dependerá de la energía cinética de las partículas y el ángulo de colisión o choque. Si éste es adecuado, hace posible el rompimiento de los enlaces de los reactivos, la formación de otras sustancias o ambas situaciones, lo cual da lugar a otras sustancias que no estaban en el sistema.

Para llevar a cabo una reacción química, es necesario suministrar una energía mínima de choque, la suficiente para romper enlaces y permitir la formación de otros, a esta energía se le conoce como **energía de activación**.

No obstante, para que el choque sea efectivo, es decir, que los reactivos se transformen en productos, es necesario que haya suficiente energía y la correcta orientación de las partículas. Si uno de estos factores falla, disminuye la probabilidad de ocurrir una reacción química.



La reacción siguiente es un ejemplo:



Para que se lleve a cabo, debe provocarse una colisión entre un átomo de cloro y una molécula de metano, que son las sustancias reaccionantes, esa energía debe ser mayor que la energía necesaria para romper el enlace de CH_4 , que corresponde a 104 Kcal/mol, y la energía liberada al formarse el enlace de HCl es de 103 Kcal/mol. De manera experimental, se ha encontrado que la energía necesaria para producir la reacción debe ser de 4 Kcal/mol adicionales a la energía de rompimiento, pues solamente una colisión violenta producirá tal reacción, siempre y cuando las moléculas choquen con el ángulo adecuado.

En este caso, cuando se lleva el sistema a una temperatura de 275°C , de 40 colisiones, sólo una es efectiva.

Existen otras situaciones en que la reacción desprende calor, igual o mayor a la energía de activación, y basta iniciarla con una llama, como en los combustibles, para que el calor liberado de la reacción inicial haga posible que se desencadene la transformación de las demás moléculas. En este caso, la energía de activación es suministrada por la llama inicial. Cuando en un recipiente hay O_2 y H_2 , no reaccionan espontáneamente, requiere el sistema de una energía de activación que consiste en una chispa eléctrica para que se combinen formando H_2O .

En muchos casos, un sistema es provisto de energía de activación mediante un fósforo. Éste en sí, es un ejemplo de varias reacciones sucesivas en las que se aprecia la energía de activación:

- El fósforo es frotado y esta energía mecánica produce la energía de activación para que reaccione el fósforo.
- En este momento, se desprende energía para que el azufre reaccione con el oxígeno.
- A su vez, esta combustión libera calor suficiente para iniciar la combustión de la madera, cartón o papel encendido del fósforo.

Algunas formas de suministrar energía de activación a un sistema son: una chispa eléctrica, una llama, calentamiento, frotamiento, impacto y radiación.



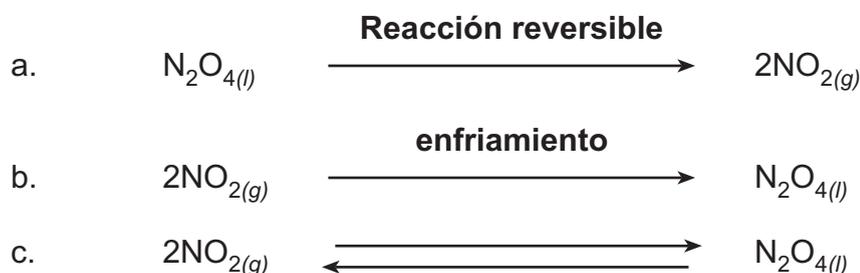
Figura 2. Un rayo es un ejemplo de energía de activación.

3.5 REACCIONES REVERSIBLES

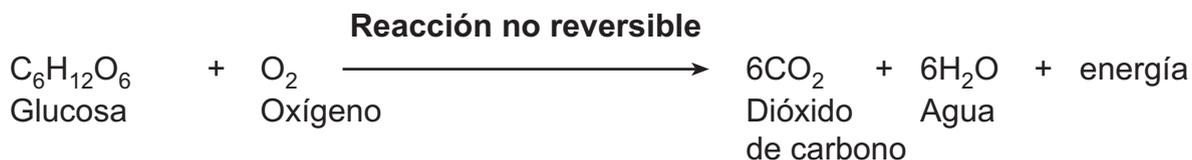
Corresponde a la sesión de GA 3.26 (66.3.Q) EN DOS SENTIDOS

Se ha considerado que las reacciones químicas se llevan a cabo de tal manera que los reactivos se combinan para dar lugar a ciertos productos; es decir, que la reacción química se efectúa en una sola dirección (de izquierda a derecha). Sin embargo, muchas reacciones son reversibles.

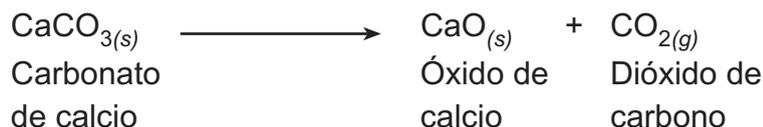
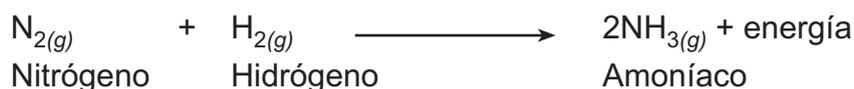
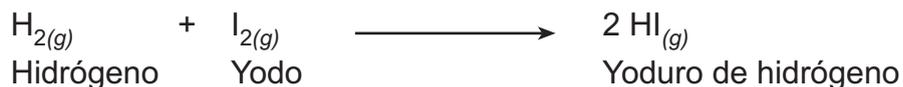
Una **reacción reversible** es aquella en la cual los productos que se forman reaccionan entre sí para producir nuevamente los reactivos. Se puede decir que la reacción va de izquierda a derecha y de derecha a izquierda; por ello, se utiliza una flecha doble en la ecuación, para indicar que la reacción es reversible.



Por medio de la reacción **c**, se representan las dos anteriores que se llevan a cabo al mismo tiempo (**a** y **b**). Nótese que se utilizan dos flechas con sentido opuesto, a diferencia de una reacción no reversible, que sólo lleva una flecha con sentido de izquierda a derecha.



Algunas reacciones reversibles son las siguientes:



Cuando la rapidez de la reacción hacia la derecha es igual a la rapidez de la reacción hacia la izquierda, se dice que existe un estado de “equilibrio químico”.

Efecto del cambio de volumen y la presión

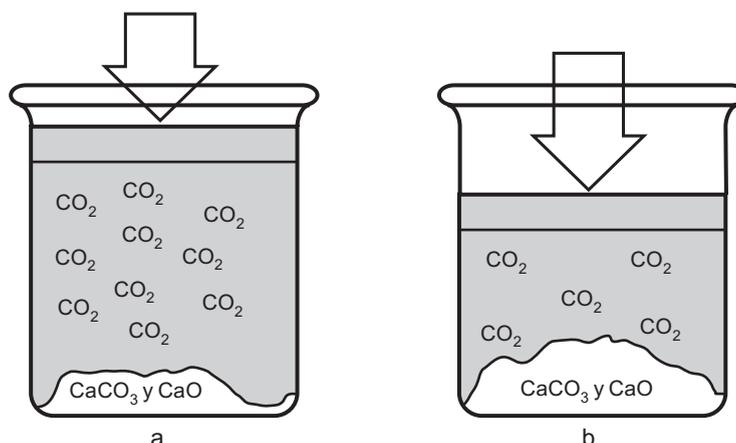


Figura 3. Las reacciones reversibles son afectadas por el volumen y la presión. En a) el sistema se encuentra en equilibrio, y en b) al aumentar la presión por efecto de una disminución en el volumen, se forma un nuevo equilibrio en el cual ha cambiado la concentración de los reactivos y los productos.

Si se analiza la figura, se puede observar que en **a)** el sistema está en equilibrio pues:



En **b)** por medio de un pistón, se disminuye el volumen aumentando la presión, el sistema se desplaza en la dirección en la cual el número de moléculas gaseosas (CO₂) disminuye, aumentando el número de partículas sólidas de CaCO₃.

Es importante señalar que, después de la alteración en la reacción química, existe una tendencia natural por reestablecer un nuevo equilibrio.

Cuando se fabrica un producto químico, los ingenieros que están a cargo de la producción eligen las condiciones que favorecen la obtención del producto deseado, tratan de que la reacción se desplace hacia la derecha; es decir, hacia los productos en todo lo posible.

3.6 FACTORES QUE AFECTAN LA RAPIDEZ DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

Corresponde a las sesiones de GA 3.27 (69.3.Q) ¡CONCÉNTRATE Y REACCIONA, 3.28 (70.3.Q) LOS VELOCES y 3.29 (71.3.Q) SE DEFINE EL ACELERE

Tanto en las reacciones químicas como en otros fenómenos, hay reacciones rápidas y lentas; rápidas como las explosiones de mezclas combustibles, lentas como la formación del óxido de hierro, y otras que se efectúan a rapidez media, como la combustión de la madera. El hablar de lentitud o rapidez es en realidad relativo, ya que se debe tomar una reacción como referencia.

Es necesario recordar que la rapidez de reacción es el tiempo en el cual se transforma un reactivo o el tiempo necesario para que se forme un producto.

La rapidez de reacción varía en función de diferentes factores como son: la naturaleza de los reactivos, la concentración, la cantidad de superficie de contacto, la presión, la temperatura y la acción de los catalizadores.

Naturaleza y concentración de los reactivos

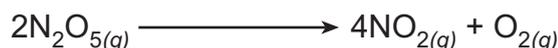
Según la **naturaleza de los reactivos**, la rapidez varía.

Se ha observado que el hidrógeno reacciona con el oxígeno para formar agua, en cambio, en condiciones similares, la reacción del nitrógeno es apenas detectable.

En la mayoría de las reacciones, la rapidez varía en función directa con la **concentración**; es decir, es más rápida mientras mayor sea ésta.

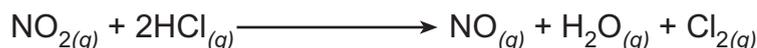
Este efecto se explica basándose en la teoría de las colisiones, de la siguiente manera: “Al aumentar la concentración de los reactivos, es decir, el número de partículas de éstos por unidad de volumen, también lo hace el número de colisiones por unidad de tiempo, lo que supone mayor probabilidad de colisiones eficaces y mayor rapidez de reacción”.

En la reacción:



La rapidez es directamente proporcional a la concentración de N_2O_5 , lo que significa que, si se duplica la concentración, la rapidez aumenta al doble; de igual forma, si se triplica la concentración, la rapidez se triplica.

En la reacción:



- La rapidez es directamente proporcional al producto de la concentración de NO_2 por la concentración de HCl .
- Si se duplica la concentración de NO_2 , se duplica la rapidez de reacción.
- Si se duplica la concentración de HCl , se duplica la rapidez de reacción.
- Si se duplica la concentración de ambos reactivos al mismo tiempo, se cuadruplica la rapidez de reacción.

Cantidad de superficie de contacto o grado de división

Cuando uno de los reactivos es sólido, la rapidez de la reacción aumenta al aumentar el grado de división de éste. Esto sucede ya que se incrementa la **superficie de contacto** entre el reactivo sólido y los otros reactivos; por tanto, aumenta el número de colisiones.

De aquí, se concluye que los sólidos reaccionan a mayor rapidez entre más divididos estén.

Cuando los reactivos están en disolución, se encuentran en estado molecular o iónico, es decir, en contacto directo; mientras que en estado gaseoso, las moléculas se encuentran muy separadas si el gas se encuentra libre.

Mientras mayor sea la superficie de contacto, mayor será la rapidez de reacción, así que los gases y los líquidos reaccionan más rápido que los sólidos.

Por ejemplo, la rapidez de reacción de la combustión de la madera es muy lenta cuando se quema un leño entero, y es muy rápida si el leño se divide en trozos más pequeños, e incluso la rapidez de reacción será todavía mayor si este leño se reduce a astillas o aserrín.

Lo mismo sucede con la gasolina, ya que el vapor de la gasolina reacciona de forma explosiva con el aire, en cambio la gasolina líquida se quema más lentamente.

Temperatura, presión y volumen

En la mayoría de las reacciones, al aumentar la **temperatura**, la rapidez también se incrementa. Aproximadamente por cada 10°C, la rapidez se duplica.

Lo que sucede es que, al aumentar la temperatura, la energía cinética de las partículas también aumenta y, por tanto, los choques entre las partículas son más fuertes, y dan como resultado que los enlaces se rompan con relativa facilidad y, con ello, que la rapidez de la reacción sea mayor.

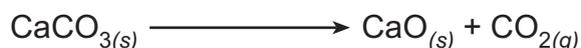
Se sabe que, a mayor concentración de partículas, la presión será mayor; por lo tanto, el número de choques moleculares será mayor, con lo que la rapidez de reacción se incrementa.

Cuando en una reacción al menos uno de los reactivos o productos es gas, la presión afecta mucho la rapidez de la misma.

Cuando se trata de una reacción en donde interviene un gas, su volumen o cambio de presión puede ser equivalente al cambio de concentración. Por ejemplo en:



Al elevar la temperatura del carbonato de calcio (CaCO_3) por encima de 825°C , se descompone en óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO_2). Si se agrega CO_2 o se disminuye el volumen, la presión aumenta, entonces se acelera la reacción inversa y se desplaza de derecha a izquierda:



Todos estos factores son muy importantes ya que muchas reacciones sólo ocurren a cierta temperatura, presión y volumen, además de que es muy importante la superficie de contacto. Por ejemplo, la digestión del alimento será más rápida si dicho alimento se mastica bien.

Efecto de los catalizadores

Existen reacciones que requieren de una energía de activación muy grande; por lo tanto, sería necesario aumentar su temperatura considerablemente, y en el laboratorio no sería posible.

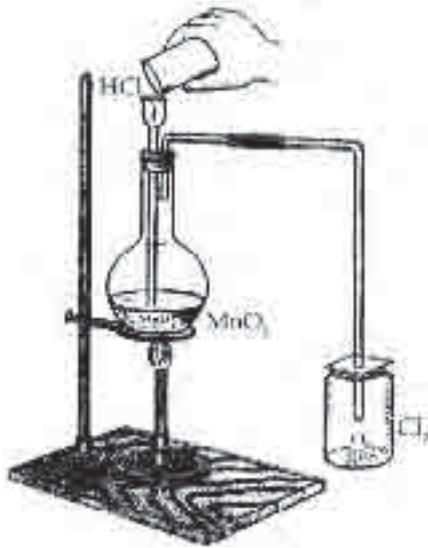
Un ejemplo es el del **HI** (ácido yodhídrico) que, al descomponerse en H_2 y I_2 , requiere una energía de activación mayor de 42.5 Kcal/mol, que corresponde a la energía de rompimiento del **HI**; al calentar a 500°C sólo se obtienen 1.5 Kcal/mol, lo que indica que una pequeñísima parte de la molécula colisionaría para producir una reacción química.

Para situaciones como éstas y en otras reacciones que son demasiado lentas, es necesario acelerar la reacción por otros medios, sin aumentar tanto la temperatura.

La **catálisis** es el proceso adecuado para modificar la rapidez de una reacción mediante una sustancia llamada **catalizador**. Un catalizador hace que la energía de activación disminuya y la reacción se acelere. No obstante, también hay sustancias que no precisamente retardan la reacción, sino que obstruyen a una de las sustancias para que no reaccionen, éstos reciben en nombre de **inhibidores**.

Algunas características y consideraciones acerca de los catalizadores son las siguientes:

- Un catalizador participa en una reacción de manera temporal, es decir, se recupera al final de ésta.
- Su participación facilita un nuevo camino para que la reacción se lleve a cabo con menor energía de activación.
- Proporciona el mismo efecto para una reacción directa e inversa. No obstante, cada reacción puede requerir de diferentes catalizadores.
- Un catalizador debe ser específico para una reacción; es decir, no tiene que ser, necesariamente, usado para otra reacción; por lo que se debe utilizar el apropiado en cada caso, para garantizar su efectividad.



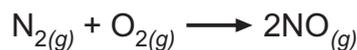
Un catalizador interviene en reacciones intermedias. Por ejemplo, el ozono, sustancia componente de las capas superiores de la atmósfera, se mantuvo constante de manera natural hasta hace algunos años. No obstante, debido al uso de productos que contienen cloro, ha sido un factor determinante en la destrucción de la capa de ozono. Una hipótesis, al respecto, es que el cloro participa como catalizador en la reacción que se lleva a cabo con el O_3 , lo cual da como producto O_2 .

El uso de los catalizadores se ha generalizado en los laboratorios y en la industria, algunos ejemplos de ellos son: óxido de manganeso (MnO_2), platino (Pt), dióxido de nitrógeno (NO_2), metales finamente divididos como el hierro (Fe) y vanadio (V).

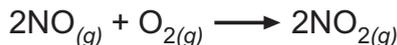
Figura 4. En la obtención de cloro, a partir de HCl, es necesario la intervención de MnO_2 como catalizador.

El smog y los convertidores catalíticos

Los principales contaminantes de los exostos de los automotores son el óxido de nitrógeno (NO), el monóxido de carbono (CO) y algunos hidrocarburos que no se queman durante la combustión de la gasolina. El óxido de nitrógeno se produce por la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno, en los cilindros de los motores de combustión interna.



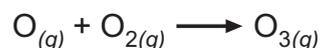
El proceso que conduce a la formación del *smog* fotoquímico comienza cuando el óxido nítrico (NO) del exhosto del automóvil se oxida para formar dióxido de nitrógeno (NO_2) en la atmósfera.



Por su parte, la luz solar causa una descomposición fotoquímica del NO_2 en NO y oxígeno atómico $O_{(g)}$.



El oxígeno atómico es muy reactivo e inicia las reacciones procedentes. Una de estas reacciones conduce a la formación de ozono.



El ozono, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos sin quemar se combinan en una serie compleja de reacciones fotoquímicas que producen, entre otros compuestos, nitratos de peroxiacilo o PAN, que junto con el NO_2 , el ozono y el CO son extremadamente tóxicos. A bajas concentraciones, irritan los ojos y las membranas mucosas de la nariz y la garganta. Además pueden causar dificultad respiratoria. El ozono daña las hojas de las plantas.

Para reducir el *smog*, debe disminuirse la producción de contaminantes que lo forman. Para este propósito, se diseñaron los convertidores catalíticos, los cuales contienen unos catalizadores que aceleran las reacciones químicas, mediante las cuales reducen los niveles de dos de los principales contaminantes (óxidos de nitrógeno e hidrocarburos sin quemar). En este convertidor, los hidrocarburos y el monóxido de carbono se oxidan a dióxido de carbono y agua, mientras que los óxidos de nitrógeno se reducen a nitrógeno.

Adaptado de: *Photochemical smog.*
Addison-Wesley Chemistry. P. 416. 1993.

Las sustancias **inhibidoras** se emplean para evitar la descomposición de alimentos y medicamentos; por ejemplo: el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) es un compuesto inestable, al que se adiciona acetanilida como inhibidor, así su rapidez de descomposición disminuye.

En la mayoría de los alimentos envasados y procesados, se añade un inhibidor, cuyo objeto es conservar su sabor y frescura. Hay conservantes que impiden la descomposición producida por microorganismos, y otros que evitan el deterioro por la oxidación. Esta última se presenta en los alimentos que contienen grasa, como los pasteles, galletas, chocolates y embutidos.



Figura 5. Los inhibidores se encuentran presentes en la mayoría de los alimentos procesados.

Sin embargo, las sustancias grasas, de manera natural, tienen componentes antioxidantes como la vitamina E; pero en cantidad insuficiente como para impedir totalmente los procesos de oxidación, por lo que es necesario adicionar inhibidores.

Algunos ejemplos de antioxidantes son los siguientes:

Antioxidante	Utilidades
L-ácido ascórbico	Para bebidas y frutas.
Hidroxianisol butilado	Para cubos de caldo de res y queso para untar.
Ácido benzoico y benzoatos	Para alimentos elaborados con frutas: la mermelada y bebidas de fruta.
Nitritos de sodio y potasio	Nitritos de sodio y potasio para embutidos y quesos.

En los organismos, se efectúan reacciones químicas que son activadas y reguladas por catalizadores, que reciben el nombre de biocatalizadores.

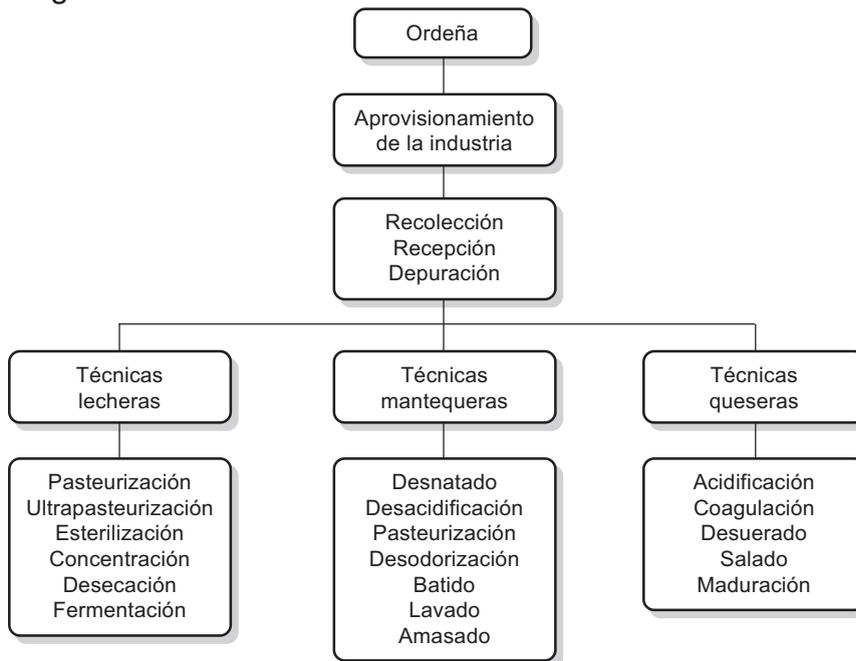
3.7 ELABORACIÓN DE QUESO Y PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS

Corresponde a la sesión de GA 3.30 (72.3.Q) ¡QUESITOS!

Actualmente, los catalizadores tienen muchas aplicaciones en la industria, sobre todo en la alimentaria, pues gracias a ellos se produce yogur, mermelada, embutidos, jugos de frutas, quesos, etc. Precisamente este tema trata sobre la elaboración de quesos mediante la utilización de la catálisis.

Existe una gran variedad de quesos, se mencionan unos 18 tipos diferentes y aproximadamente unos 400 nombres, pero el proceso de fabricación entre uno y otro es muy similar.

Los pasos fundamentales del proceso de fabricación de un queso popular, duro y seco son los siguientes:



Pasos para la elaboración de quesos.

1. **Pasteurización.** Calentar la leche entre 60°C y 75°C y enfriarla.
2. **Acidificación o maduración.** Aquí se inoculan las bacterias que descomponen el azúcar de la leche o lactosa que se transforma en ácido láctico, lo que produce una disminución en el pH.
3. **Coagulación o cuajo.** Con el objeto de retener y concentrar los constituyentes de la leche, se coagula por medio de la adición de un “cuajo”; es decir, bacterias que producen ácido láctico o la adición de la enzima renina (mediante pastillas o del cuajo de un becerro) o con jugo de limón.
El cuajo se añade a la leche agria a 30°C en cantidad de 75 a 120 cm³ por 500 cm³ de leche, aproximadamente, y se precipita la proteína de la leche, llamada caseína, como un grumo o **cuajada**.
4. **Corte.** La cuajada se corta en pequeños cubos de 1 cm, aproximadamente.
5. **Calentamiento y amasado.** Se aumenta la temperatura a 40°C durante un período de 30 a 40 minutos. La cuajada se agita para que no se aglomere en ese momento y permita la obtención de una masa más grande.

El momento en que se detiene el calentamiento se determina por el aspecto de los grumos o bien por la acidez (pH).
6. **Desueramiento o apilamiento.** Se coloca la cuajada en una coladera para que pierda suero; después, dependiendo del tipo de queso que se vaya a producir, se puede cortar en trozos de diferente tamaño y se deja en reposo para que siga perdiendo suero.
7. **Salado y molido.** Se muele el cuajo en trocitos de 1.2 a 2.5 por 5 a 7.5 cm; se mezclan con sal en una proporción de 450 a 1 175 g de sal por 450 kg de leche ya condensada.
8. **Moldeado y prensado.** Se da forma al queso con ayuda de moldes o bolsas de tela, se prensa gradualmente hasta cierta presión y se deja 24 horas, posteriormente se saca de la prensa, se reacomoda, se corrige si hubo deformaciones, y se vuelve a prensar dejándose ahora entre 24 y 48 horas más (también aquí se pierde suero).
9. **Maduración o curado.** Después de que se ha desmoldado, el queso puede o no someterse al proceso de maduración, con el cual se provocan cambios químicos en la composición proteica. La maduración se efectúa entre 114 y 149°C, mientras más baja es la temperatura, más tiempo se requiere para la maduración; pero, como ventaja, la calidad del queso aumenta.

El proceso de maduración se da por el crecimiento bacteriano de *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus casei*, *Propionibacterium shermanii*, *Lactobacillus* y *Streptococcus thermophilus*, o bien por la presencia de hongos como *Penicillium roqueforti*. El uso de los diferentes microorganismos depende del tipo de queso a elaborar.

Para determinar la calidad del queso, se consideran las cantidades o porcentajes en contenido de grasa, proteína, agua, lactosa y cenizas.

De acuerdo con la cantidad de agua y el tiempo de maduración, los quesos se clasifican en duros y blandos o maduros y no maduros.

El **rendimiento** en quesos duros es aproximadamente de 3.6 kg a 6.3 kg por cada 45 litros de leche, esto depende del contenido de grasa y proteína de la leche.

En los quesos blandos, el rendimiento aumenta, fundamentalmente por el mayor porcentaje de agua que estos quesos contienen y que, en general, está entre el 12 y el 16 por ciento.

No cabe duda que para preparar un delicioso queso hay que saber de catálisis.

3.8 COCCIÓN Y FERMENTACIÓN DE ALIMENTOS

Corresponde a las sesiones de GA 3.31 (84.3.C y T) ¡QUEMADO Y PODRIDO y (85.3.C y T) DULCE QUÍMICA

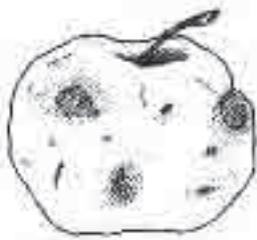
Los alimentos contienen sustancias químicas que proveen de energía al ser humano, y promueven o regulan los procesos orgánicos que lo mantienen vivo y sano.

Los alimentos, como las frutas y las hortalizas, se deben guardar en lugares frescos, ya que al descomponerse resultan poco apetitosos y son dañinos.

Cuando un fruto ha alcanzado la madurez, entra a un proceso de descomposición, y es poco probable que pueda almacenarse a temperatura normal, ya que puede deteriorarse por la acción de sus propias enzimas o por el ataque de microorganismos que se encuentran en el ambiente.

A diferencia de las frutas, las hortalizas se deterioran lentamente. Una vez cosechadas, se empiezan a deshidratar y tienden a marchitarse. Por ello mismo, es necesario almacenarlas en un lugar húmedo y fresco.

La descomposición de los alimentos puede ocurrir por las reacciones químicas generadas durante el proceso de deterioro; pero también por la acción de microorganismos como el moho, las bacterias y las levaduras.



Algunos factores que influyen en la descomposición de la fruta son: el proceso de envejecimiento, la acción de microorganismos o el mal manejo de ella.

Por ejemplo: las bacterias, las esporas de mohos y levaduras se encuentran en el ambiente y, en consecuencia, sobre la fruta. Cuando ésta empieza a envejecer, se sale el “jugo”, el cual se convierte en un medio favorable para el desarrollo y reproducción de dichos microorganismos, ya que éstos se ven favorecidos en lugares cálidos y húmedos.

La acción de los microorganismos en el cuerpo humano, al ingerir alimentos contaminados, no siempre es perjudicial; pero es cierto que en muchos casos pueden causar daño a quienes los consumen en mal estado.

Así, por ejemplo, las levaduras, hongos microscópicos que crecen en condiciones diversas prefieren los alimentos ácidos y húmedos; éstos son más sensibles al calor que las bacterias y las esporas de mohos, y son causantes de la descomposición de alimentos como carne, frutas y jugos de frutas. A esta descomposición se le conoce como **fermentación**.

Fermentación

Es un proceso de descomposición de sustancias de origen orgánico por medio de la acción enzimática de levaduras y bacterias, con producción de dióxido de carbono y liberación de calor.

Las levaduras son organismos sencillos y una fuente importante de enzimas; éstas también se encuentran en otros organismos vivos y a ellas se deben muchos procesos químicos.

De acuerdo con el tipo de sustancias que se tengan originalmente y sobre las que actúen las levaduras, se tendrá un tipo de fermentación u otra. Por ejemplo: la presencia de levaduras en la cáscara de las uvas es lo que permite la fermentación, es decir, la transformación del jugo en vino y que, específicamente, se llama **fermentación alcohólica**. Ésta ocurre a partir de la **glucosa** (jugo de uva) que, mediante una serie de reacciones, se transforma en **alcohol** en solución (aproximadamente en un 15%) y otras sustancias.

La ecuación general para identificar este tipo de fermentación es la siguiente:



De manera general, se puede decir que en los diversos procesos de fermentación que se conocen se producen CO_2 y calor.

Es a través del proceso de fermentación que se pueden elaborar diversos productos como pan, cerveza, licores, queso, etc., tanto en el ámbito industrial como doméstico.



Figura 6. En la elaboración de quesos, se aplica el proceso de fermentación.

Este proceso también es importante en la degradación de todo tipo de materia orgánica; en este caso, se trata de la **putrefacción**, la cual se emplea para descomponer las sustancias orgánicas en general. También se aplica en la producción de **biogás**, a través de desechos orgánicos, y en la extracción de fibras vegetales para la fabricación de lazos, sombreros, costales y bolsas, entre otros.

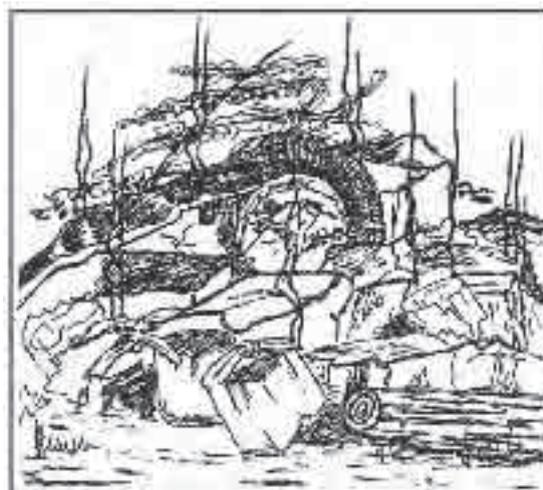


Figura 7. Mediante la fermentación, se lleva a cabo la degradación de sustancias orgánicas de desecho.

No obstante todas las aplicaciones que tiene la fermentación, muchas veces es necesario evitar el desarrollo y multiplicación de los microorganismos mediante alguno o varios procesos de conservación de alimentos.

La posibilidad de conservar los alimentos, a corto y a largo plazo, proporciona grandes ventajas, como la de consumir alimentos frescos, evitar el desperdicio y ahorrar recursos de transportar a gran distancia y el almacenar éstos.

Como la descomposición puede ocurrir por medio de procesos químicos o por la acción de los microorganismos (fermentación verdadera o directa), en el ambiente y en los propios alimentos, existen varias maneras de conservarlos, entre los que se cuentan:

Conservantes químicos como la sal, el azúcar, el vinagre, el alcohol, el humo de leña y otras sustancias retardan el deterioro de los alimentos.

La **deshidratación**, ya que mediante la acción del calor se disminuye el contenido de agua de los alimentos, así se evita el crecimiento de los nuevos organismos.

La **refrigeración** y la **congelación**, esto es, los alimentos se someten a bajas temperaturas; sin embargo, éstos se pueden guardar por poco tiempo en el refrigerador, ya que con ello sólo se retarda el crecimiento y reproducción de los organismos, mientras que al congelarlos se les conserva por períodos más prolongados.

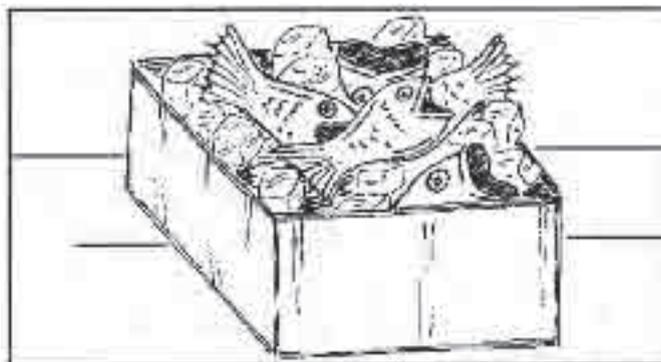


Figura 8. La congelación es una forma de conservar los alimentos.

La **cocción** es el tratamiento térmico que se les da a los alimentos, aunque con ésta se alteran las características de sabor y textura de algunos de ellos. Ésta es la razón por la cual, en ocasiones, se prefiera el consumo de alimentos frescos y crudos en su forma natural. Sin embargo, la cocción mejora el sabor y la digestibilidad de otros, los cuales se pueden consumir con más seguridad, ya que se matan a los microorganismos que contienen, así se evita su descomposición.

La cocción puede llevarse a cabo de diversas formas: al horno, mediante la ebullición y por transferencia de calor de la fuente al alimento, a través de agua, aceite, vapor de agua o aire.

La cocción en agua (ebullición) se realiza a temperatura constante, transformando los elementos nutritivos de los alimentos en otros más digeribles, como es el caso de la carne y algunas hortalizas.

El preparar **frutas en dulce** es otra manera de inhibir el crecimiento y la reproducción de microorganismos, ya que la acción de descomposición del agua es muy baja, debido a la gran cantidad de azúcar que se encuentra diluida en ella, además de que el azúcar tiene la propiedad de conservar los alimentos. La elaboración de jaleas y mermeladas es una forma muy fácil y común de conservar las frutas. Éstas se preparan a partir de la ebullición de la fruta, en una solución muy concentrada de azúcar para formar un gel.

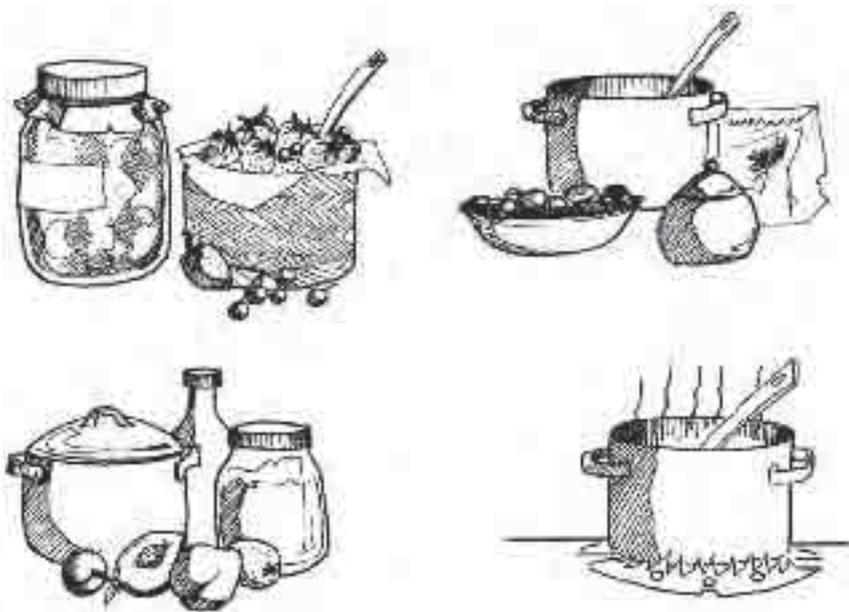


Figura 9. En la elaboración de jaleas y mermeladas, se aprovecha la cocción como método de conservación de frutas.

El gel se forma por la presencia del azúcar, los ácidos de la fruta y la pectina, que es un polisacárido; éstos dos últimos son los ingredientes más importantes en la formación del gel, ya que tendrá lugar solamente cuando la concentración del azúcar, la pectina y el pH de la mezcla se encuentren dentro de ciertos límites.

La cantidad óptima de azúcar por el sabor, para evitar el desarrollo de mohos y la cristalización, es de un 60 por ciento del peso final del dulce.

La pectina, sustancia que se encuentra en las paredes de las células de las frutas, al igual que el ácido péctico y la pectosa, desempeña una labor de gran importancia en la gelificación de las jaleas y de las mermeladas, ya que les proporciona consistencia.

Las frutas ácidas son ricas en pectina y ácido, lo que permite preparar fácilmente jaleas con peras, duraznos, fresas, etc.; pero aún más, la fruta inmadura permite una buena formación del gel, por ser más ácida y porque las sustancias pécticas están presentes en mayor cantidad, precisamente antes de que la fruta madure.

La acidez también contribuye a dar la consistencia adecuada al dulce; pero, además, ayuda a clarificar la mermelada o la jalea, mejora su sabor e impide la cristalización de la sacarosa.

Si la fruta con que se va a elaborar la mermelada o la jalea no es ácida, conviene agregar ácido tartárico o cítrico en solución acuosa, en un porcentaje del 30 al 50 por ciento; en la elaboración casera de estos productos resulta muy útil agregar jugo de limón o de grosella roja.

Las frutas **ricas** en pectina y ácido son las manzanas ácidas, los membrillos, las grosellas, las ciruelas ácidas, algún tipo de uvas, algunos cítricos, la mora, entre otros.

Las frutas que contienen una cantidad media de pectina y de ácido son las manzanas de cierta clase, las ciruelas maduras, las naranjas, las toronjas, las cerezas.

Las frutas que son ricas en pectina y pobres en ácido son los melones, los higos o las brevas.

Los frutos pobres en pectina y en ácido son los duraznos, las peras, las frambuesas y las denominadas frutas tropicales.

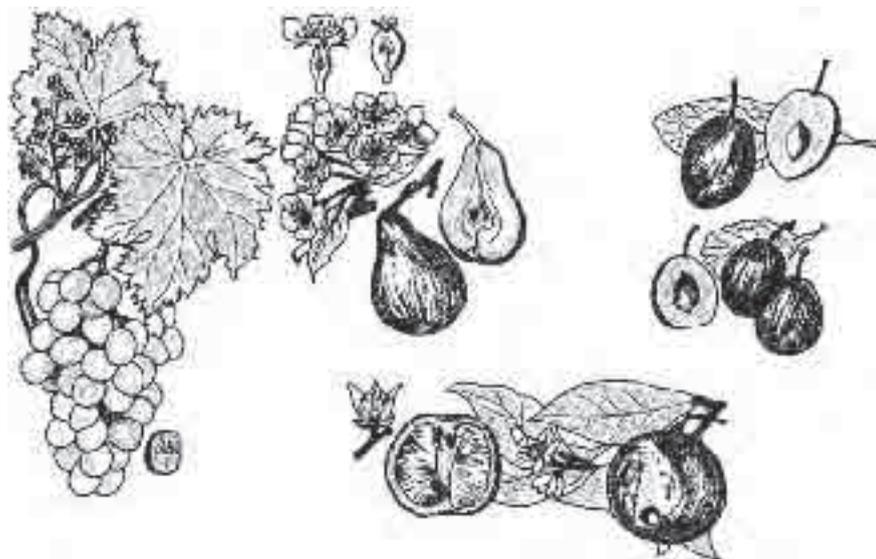


Figura 10. Frutas variadas.

Estos tipos de dulces hechos de frutas son muy sabrosos y nutritivos.

El proceso de elaboración de una mermelada o de una jalea requiere de la cocción previa de la fruta, antes de agregar el azúcar, para lograr con ello el rompimiento de las paredes de las células que contienen la pectina. De acuerdo con la fruta que se tenga, el cocimiento puede ir de los 15 a los 45 minutos, hasta que la pulpa se despedace o la cáscara esté perfectamente blanda. Si la cáscara de la fruta es muy dura, se pela antes de cocerla; si es de cáscara delgada, se lava y se cuece.

Es en esta parte del proceso donde hay que agregar el ácido, si es necesario.

Cuando el dulce se prepara con fruta muy blanda, no es necesario cocer en agua, basta con cocinar a fuego lento y en su propio jugo.

Cuando haya pasado el tiempo de cocción que se requiera, según la fruta elegida, tómese con una cuchara un poco del jugo sin semillas y sin cáscara y póngase en un nuevo vaso, déjese enfriar y agréguesele tres cucharadas de alcohol, agítese, déjese reposar y un minuto después véase: si hay mucha pectina en la fruta, se formará un coágulo como de gelatina transparente; si el contenido de pectina es medio, el coágulo se dividirá en dos o tres pedazos, y si el contenido de pectina es bajo, el coágulo se dividirá en una gran cantidad de pedazos.

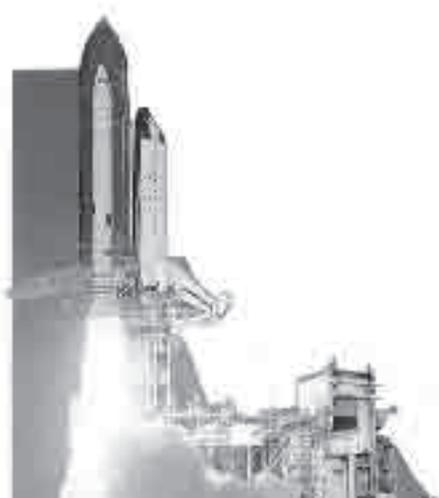
El dulce estará terminado cuando, al colocar una pequeña porción del mismo en un plato, la superficie de la gota quede bien definida y no se rompa al oprimirla con el dedo.

De igual modo, si con una cuchara de madera se deja caer el dulce cuando ya está frío, las gotas se unirán formando una “cortina” que puede desprenderse de la cuchara fácilmente.

Ya concluida la cocción, se pone el dulce en frascos limpios, secos y calientes. Después, por espacio de 30 a 40 minutos, se hierven a “baño María”; a los primeros cinco minutos aproximados de baño, se tapan y se continúa con el baño hasta completar el tiempo indicado. Se dejan enfriar al abrigo de corrientes de aire o enfriamientos bruscos y, posteriormente, se almacenan en un lugar seco, fresco y oscuro.

Capítulo 4

COMBUSTIBLES QUÍMICOS Y EL PROBLEMA DE LAS COMBUSTIONES



El mundo entero marcha por el sendero de la aplicación de la química, y en gran escala penetra hasta lo más recóndito de la vida cotidiana y en todos los otros detalles del complicado sistema de producción industrial.

Gran parte de los procesos industriales y domésticos utilizan la combustión como generador de energía, lo cual hace de ésta un proceso químico interesante, que merece ser estudiado con mayor cuidado.

La combustión no puede aislarse de su relación con el oxígeno, ya que, en cierta forma, esta sustancia es la que mantiene “viva” la llama; ni de las otras sustancias producidas por la combustión, ya que son los causantes de ciertos problemas ambientales de la sociedad actual.

El hecho de estudiar la combustión como una reacción de oxidación, implica igualmente estudiar su contraparte, es decir, las reacciones de reducción, ya que son procesos que hacen parte de nuestra vida diaria.

Las plantas madereras, el carbón, el petróleo y el gas natural constituyen un recurso muy amplio de energía que originalmente proviene del Sol.

STEVEN S. ZUMDAHL

4.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE PURO

Corresponde a la sesión de GA 4.34 (48.3.Q) ¿QUÉ TAN PURO ES EL AIRE?

El **aire** es importante para la vida. En la antigüedad, se tenía la creencia de que los cuatro elementos que constituían todas las cosas eran el agua, la tierra, el fuego y el aire. Fue en el siglo XVII, cuando Robert Boyle y Marlowe demostraron que el aire era una mezcla de gases, y Lavoisier determinó su composición. Hoy se conoce que el aire es una masa gaseosa e incolora que rodea a la Tierra, conocida también con el nombre de **atmósfera**.

Un litro de aire a una temperatura de 0°C tiene un peso de 1 293 gramos.

La composición del aire varía con la altitud; se sabe que a una altura aproximada de 6 km, la concentración de oxígeno es menor e insuficiente para la sobrevivencia de la mayoría de los seres vivos. La composición que a continuación se presenta es la de aire natural a nivel del mar.

Gas	Porcentaje en volumen
Nitrógeno	78.08
Oxígeno	20.95
Argón	0.91
*Dióxido de carbono	0.033
Neón	0.0018
Helio	0.0005
Kriptón	0.00011
Xenón	0.000009
*Agua	0.01
*Hidrógeno	0.00005

* Existen en proporciones variables

Los gases mencionados siempre están presentes en el aire. El oxígeno, el nitrógeno y los gases nobles son los que se encuentran en proporciones “fijas”. Pero existen otros, como el dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno, cuyo porcentaje varía según el lugar y el tiempo.



Figura 1. El dióxido de carbono es más abundante en el aire de las ciudades, y el vapor de agua en el aire de las costas.

Es posible que también estén presentes otros gases; algunos de ellos aparecen como contaminantes, aunque en menor proporción, tal es el caso del SO_2 y el NO_2 .

El oxígeno y el dióxido de carbono son importantes para la vida de los seres heterótrofos y autótrofos respectivamente. El primero es aspirado por muchos seres vivos y utilizado por los tejidos en la respiración, produce principalmente desechos, agua y CO_2 . El segundo es utilizado por diversos organismos autótrofos para elaborar sus alimentos.

El nitrógeno diluye el oxígeno del aire moderando su acción oxidante y, aunque es un elemento necesario para la vida vegetal, no es asimilado de manera directa por la mayoría de las plantas.

La humedad en el aire es necesaria porque actúa como regulador térmico, puesto que absorbe la energía que la Tierra irradia. El vapor de agua hace posibles las precipitaciones en forma de lluvia, granizo o nieve.

Las partículas de polvo podrían considerarse como impurezas; no obstante, tienen una función importante, pues actúan como núcleos para la condensación del vapor de agua y así originar las precipitaciones.

Separación de los componentes del aire

Una forma para separar los principales componentes del aire es hacerlo pasar a través de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) para eliminar las **impurezas** como el CO_2 y algunos otros sólidos en suspensión. Posteriormente, se seca.

Después, se utiliza un método llamado **licuefacción**, en donde el aire se pasa del estado gaseoso al líquido, sometiéndolo a una presión de 200 atmósferas y enfriándolo a una temperatura de -190°C . Ya líquido, se separan el **oxígeno** y el **nitrógeno** mediante una **destilación fraccionada**, y como el nitrógeno tiene un punto de ebullición más bajo, se separa primero.

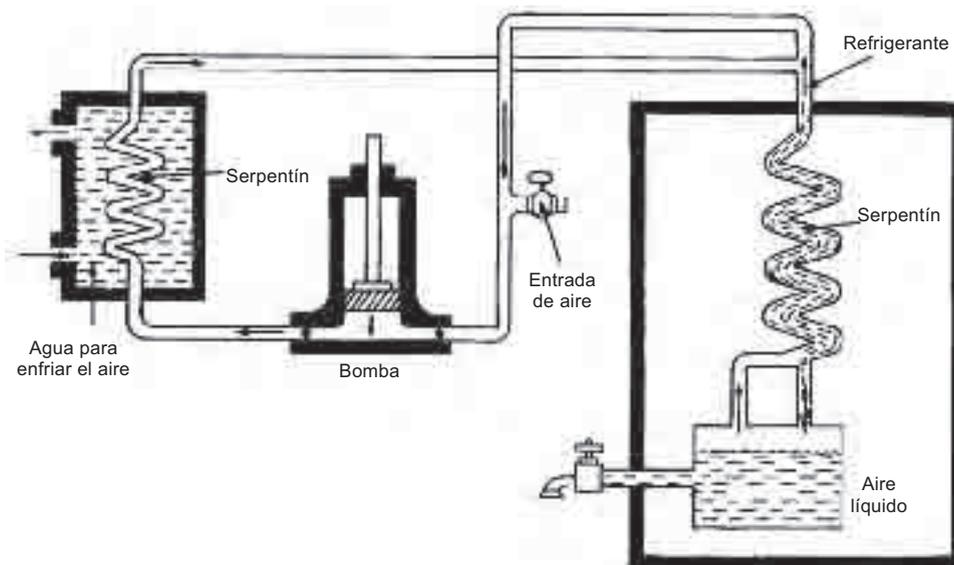


Figura 2. Proceso de licuefacción.

El aire, el nitrógeno y el oxígeno, separados y en estado líquido, pueden almacenarse en matraces Dewar, conocidos comúnmente como termos.

El aire líquido se emplea como refrigerante en trabajos científicos, como fuente de oxígeno en aviones y cohetes, y como materia prima para la obtención de oxígeno y nitrógeno de uso industrial; ya que en forma líquida recién preparada contiene 54% de oxígeno, 43% de nitrógeno y 3% de argón.

4.2 PROPIEDADES DEL OXÍGENO

Corresponde a la sesión de GA 4.35 (49.3.Q) PURO OXÍGENO

El aire es una mezcla de diversos gases; entre ellos se encuentra el oxígeno, que ocupa aproximadamente el 21% de volumen o el 23.2% de la masa total de la atmósfera.

La composición gaseosa del aire varía con la **latitud** y, en particular, la cantidad de oxígeno disminuye con la **altitud**. Por lo tanto, es a nivel del mar donde el aire contiene más oxígeno, en tanto que en las montañas hay una menor concentración del mismo.

La mayoría de los minerales contienen oxígeno. Entre ellos se encuentran los óxidos, sulfatos y carbonatos. El dióxido de silicio (SiO_2), por ejemplo, es el principal constituyente de la arena, además de ser muy común en muchos otros compuestos. El agua está formada de oxígeno e hidrógeno. En el agua de los mares, ríos y otros cuerpos de agua hay oxígeno molecular (O_2) disuelto.

Es importante señalar que el oxígeno es un elemento químico esencial en la constitución de los seres vivos. Éste es el caso, por ejemplo, del ser humano. Además, toma parte esencial en las combustiones, ya que es el responsable de avivar la llama; por tal razón, se conoce como comburente. Una llama azul indica la presencia de suficiente oxígeno para la combustión. Por el contrario, una llama amarillenta, indica que la combustión se está llevando a cabo sin suficiente oxígeno. Así, es más perjudicial para el ambiente.

Abundancia de elementos en el cuerpo humano		
Elementos principales	Masa porcentual	Trazas de elementos (en orden alfabético)
Oxígeno	65.0	Arsénico
Carbono	18.0	Cromo
Hidrógeno	10.0	Cobalto
Nitrógeno	3.0	Cobre
Calcio	1.4	Flúor
Fósforo	1.0	Yodo
Magnesio	0.50	Manganeso

Potasio	0.34	Molibdeno
Azufre	0.26	Níquel
Sodio	0.14	Selenio
Cloro	0.14	Silicio
Hierro	0.004	Vanadio
Zinc	0.003	

Obsérvese que el oxígeno tiene el mayor porcentaje en el cuerpo humano.

Fuente: Zumdahl, 1992.

Por lo anterior, en la atmósfera, corteza terrestre y en la hidrosfera, el oxígeno es el elemento más abundante.

Distribución de los 18 elementos más abundantes en la corteza terrestre, los océanos y la atmósfera			
Elemento	Masa porcentual	Elemento	Masa porcentual
Oxígeno	49.2	Titanio	0.58
Silicio	25.7	Cloro	0.19
Aluminio	7.50	Fósforo	0.11
Hierro	4.71	Manganeso	0.09
Calcio	3.39	Carbono	0.08
Sodio	2.63	Azufre	0.06
Potasio	2.40	Bario	0.04
Magnesio	1.93	Nitrógeno	0.03
Hidrógeno	0.87	Flúor	0.03
		Todos los demás	0.49

Obsérvese que el oxígeno es el más abundante en la corteza terrestre, los océanos y la atmósfera.

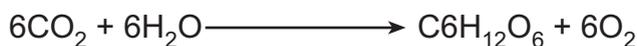
Fuente: Zumdahl, 1992.

En la naturaleza, existen tres **isótopos** del oxígeno, es decir, átomos con el mismo número atómico y diferente masa atómica. Éstos son el oxígeno-16 (^{16}O), que ocupa el 99.759% del volumen total del oxígeno, el oxígeno-18 (^{18}O), con el 0.204%, y el oxígeno-17 (^{17}O), con el 0.037%. Otros isótopos han sido producidos artificialmente, pero son muy inestables (^{14}O , ^{15}O , ^{19}O , y ^{20}O). El número que se antepone al símbolo de cada átomo representa su **masa atómica**, esto es, la suma de los protones y neutrones del mismo; y si se identifica el número atómico o de protones del elemento, mediante una sencilla resta, se obtiene la cantidad de neutrones de cada isótopo.

El oxígeno está ubicado en el grupo 16 (VIA) de la tabla periódica y es el segundo elemento más electronegativo.

Algunas propiedades del oxígeno	
Color	Incoloro
Fórmula molecular	O ₂
Punto de fusión (°C)	-218.4
Punto de ebullición (°C)	-182.9
Electronegatividad	3.5

En la naturaleza, el oxígeno se produce a partir de una reacción endotérmica, llamada fotosíntesis, que es realizada por cianobacterias, algas y plantas:



De manera artificial, puede producirse por rompimiento (hidrólisis) de la molécula de agua:



El oxígeno puro se usa en la industria del *acero*, en el procesamiento y fabricación de metales y en la producción de *peróxidos*. También es usado en el tratamiento biológico de las aguas residuales, medicina, viajes espaciales, submarinos y como oxidante para combustible de cohetes.

El oxígeno es tan importante en nuestro planeta, que sin él, simple y sencillamente, no habría vida tal y como se conoce.

4.3 EL PETRÓLEO: DERIVADOS Y USOS

Corresponde a la sesión de GA 4.36 (28.3.Q) INMORTALES Y PELIGROSOS

Existen varias teorías acerca del origen del petróleo; sin embargo, la más aceptada afirma que éste se formó por la descomposición de material orgánico, plantas y animales, que murieron cientos de siglos atrás y que fueron atrapados bajo grandes masas de tierra, lo que produjo grandes presiones y temperaturas, de esta forma se transformaron los desechos orgánicos en petróleo.

El petróleo es una fuente natural de hidrocarburos, es decir, compuestos que contienen solamente hidrógeno y carbono en su estructura. Se puede decir que es una mezcla de hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos. Su color es variable, pues va del ámbar al negro.

La palabra petróleo se forma de dos vocablos latinos:
petra = **pedra** y *oleum* = **aceite**.

El petróleo fue usado por los indios, quienes lo obtenían de la superficie del suelo, además se ha usado durante numerosas guerras y para iluminar los hogares, iglesias y santuarios.

Los hidrocarburos que forman el petróleo tienen diferentes puntos de ebullición, esto depende de su masa molecular; es decir, los de mayor masa tienen mayor punto de ebullición, por lo que para separar esta mezcla se utiliza el método llamado **destilación fraccionada**.

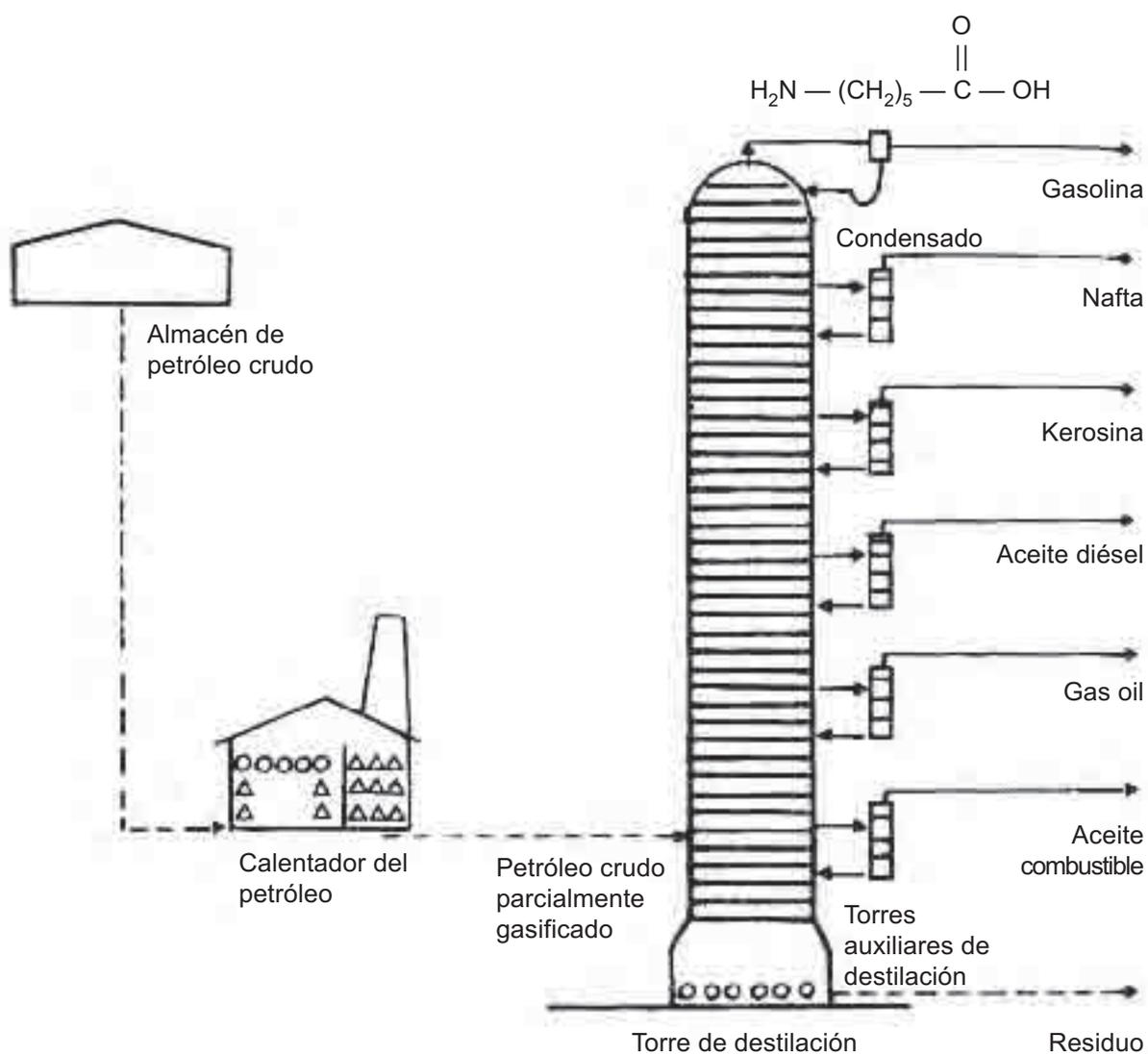


Figura 3. Destilación fraccionada.

Durante la destilación, los hidrocarburos de bajo punto de ebullición, como el metano, etano, propano y butano, que constituyen un combustible gaseoso, se obtienen en forma inmediata.

Los hidrocarburos de 5 a 15 átomos de carbono son líquidos, y los de 16 átomos de carbono en adelante conforman los productos sólidos.

PRODUCTOS DE LA DESTILACIÓN FRACCIONADA DEL PETRÓLEO			
Producto	Composición	Temperatura de destilación	Aplicación
Gases	Metano-butano		Combustibles y en la obtención de carbono, a partir del negro de humo.
Éter de petróleo	Pentano-heptano	35 - 90°C	Disolvente para lavado en seco.
Gasolina o bencina	Heptano-nonano	70 - 220°C	Disolvente y combustible para motores.
Kerosene (Petróleo de arder)	Decano-hexadecano	200 - 300°C	Alumbrado y combustible.
Gas oil aceite combustible		Hasta 375°C	Sometido a cracking para dar a las gasolinas lubricación
Aceite lubricante Jalea de petróleo Vaselina	Del C ₂₀ H ₄₂ en adelante	Por encima de 300°C	Lubricante, y en la fabricación de pomadas.
Alquitrán			Impermeabilización y asfalto artificial.
Cocke de petróleo			Combustible y en electrodos.

Fuente: Babor, 1946.

Petroquímica

Algunos de los productos fabricados con derivados del petróleo se utilizan para cubrir necesidades primarias para el ser humano como son el alimento, vestido y salud, así como productos que satisfacen necesidades secundarias, tales como hules y plásticos para la fabricación de juguetes, envases, muebles, zapatos, computadoras, etc.

El siguiente cuadro muestra diferentes productos fabricados con derivados del petróleo:

Vestido	Acrilán - se pueden teñir fácilmente	
	Orlón - se secan rápidamente	
	Dacrón y poliéster - plisado permanente, muebles, tanques y lanchas	
	Lycra - trajes de baño	
	Spandex - medias	
	Pandex - medias	
	Perlón - telas	
	Vinyón - para estambres	
Alimentación	Agricultura	Fertilizantes
		Herbicidas
		Fumigantes
	Ganadería	Complementos alimenticios
		Medicamentos
	Aditivos	Preservativos
		Modificadores
		Ácidos y bases
		Nutrientes
		Saborizantes
	Edulcorantes	
	Colorantes	
Salud	Reactivos - para obtención de medicamentos	
	Glicerina - para supositorios	
	Disolventes - preparación de antibióticos	
	Polímeros o biomateriales - para hacer prótesis	

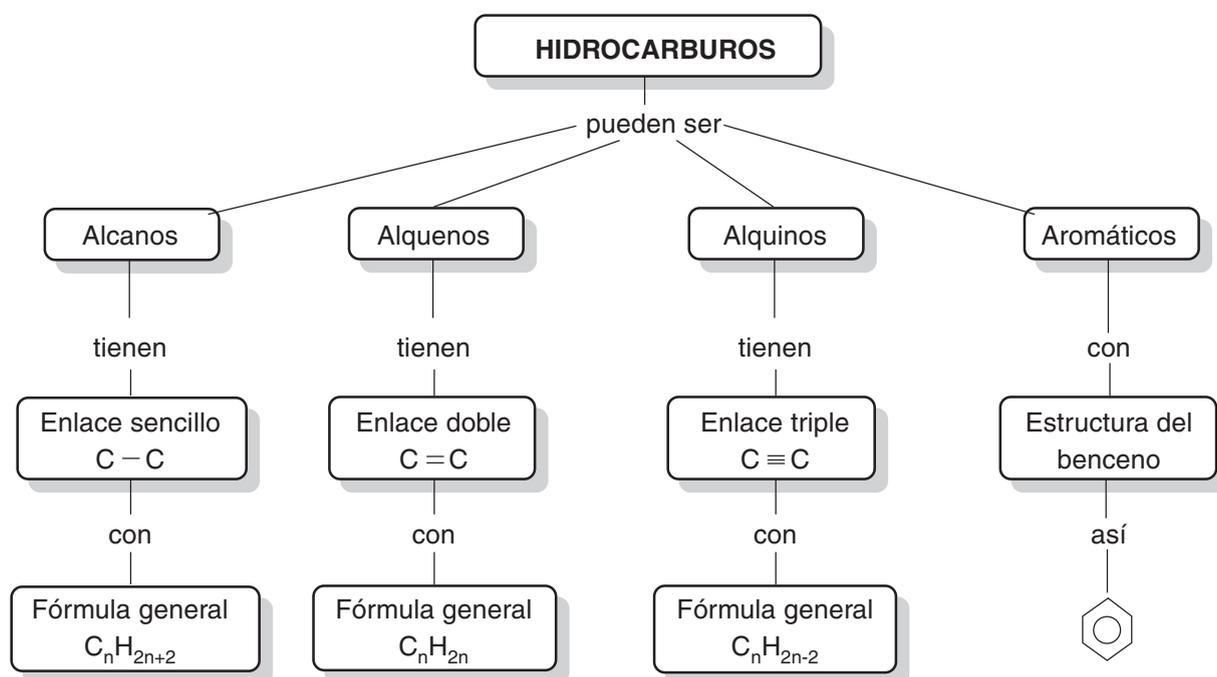
Dado que el petróleo es un recurso no renovable y altamente contaminante como combustible, se recomienda utilizarlo más en la industria petroquímica, lo que traería grandes beneficios para el país, ya que se cuenta con ricos yacimientos.

4.4. HIDROCARBUROS: GASOLINA

Corresponde a la sesión de GA 4.37 (21.3.Q) NO SON TAN ETERNOS

Como ya se mencionó, los hidrocarburos son compuestos que contienen básicamente hidrógeno y carbono en su estructura; de éstos, la gasolina es una mezcla importante que contiene hexano C_6H_{14} , heptano C_7H_{16} y octano C_8H_{18} , principalmente.

Existen diferentes tipos de hidrocarburos, dependen principalmente del tipo de enlace; los más comunes son los alcanos, alquenos y alquinos. El siguiente mapa conceptual muestra los diferentes tipos:



Por ejemplo, un alcano con 8 carbonos debe tener la fórmula C_8H_{18} . Un alqueno con el mismo número de carbonos C_8H_{16} y un alquino C_8H_{14} . El nombre varía dependiendo del número de carbonos y el tipo de enlace. Dependiendo del número de carbonos, se tienen los siguientes prefijos.

Prefijo	Número de carbonos	Prefijo	Número de carbonos
MET	1	HEX	6
ET	2	HEPT	7
PROP	3	OCT	8
BUT	4	NON	9
PENT	5	DEC	10

El sufijo varía dependiendo del tipo de enlace (alcano, alqueno o alquino). Por ejemplo, en el *butano*, el *but* indica que el compuesto tiene 4 carbonos, mientras que el sufijo *ano* indica que es un alcano (enlace sencillo). Por tanto, teniendo en cuenta la fórmula general

para alcanos (C_nH_{2n+2}), la fórmula del butano sería C_4H_{10} . Si fuera buteno, la fórmula sería C_4H_8 , para el butino sería C_4H_6 .

Volviendo a la gasolina, en una destilación simple del petróleo, se adquieren aproximadamente 5 litros de gasolina a partir de 42 litros de petróleo crudo.

El porcentaje de octano en la gasolina se denomina “octanaje”; los combustibles de avión pueden tener un octanaje de 100, o más y los de automóviles entre 50 y 78. Ese número puede ser aumentado, agregando catalizadores como el tetraetilo de plomo.

En 1921, Thomas Migdgely mejoró la gasolina, agregándole un mililitro de tetraetilo de plomo $(C_2H_5)_4Pb$ por litro de gasolina. Cuando ésta se quema en el motor, el plomo forma un compuesto gaseoso que se libera junto con los demás gases por el escape, se acumula en la atmósfera y por lo tanto la contamina.

Actualmente, se han diseñado motores para trabajar únicamente con gasolina sin plomo, como medida para combatir dicho problema.

Usos de algunos derivados del petróleo

El **aceite combustible** proporciona calor durante el invierno; si faltara, causarías verdaderas desgracias en los países con estaciones.

La **gasolina** hace posible el transporte de la gente, bienes y alimentos. Sin gasolina las naciones prácticamente se paralizarían.

Los **aceites lubricantes** se utilizan en todas las partes móviles de las máquinas, sin ellos no funcionarían las máquinas para la agricultura, industria, el transporte, etc.

4.5 PROBLEMAS OCASIONADOS POR EL CONSUMO DE PETRÓLEO

Corresponde a la sesión de GA 4.38 (41.3.Q) ¡BUZOS PORQUE NOS QUEMAMOS!

El petróleo es transportado mediante tanques, tuberías, trenes, barcos y camiones hasta las refinerías. Debido a algunos accidentes provocados por tormentas o fugas en las tuberías y medios de transporte, ocurren derramamientos; por ejemplo, se ha calculado que cada año, aproximadamente cinco millones de toneladas contaminan los océanos.

Durante el derramamiento en el océano, se forma una capa de petróleo sobre el agua, interfiriendo con el intercambio de gases (O_2 y CO_2) entre el aire y el agua, provoca la muerte de peces y otros seres acuáticos. También impide que penetre luz y, por lo tanto, provoca el fallecimiento de los seres fotosintetizadores, que son la base de las cadenas alimentarias.

Por otra parte, al quemar un combustible derivado del petróleo, se produce una mezcla de gases como CO_2 , CO , hidrocarburos cíclicos y otros, los que se acumulan en la atmósfera durante mucho tiempo y causan los siguientes problemas:

- El CO_2 es el principal compuesto productor del efecto de invernadero, el cual consiste en la alteración de los factores que regulan la temperatura sobre la tierra.
- El CO es un gas tóxico que desplaza al oxígeno de la hemoglobina de la sangre, por lo tanto, impide su transporte a todas las células de los organismos que presentan esta sustancia, incluyendo al ser humano.
- Los hidrocarburos cíclicos, al mezclarse con el humo y la niebla, producen el neblumo o *smog*, que irrita los ojos y afecta a los pulmones. Además, se consideran agentes cancerígenos, esto es, generadores de cáncer.
- El dióxido de azufre (SO_2) se libera cuando se quema el combustible y con la presencia de ozono (O_3), la luz ultravioleta y la humedad de la atmósfera se convierte en ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual se precipita con las lluvias, provoca destrucción de plantas, animales, monumentos históricos, etc.

DIÓXIDO DE CARBONO Y SU EFECTO ATMOSFÉRICO

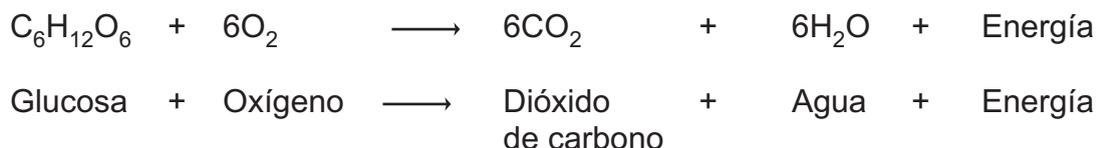
Desde que se originó la atmósfera, ésta ha evolucionado junto con la tierra; por tal motivo, las características de una han influido en las de la otra. La composición de la atmósfera ha variado mucho hasta tener la concentración de gases que hoy conocemos: aproximadamente 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el 1% restante incluye otros gases, como dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). Estos últimos participan de manera importante en la regulación de la temperatura atmosférica al “absorber” los rayos infrarrojos que provienen del Sol.

Propiedades físicas

El CO_2 es un gas inodoro, incoloro y de sabor picante. A una presión de 36 atmósferas y 0°C , se transforma en líquido (Mosqueira, 1990).

Fuentes de producción y síntesis química de CO_2

Un porcentaje considerable de CO_2 lo producen los organismos que efectúan el fenómeno de la respiración, y cuya reacción química se expresa de la siguiente forma:

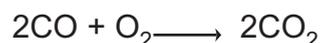




El CO_2 también se libera directamente a partir de la combustión de hidrocarburos derivados del petróleo y carbón. Por ejemplo: vehículos automotores e industrias arrojan a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases, entre ellos, el monóxido de carbono (CO).

Figura 4. Los automóviles de combustión interna favorecen el deterioro atmosférico.

El CO liberado reacciona fácilmente con el oxígeno del aire y produce CO_2 , de acuerdo con la siguiente reacción:



Existen otras fuentes de producción y síntesis química del CO_2 ; por ejemplo: las emisiones volcánicas y la descomposición de la materia orgánica.

Importancia y regulación del CO_2

El CO_2 es muy importante en la naturaleza ya que, además de participar en la regulación de la temperatura junto con otros gases, es esencial en el fenómeno de la fotosíntesis. En este **proceso bioquímico**, el CO_2 es utilizado por los organismos fotosintetizadores para producir carbohidratos y oxígeno, según la siguiente ecuación química:



De esta forma, la fotosíntesis participa en la regulación de los niveles de concentración de CO_2 y O_2 del aire.

Como las moléculas de CO_2 son ligeramente solubles en agua, se forman dos series de sales: los carbonatos normales como el carbonato de sodio, Na_2CO_3 , y los carbonatos ácidos como el bicarbonato de sodio, NaHCO_3 ; así, este fenómeno también participa en la regulación del CO_2 atmosférico.

Efecto del CO₂ en la atmósfera

Se estima que cerca del 40% del total de CO₂ que actualmente se arroja a la atmósfera es absorbido por los océanos y los organismos fotosintetizadores. Pero, ¿qué pasa con el otro porcentaje? El porcentaje restante permanece en la atmósfera, acumulándose cada día más, y provocando un calor excesivo.

El calor excesivo provoca lo que hoy se conoce como “efecto invernadero”. Éste ocurre de la siguiente manera: la atmósfera permite que los rayos solares penetren en la Tierra (excepto los ultravioleta que son rechazados por la capa de ozono), pero impide que después de rebotar en la misma se escapen hacia el espacio y esto debido al CO₂ principalmente. De esta manera, es como se regula la temperatura. Sin embargo, al incrementarse la concentración de CO₂, se retiene el calor sobrante; en otras palabras, al aumentar la cantidad de CO₂ aumenta la capacidad de retención del calor y éste, que naturalmente debería escapar, es atrapado produciéndose el calentamiento excesivo.

Los científicos aseguran que el calentamiento global de la Tierra está generando cambios en el clima y, de continuar así, podría deshielarse la Antártida; el nivel del mar aumentaría y habría grandes inundaciones.

Alternativas de solución



El uso de fuentes de energía rentables y no contaminantes, como la solar, eólica y biomasa, pueden ser una forma de solucionar los graves problemas atmosféricos.

Es recomendable el ahorro de energía eléctrica, ya que un mayor gasto de ésta implica que las termoeléctricas aumenten la concentración de CO₂ y demás gases que participan en el efecto invernadero. También es aconsejable utilizar con menos frecuencia el automóvil.

Por último, cabe señalar que los bosques participan en la regulación del CO₂; por lo tanto, se recomienda no talarlos, por el contrario, se deben reforestar.

Figura 5. Respetar los bosques y usar menos el automóvil contribuye a regular el exceso de CO₂.

DIÓXIDOS DE AZUFRE Y NITRÓGENO Y SU EFECTO ATMOSFÉRICO

Corresponde a la sesión de GA 4.39 (42.3.Q) ¡NOS LLUEVE ÁCIDO! y (43.3.Q) ¡PARA QUE NO NOS LLUEVA ÁCIDO!

Uno de los problemas fundamentales que tienen que enfrentar las grandes ciudades y que ha ido incrementándose en los últimos años, es el de la contaminación atmosférica; ésta se genera básicamente por el uso de combustibles y por contaminantes que expiden las grandes industrias.

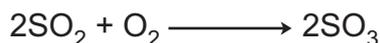
Entre los contaminantes más frecuentes presentes en el aire están: las partículas de sólidos, líquidos y gases, tales como cenizas y humos, alquitrán, polvos diversos, residuos metálicos, ozono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

Algunos óxidos, en especial los de azufre y nitrógeno, al entrar en contacto con la humedad atmosférica, dan lugar a reacciones en las que se forman pequeñas cantidades de ácidos, tales como ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3). De esta manera, se originan las famosas “lluvias ácidas”, uno de los grandes problemas ambientales. Pero, ¿cómo se originan los óxidos de azufre y de nitrógeno?

Óxidos de azufre

El dióxido de azufre SO_2 es producto de la quema de combustibles con poco refinamiento, los cuales se emplean en las plantas generadoras de energía eléctrica. Ejemplos: el keroseno y el gas oil. El SO_2 se produce también, en las plantas fundidoras, al calcinar los minerales metálicos, en las refinerías y en los vehículos automotores que utilizan diésel, principalmente.

Una vez que ha sido emitido el SO_2 , éste se oxida en la atmósfera formándose trióxido de azufre SO_3 ; la reacción correspondiente es:



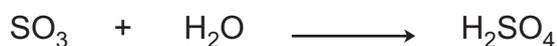
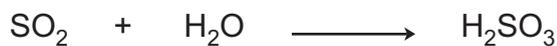
Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno que están involucrados en la contaminación atmosférica son el monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2); estos gases se forman básicamente en la combustión interna de los automotores, pues están mezclados con el resto de gases que salen del escape. También se forman al reaccionar el O_2 con el N_2 del aire bajo la influencia de las descargas eléctricas provocadas por una tormenta, la quema de combustibles, de vegetación y el uso de fertilizantes con contenido de nitrógeno.

Los efectos que causan estos óxidos en el hombre son perjudiciales para su salud; puesto que ocasionan irritaciones pulmonares y oculares, daños a las vías respiratorias en general.

Otros efectos importantes son: la corrosión de metales, mármol y papeles que ocasionan el desgaste de monumentos, pinturas y obras de arte, así como daños al ambiente.

Una vez que los óxidos de azufre y nitrógeno son emitidos a la atmósfera reaccionan con la humedad presente en la misma, dan lugar a ácido sulfuroso (H_2SO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3); la formación de éstos se da conforme a las siguientes reacciones, respectivamente:



La lluvia ácida es un fenómeno que ha surgido alrededor de zonas industriales, de alta densidad poblacional, intenso tráfico vehicular o de alto consumo energético. Pero sus efectos no se limitan a esas áreas, ya que una vez que se han liberado los gases, éstos son dispersados por los vientos y transformados en ácidos por las lluvias.



La lluvia ácida es una mezcla de ácidos fuertes y débiles, en la cual los ácidos fuertes influyen, en mayor grado, en el nivel de acidez del agua. Usualmente, una lluvia se considera ácida cuando su pH está entre 3.5 y 4.5.

La lluvia ácida es una mezcla de ácidos fuertes y débiles, en la cual los ácidos fuertes influyen, en mayor grado, en el nivel de acidez del agua. Usualmente, una lluvia se considera ácida cuando su pH está entre 3.5 y 4.5.

Figura 6. La lluvia ácida también daña la vegetación.

Las sustancias químicas como los anhídridos y las condiciones meteorológicas actúan conjuntamente para dar lugar a las “lluvias ácidas”, ocasionando así daños al hombre y al ambiente. A continuación, se mencionan algunos de ellos:

- Daños a la salud y problemas graves a personas sensibles a enfermedades respiratorias.
- Deterioro de la vegetación (propiciando la caída del follaje), reducción del crecimiento en las plantas y aumento de la sensibilidad a plagas y enfermedades. Esto lleva a una gradual destrucción de la naturaleza, pues causa la deforestación, erosión y sedimentación del suelo.
- Efectos nocivos a la fauna acuática, porque altera el nivel de acidez (pH), esto es, algunas especies no pueden reproducirse ni sobrevivir en un medio ácido.

- Se modifican los procesos de descomposición y producción.
- Efectos corrosivos sobre edificios y monumentos, además de otros daños materiales.
- Efectos contaminantes en el agua, suelo, etc.

La siguiente tabla muestra los efectos de la variación del pH en la vida acuática:

Tabla 1: Efectos de los niveles de pH en la vida acuática	
pH	Efecto
3.0 - 3.5	Poco probable que los peces puedan sobrevivir por más de unas pocas horas en este rango, algunas plantas e invertebrados pueden encontrarse a niveles de pH así de bajos.
3.5 - 4.0	Letal para salmonoides.
4.0 - 4.5	Ausencia de todos los peces, la mayoría de ranas, sapos e insectos.
4.5 - 5.0	No hay eclosión de la mayoría de los huevos de peces.
5.0 - 5.5	Bacterias descomponedoras comienzan a morir. Se acumulan hojas y desechos, encerrando nutrientes esenciales e interrumpiendo los ciclos químicos. El plancton comienza a desaparecer, junto con los caracoles. Colonias de hongos comienzan a reemplazar bacterias en el sustrato. Metales como el aluminio y el plomo, normalmente atrapados en los sedimentos, se liberan en las aguas acidificadas en formas tóxicas para la vida acuática.
6.0 - 6.5	Hay ausencia de camarón de agua dulce. Es poco probable que sea peligroso para los peces, a no ser que haya una alta concentración de dióxido de carbono (en exceso de 100 mg/L).
6.5 - 8.2	Óptimo para la mayoría de los organismos.
8.2 - 9.0	Poco probable de ser peligroso para los peces, efectos indirectos ocurren en este nivel debido a cambios químicos del agua.
9.0 - 10.5	Es probable que sea peligroso para los salmonoides y las perchas si se mantiene este pH por largos períodos.
10.5 - 11.0	Letal rápidamente para los salmonoides. Exposición prolongada es letal para la carpa y la percha.
11.0 - 11.5	Rápidamente letal para todas las especies de peces.

Fuente: Water quality with computers, www.Vernier.com, 2001.

Los daños ocasionados por la lluvia ácida no se limitan a los lugares donde los gases fueron emitidos, ya que éstos se dispersan. Por lo tanto, es responsabilidad de todos actuar para disminuirla, detectando lugares de emisión de partículas de SO_2 y NO_2 e implantando acciones comunitarias que ayuden a mejorar el ambiente.

Prevención de la lluvia ácida



Los daños ocasionados por la lluvia ácida son considerables; ya que afectan la salud humana, la flora y fauna, entre otros. De ahí la importancia de prevenirla.

Figura 7. La flora también es afectada por la contaminación.

Prevenir la lluvia ácida es anticiparse a los daños provocados por ésta, evitándolos con acciones previas, y no atacar el problema cuando los perjuicios ya están presentes. Para lograrlo es necesaria la participación conjunta de todos los grupos sociales, pues así se podrán dar soluciones importantes al problema de la misma.

Recomendaciones para prevenir la lluvia ácida

- Es conveniente que las termoeléctricas y demás industrias altamente contaminantes utilicen gas en lugar de gas oil.
- Controlar las emisiones industriales mediante filtros, precipitadores y centrifugas.
- Reducir los óxidos de azufre y nitrógeno en los combustibles.
- Evitar la quema de árboles y plantas; en caso de observar un incendio, éste se debe reportar.
- Reforestar el mayor número de áreas posibles y evitar la tala de árboles.
- En la agricultura, usar abonos orgánicos como el estiércol y evitar el uso de fertilizantes químicos.

En algunas ciudades, se están llevando a cabo planes y programas para evitar y/o solucionar estos problemas. Éste es el caso del famoso “día sin Carro”, que consiste en que todos los autos, excepto algunos casos particulares, no circulen un día del año, además del conocido “pico y placa”.

Existen planes y programas ecológicos que permiten disminuir levemente la contaminación; sin embargo, no acaban con este problema.

4.6 OTROS COMBUSTIBLES: BIOMASA E HIDRÓGENO

Corresponde a la sesión de GA 4.40 (27.3.Q) ¡YA CÁMBIALE! ¿NO?

A fines del siglo XIX, el uso del petróleo estaba limitado al alumbrado, pero al ser construidos los primeros automóviles de combustión interna, se le encontró otra utilidad.

A partir de la década de los cincuenta, se generó un fuerte desarrollo económico en función del petróleo, pues el consumo de los combustibles fósiles se cuadruplicó en un intervalo aproximado de treinta años. Actualmente, se vive inmerso en un medio degradado por el mal uso de los combustibles derivados del petróleo, y dependiendo casi totalmente de la energía generada por ellos.

De continuar incrementándose el consumo de petróleo, en un lapso breve se verán agotadas las reservas, pues es un recurso no renovable. Por tal motivo, es oportuno recapacitar sobre su uso y seguir buscando otras alternativas de combustibles renovables y menos contaminantes.

En algunas instituciones se han realizado investigaciones con el propósito de encontrar otras alternativas energéticas, tales como la biomasa y el hidrógeno.

Biomasa

¿Qué es la biomasa? Es la masa de los diversos organismos vivos existentes, y sus residuos, estos últimos constituyen la materia orgánica disponible como fuente energética. De acuerdo con lo anterior, se considera como **biomasa** a todos los vegetales, como pastos, árboles, cultivos, plantas acuáticas; los residuos forestales y de cultivo; y los desechos de animales, principalmente.

En muchos casos, se emplea la biomasa vegetal (leña) en los medios rurales, como combustible directo para cubrir los requerimientos de energía, pero su bajo rendimiento provoca un consumo excesivo, el cual a mediano o largo plazo provoca deforestación y erosión.

Una alternativa para disminuir el problema es que se utilicen estufas y unidades de combustión directa, cuya tecnología permita una mayor eficiencia y una recuperación de la biomasa. Asimismo, es necesario programar sistemas apropiados de cultivo, administración de bosques y reforestación, pues el consumo de leña es considerablemente grande.

Sin embargo, no se le ha dado importancia al problema ambiental que genera, además de que es muy difícil proveer a los medios rurales del combustible convencional, por lo que es necesario implantar otras alternativas para la obtención de energía.

En países orientales como India y principalmente China, se rescatan y reutilizan los desechos. Una forma de aprovechar la biomasa es ya muy conocida y utilizada en Colombia, aunque no se le ha dado el auge ni la importancia que merece, a través del empleo de desechos como **abono**, lo cual reduce el gasto por concepto de compra de fertilizantes

químicos y aumenta la materia orgánica en el suelo agrícola, mejorando su rendimiento y producción.

Los desechos más empleados son: animales, como estiércol; desechos caseros, como aguas residuales y “basura”, y de cultivo, como paja, cáscaras, tallos, hojas y bagazo de caña, entre otros.

Otra forma es la conversión de la biomasa residual en energía, mediante un proceso biológico que consiste en su degradación enzimática por medio de microorganismos.

Uno de esos procesos es la **biometanación** que se presenta como la más viable alternativa para la obtención de energía, en los medios rurales principalmente. Aunque no debe descartarse la posibilidad de aprovecharla en las ciudades, por la gran cantidad de desechos que se generan.

La biometanación consiste en convertir la materia orgánica en gas metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2), que constituyen el **biogás**, el cual puede emplearse como combustible con un 60% de rendimiento con respecto al gas convencional. La biometanación se realiza en *biodigestores*, los cuales funcionan como un estómago artificial que descompone y produce nuevos materiales.

Este proceso de aprovechamiento de la biomasa genera una fuente energética renovable, de bajo costo y con el beneficio de reducir la “basura” y la contaminación, además de producir residuos utilizables como fertilizantes.

Otra manera de aprovechar la energía de la biomasa es la **obtención de etanol** a partir de la fermentación de los carbohidratos, este proceso es muy utilizado en Brasil, en los motores de combustión interna, con la desventaja de que se produce una gran cantidad de residuos, tantos como 12 litros de desechos por cada litro de etanol empleado como combustible.

Hidrógeno

El hidrógeno es un gas más ligero que el aire, sin olor ni color y utilizado como combustible; por ejemplo, en los sopletes oxhídricos porque produce gran cantidad de energía al quemar en presencia de oxígeno.

Este gas se produce básicamente a partir del rompimiento de la molécula de agua mediante el efecto de la corriente eléctrica o **electrólisis**. La ventaja que tiene, al quemarse, es que se combina con el oxígeno produciendo agua solamente, lo cual lo hace ser un combustible que no daña el ambiente.



Figura 8. La combustión fría de hidrógeno con oxígeno en el interior de esta pila produce 20 kW de electricidad.

Existen otras formas de obtener el hidrógeno, una de ellas es a partir de los productos gaseosos del petróleo.

Otro método bastante interesante es mediante un **proceso biológico**, el cual consiste en el cultivo de bacterias que se alimentan de agua y absorben la energía del Sol, ellas rompen las moléculas de carbohidratos, produciendo H_2 y CO_2 . Para contrarrestar la producción del gas invernadero (CO_2), se considera el aprovechamiento de algunas algas marinas que consumen ese gas y se combina el ciclo de las bacterias con el de las algas para producir H_2 y O_2 . Sin embargo, la cantidad producida de H_2 , por este proceso, es muy reducida.

Otra dificultad consiste en saber qué bacterias y qué algas son las más adecuadas. En la Universidad de Berlín, ya se realiza esta investigación, y en muchos otros laboratorios del mundo se hacen estudios para obtener H_2 del agua por diversos métodos. El que se considera más viable es el de electrólisis del agua, por medio de la energía solar.

Si se consiguiera una producción aceptable de H_2 , su distribución sería semejante a la del gas natural, tomando las debidas precauciones, pues es un gas explosivo y expansivo. Tendría que licuarse a $-235^\circ C$ para disminuir su volumen.

Se continuarán haciendo investigaciones para conseguir un combustible alternativo óptimo, pero conjuntamente se tendrá que planear la viabilidad económica, tecnológica, ambiental y el tiempo de uso; sin embargo, ya se deberían emplear otros combustibles para disminuir el consumo de hidrocarburos y sus efectos contaminantes.

4.7 REACCIONES DE OXIDACIÓN

Corresponde a la sesión 4.41 (53.3.Q) PIDEN Y NO LES DAN y (54.3.Q) TE OXIDAS O TE REDUCES

Hasta el momento se ha hablado de los diferentes tipos de combustibles y las implicaciones generales de la combustión. Sin embargo, al estudiar esta reacción, necesariamente se debe hablar de procesos de **oxidación y reducción**. En el caso particular de las combustiones, se habla de una oxidación.

Para poder hablar de oxidación y reducción, es necesario tener en cuenta lo que en química se conoce como **número de oxidación**, ya que este número es el que va a indicar, mediante una ecuación química, si un elemento se ha oxidado o se ha reducido. Igualmente, se ampliará el concepto de oxidación, ya que éste se relaciona usualmente con la corrosión de metales y no con el intercambio de electrones, que al final es lo que indica que hubo **una reacción redox** (oxidación-reducción).

Número de oxidación

El número de oxidación puede tener varios usos en la química; algunos de estos son: la escritura correcta de las fórmulas, la predicción de las propiedades de los compuestos y el balanceo de reacciones de óxido-reducción.

El número o estado de oxidación de un elemento es un número entero, asignado a dicho elemento en un compuesto o en un ión.

Los números de oxidación se asignan mediante las siguientes reglas:

- El número de oxidación de todos los elementos libres, es decir, que no se encuentran enlazados con algo más, es cero. Ejemplos: Na, Mg, H₂, O₂ y Cl₂.
- El número de oxidación del oxígeno en un compuesto es -2, excepto en los peróxidos y superóxidos, que es -1.
- El número de oxidación del hidrógeno en un compuesto es +1, excepto en los hidruros que es -1.
- Cuando los elementos del grupo 1 (IA) están enlazados con otros elementos, su número de oxidación es +1.
- Cuando los elementos del grupo 2 (IIA) están enlazados con otros elementos, su número de oxidación es +2.
- Cuando los elementos del grupo 17 (VIIA) están enlazados con otros elementos, su número de oxidación más común es -1.

Los principales pasos, para encontrar los números de oxidación en un compuesto cuya fórmula se conoce, son los siguientes:

1. Escribir cada número de oxidación que se conozca, en la parte superior derecha de cada elemento.
2. Multiplicar cada número de oxidación por el número de átomos del elemento en el compuesto y escribir el número resultante debajo del elemento en la fórmula.
3. La suma algebraica de los números de oxidación, en toda molécula, es igual a cero, porque se considera que las moléculas son eléctricamente neutras.
4. De acuerdo con el paso anterior, colocar el número de oxidación correspondiente al elemento del cual se desconocía dicho número.

Algunos ejemplos de la aplicación de dichos pasos son los siguientes:

- Calcular el número de oxidación del carbono (C) en el CO_2 .

1. CO_2^{-2} Se sabe que el número de oxidación del oxígeno es -2; por tanto, se coloca en la parte superior derecha. Como hay dos átomos de oxígeno en la molécula, la carga total sobre el O es -4.

2. CO_2^{-2}
-4 Se coloca el -4 debajo para reconocer la carga. Ya que esta molécula es neutra (0), la carga sobre el carbono debe ser +4.

3. C O_2^{-2}
↓ ↓
+4 -4 = 0 En este caso, se determina que el número de **oxidación del carbono es +4**, ya que sólo hay un átomo de carbono en la molécula.

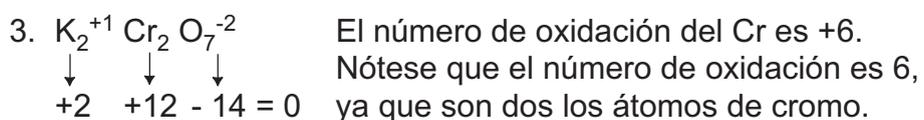
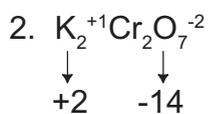
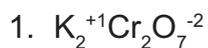
- Calcular el número de oxidación del azufre (S) en el H_2SO_4 .

1. $\text{H}_2^{+1}\text{SO}_4^{-2}$ Primero se asignan los números de oxidación de los elementos que ya se conocen (H y O). Luego se determina la carga total sobre cada uno de los elementos que se conocen.

2. $\text{H}_2^{+1}\text{S O}_4^{-2}$
↓ ↓
+2 -8 Para el hidrógeno es +2 y para el oxígeno es -8

3. $\text{H}_2^{+1}\text{S O}_4^{-2}$
↓ ↓ ↓
+2 +6 -8 En este caso, la molécula es neutra, por tanto la suma debe dar 0. Es decir, que el número que falta es +6. Por tanto, ya que hay sólo un átomo de S, su **número de oxidación es +6**.

- Calcular el número de oxidación del cromo (Cr) en el $K_2Cr_2O_7$.



Oxidación

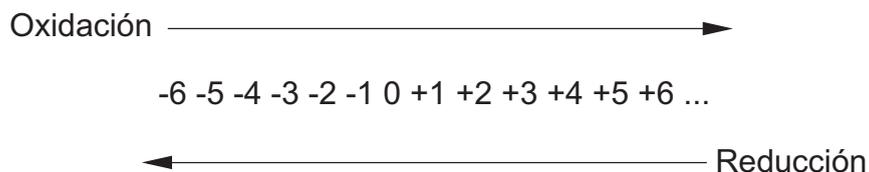
Cuando una persona va de compras y paga por el objeto que adquiere “pierde” su dinero y el vendedor lo “gana”, a cambio de cierto artículo. Algo similar ocurre en las reacciones de óxido-reducción.

La **oxidación** se define como la pérdida de electrones en un átomo y la **reducción**, como la ganancia de ellos.



Figura 9. El $CuSO_4$ contiene cobre oxidado, el SnO_2 contiene estaño oxidado y el cobre aleado con el estaño (bronce) son metales reducidos.

Usualmente, se utiliza la siguiente tabla con los números de oxidación para establecer si un elemento se oxida o se reduce:

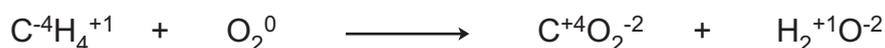


Considerando lo anterior, cualquier reacción química en que se presente uno de estos procesos implicará por fuerza el otro —si un elemento pierde electrones, otro habrá de ganarlos—; por ésta razón se les llama **reacciones de oxidación-reducción**, conocidas también como reacciones de **redox**. Resulta conveniente precisar que, en términos netos, no se pierden ni se ganan electrones, sino que se intercambian.

Al observar la combustión del metano, el cual hace parte del gas natural, se puede establecer por qué se clasifica esta combustión como una oxidación, la cual obviamente, lleva consigo una reducción.



Con los números de oxidación:



Teniendo en cuenta los números de oxidación de los elementos, se observa que el C pasó de -4 a +4, por tanto se OXIDA, y el O de 0 a -2, lo que indica que se reduce.

4.8 REACCIONES DE REDUCCIÓN

Corresponde a la sesión de GA 4.42 (55.3.Q) EL QUE SE REDUCE, GANA



En muchas industrias que se dedican a la extracción y refinación de metales, se utilizan procedimientos físicos y químicos (técnicas metalúrgicas), para obtener un metal a partir de su mena, es decir, de los compuestos naturales que lo contienen.

Figura 10. La obtención del hierro se realiza en un alto horno, a partir de la siderita, básicamente.

Los procedimientos físicos se utilizan principalmente para separar las impurezas (ganga) de la mena.

Los procedimientos químicos, como oxidaciones y reducciones, se utilizan para separar el metal del mineral.

Metalurgia

Es el conjunto de procedimientos que se utilizan para extraer los metales a partir de sus menas.

Menas

Son compuestos naturales donde existe tal concentración de un metal que su explotación resulta provechosa.

Solamente en la corteza terrestre, es posible encontrar a los metales formando compuestos estables como óxidos, hidróxidos, sulfuros, carbonatos, sulfatos y silicatos, entre otros.

Algunos metales y minerales importantes son los que se muestran en la siguiente tabla:

METAL	MINERAL	FÓRMULA
Al	Bauxita	$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$
Cu	Chalcocita	Cu_2S
	Cuprita	Cu_2O
Sn	Casiterita	SnO_2
Fe	Magnetita	Fe_3O_4
	Hematita	Fe_2O_3
	Limonita	$Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$
	Siderita	$FeCO_3$
Ni	Pentlantita	$NiS \cdot 2FeS$
Pb	Galena	PbS
Zn	Blenda	ZnS
	Hemimorfita	$2ZnO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$
Au	Estado negativo	
Ag	Argentita	Ag_2S



Figura 11. Objetos de oro (Au) y de aluminio (Al_2O_3).

Cuando se extraen las menas, en ocasiones llevan grandes cantidades de materiales extraños como arena, arcilla y caliza, impurezas que se conocen con el nombre de **ganga**.

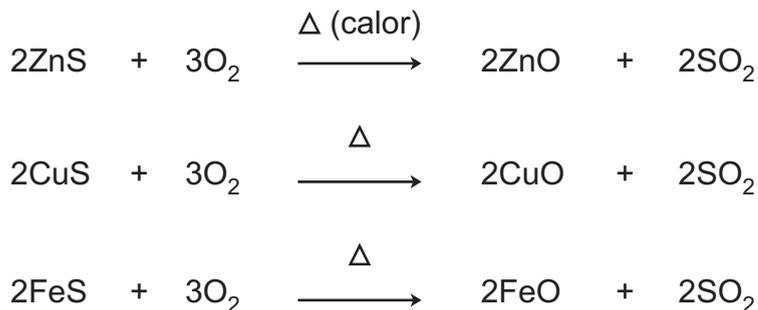
Para separar la ganga, se emplean procedimientos físicos como los siguientes:

1) El lavado, esto es, la mena pulverizada se lava con agua corriente; 2) la flotación por espuma, es decir, la mena pulverizada se coloca en un tanque que contiene aceite y agua, se burbujea aire para formar espuma, de tal modo que en ella quede el mineral, mientras que la ganga se va al fondo (este procedimiento se utiliza para las menas de plata, cobre y zinc); y 3) la separación magnética, que se puede utilizar si el mineral es de hierro.

Una vez concentrado el mineral, éste se somete a procesos químicos, en los cuales, teniendo en cuenta el tipo de compuesto que se va a procesar, se tuesta o se calcina para obtener el óxido metálico.

Procesos químicos metalúrgicos para la obtención de metales

La **tostación** se utiliza cuando el mineral es un **sulfuro**; éste se calienta al rojo en presencia de oxígeno obteniéndose el óxido metálico, como se muestra a continuación:



Con las ecuaciones anteriores, se representa la tostación de los minerales de zinc (sulfuro de zinc, ZnS), de cobre (CuS) y de hierro (FeS).

La **calcinación** se utiliza cuando el mineral es un carbonato; éste se calienta a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, hasta obtener los óxidos metálicos. Algunos ejemplos son los carbonatos de magnesio (MgCO₃), de zinc (ZnCO₃) y de hierro (FeCO₃):



Después de la tostación y de la calcinación, los óxidos metálicos obtenidos se someten a un proceso llamado reducción.

La **reducción** es un proceso químico, que se lleva a cabo en hornos especiales, donde la mena se mezcla con hulla o coque para producir monóxido de carbono (CO) (y esto por la

combustión incompleta del carbono), el cual es un compuesto que reduce el óxido a metal libre, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:



Asignando los números de oxidación:



Se observa que el Fe pasa de +2 a 0, lo cual indica que gana electrones, por tanto, se reduce; mientras que el C pasa de +2 a +4, perdiendo electrones, lo que indica que se oxida.

Después de la reducción, algunos metales, como el hierro, acarrean cierta cantidad de carbono (5% aproximadamente), lo cual le confiere propiedades no metálicas; por ejemplo, se vuelve quebradizo. Este metal recibe el nombre de **hierro colado** y se usa comúnmente en la fabricación de tubos y moldes de vaciado.

Si lo que se pretende es fabricar herramientas, cadenas o clavos; por ejemplo, es necesario disminuir el contenido de carbono (hasta el 0.2% aproximadamente) sometándolo a una segunda fundición y obteniendo el llamado **hierro dulce** o forjado. Para eliminar impurezas después de la reducción, se utilizan otros métodos además del ya señalado; por ejemplo: la electrólisis. Por todo lo anteriormente visto, se puede señalar que es muy importante conocer el grado de pureza que tiene un metal para así determinar su uso.

4.9 LA CORROSIÓN

Corresponde a la sesión de GA 4.43 (57.3.Q) LOS DESTRUCTORES y (58.3.Q) COMBATAMOS LOS DESTRUCTORES

La corrosión ocasiona grandes pérdidas materiales y económicas, ya que implica desperdicio de minerales, así como el deterioro o la destrucción de los metales. La **corrosión** de un metal se da cuando éste es dañado por alguna sustancia que produce un **óxido**.

Las sustancias corrosivas más comunes son el agua, aire, dióxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno o algún electrólito disuelto, ya sea en agua o en la humedad ambiental.

El fenómeno de la corrosión se presenta en cualquier región y clima, pero es más evidente y rápido en las zonas costeras, porque en el aire hay más humedad y sales disueltas que afectan a la maquinaria, herramientas, estructuras y demás objetos metálicos. Un problema muy común es el de las carrocerías de los automóviles, ya que se van "picando" por la parte externa hasta que quedan destruidas parcialmente.



Figura 12. Corrosión de tubos de metal.

En el mar, es muy común la corrosión de las embarcaciones que no están bien protegidas, y de los objetos metálicos que se hunden y permanecen allí por largo tiempo.



Figura 13. En las zonas costeras los barcos y casas están expuestos a una corrosión muy fuerte.

En regiones diferentes a las costeras, la corrosión se presenta en puertas, ventanas y otros objetos metálicos que están a la intemperie y, por lo tanto, expuestos a la lluvia.

En las tuberías subterráneas, la corrosión es ocasionada por el agua del subsuelo. En los tubos metálicos, por donde circula el agua en las casas, la acción del cloro y sales disueltas en el agua potable son la causa principal de la misma.

Como se ha mencionado, a pesar de la facilidad con que los metales se oxidan, se siguen utilizando en la construcción de edificios, barcos, aviones, trenes, ventanas, puertas y muchos otros objetos; esto se debe a que la mayoría de ellos produce una capa delgada de óxido que los protege de una oxidación profunda. Un ejemplo conocido es el del aluminio, el cual forma una capa delgada adherente de óxido de aluminio (Al_2O_3), que impide que la corrosión llegue al interior de la pieza. Metales como el cromo, el níquel, el estaño y el zinc siguen un proceso semejante al anterior.

El caso del cobre es muy conocido, pues forma una capa externa de sulfato de cobre (CuSO_4), de color verde. Sin embargo, existe un metal que aparentemente no se corroe al contacto con el aire: el oro.

Corrosión del hierro

El hierro tiene una gran importancia, en la industria mundial, debido a que su costo y sus características físicas y químicas le hacen ser un metal accesible y adecuado para la fabricación de máquinas, utensilios, herramientas, vías, puentes, cables, alambres, estructuras de edificios y muchas otras cosas más. Por tal motivo, su corrosión representa un tema de especial atención.



La corrosión del hierro se produce en presencia de oxígeno y agua. Por ejemplo, si se tiene un objeto de hierro en esas condiciones, una parte funciona como ánodo (que atrae a las sustancias con carga negativa) y ahí tiene lugar la oxidación; la otra parte se comporta como cátodo (que atrae a las sustancias con carga positiva), teniendo lugar la reducción. Cabe mencionar que el agua salada acelera la corrosión por la cantidad de iones que presenta en solución.

Figura 14. El hierro es utilizado en la fabricación de máquinas y vías.

En las ciudades y zonas industrializadas, es muy importante el efecto corrosivo de la lluvia ácida, pues precisamente por tener ácidos disueltos provoca corrosión en las estructuras metálicas con las que tiene contacto, como es el caso de edificios y monumentos.

Para uso doméstico, existen algunas sustancias corrosivas, como el destapacaños, la sosa o el limpiador de la estufa, que son agresivos al tacto.



Algunos otros productos corrosivos de uso casero son el polvo limpiador, algunos refrescos de cola (por ejemplo Coca-Cola o PepsiCola), algunas salsas embotelladas, el vinagre, los blanqueadores de ropa (cloro) y los detergentes.

Figura 15. Algunos productos de uso común son corrosivos.

Cómo evitar la corrosión

Aproximadamente una quinta parte de la totalidad del hierro que se utiliza se pierde debido al proceso de corrosión; esto ocasiona pérdidas a los industriales y a los usuarios y puede significar un posible agotamiento de los yacimientos a corto plazo.

La **corrosión** se puede definir como la destrucción de un material por agentes químicos (humedad, dióxido de carbono, sales disueltas en el agua y oxígeno, etc.), por agentes biológicos que favorecen la oxidación (bacterias y hongos), por contacto (entre cemento y acero, láminas y clavos), y por la presencia de impurezas.

La manera más sencilla de evitar la corrosión consiste en mantener la superficie metálica libre de humedad, oxígeno y dióxido de carbono, lo cual se logra aplicando una capa protectora de pintura o de grasa.

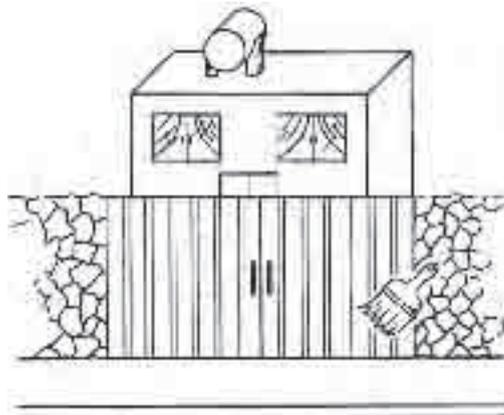
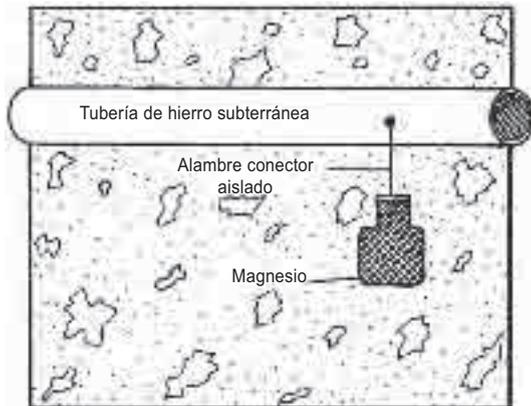


Figura 16. La pintura evita la corrosión.

Otro método consiste en la aplicación de ciertos metales que, al oxidarse, forman capas del óxido metálico que sirven de protección. Piénsese, por ejemplo, en el **galvanizado** del hierro, el cual consiste en recubrir al objeto de hierro con una capa de zinc, elemento que funciona como ánodo y es oxidado antes que el hierro, ya que es un material más activo químicamente.

Para proteger las latas, se recubren con estaño (Sn), metal menos activo químicamente que el hierro (Fe), lo que provoca que se corra más lentamente; sin embargo, si se daña el recubrimiento, aumenta la corrosión en dicho elemento, por lo cual es muy importante verificar el buen estado de las latas, sobre todo de aquellas que contienen alimentos o bebidas.



Para proteger los tanques de acero que contienen combustible y las tuberías que se encuentran bajo tierra, se coloca cerca del tanque cierta cantidad de un metal que aporte electrones con más facilidad que el hierro (por ejemplo, el magnesio, Mg) y se conecta mediante un alambre al tanque o a la tubería, de tal manera que por él fluyan los electrones. Como ese metal se oxida y se disuelve, se tiene que sustituir periódicamente. A este método se le conoce como **protección catódica**.

Figura 17. Protección catódica para tubería.

Las tuberías subterráneas también se pueden proteger revistiéndolas con asfalto.

Para proteger calderas para agua y vapor, así como las tuberías de muchas industrias, el agua recibe un tratamiento específico mediante el cual es posible separar el O_2 y el CO_2 que lleva disueltos.

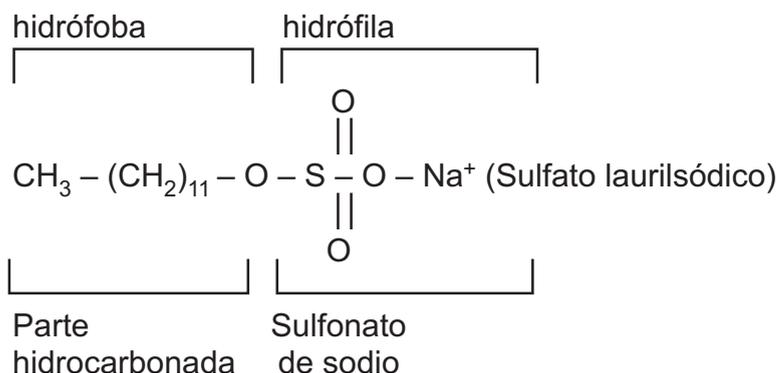
Cabe señalar que la corrosión es uno de los procesos químicos que causa, actualmente, grandes pérdidas económicas y daños ambientales en muchos lugares, no obstante el hecho de que puede ser controlada.

4.10 ACCIÓN CORROSIVA DE LOS DETERGENTES

Corresponde a la sesión de GA 4.44 (59.3.Q) DETERGENTES

La palabra **detergente** se emplea para designar a toda sustancia que se utiliza en el proceso de lavado, de tal manera que los jabones entrarían en este grupo de sustancias. Sin embargo, el uso popular de dicha palabra se aplica a los detergentes sintéticos, a los que también se les conoce como “secuestrantes”.

Un detergente suele tener una **cadena larga hidrocarbonada**, es decir, está compuesta de hidrógeno, carbono y un **grupo sulfonato** ($-SO_3$), como se muestra a continuación:



La parte hidrocarbonada de la molécula repele el agua, por lo que recibe el nombre de hidrófoba; el extremo sulfonato, que es soluble en agua, recibe el nombre de hidrófilo.

Existe otro tipo de detergentes a los que se les conoce como “jabones invertidos”, ya que su extremo hidrófilo posee carga negativa y no positiva; éstos, además de ser buenos para el lavado, poseen propiedades germicidas, es decir, que matan a los microorganismos, por lo que se utilizan en hospitales.

Otro tipo de detergentes son los “detergentes no iónicos”, que se utilizan en las lavadoras de platos. Cuando se añade detergente al agua, los extremos hidrófilos son atraídos hacia ésta, disolviéndose en ella, pero las moléculas de agua repelen los extremos hidrófobos; en consecuencia, se forma una película delgada sobre la superficie de la misma, lo que

hace disminuir su tensión superficial, es decir, la fuerza con que se unen las moléculas de agua en la superficie, lo cual permite que sea penetrada con mayor facilidad por algún objeto.

Al ponerse la solución jabonosa en contacto con grasa (la suciedad de la ropa generalmente está adherida mediante una delgada capa de grasa), las moléculas de jabón se reorientan, pero ahora las porciones hidrófobas se disuelven en la grasa; el movimiento provoca que esta última se disperse dentro de pequeñas gotitas.

En la búsqueda de productos para lavado más eficaces, los fabricantes les han añadido otras sustancias como los fosfatos (PO_4^{-3}), que sirven para ablandar el agua (atrapar los iones Ca^{+2} y Mg^{+2}), mantener un nivel adecuado de basicidad en la misma y evitar que la suciedad se deposite nuevamente en la ropa.

Por otra parte, los jabones se obtienen a partir de la saponificación de las grasas y, al igual que los detergentes, tienen una porción hidrófila y otra hidrófoba.

Su mecanismo de acción es similar al de los detergentes. La principal desventaja del uso del jabón consiste en que en el agua existen algunos iones (como Ca^{+2} y Mg^{+2} que reaccionan con los iones carboxilato ($-\text{COONa}$) del jabón, produciendo compuestos (estearato de calcio ($-\text{COO}-\text{Ca}^{+2}$), que, por ejemplo, se adhieren a las paredes del baño, ya que es insoluble.

La **parte hidrófila del detergente** tiene una **acción oxidante más severa** que la del jabón; además, se debe recordar que a los detergentes se les agregan sustancias para mantener la alcalinidad del agua, como los fosfatos (PO_4^{-3}); lo cual aumenta su acción oxidante y, al estar en contacto con metales, incrementa su **acción corrosiva**. Los jabones pueden ser degradados por microorganismos (biodegradables), lo que no sucede con los detergentes sintéticos.



Figura 18. El jabón es un producto biodegradable, por lo que se recomienda su uso.

Además, los detergentes sintéticos forman espuma, la cual causa graves daños ya que impide el intercambio de gases (principalmente O_2 y CO_2) en ríos, lagos, lagunas, etc., y extermina a los seres vivos que los habitan. Actualmente, se están fabricando detergentes biodegradables con procedimientos que son más costosos, económicamente hablando, pero que reducen el problema de la contaminación ambiental.

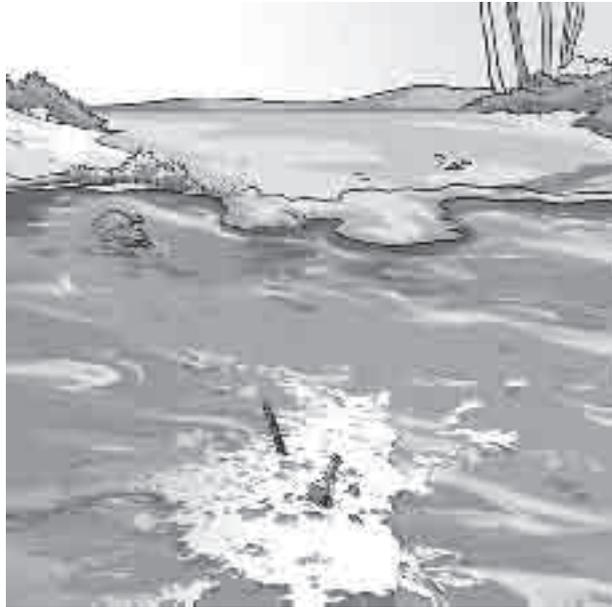
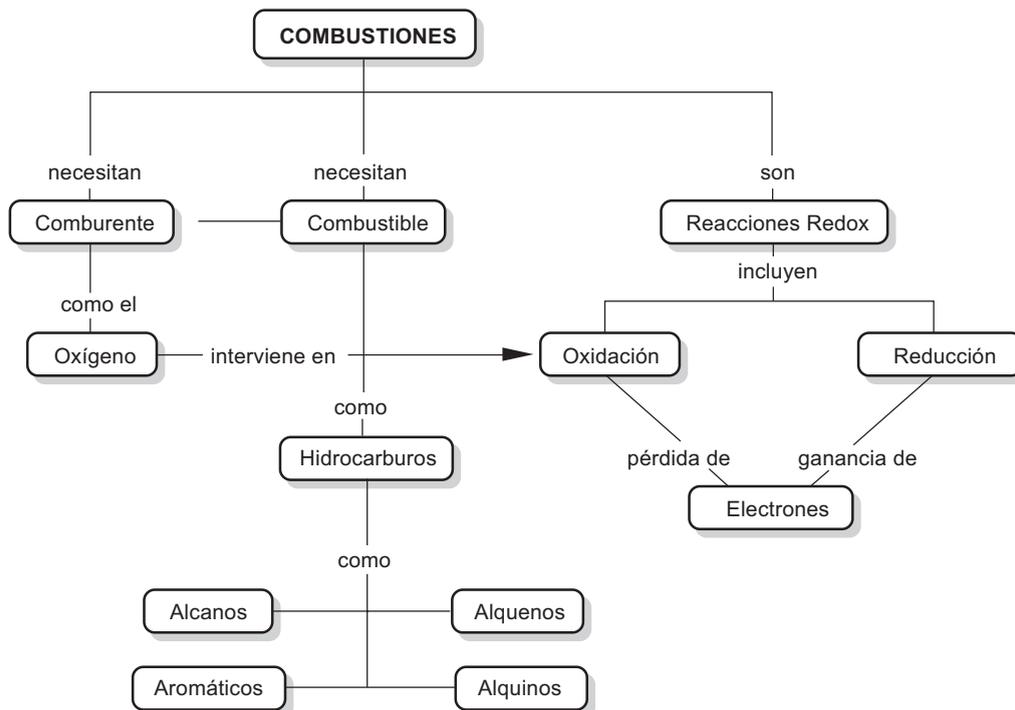


Figura 19. La espuma formada por los detergentes provoca severos problemas ambientales debido a que no es biodegradable.

El siguiente mapa conceptual resume los principales conceptos vistos en este capítulo:



Capítulo 5

ACÚSTICA

www.smart-instruments.com



Imagen tomada de: <http://www.ivic.ve>



Imagen tomada de: <http://www.ul.ie>



Imagen tomada de: <http://home.swipnet.se>

La tecnología aplicada al sonido ha revolucionado el concepto de música, ya que un sintetizador es capaz de reproducir sonidos de varios instrumentos, como el de un órgano antiguo de iglesia, el de una copa de cristal al romperse u otros sonidos. Un solo músico con instrumentos electrónicos puede reproducir todos los sonidos producidos por una orquesta que conste de más de treinta músicos.

5.1 MOVIMIENTOS PERIÓDICOS

Corresponde a la sesión de GA 5.45 (76.3.F) ¡QUÉ CURVAS!

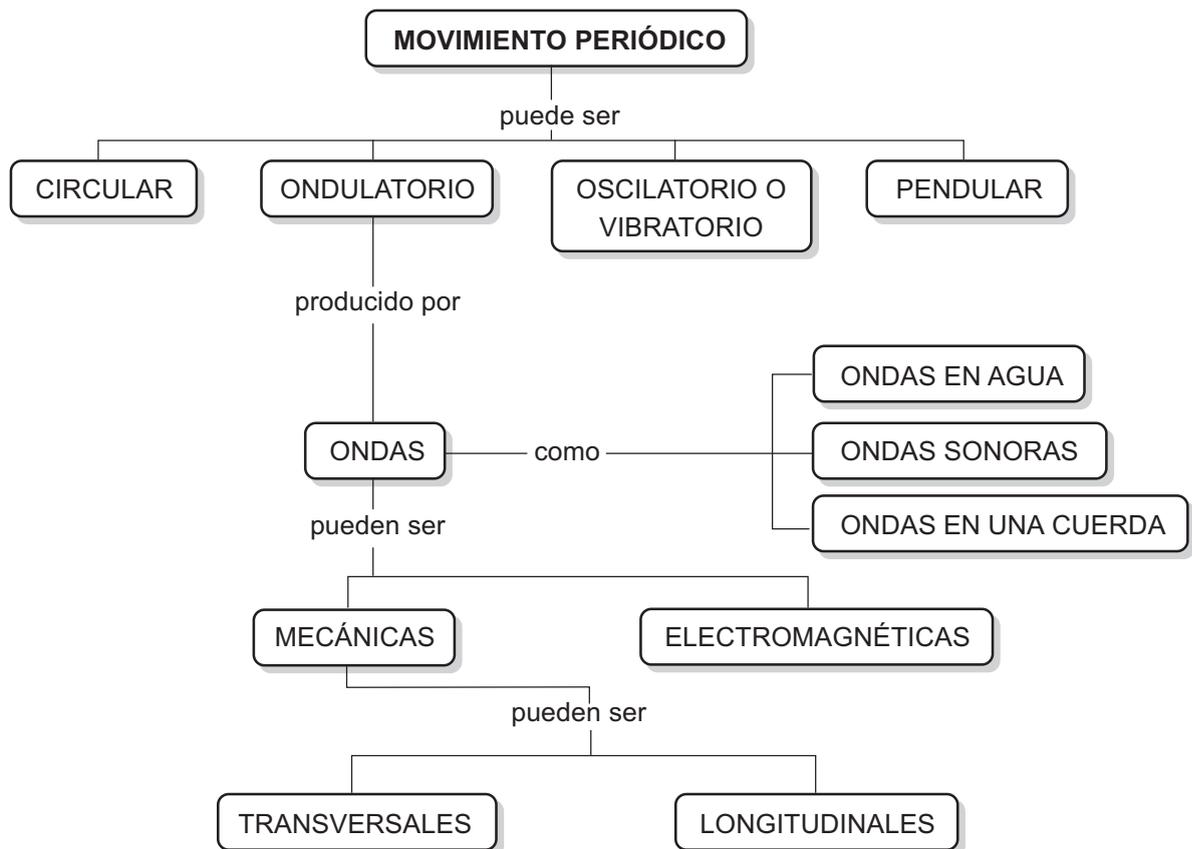
Muchos de los movimientos que a diario podemos apreciar se caracterizan por repetirse después de cierto período de tiempo. El movimiento de los planetas alrededor del Sol, el movimiento del péndulo de un reloj, el movimiento de las cuerdas de una guitarra, el movimiento de un corcho en un estanque en el que se han generado ondas, y el movimiento de un carrusel son sólo algunos ejemplos de este tipo de movimientos. Estos movimientos se denominan movimientos periódicos.

En general, un movimiento periódico es aquel que se repite después de cierto tiempo sobre la misma trayectoria.

Los movimientos periódicos se puede clasificar a su vez en: movimientos circulares (aquellos cuya trayectoria es circular), movimientos oscilatorios o pendulares (como el de un reloj de péndulo) y movimientos ondulatorios.

Dentro de los movimientos ondulatorios, se pueden identificar las ondas originadas en el agua, el sonido, las ondas generadas en una cuerda, etc.

Las ideas expuestas en los dos párrafos anteriores se pueden ordenar en un mapa de conceptos de la siguiente manera:



En este capítulo, estudiaremos las características fundamentales de los movimientos periódicos, especialmente las de los movimientos ondulatorios, y centraremos la atención finalmente en las características del sonido y de algunos instrumentos que sirven para producir sonidos, es decir, instrumentos musicales.

Movimiento circular

Tal como se mencionó anteriormente, un movimiento circular es aquel que describe una trayectoria circular. Un ejemplo de este tipo de movimiento es el movimiento de las manecillas del reloj.



Figura 1. Las manecillas de un reloj describen movimientos circulares

Algunas de las características fundamentales del movimiento circular son:

El período: es el **tiempo** transcurrido mientras se recorre una vuelta entera. Por ejemplo, el segundero de un reloj tarda 60 segundos (o lo mismo que un minuto) en dar una vuelta entera; por tanto, el período de su movimiento es de 60 segundos o un minuto. Por su parte el minuterero tarda 60 minutos (o lo mismo que una hora) en dar una vuelta; por tanto, el período de su movimiento es de 60 minutos o una hora. Del mismo modo, se puede concluir que el período del movimiento del horario del reloj es de 12 horas.

La frecuencia: es el número de **vueltas enteras (o ciclos) por unidad de tiempo** que realiza un objeto en movimiento circular. Por ejemplo, el segundero da una vuelta en un minuto; por tanto, la frecuencia de su movimiento es de una vuelta por minuto o revolución por minuto (1 rev/min). Del mismo modo, la frecuencia del movimiento del minuterero es de una vuelta por hora (1 rev/hora) y la del movimiento del horario es (1 rev/12 horas) o lo mismo que 0.083 rev/hora.

Si la unidad de tiempo utilizada para medir la frecuencia es el segundo, entonces ésta se mide en vueltas por segundo. Si el movimiento de algún objeto tiene una frecuencia de una vuelta por cada segundo, se dice que su frecuencia es 1 Hertz (1 Hz).

Como puede verse, existe una relación de proporcionalidad entre el **período** y la **frecuencia** de un movimiento. A medida que el período de un movimiento se hace mayor (es decir, que el tiempo transcurrido en un ciclo es mayor), la frecuencia es menor (es decir, el número de ciclos realizados en la unidad de tiempo es menor). Por ejemplo, si el período del movimiento de un objeto es de un segundo, entonces su frecuencia es de 1 ciclo/s o lo mismo que 1 Hz. Si el período de dicho movimiento aumenta a dos segundos, entonces la frecuencia se reduce a medio ciclo/s o lo mismo que 0.5 Hz.

Esta relación se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{f}$$

Donde T representa el período y f la frecuencia. O de otra forma:

$$f = \frac{1}{T}$$

Movimiento oscilatorio o vibratorio

El movimiento oscilatorio o vibratorio es realizado por cuerpos elásticos. Generalmente, este movimiento pasa inadvertido y sólo tomamos conciencia de él cuando tocamos un cuerpo que vibra. Tal es el caso de nuestra garganta mientras hablamos, los parlantes de un bafle, las cuerdas de una guitarra después de pulsarlas, etc.

Por ser otro tipo de movimiento periódico, el movimiento vibratorio también se caracteriza por tener cierto período y cierta frecuencia que pueden mantenerse constantes o variar en el tiempo.

En el caso del movimiento vibratorio, el período se define como el tiempo transcurrido en una vibración, así como la frecuencia se define como el número de vibraciones por unidad de tiempo.

Por ejemplo, al sujetar una lámina metálica de sus extremos y golpearla en el extremo libre, ésta vibra como insinúa la figura.

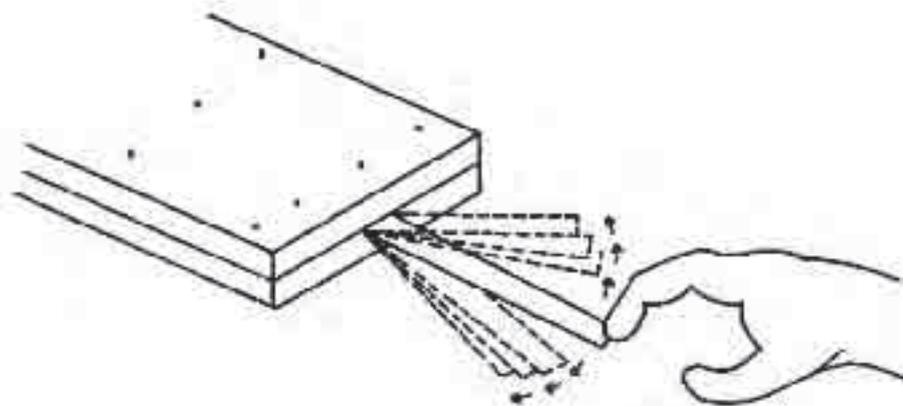
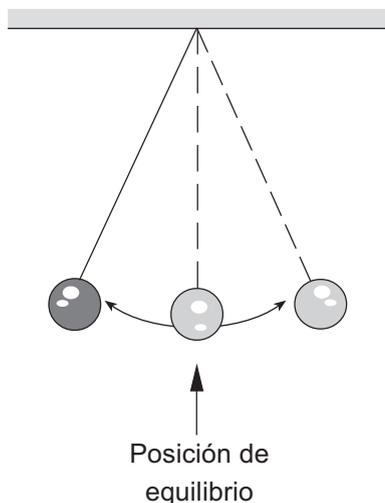


Figura 2. Movimiento vibratorio.

En este caso, las vibraciones tienen un período muy pequeño y, por consiguiente, una frecuencia alta con respecto a la de las manecillas del reloj.

Movimiento pendular



El movimiento pendular es característico de los cuerpos que cuelgan de un hilo. Cuando el péndulo se separa de la línea vertical (línea de equilibrio) y se suelta, el cuerpo tiende a regresar a la línea de equilibrio por acción de la gravedad. Si no existe nada que lo detenga (fricción con el aire), el péndulo permanece oscilando alrededor de la línea de equilibrio entre dos puntos separados a un mismo ángulo con respecto a la línea de equilibrio.

Figura 3. Movimiento pendular.

Sin embargo, generalmente la fuerza de fricción con el aire no es despreciable y, por ello, vemos que el movimiento de un péndulo simple no es perpetuo, sino que la amplitud cada vez se hace menor hasta que en determinado instante se detiene por completo en la línea de equilibrio.

El **período** del movimiento pendular se define como el tiempo transcurrido durante una oscilación completa del péndulo, se entiende por oscilación completa el movimiento comprendido entre ir y volver a un mismo punto. La **frecuencia** del movimiento pendular se define, entonces, como el número de oscilaciones por unidad de tiempo del péndulo.

Es fácil comprobar que el período –y por consiguiente la frecuencia– de oscilación de un péndulo, en cierto lugar de la Tierra, depende únicamente de su longitud. Es decir, que el período y la frecuencia de oscilación del péndulo no depende de que tan masivo sea el péndulo, ni de la amplitud inicial que le propiciemos. Solamente depende de qué tan largo sea el hilo del péndulo.

5.2 MOVIMIENTO ONDULATORIO

Corresponde a la sesión de GA 5.46 (77.3.F) NO, SON ONDAS

La comprensión del movimiento ondulatorio es importante, ya que su estudio aporta los elementos que se requieren para entender de ciertos fenómenos, como el sonido, la luz, los espectros luminosos, etc.

Una **onda** es una perturbación generada en un medio que viaja en alguna dirección determinada. Esta perturbación hace que las partículas del medio en el que viaja la onda vibren en cierta dirección.

Por ejemplo, al arrojar una piedra al agua, se puede ver que el impacto de la piedra con la superficie del agua genera ondas circulares que se propagan radialmente, mientras las moléculas del agua vibran de arriba abajo. En este caso, el medio, en el que se propagan las ondas, es el agua y la dirección, en la que viajan, es radial alejándose del centro de las circunferencias descritas por las ondas, que coincide con el punto en el que la piedra golpea el agua.



Figura 4. La caída de una gota en el agua genera ondas circulares.

En general, el medio en el que se propaga una onda se denomina **medio de propagación** y la dirección en la que viaja una onda se denomina **dirección de propagación**.

Según el medio de propagación de las ondas, éstas se pueden clasificar en **ondas mecánicas** y **ondas electromagnéticas**.

Una **onda mecánica** es aquella que se propaga únicamente en medios materiales, es decir, no se puede propagar en el vacío. Éste es caso del sonido, que como veremos más adelante, requiere de medios materiales para su propagación, como por ejemplo el aire, el agua, los rieles de un tren, etc.

Aunque no hacen parte del tipo de ondas que estudiaremos en este capítulo, es importante saber que las **ondas electromagnéticas** son aquellas que se propagan en medios electromagnéticos, los cuales no son necesariamente materiales. Por esta razón, las ondas electromagnéticas como la luz, las ondas de radio, las señales satelitales, etc., se pueden propagar en el vacío. Es por esto que podemos ver la luz emitida por el Sol y las estrellas, a pesar de que entre ellos y la Tierra no existe materia (medios materiales). De igual forma, ésta es la razón por la que la comunicación con los satélites que orbitan fuera de la atmósfera terrestre es posible.

La luz, y por ende las ondas electromagnéticas, serán motivo de estudio del capítulo siguiente. Por lo pronto, centraremos nuestra atención en las ondas mecánicas.

Las **ondas mecánicas** a su vez se pueden clasificar, según la dirección en la que vibren las partículas del medio, en **ondas transversales** y **ondas longitudinales**.

Una **onda transversal** es aquella que hace que las partículas del medio de propagación vibren en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Por ejemplo, las ondas generadas en el agua hacen que las moléculas de la superficie del agua vibren verticalmente de arriba abajo mientras la onda se propaga horizontalmente.

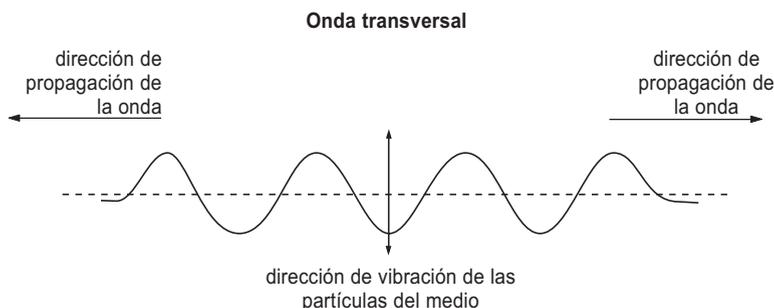


Figura 5. Esquema de una onda transversal.

Una manera de visualizar este hecho, en las **ondas transversales**, consiste en colocar pedazos de corcho o icopor en un recipiente con agua y generar ondas, por ejemplo, dejando caer una piedra pequeña sobre el agua. Se verá, entonces, que los trozos de corcho o icopor se mueven verticalmente de arriba abajo, mientras la onda se propaga horizontalmente hacia las paredes del recipiente, como ilustra la figura siguiente.

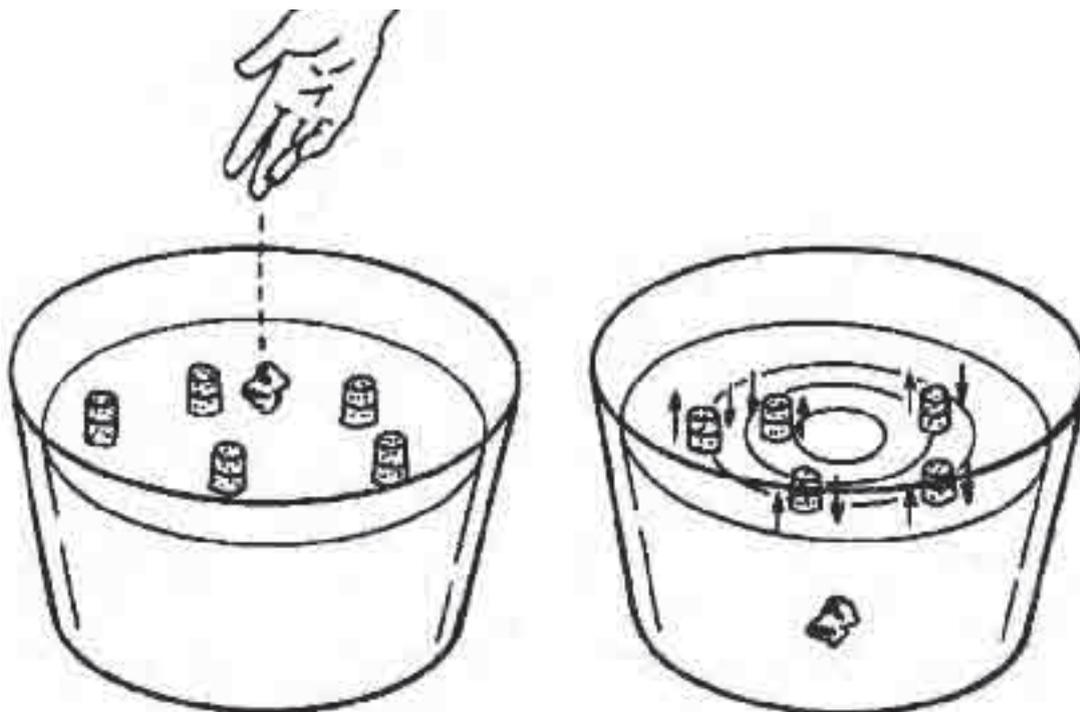


Figura 6. Las ondas transportan energía, no transportan materia.

Otro hecho fundamental, que ilustra la experiencia anterior, es que **las ondas NO transportan materia**. Si se realiza la experiencia, puede verse que los trozos de corcho o icopor sólo se mueven verticalmente y no se desplazan en la dirección en la que se propaga la onda. Es decir, los trozos de corcho o icopor permanecen oscilando alrededor de un punto fijo sin desplazarse. En general, una onda, ya sea mecánica o electromagnética, transversal o longitudinal, transporta la energía que hace vibrar la partículas del medio.

Por otra parte, las **ondas longitudinales** son aquellas que provocan que las partículas del medio vibren (sin desplazarse) en la misma dirección en la que se propaga la onda. Un ejemplo de este tipo de ondas son las generadas en un resorte que se estira (o comprime) y luego se libera.

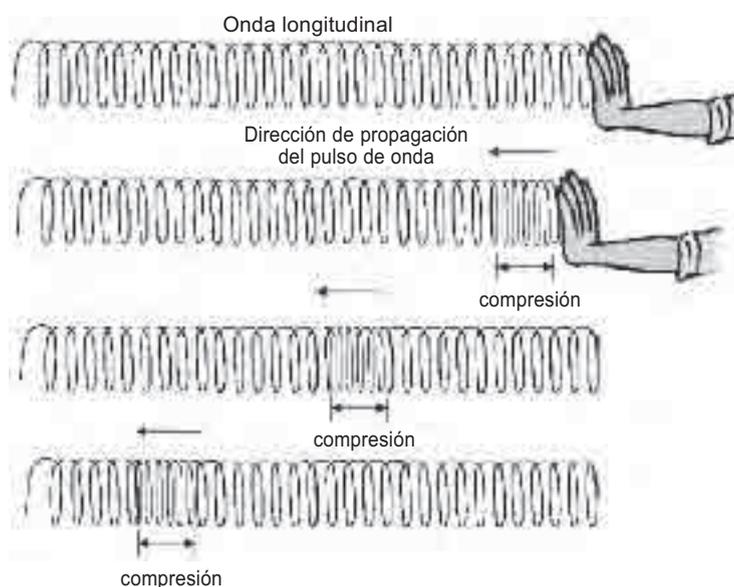


Figura 7. Ondas longitudinales en un resorte.

En el caso ilustrado en la figura anterior, cada punto del resorte se mueve hacia la izquierda al pasar el pulso de onda y luego hacia la derecha regresando a su posición inicial cuando el pulso ha pasado completamente por el punto. Es decir, que las partículas que conforman el resorte vibran horizontalmente (de izquierda a derecha), mientras la compresión o pulso de onda se propaga hacia la izquierda.

Algunas definiciones

A fin de hacer más práctico y sencillo el lenguaje utilizado a la hora de referirnos a las ondas, es conveniente hacer uso de las definiciones estándar.

Aunque la ilustración de estas definiciones se hace mediante ejemplos con una onda transversal que se propaga en una cuerda, es importante tener en cuenta que estas definiciones aplican para cualquier tipo de onda, ya sea mecánica o electromagnética, transversal o longitudinal.

- **Línea de equilibrio:** es la línea definida por las partículas del medio, cuando en éste no se ha generado perturbación alguna.
- **Elongación de un punto:** es la distancia entre el punto en cuestión y la línea de equilibrio.
- **Amplitud:** es la máxima elongación que puede alcanzar un punto del medio de propagación.
- **Nodos:** puntos del medio que en cierto instante tienen elongación cero.
- **Cresta:** es la parte de la onda por encima de la línea de equilibrio comprendida entre dos nodos consecutivos.
- **Valle:** es la parte de la onda por debajo de la línea de equilibrio comprendida entre dos nodos consecutivos.
- **Longitud de onda:** es la distancia entre dos crestas (o valles), o de manera más formal, es la distancia que recorre una onda mientras un punto del medio de propagación experimenta una oscilación completa.
- **Fuente de ondas:** es aquello que genera ondas en un medio determinado.
- **Tren de ondas:** es el conjunto de ondas, en un medio, generadas por una misma fuente de ondas.

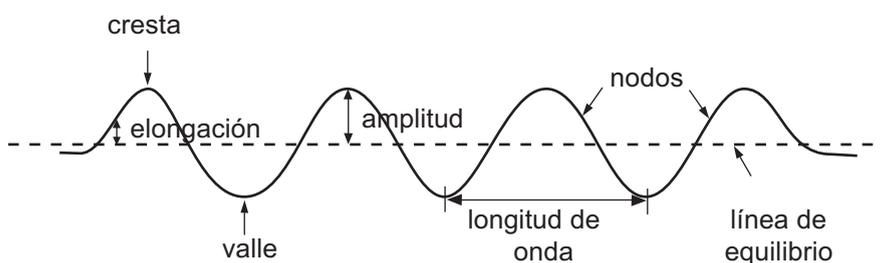


Figura 8. Algunas características de las ondas.

Además, dado que el movimiento ondulatorio pertenece a la categoría de los movimientos periódicos, éste se caracteriza por tener cierto período y cierta frecuencia.

- El período de un movimiento ondulatorio o período de una onda es el tiempo que tarda una partícula del medio de propagación en hacer una oscilación completa. De manera más formal, el período de una onda es el tiempo que tarda la onda en recorrer una longitud de onda.
- La frecuencia de una onda es el número de oscilaciones que experimenta una partícula del medio en la unidad de tiempo.

Las ondas tienen otras propiedades, como lo es la velocidad de ondas, y otros conceptos que estudiaremos más adelante.

5.3 EL SONIDO Y SU VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

Corresponde a la sesión de GA 5.47 (78.3.F) EL MACH

Estamos acostumbrados a escuchar sonidos constantemente, desde que nos despertamos hasta que nos dormimos, e incluso estando dormidos. Nos es tan familiar el sonido que nos parece extraño cuando hay demasiado silencio. Pero ¿te has preguntado alguna vez qué es el sonido; qué es escuchar; cómo es que podemos escuchar eventos o sucesos que ocurren lejos de nosotros; por qué podemos escuchar cuando estamos sumergidos debajo del agua; por qué cuando nos tapamos los oídos, sin embargo escuchamos sonidos; por qué en las tormentas eléctricas vemos los rayos y sólo cierto tiempo después escuchamos los truenos?

Estas y otras tantas preguntas vas a poder contestar al finalizar este capítulo, que data sobre el estudio del sonido, es decir, sobre la **acústica**.

El **sonido** son ondas generadas por cuerpos vibrantes. Aunque todo cuerpo que vibra genera ondas sonoras, no todas ellas pueden ser percibidas por el oído humano. Las ondas sonoras audibles por el oído humano son aquellas cuyas frecuencias están entre 20 vibraciones por segundo y 20 000 vibraciones por segundo, es decir, entre 20 y 20 000 Hz.

Más adelante, veremos cómo se distingue una onda sonora de otra, según la frecuencia de la fuente sonora.

Las ondas sonoras (sonido) se propagan en medios materiales, haciendo que las partículas del medio de propagación vibren (sin desplazarse) en la misma dirección en la que se propaga el sonido. Esto quiere decir, tal como vimos en la sección anterior, que el **sonido es una onda mecánica longitudinal**.



Figura 9. Esquema de la propagación de una onda sonora en el aire.

Por ser una onda mecánica, el sonido puede propagarse en el aire, el agua, la madera el hierro o en cualquier sustancia. Esto explica el hecho de que podamos escuchar estando sumergidos en el agua, como también explica por qué al colocar el oído sobre la vía del

tren, es posible escuchar el sonido generado por el tren, cuando éste no se encuentra muy lejos de donde estamos.

Las ondas sonoras, al igual que cualquier tipo de onda, se propagan con cierta velocidad finita y no instantáneamente, como muchas veces se cree. En relación con los movimientos que podemos percibir con nuestros ojos, **la velocidad de propagación del sonido** en el aire es grande (aproximadamente 340 m/s); por esto, cuando la fuente sonora está cerca de nosotros, escuchamos los sonidos aparentemente al mismo tiempo en que éstos son producidos. Si se hacen los cálculos respectivos, puede verse que, por ejemplo, si la distancia entre nosotros y el punto en el que cae un vaso de vidrio es de 10 metros, el tiempo que tardaría el sonido generado por el choque del vaso con el piso hasta llegar a nuestros oídos es $1/34$ de segundo, es decir algo menos de 3 centésimas de segundo, lo cual es una fracción muy pequeña que nuestro cerebro no puede distinguir.

Sin embargo, cuando la distancia entre la fuente sonora y nuestro oído es suficientemente grande, es posible percatarse de que el sonido tarda cierto tiempo en propagarse hasta el lugar en el que nos encontramos. Por ejemplo, en las tormentas, cuando ocurre una descarga eléctrica, ésta genera luz (rayo o relámpago) y al mismo tiempo sonido (trueno). Sin embargo, ocurre que generalmente vemos primero el rayo, y algunos segundos después escuchamos el trueno. Esto se debe a que el tiempo que tarda la onda sonora en recorrer la distancia entre el lugar de la atmósfera, en la que se generó la descarga, y el lugar en donde nos encontramos es significativamente mayor que el tiempo que le toma a la onda luminosa hacer el mismo recorrido. En otras palabras, esto ocurre porque la *velocidad de propagación del sonido* es mucho menor que la velocidad de la luz.

La velocidad de propagación del sonido depende de las propiedades físicas del medio de propagación y de su temperatura. En la tabla siguiente, se indica la velocidad del sonido en distintos medios de propagación a ciertas temperaturas específicas.

Medio de propagación	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)
Aire	0	330.8
Aire	20	340
Agua	0	1 435
Alcohol	12.5	1 241
Aluminio	15	5 100
Cobre	20	3 560
Hierro	20	5 130
Oxígeno	0	317.2

Tabla 1. Velocidad del sonido en diferentes medios de propagación.

La velocidad del sonido ha inspirado la generación de nuevas unidades de medida para la velocidad. Un **Mach** es la velocidad equivalente a la del sonido en el aire a 1 atm de presión y temperatura ambiente (20°C) es decir,

$$1 \text{ Mach} = 340 \text{ m/s}$$

O lo que es igual,

$$1 \text{ Mach} = 1\,224 \text{ km/h}$$

Existen naves aéreas que vuelan a velocidades superiores a la del sonido. Algunas de éstas, conocidas como naves supersónicas, alcanzan velocidades incluso de hasta 3 Mach; es decir, unos 3 672 km/h. ¡Impresionante! ¿verdad?

5.4 VIBRACIONES COMO FUENTES DE SONIDO Y RUIDO

Corresponde a la sesión de GA 5.48 (79.3.F) ¡QUÉ ESCÁNDALO!

En el tema anterior, decíamos que todo sonido es producido por un cuerpo que vibra. Generalmente, una fuente sonora genera varias ondas de distintas frecuencias y amplitudes. Estas ondas se superponen en el medio de propagación produciendo una composición de ondas. Estas ondas superpuestas son percibidas por el oído como un sonido particular que generalmente podemos identificar y distinguir de otros sonidos. Por ejemplo, el sonido generado por el rompimiento de un cristal es un conjunto de ondas de distintas frecuencias perfectamente identificable por nuestro oído. De igual forma, el sonido de un instrumento musical es generalmente el resultado de la composición de ondas armónicas que se puede distinguir fácilmente.

Dependiendo de las características de las ondas que componen un sonido, éstos se pueden clasificar en sonidos musicales y ruido.

Los **sonidos musicales** son aquellos agradables al oído, y son producidos por fuentes que generan ondas que guardan algún tipo de patrón o regularidad en cuanto a sus longitudes de onda y frecuencias. Las frecuencias de las ondas que constituyen un sonido musical son pocas y constantes en el tiempo. Es decir, un sonido musical es un conjunto o superposición de distintas ondas sonoras ordenadas armónicamente de modo que son agradables al oído humano, incluso en caso de que su intensidad sea alta.

Ejemplo de sonidos musicales son los sonidos producidos por los instrumentos musicales debidamente afinados, el cantar de las aves, insectos y algunos mamíferos como las ballenas, etc.

El **ruido** es la superposición de ondas sonoras que no guardan ninguna regularidad ni patrón de ordenamiento entre ellas. Las frecuencias de las ondas que constituyen el ruido son diversas y variables en el tiempo, de manera desordenada. Este tipo de sonidos es desagradable al oído e incluso perjudicial cuando su intensidad supera ciertos niveles.

Ejemplos de ruido son los sonidos generados al rasgar una hoja de papel, al romper un cristal, los sonidos producidos por una explosión, una bocina de carro, etc. En general, todo sonido tiene cierto nivel de ruido; sin embargo, en algunos sonidos los niveles de ruido son muy bajos, mientras que en otros son altísimos, como los de los ejemplos mencionados anteriormente.

El ruido es considerado como una de las fuentes de contaminación, a punto de hablarse de la contaminación auditiva. Especialmente en fábricas, industrias, talleres y en las calles y autopistas de las grandes ciudades, el problema del ruido es un asunto delicado ante el cual todos debemos tomar medidas preventivas.

El **nivel de intensidad del ruido** determina qué tan perjudicial puede ser éste. Esta cantidad se mide en decibeles (dB) y está estrechamente relacionada con la amplitud de las ondas sonoras que conforman el ruido. Para niveles de intensidad superiores a 120 dB, el ruido puede generar dolor en el oído humano. Este valor (120 dB) se conoce como **umbral de dolor**.

Los sonidos muy fuertes provocan molestias, que van desde el sentimiento de desagrado y la incomodidad hasta daños irreversibles en el sistema auditivo. La presión del sonido se vuelve dañina a los 75 dB y dolorosa alrededor de los 120 dB. Puede causar la muerte cuando llega a 180 dB. El límite de tolerancia recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 65 dB.

El oído necesita algo más de 16 horas de reposo para compensar 2 horas de exposición a 100 dB (discoteca ruidosa). Los sonidos de más de 120 dB (banda ruidosa de rock o volumen alto en los auriculares) pueden dañar a las células sensibles al sonido del oído interno provocando pérdidas de audición.

La contaminación sonora se puede reducir, obviamente, produciendo menos ruido. Esto se puede conseguir disminuyendo el uso de sirenas en las calles, controlando el ruido de motocicletas, automóviles, maquinaria, etc. En muchos casos, aunque tenemos la tecnología para reducir las emisiones de ruido, no se usan totalmente porque los usuarios piensan que una máquina o vehículo que produce más ruido es más poderoso y las casas comerciales prefieren mantener el ruido, para vender más.

La instalación de pantallas o sistemas de protección entre el foco de ruido y los oyentes son otra forma de controlar este tipo de contaminación. Así, por ejemplo, cada vez es más frecuente el recubrimiento con materiales aislantes en las máquinas o lugares ruidosos.

En la tabla siguiente, se indican los niveles de intensidad de algunos ruidos de origen diverso y los efectos que éstos producen:

ESCALA DE RUIDOS Y EFECTOS QUE PRODUCEN

Nivel de ruido dB	Ejemplo Efecto	Daño a largo plazo
10	Respiración, rumor de hojas	Gran tranquilidad
20	Susurro	Gran tranquilidad
30	Campo por la noche	Gran tranquilidad
40	Biblioteca	Tranquilidad
50	Conversación tranquila	Tranquilidad
60	Conversación en el aula	Algo molesto
70	Aspiradora, televisión alta	Molesto
80	Lavadora, fábrica	Molesto, daño posible
90	Moto, camión ruidoso	Muy molesto, daños
100	Cortadora de césped	Muy molesto, daños
110	Bocina a 1 m, grupo de rock	Muy molesto, daños
120	Sirena cercana	Algo de dolor
130	Cascos de música estrepitosos	Algo de dolor
140	Cubierta de portaaviones	Dolor
150	Despegue de avión a 25 m	Rotura del tímpano

Tabla 2. Niveles de intensidad de algunos ruidos de origen diverso. Adaptada de Libro electrónico. Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. <http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecología/Hipertexto/10Catml/320CoSon.htm>

De igual manera como debemos evitar la contaminación ambiental arrojando la basura en los lugares destinados para ello, es fundamental preservar la salud auditiva, evitando los lugares ruidosos o protegiendo nuestros oídos, en caso que sea necesario frecuentar dichos lugares. También debemos evitar generar demasiado ruido, sobre todo en lugares cerrados como el aula de clase, la casa, etc.

Exponerse permanente o frecuentemente a lugares con niveles de ruido por encima o cercanos al umbral de dolor, sin ningún tipo de protección, degenera el órgano auditivo y puede hacer, incluso, que éste se atrofie hasta provocar sordera. Adicionalmente, el ruido puede generar lesiones cerebrales, que a su vez podrían causar traumatismos más severos que la sordera.

Por esto, si definitivamente debes permanecer o frecuentar lugares con estas características, es mejor que tomes siempre las medidas preventivas del caso, tales como utilizar protectores auditivos y reducir al máximo el tiempo de exposición en estos lugares.

Para mayor información respecto a los cuidados que debes tener con el oído, es recomendable que consultes al médico de tu región.

5.5 MEDIOS DE PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Corresponde a la sesión de GA 5.49 (80.3.F) NO SIEMPRE ME ESCUCHAS IGUAL

Hemos visto que las ondas mecánicas, como el sonido, requieren de medios materiales para su propagación. Es decir, que el sonido no puede propagarse en lugares donde no exista materia. Por ejemplo, el sonido no puede propagarse en el espacio exterior, debido a que allí la ausencia de materia es casi absoluta. Es así que las ondas sonoras no encuentran partículas que hacer vibrar, por lo que no pueden continuar su propagación.

Las características del sonido, como frecuencia y calidad (musical o ruido), dependen únicamente de las características de la fuente que lo genera. No obstante, la intensidad con la que se percibe el sonido depende tanto de las características de la fuente sonora como del medio de propagación y la distancia entre la fuente y el punto de percepción del sonido.

Es fácil ver que a medida de que la distancia entre nosotros y una fuente sonora es mayor, menor es la intensidad del sonido que percibimos. Si nos alejamos lo suficiente, puede ser que, incluso, no escuchemos el sonido que la fuente genera.

Esto ocurre porque a medida de que el sonido se propaga, la energía que porta la onda se disipa por la fricción de las partículas del medio de propagación, haciendo que la amplitud de la onda sonora disminuya a medida que la distancia recorrida por la onda es mayor, hasta llegar al punto de no poder generar vibraciones en las partículas del medio de propagación y extinguirse así por completo la onda sonora.

Si esto no ocurriera así, es decir, si la energía de las ondas sonoras no se disipara durante su recorrido, entonces podríamos escuchar a la vez todos los sonidos que se generan en cualquier lugar del planeta, e incluso aquellos que fueron generados años atrás. La mezcla de sonidos y ruidos sería tal, que en breve perderíamos nuestro oído, si no es que enloquecemos primero. En conclusión, la naturaleza sabe cómo hace sus cosas. Por fortuna el sonido se disipa al propagarse.

Por otra parte, las propiedades del medio también pueden favorecer o desfavorecer la propagación de las ondas sonoras. Si se cuenta con un medio con alta densidad de materia, la propagación del sonido se verá favorecida en la medida en que existen varias partículas que hacen vibrar. Pero si la densidad del medio es baja, le será muy difícil a las ondas sonoras transportarse, lo que hará que su intensidad decaiga rápidamente con la distancia entre la fuente y el punto de percepción del sonido.

Una experiencia que ilustra bastante bien este hecho consiste en colocar dentro de una campana de vidrio herméticamente cerrada un timbre, como ilustra el siguiente esquema:

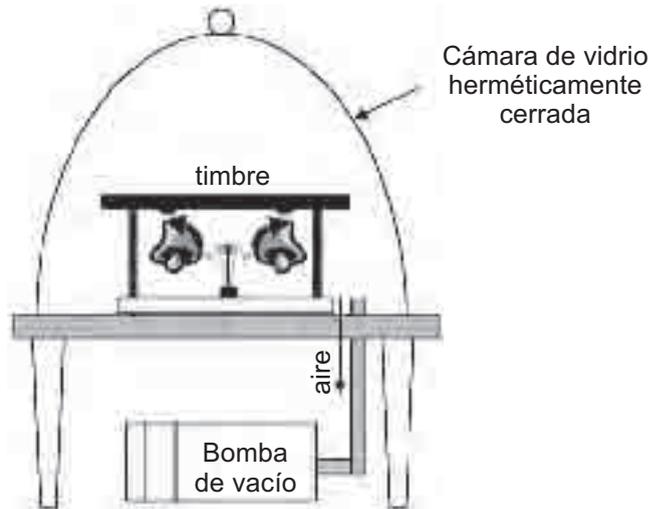


Figura 10. Montaje para comprobar que el sonido no se propaga en el vacío.

Mediante una bomba de vacío, es decir, una máquina que aspira aire, se extrae el aire de la campana hasta dejarla prácticamente al vacío. Si durante este proceso se mantiene accionado el timbre, puede verse que a medida que la densidad del aire en el interior de la campana es menor, menor es la intensidad del sonido que se puede percibir en el exterior, hasta llegar a un punto en que el ruido del timbre es prácticamente imperceptible, a pesar de que la lámina sigue vibrando y golpeando las campanas normalmente.

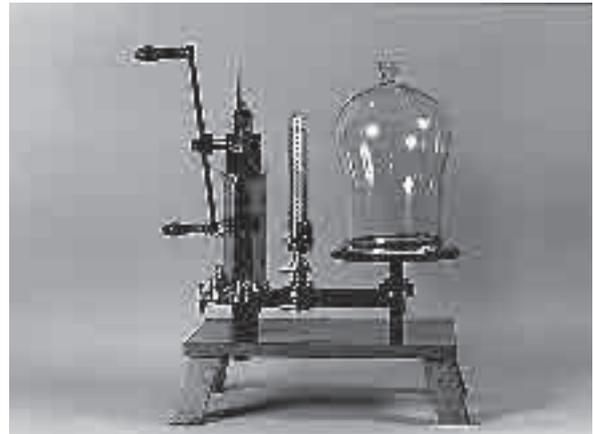


Figura 11. Bomba mecánica de vacío.

Finalmente, no es la densidad del medio la única característica de la que depende la propagación de las ondas sonoras. También la presión, la tensión e incluso la rigidez influyen en que la intensidad de las ondas sonoras decaiga rápida o lentamente.

Las ideas fundamentales de este tema se pueden sintetizar así:

1. **El sonido se disipa al propagarse:** esto es, la intensidad de las ondas sonoras disminuye a medida que se alejan de la fuente sonora. La amplitud de la onda sonora disminuye a medida que la distancia a la fuente es mayor.
2. **La velocidad con la que se disipa el sonido depende de las propiedades del medio de propagación:** en la medida en que el medio es menos denso, más rápido se disipa el sonido. En la medida en que la presión que experimenta el medio es menor, mayor es la velocidad con la que se disipa el sonido. En cuanto más rígido es el medio de propagación, más lenta es la disipación del sonido.

5.6 CUALIDADES DEL SONIDO

Corresponde a la sesiones de GA 5.50 (81.3.F) TOCAN y 5.51 (82.3.F) CÓMO SE OYE

Sin necesidad de ser unos músicos expertos, podemos distinguir e identificar los sonidos de una guitarra, un piano, una armónica o una batería. También es fácil distinguir entre la voz de un niño, la de un hombre y la de una mujer.

Los sonidos se pueden diferenciar por tres características, que reciben el nombre de **cualidades del sonido**: el tono, el timbre y la intensidad.

Tono

Las voces de los niños y de los adultos, o de las mujeres y los hombres se distinguen por su gravedad o por su agudeza.

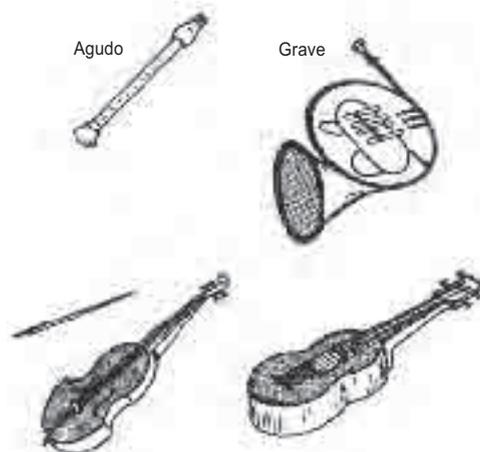


Figura 12. Tono.

Lo mismo ocurre con los instrumentos musicales. Ellos pueden producir sonidos altos (agudos) o bajos (graves). Además, existen algunos instrumentos diseñados para producir sonidos dentro de una escala alta y otros dentro de una escala baja. Por ejemplo, pese a que una trompeta puede generar sonidos altos (agudos) y bajos (graves), en general, estos sonidos son más agudos que toda la escala de sonidos que puede generar un trombón.

La cualidad de agudo o grave de un sonido se llama técnicamente **el tono** del sonido. Así, un sonido agudo corresponde a un tono alto, mientras que un sonido grave corresponde a un tono bajo.

Por ejemplo, la voz de un niño es de tono alto, mientras que la de un adulto es bajo. En los instrumentos musicales, los tonos se distinguen como notas musicales en la escala temperada, los cuales tienen nombre propio: Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si.

El tono de un sonido está definido por la frecuencia de la correspondiente onda sonora. Así, a una onda sonora con frecuencia alta corresponde un sonido alto o agudo, mientras que una onda sonora con frecuencia baja corresponde a un sonido bajo o grave.

Dado que en la medida que la frecuencia de una onda sea mayor, su longitud de onda es menor; entonces la cualidad de tono de un sonido también se puede establecer en términos de la longitud de la onda sonora así: en cuanto menor sea la longitud de onda del

sonido, mayor será su agudeza, es decir, corresponderá a un tono alto. Mientras que a los sonidos con longitudes de onda larga, corresponden sonidos graves o de tono bajo.

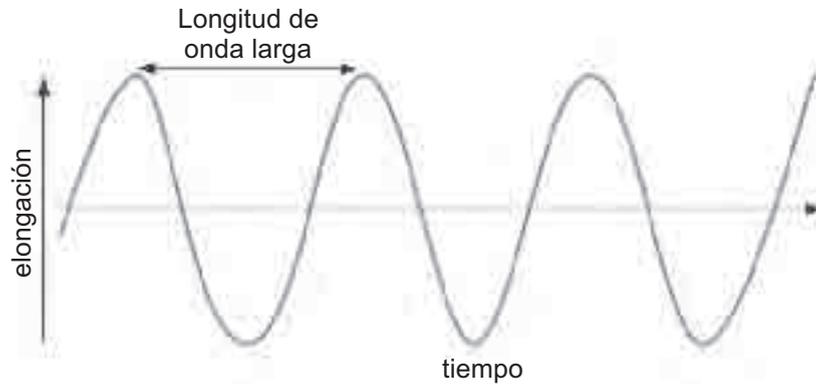


Figura 13. Onda sonora de un sonido de TONO BAJO (frecuencia baja, longitud de onda larga).

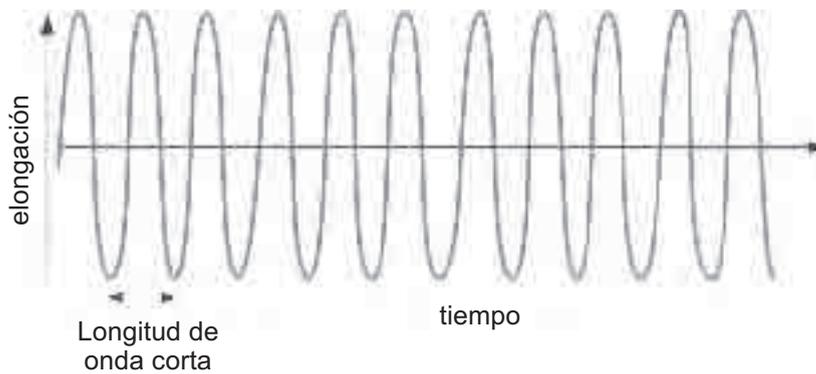


Figura 14. Onda sonora de un sonido de TONO ALTO (frecuencia alta, longitud de onda corta).

Las figuras 13 y 14 ilustran ondas sonoras de tonos bajo y alto, respectivamente. Tal como puede verse, la frecuencia de la onda sonora de tono bajo es baja y su longitud de onda es larga, mientras que la frecuencia de la onda sonora de tono alto es alta y la longitud de onda es corta.

El oído humano es capaz de percibir únicamente sonidos con frecuencias dentro del intervalo de 20 a 20 000 Hz, mientras algunos animales pueden percibir señales con frecuencias por debajo y por encima de este intervalo.

Intensidad

Esta cualidad está caracterizada por la sonoridad, es decir, por la cantidad de energía que transmite la onda sonora por unidad de tiempo. Permite distinguir los sonidos fuertes o débiles.

La característica de la onda sonora, que está asociada a esta cualidad del sonido, es la amplitud. La intensidad de una onda (I) es proporcional al cuadrado de su amplitud (A). Es decir,

$$I \propto A^2$$

Esto quiere decir que si la amplitud de una onda es el doble de la amplitud de otra, entonces la intensidad de la primera ha de ser el cuádruple de la intensidad de la segunda.

La constante de proporción entre la intensidad y la amplitud es un valor que depende de las características del medio de propagación y de la frecuencia de la onda.

Por definición, la intensidad de una onda es la cantidad de energía media transportada por la onda, por unidad de superficie y por unidad de tiempo. Es decir, la intensidad de una onda es la potencia media por unidad de superficie que ésta transporta.

De acuerdo con esto, las unidades de medida de la intensidad son vatios por metro cuadrado (W/m^2). Una onda sonora con una intensidad de $1 W/m^2$ transporta una potencia media de $1 W$ por cada metro cuadrado de superficie. Esta cantidad, aunque aparentemente pequeña, corresponde a un sonido extraordinariamente fuerte. El orden de magnitud de una onda sonora corriente es de una billonésima parte de W/m^2 , es decir, $1 \times 10^{-12} W/m^2$.

Por esta razón, normalmente no se habla de la intensidad de las ondas sonoras, sino de su nivel de intensidad. Tal como se mencionó en el apartado 5.4 (*Vibraciones como fuentes de sonido y ruido*), el nivel de intensidad del sonido se mide en decibeles. Un decibel equivale a una intensidad de $1 \times 10^{-12} W/m^2$. Es decir, que una onda sonora de $1 dB$ transmite una potencia de 1×10^{-12} vatios (W) por metro cuadrado.

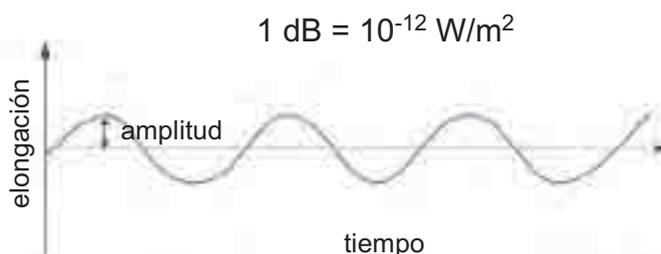


Figura 15. Onda sonora de un sonido de INTENSIDAD BAJA (sonido débil, amplitud baja).

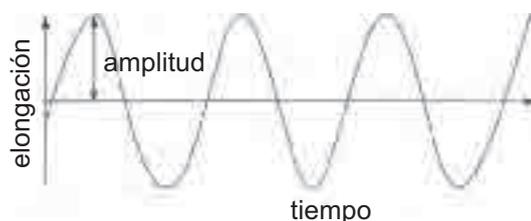


Figura 16. Onda sonora de un sonido de INTENSIDAD ALTA (sonido fuerte, amplitud alta).

Las figuras 15 y 16 ilustran ondas sonoras de intensidades baja y alta, respectivamente.

Timbre

El **timbre** es la cualidad del sonido que permite distinguir o determinar la fuente que ha emitido el sonido.

Los sonidos que escuchamos normalmente corresponden a la superposición de varias ondas sonoras, y al de una sola onda sonora. Dentro de las ondas que componen un sonido, siempre existe una dominante; es decir, de mayor amplitud que cualquiera de las demás, la cual determina el tono del sonido.

Es posible que dos sonidos con patrones de interferencia distintos coincidan en la frecuencia de la onda sonora dominante. En este caso, los sonidos tienen tonos idénticos y timbres distintos. Por ejemplo, dos instrumentos musicales pueden generar tonos idénticos y, sin embargo, distinguirse sus sonidos, debido a que el patrón de interferencia producido por cada instrumento es particular. Así, aunque un piano y una guitarra toquen la misma nota, sus sonidos siempre se podrán distinguir gracias a que tienen timbres distintos.

El timbre depende de la forma y material que constituye la fuente sonora. Por ejemplo, los instrumentos de cuerda como el violín, la guitarra, el violonchelo, la mandolina, el piano, el arpa, etc., tienen formas y volúmenes diferentes. En el caso del ser humano, el timbre depende del tamaño y forma de su caja torácica, garganta y fosas nasales, como de la elasticidad de sus cuerdas vocales.

5.7 INSTRUMENTOS MUSICALES

Corresponde a la sesión de GA 5.52 (83.3.F) ¡CUÁNTOS SONIDOS!

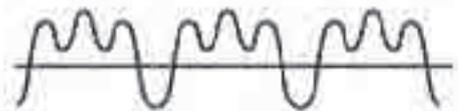
Las ondas sonoras de un sonido musical y ruido se pueden distinguir, ya que la onda de un sonido musical se repite continuamente, tiene una longitud bien definida, y por lo tanto una frecuencia determinada, mientras que la onda producida por un ruido es irregular e imprecisa. La música es grata al oído, el ruido, ¡no!

Hay muchos sonidos que se consideran musicales a pesar que no son originados por instrumentos de música, como los que se escuchan al golpear ligeramente objetos de vidrio delgado y los que emiten algunas personas al cantar.

Las notas musicales se caracterizan por su tono, que es la cualidad que nos permite clasificarlo como grave o agudo. Dicha cualidad se relaciona con la frecuencia de la onda sonora, de modo que



violín



flauta



un ruido

cuanto más agudo sea el sonido, tanto mayor será su frecuencia. En general, los hombres tienen voces graves y las mujeres voces agudas, por lo que podemos concluir que la voz de un hombre tiene menor frecuencia que la voz de una mujer.

Las voces de los y las cantantes se clasifican de acuerdo con la frecuencia de las notas que son capaces de emitir, y se clasifican en:

BLANCAS

Soprano (aguda)
Mezzosoprano (media)
Contralto (grave)

OSCURAS

Tenor (aguda)
Barítono (media)
Bajo (grave)

La frecuencia de las notas que estos cantantes son capaces de emitir varía desde los 100 Hz (bajos) hasta los 1 200 Hz (sopranos).

Una misma nota musical puede tener varios timbres diferentes, según el instrumento o la fuente que lo produce. En particular, el timbre depende de la forma del instrumento de la resonancia producida en él y del método por medio del cual se generan las vibraciones.

De acuerdo con su forma de operación, se clasifican en instrumentos de cuerda, de viento y de percusión. Así, por ejemplo, el piano, la guitarra y el violín se clasifican como instrumentos musicales de cuerda; la flauta, la trompeta y el trombón como instrumentos de viento; y el tambor, los platillos y las congas son ejemplo de instrumentos de percusión.

Los instrumentos de cuerda requieren de una caja de resonancia que, entre otras cosas, permite amplificar el sonido producido por las cuerdas.

La frecuencia del sonido producido por una cuerda está definida por su longitud, grosor y tensión, de la siguiente manera:

1. En cuanto menor es la longitud de la cuerda vibrante, mayor es la frecuencia del sonido que ésta produce.

Esto se puede comprobar al examinar el interior de un piano. Las cuerdas largas y gruesas producen sonidos graves, mientras que las cuerdas cortas y delgadas producen los sonidos agudos. De igual forma, al apreciar el acto de un guitarrista, puede verse que éste resbala sus dedos por el diapasón de la guitarra pisando las cuerdas en distintas posiciones. Con esto, el guitarrista logra variar la longitud de cuerda vibrante y consecuentemente las notas producidas por la guitarra.

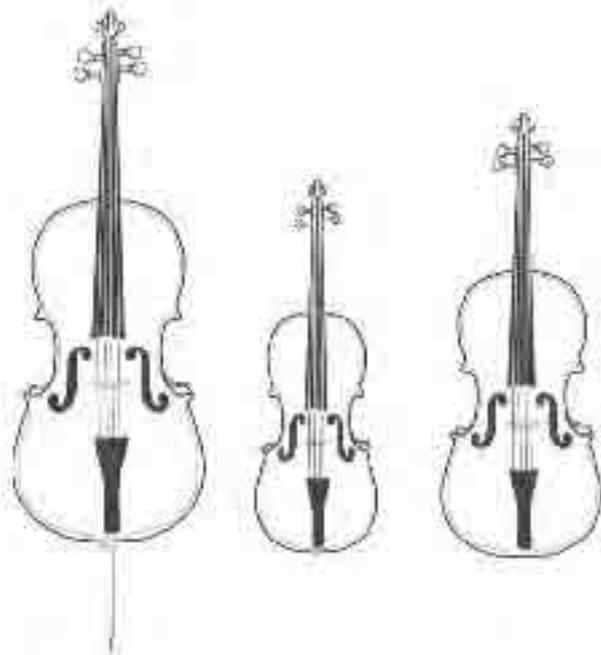


Figura 17. Instrumentos musicales de cuerda. Sus formas y tamaños distintos permiten producir sonidos con timbres distintos. De izquierda a derecha: guitarra (arriba), piano (abajo), violonchelo, violín y viola.

2. En cuanto mayor es la tensión de la cuerda vibrante, mayor es la frecuencia del sonido que ésta produce.

Es fácil ver que la frecuencia del sonido generado por una cuerda depende de su tensión. Seguramente has visto que antes de interpretar una melodía, los músicos acostumbran afinar sus instrumentos ajustando unas clavijas hasta obtener las notas apropiadas en cada una de las cuerdas del instrumento. En este procedimiento los músicos ajustan la tensión de las cuerdas ajustando así el sonido producido hasta lograr la nota deseada.

3. En cuanto más gruesa es la cuerda vibrante, menor es la frecuencia del sonido que ésta produce.

En el piano o en la guitarra, puede verse que las cuerdas gruesas producen sonidos gruesos, mientras que las cuerdas delgadas producen las notas altas.

Los instrumentos de viento se pueden clasificar a la vez en instrumentos de madera y de metal. Entre los de madera está el oboe, el flautín y el clarinete. Entre los instrumentos de metal están la tuba, la trompeta y el trombón.

La producción de sonidos, en este tipo de instrumentos, tiene lugar gracias a la vibración de columnas de aire. Las distintas notas producidas por la mayoría de los instrumentos de viento se consiguen al hacer variar la disposición de orificios abiertos y cerrados, logrando ondas de mayor o menor longitud de onda.

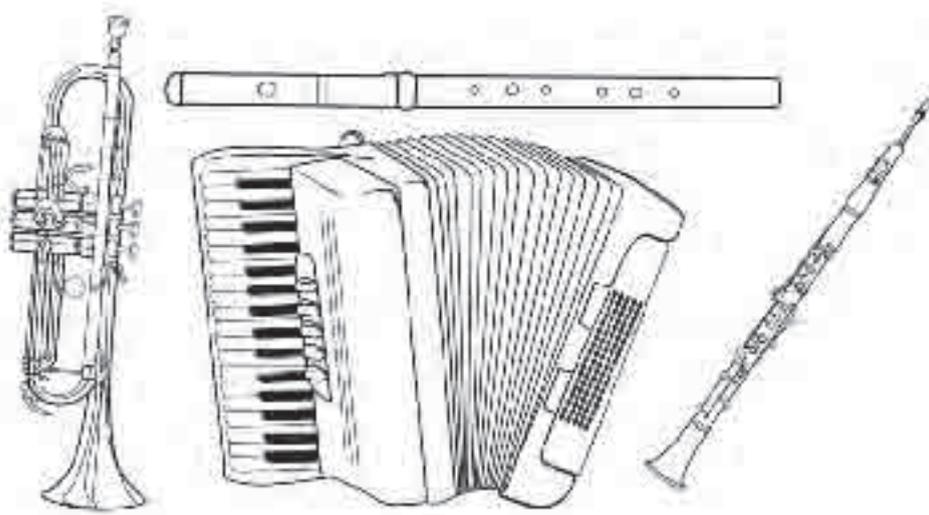


Figura 18. Instrumentos musicales de viento (metálicos y de madera). Sus formas y tamaños distintos permiten producir sonidos con timbres distintos. De izquierda a derecha: trompeta, flauta (arriba), acordeón (abajo) y clarinete.

Esto se puede apreciar cuando el intérprete mueve sus dedos para cerrar y abrir los distintos orificios del instrumento, ya sea directamente como en el caso de la flauta, o por medio de válvulas, como en el caso de la trompeta.

Los sonidos, en un **instrumento de percusión**, se generan gracias a la vibración provocada por impactos o golpes a una membrana vibrante, una caja de madera o un metal. La amplificación de los sonidos generados de este modo, se amplifica mediante tubos abiertos o cerrados, en los que se hace resonar la columna de aire allí contenida con el sonido producido por el objeto golpeado.

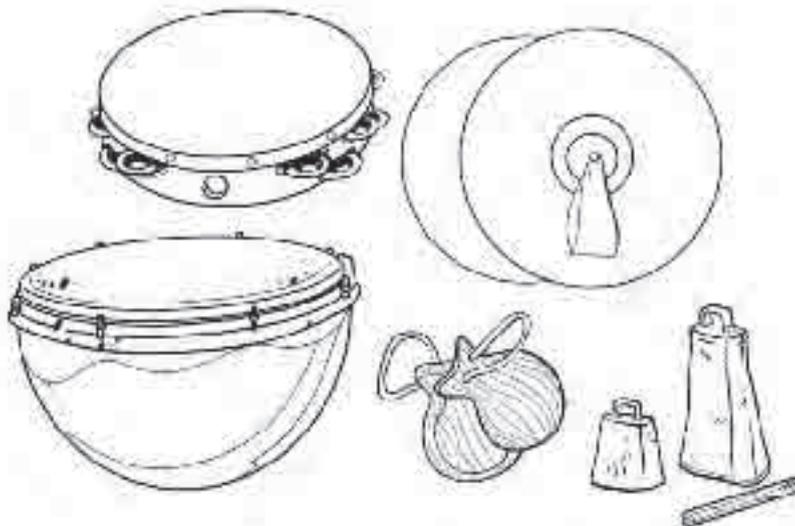


Figura 19. Instrumentos musicales de percusión. Sus formas y tamaños distintos permiten producir sonidos con timbres diferentes.

En la mayoría de los instrumentos de percusión, las distintas tonalidades se logran variando la calidad y ubicación del golpe. Así, por ejemplo, un intérprete de la conga golpeará la parte central de la membrana para obtener tonos graves, mientras que los tonos agudos los obtiene al golpear lejos del centro de la membrana. También la duración del impacto define el sonido producido. La marimba, en cambio, es un instrumento que consta de teclas bajo las cuales hay tubos largos rectos abiertos en sus dos extremos suspendidos verticalmente, cuya longitud define la tonalidad del sonido producido.

5.8 EL OÍDO Y LA AUDICIÓN

Corresponde a la sesión de GA 5.53 (84.3.F) ¿ESCUCHO?

El oído es uno de los órganos del ser humano, su función principal es percibir los sonidos que se producen en el medio que los rodea.

El proceso de la audición tiene dos etapas, una primera en la que se captan y procesan las ondas sonoras, y otra en la que las ondas sonoras transformadas en pulsos nerviosos se transportan al cerebro, en donde se produce la sensación auditiva.

La primera de las etapas tiene lugar en el oído propiamente dicho, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro. Es decir, que es el cerebro el que nos permite distinguir los sonidos fuertes de los débiles, los graves de los agudos y la fuente sonora generadora de los mismos.

El oído humano se divide en tres partes: oído externo, medio e interno.

El **oído externo** está conformado por la **oreja** o **pabellón**, el **conducto auditivo** y el **tímpano**; este último es una membrana que conecta al oído externo con el oído medio.

El **oído medio** lo forman tres huesillos que, debido a la forma que tienen, reciben los siguientes nombres: **martillo**, **yunque** y **estribo**; este último se conecta con el oído interno por medio de la ventana oval.

En el **oído interno**, se encuentra el **caracol** (el cual tiene forma de espiral y está lleno de líquido) y la **membrana basilar** que divide el caracol en dos conductos y en la cual se encuentran distribuidas las terminaciones nerviosas auditivas.

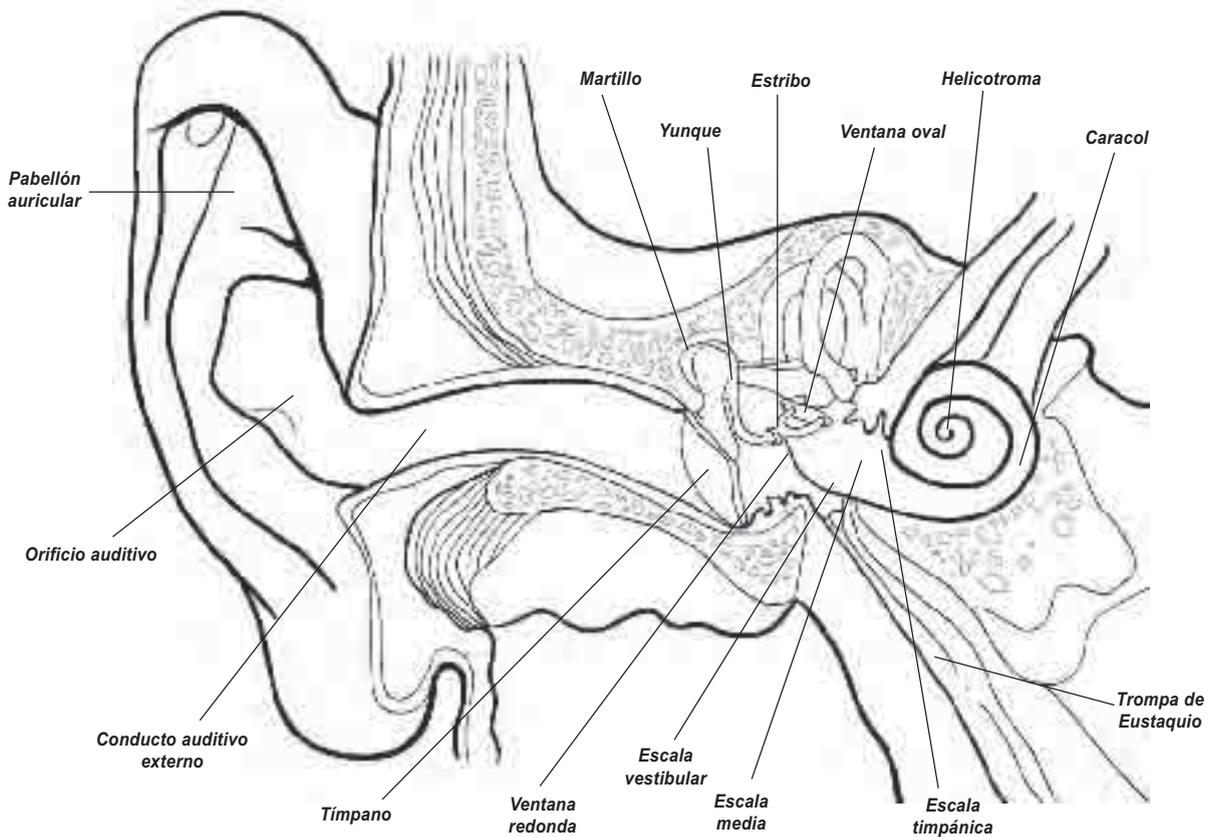


Figura 20. Esquema de las partes que conforman el oído humano.

Audición

El oído humano puede percibir ondas sonoras cuyas frecuencias estén entre 20 y 20 000 ciclos por segundo (hertz). Dichas ondas son captadas por el pabellón, pasan por el conducto auditivo y chocan con el tímpano, el cual vibra con la misma frecuencia del sonido percibido. Las vibraciones pasan a través del martillo, el yunque y el estribo. Este último las transmite al oído interno por la ventana oval, la cual produce vibraciones en el líquido que contiene el caracol, y éste se encarga de transformarlas en impulsos eléctricos que llegan a las terminaciones nerviosas auditivas de la membrana basilar.

Los impulsos eléctricos viajan por el nervio auditivo hasta el centro auditivo que se localiza en el cerebro y así experimentamos la sensación auditiva.

Es muy importante cuidar los oídos y evitar el ruido en exceso, ya que esto deteriora las partes que conforman el oído, pueden incluso generar sordera o alteraciones en el organismo, como presión arterial alta, aceleración del ritmo cardíaco y de la respiración, entre otras.

Las personas que viven en un ambiente de ruido constantemente son más propensas a presentar tensión emocional, problemas de aprendizaje y alteraciones en el sueño.

También se debe evitar introducir pasadores, palillos o cualquier objeto en los oídos, porque se puede dañar o romper el tímpano, lo cual provocaría sordera permanente.

5.9 ECO, REVERBERACIÓN E INTERFERENCIA

Corresponde a las sesiones de GA 5.54 (85.3.F) LAS OVEJAS NEGRAS DE LA FAMILIA y 5.55 SI SE JUNTAN INTERFIEREN

Cuando una onda sonora que viaja en cierto medio, encuentra otro medio material distinto, parte de la onda sonora es transferida al segundo medio material, mientras que la otra parte se refleja al medio de propagación original como si rebotara en la separación de los medios. Estas ondas reflejadas dan origen a fenómenos como el eco y la **reverberación** que estudiaremos a continuación.

Eco

Las ondas sonoras al propagarse en el aire, por ejemplo, pueden chocar con algún medio material sólido como una pared, una roca, etc. Dependiendo de su composición, este medio absorbe una parte de las ondas sonoras, y refleja el resto de las ondas, de esta manera, el medio sólido se comporta como un nuevo emisor de sonido, pueden permanecer en el aire dos señales sonoras al mismo tiempo, la generada por la fuente original, y la generada por la reflexión de la onda sonora al chocar con un cuerpo sólido. Al sonido que se refleja se le denomina **eco**.

El **eco** sólo es captado por el oído humano cuando el sonido que emite una fuente sonora recorre más de 34 m; esto es, mínimo 17 m desde la fuente emisora al objeto que lo refleja, y otros 17 m de vuelta. Esto se debe a que el oído humano sólo puede distinguir dos sonidos separados entre sí **una décima** de segundo o más. Este tiempo es justo el que tarda el sonido en recorrer 34 m en el aire.

De acuerdo con esto, es posible que si por ejemplo, nos paramos frente a una serie de colinas que se encuentran a distancias distintas de nosotros y gritamos, podemos escuchar varias veces la repetición de nuestro grito, ya que el tiempo que tarda el sonido en ir y volver a cada una de las distintas colinas es diferente.

Este fenómeno se utiliza en la exploración submarina para detectar la profundidad de las aguas, las rocas o algún otro cuerpo, por medio del **sonar**. En cuanto mayor sea el tiempo que tarde una señal emitida, desde la superficie del agua, en regresar al lugar desde el que fue emitida por el sonar, mayor será la distancia entre el fondo marino y la superficie del agua. De igual forma, el eco es utilizado por los barcos para examinar la presencia de costas y la distancia a la que se encuentran.

Reverberación

La persistencia del sonido, en cierto medio de propagación limitado, se conoce como **reverberación**. Este fenómeno se debe a la reflexión del sonido en las superficies, sobre todo en aquellas duras y lisas que reflejan la mayor parte de las ondas que incide sobre ellas.

La reverberación se presenta en lugares cerrados, como consecuencia de la reflexión del sonido en paredes, piso, techo y muebles que se encuentren en el sitio. La duración de este fenómeno depende del tamaño del lugar y de las características que tengan las superficies: en cuanto más duras y lisas, mayor es la duración de la reverberación; en cuanto más pequeño sea el lugar, menor es la duración de la reverberación.

Por esta razón, cuando entramos a un salón grande cerrado y con pocos muebles, es posible escuchar que el eco proveniente de los sonidos generados allí permanece más en el ambiente que en aquellos lugares en donde existen cortinas, alfombras y muebles de madera, en los que se amortiguan rápidamente las señales sonoras que allí podamos generar.

Interferencia

Frecuentemente, el sonido que percibimos es producto de la superposición de varias señales sonoras que interfieren en el espacio. Cuando en cierto lugar del espacio existe más de una onda al mismo tiempo, éstas se superponen dando origen a una nueva onda cuyas características, como la amplitud y frecuencia, dependen enteramente de las características de las ondas superpuestas y de la diferencia de fase entre ellas.

Por ejemplo, supongamos que en cierta región del espacio se propagan dos ondas de frecuencias iguales y amplitudes distintas y que en cierto punto de dicha región coinciden sus crestas (es decir que las ondas interfieren en fase), resulta como producto de la superposición de estas dos ondas una onda cuya amplitud es igual a la suma de las amplitudes de las ondas superpuestas. Este tipo de interferencia se denomina **interferencia constructiva**.

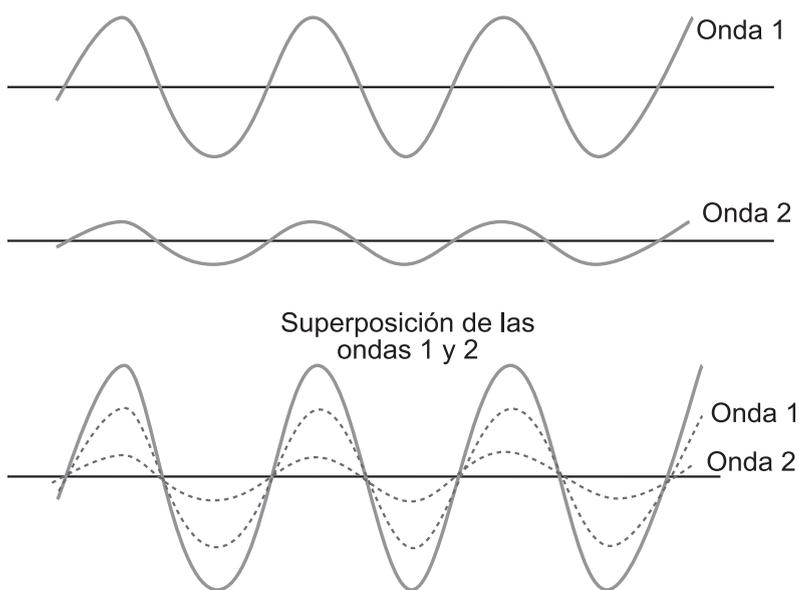


Figura 21. Interferencia constructiva de dos ondas con iguales frecuencias y distintas amplitudes que se propagan en un mismo medio.

Si en cambio, en dicho punto coincide una cresta de una de las ondas y un valle de la otra onda (es decir que las ondas interfieren en desfase máximo), el resultado es una onda cuya amplitud es igual a la diferencia entre las amplitudes las ondas superpuestas. Este tipo de interferencia se denomina **interferencia destructiva**.

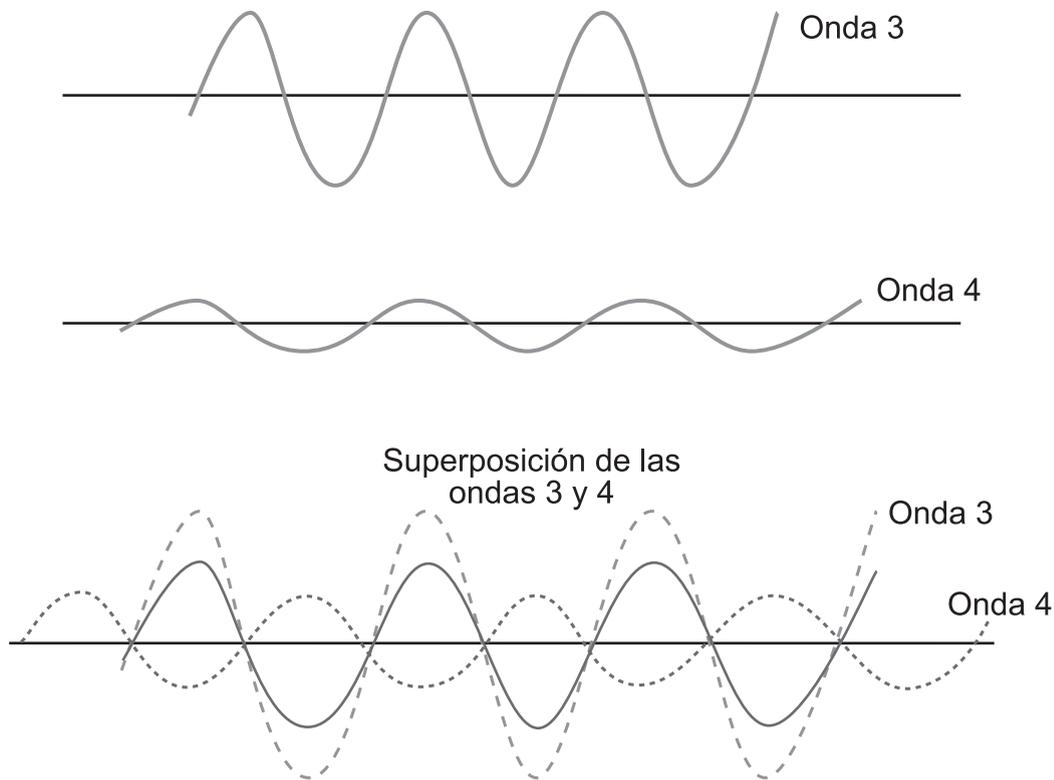


Figura 22. Interferencia destructiva de dos ondas con iguales frecuencias y distintas amplitudes que se propagan en un mismo medio.

Si las ondas que interfieren tienen frecuencias distintas, existirán a la vez puntos del espacio de interferencia constructiva y de interferencia destructiva, de modo que el producto de la superposición de este tipo de ondas será una onda con un patrón como el ilustrado en la figura siguiente:

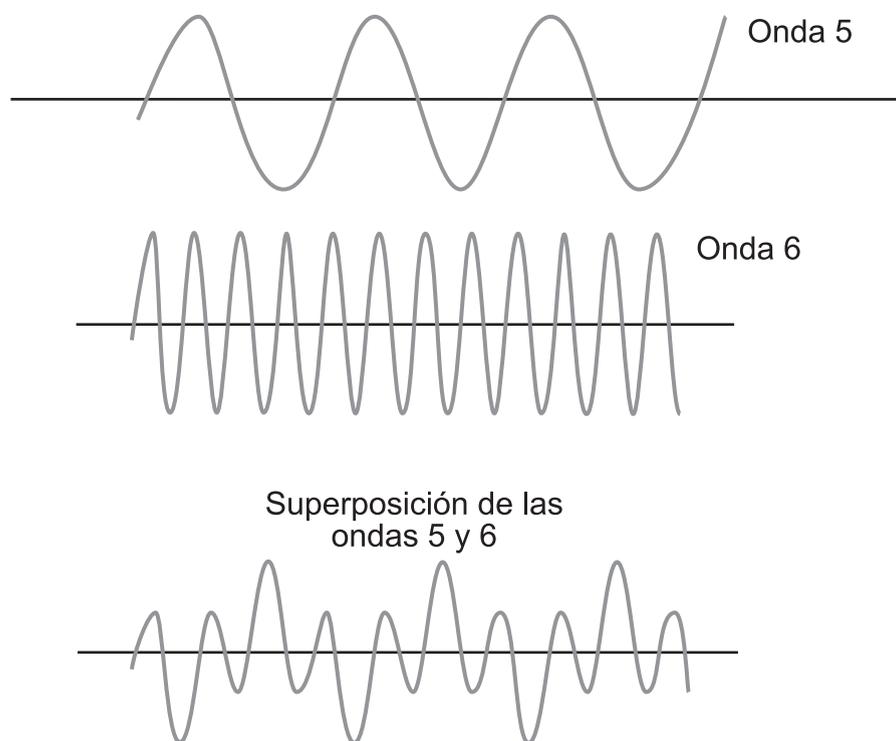


Figura 23. Patrón de interferencia de dos ondas con iguales amplitudes y distintas frecuencias que se propagan en un mismo medio.

El fenómeno de la superposición de ondas o interferencia lo podemos percibir contantemente, dado que los sonidos que escuchamos a diario no corresponden a sonidos puros provenientes de una sola fuente con frecuencia única, sino que corresponden a la superposición de múltiples sonidos de diferentes frecuencias que provienen de fuentes diversas.

5.10 EFECTO DOPPLER

Corresponde a la sesión de GA 5.56 (86.3.F) ¡CÓMO CAMBIAS!

Si alguna vez te has parado cerca de una carretera y has escuchado el sonido del motor de los carros que pasan frente a ti, te habrás dado cuenta que existe diferencia entre el sonido del carro mientras se acerca y mientras se aleja.

Esta diferencia no sólo se debe a que la intensidad del sonido que percibimos aumenta mientras el carro se acerca y disminuye mientras se aleja, sino también a que la frecuencia del sonido que apreciamos mientras el carro se acerca es mayor que mientras se aleja.

Es fácil entender por qué varía la intensidad del sonido que escuchamos a medida que el carro se mueve. En temas anteriores vimos que a medida que el sonido se propaga ale-

jándose de la fuente, éste se atenúa hasta hacerse imperceptible. Mientras el carro se acerca a nosotros, la distancia que debe recorrer el sonido generado por el motor es cada vez menor, por tanto, el sonido que percibimos es cada vez más intenso, pues se ha atenuado menos cada vez. Mientras que a medida que el carro se aleja, la distancia que debe recorrer el sonido hasta llegar a nuestros oídos es cada vez mayor y por tanto escuchamos un sonido cada vez más atenuado, es decir, menos intenso.

Para entender por qué la frecuencia del sonido que percibimos es distinta cuando el carro se acerca de cuando se aleja, consideremos la siguiente situación.



Figura 24. Si no existe movimiento relativo entre la fuente sonora y el receptor, la frecuencia del sonido percibido por el receptor es idéntica a la de la señal emitida por la fuente sonora.

Supongamos que la sirena de un carro emite ondas sonoras de cierta longitud de onda, y que existen dos personas, una delante del carro y otra, a igual distancia, detrás de él, escuchando la sirena. Si el carro no se mueve, las ondas sonoras se propagan en todas las direcciones igualmente espaciadas entre sí y los dos personajes escuchan exactamente el mismo sonido con la misma frecuencia e intensidad.

Si el carro se mueve hacia la derecha, las ondas que se propagan hacia la derecha estarán menos espaciadas entre sí, mientras las de la izquierda estarán más espaciadas entre sí. Esto provoca una aparente variación de la frecuencia del sonido emitido por la fuente, conocida como **efecto Doppler**.

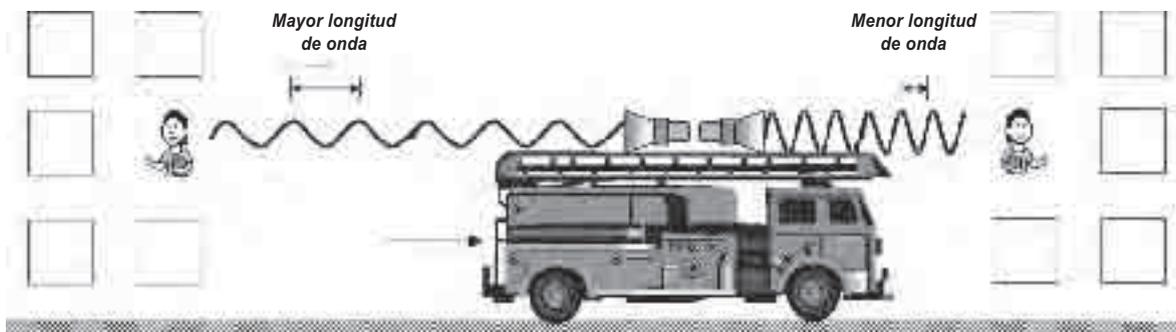


Figura 25. Si existe movimiento relativo entre la fuente sonora y el receptor, la frecuencia del sonido percibido por el receptor es distinta a la de la señal emitida por la fuente sonora. Si la fuente se acerca al receptor, la frecuencia es mayor (menor longitud de onda) y si la fuente se aleja del receptor, la frecuencia es menor (mayor longitud de onda).

El personaje de la derecha escuchará las ondas sonoras de menor longitud de onda (mayor frecuencia), mientras que el personaje de la izquierda escuchará las de mayor longitud de onda (menor frecuencia). Es por esto que, cuando una sirena se acerca, se escucha un sonido más agudo (de mayor frecuencia) que cuando se aleja.

La variación de la frecuencia percibida, cuando hay movimiento relativo entre la fuente de sonido y el receptor, aumenta en proporción a la velocidad relativa entre la fuente y el receptor. Este hecho es utilizado en otros campos de la física como la astronomía, para analizar el movimiento de las estrellas respecto a la Tierra.

Capítulo 6

ÓPTICA Y ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS



En este capítulo, se estudian fenómenos ópticos como la iluminación, reflexión y refracción de la luz, así como los espejos y lentes y sus aplicaciones en la construcción de aparatos como los microscopios, proyectores, cámaras y telescopios. Además, se estudiará otro tipo de radiaciones electromagnéticas, como lo son las ondas de radio y la radiación ultravioleta, y su impacto en el medio ambiente natural.

6.1 NATURALEZA Y VELOCIDAD DE LA LUZ

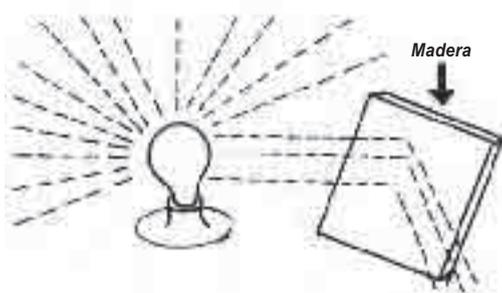
Corresponde a las sesiones de GA 6.57 (89.3.F) COMO DE RAYO y 6.58 (89.3.F) MÁS RÁPIDO NO SE PUEDE

Desde la antigüedad, el hombre se ha preguntado qué es la luz. Tal cuestión fue también tema de estudio de científicos como Tales de Mileto, Demócrito y Epicuro, entre otros.

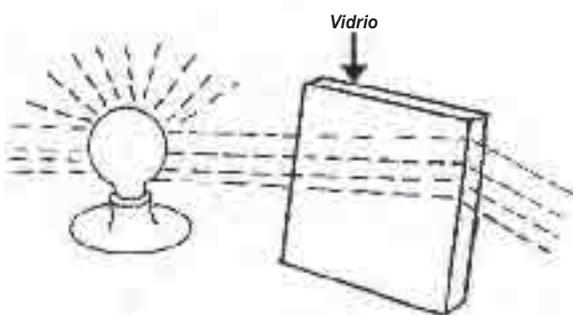
Uno de los primeros intentos por dar una explicación del origen de la luz fue realizado por Empédocles, quien tenía un amplio conocimiento de diferentes campos como la física, la filosofía, la alquimia y la medicina. Empédocles concebía a la luz compuesta por esferas diminutas que se desprendían de los cuerpos luminosos. A fines del siglo XVII, este primer intento por describir la luz se hizo de manera sistemática con el inglés Isaac Newton, quien al igual que Empédocles, sostenía que los cuerpos luminosos emitían la luz en forma de partículas y que éstas viajaban a través del espacio en todas direcciones de manera lineal.



El trabajo más importante que realizó “Tratado de la luz”, se refiere a que las partículas componentes de la luz son de diferentes dimensiones, las más pequeñas son las que conforman la luz violeta y las de mayor tamaño, aquellas que se encuentran en el color rojo. Las partículas en su trayectoria podían proyectarse contra los objetos; en tales casos pueden ocurrir dos cosas:



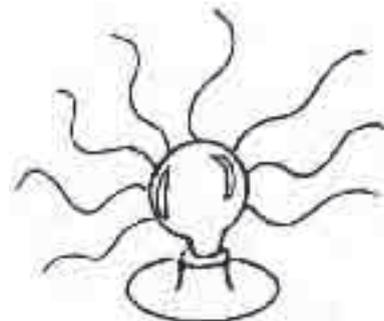
- a) Cuando se proyectan contra un cuerpo opaco (que no deja pasar la luz), las partículas rebotan de manera elástica, es decir, no pierden energía al chocar.



- b) Cuando se proyecta la luz contra un cuerpo transparente, es decir, que lo puede atravesar, como un cristal, las partículas de la luz se desvían al chocar contra las partículas que forman el cuerpo, o sea, siguen su trayectoria con un ángulo diferente al que incidieron en el cuerpo.

Con esta teoría corpuscular, Newton podía explicar fenómenos como la refracción y la reflexión de la luz, pero hubo otras cuestiones (como la doble refracción y los anillos coloreados) que no se pudieron explicar.

Casi de manera paralela a la teoría corpuscular de Newton, el físico y astrónomo holandés Christian Huyghens desarrollaba otra teoría, en la cual proponía que la luz presentaba un comportamiento de onda, es decir, que se propagaba en forma longitudinal, como se muestra en la figura.



Huyghens desarrolló su teoría ondulatoria con base en la analogía que hizo de los fenómenos acústicos y los fenómenos luminosos, deduciendo que la luz debería presentar las características de las ondas. Y al comportarse como tal, debería cumplir con dos cosas:

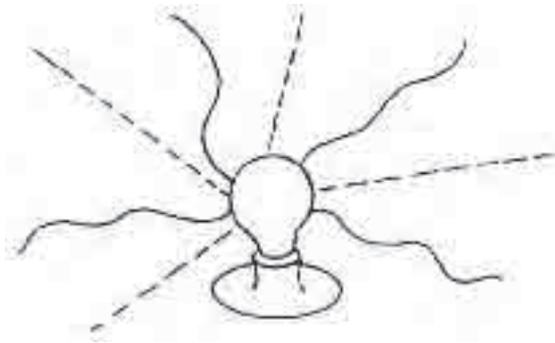
- a) Su velocidad variaría dependiendo del medio en donde se propague.
- b) No podría transferir materia, únicamente energía.

La teoría ondulatoria de Huyghens explicaba los fenómenos de refracción y reflexión al igual que la de Newton pero, debido al prestigio que este último tenía, su teoría fue aceptada y utilizada por la gran mayoría de los científicos de este tiempo, al grado que la teoría de Huyghens quedó olvidada por más de un siglo. Fue hasta principios del siglo XIX, cuando el físico inglés Thomas Young, aplicando la teoría ondulatoria, explicó el fenómeno de difracción de la luz y concluyó que la luz se transmite mediante ondas transversales y no longitudinales, como en un principio propuso Huyghens. De esta manera, la teoría ondulatoria empezó a ser ampliamente usada y estudiada; sin embargo, tenía aún el defecto de no explicar la propagación de la luz en el vacío.

En 1873, el físico James Clerk Maxwell, a partir de sus trabajos sobre electricidad y magnetismo, comprobó que las ondas electromagnéticas se propagaban con la misma velocidad que la luz y además lo hacían en el vacío, por lo que propuso que la luz se comportaba como una onda electromagnética.

Parecía que el misterio del comportamiento de la luz se había resuelto, pero en 1887 se descubrió un nuevo fenómeno que no encontró explicación en la teoría ondulatoria. Este fenómeno, conocido como efecto fotoeléctrico, fue descubierto por el físico alemán Heinrich Rudolf Hertz.

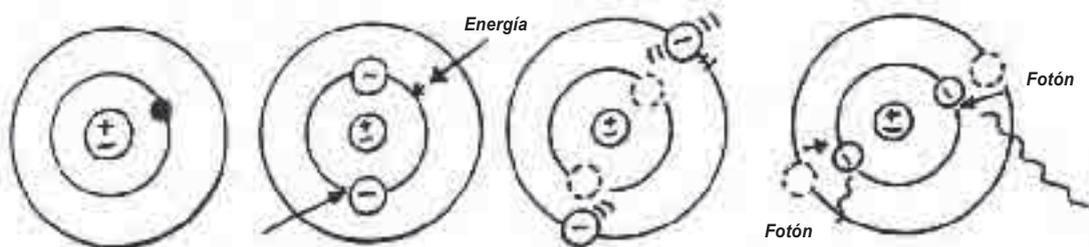
Este nuevo acontecimiento se explicaba parcialmente a través de la teoría corpuscular de Newton, por lo que la gente de ciencia se encontraba desconcertada, ya que tanto la teoría corpuscular como la teoría ondulatoria ofrecían interpretaciones de los fenómenos de la luz, pero ninguna podía explicarlos todos.



Casi medio siglo después del descubrimiento del efecto fotoeléctrico, el físico francés Louis de Broglie postuló una nueva teoría sobre la naturaleza de la luz, en la cual decía que la luz se comportaba como partícula y como onda. Esta nueva teoría daba una interpretación satisfactoria de todos los fenómenos conocidos de la luz.

En la actualidad, existe otra teoría, la cual se desarrolló con base en los trabajos de científicos notables como Max Planck (teoría de los cuantos), Niels Bohr (estructura de los átomos) y Albert Einstein (teoría de la relatividad), la cual dio origen a una nueva rama de la física conocida como física cuántica. Con fundamento en esta nueva física, se desarrolla la teoría cuántica de la luz, en la que se propone que ésta no se propaga ni como corpúsculos ni como ondas, sino como paquetes discretos llamados fotones, que pueden tener un comportamiento de partícula o de onda electromagnética.

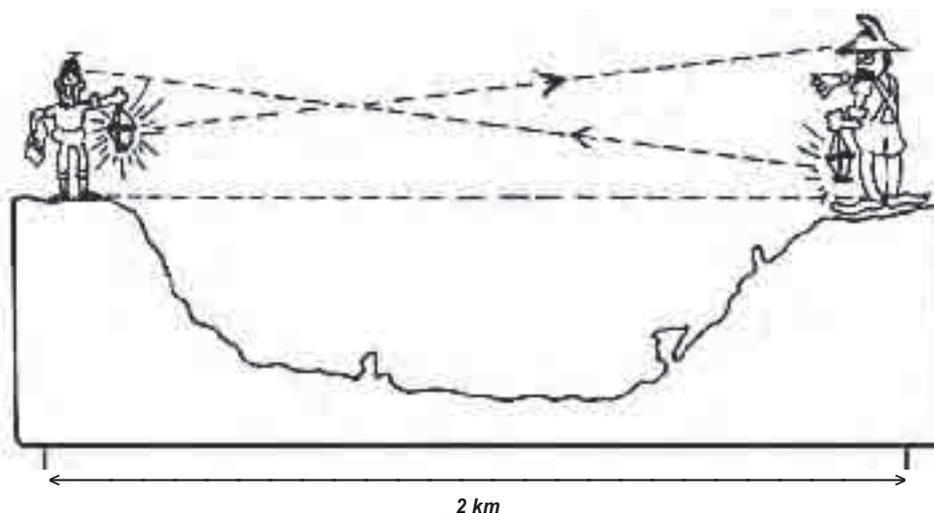
Los trabajos de Max Planck, sobre la emisión de radiaciones emitidas por los electrones que son excitados y pasan de un nivel de energía a otro, explican especialmente el origen de la luz. La teoría cuántica de Planck propone que cuando a un átomo se le suministra energía, sus electrones son excitados y saltan de su nivel de energía a un nivel más alto; cuando el átomo deja de ser excitado, los electrones tienden a regresar a su nivel de energía inicial y es, justo en el momento que regresan, cuando emiten la energía que habían ganado, esta emisión discontinua es llamada fotón.



En el siglo XVII, Newton demostró que la luz blanca es en realidad la combinación de siete colores (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta). Por lo tanto, representa una pequeña franja dentro del espectro electromagnético comprendida entre el infrarrojo y el violeta, abarca longitudes de onda que van desde 3.97×10^3 amstrongs hasta 7.6×10^3 amstrongs.

Maxwell ya había determinado que las ondas electromagnéticas tenían velocidad de la luz en el vacío. Hoy se sabe que la luz se propaga con una velocidad próxima a los 300 000 km/s.

Los intentos por determinar la velocidad de la luz se remontan hasta los tiempos de Aristóteles, quien admitía que la propagación era inmediata. Galileo Galilei, que no estaba de acuerdo con esta concepción, intentó medir la velocidad; sin embargo, sus intentos fueron infructuosos.



En 1675, el astrónomo danés Olaf Romer, al observar los eclipses de Júpiter y sus satélites con relación a la distancia de la Tierra y Júpiter, calculó la velocidad de la luz en 2.3×10^5 km/s.

Trabajos posteriores como el de Foucault, con un espejo giratorio, y el de Michelson determinaron que la velocidad de la luz es de 299 800 km/s. El cual es el valor aceptado actualmente. Sin embargo, para fines prácticos, se considera que la velocidad de la luz es de 300 000 km/s, o lo mismo que 3×10^8 m/s.

6.2 FUENTES DE LUZ

Corresponde a la sesión de GA 6.59 (90.3.F) ¡PRÉNDELE!

Dentro de la óptica, existe una rama llamada fotometría, que se encarga de calcular la intensidad del **flujo luminoso** que es emitido por una fuente de luz cualquiera y la **iluminación** a la que está expuesto algún objeto.

La fotometría clasifica los cuerpos en dos clases que son: **cuerpos luminosos** o **fuentes de luz**, y los **cuerpos iluminados**.

Los **cuerpos luminosos** (o fuentes de luz) son aquellos que transforman algún tipo de energía en luz. Algunos ejemplos de estas fuentes son las estrellas, los bombillos, las lámparas, los fósforos, las velas, etc.

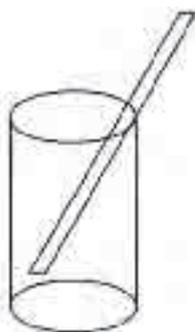
Los **cuerpos iluminados** son aquellos que no producen luz por sí mismos, sino que reflejan o difunden la luz que les llega de las fuentes de luz. Dichos cuerpos se dividen en

tres grupos considerando la transparencia u opacidad que representen con respecto a la luz; así, se clasifican en: cuerpos transparentes, translúcidos y opacos.

Los **cuerpos iluminados transparentes** son los que permiten el paso de la luz sin generar difusión importante, por lo que es posible ver de manera clara la imagen de un objeto a través de ellos. Ejemplos de este tipo de cuerpos son el vidrio, el aire, el agua limpia, etc.

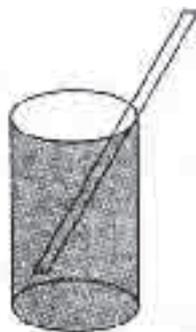
Los **cuerpos iluminados translúcidos** permiten el paso de la luz pero con cierta difusión importante, de modo que no es posible ver la imagen de objetos a través de ellos, sino que solamente se aprecia su silueta. Ejemplos de estos cuerpos son: el vidrio esmerilado, algunos plásticos, el papel mantequilla, la niebla, algunos acrílicos, etc.

Los **cuerpos iluminados opacos** impiden el paso de la luz, por lo que ni imágenes ni siluetas se perciben a través de ellos. Ejemplos de estos cuerpos son: los satélites, los planetas, los sólidos como madera, metal, cartón, corcho, icopor, algunos plásticos y acrílicos, entre otros.



Vaso de vidrio
(Transparente)

a) Cuerpo transparente



Vaso de vidrio
(Esmerilado)

b) Cuerpo traslúcido



Vaso de plástico
(Opaco)

c) Cuerpo opaco

Es evidente que algunas fuentes luminosas tienen mayor intensidad que otras, por ejemplo, el bombillo de una casa ilumina más que un fósforo. El flujo luminoso se define como la cantidad de energía que una fuente irradia por unidad de tiempo. La luz se emite de manera constante y homogénea en todas direcciones.

La iluminación de un cuerpo depende del flujo luminoso que incide en su superficie y de la distancia entre el cuerpo iluminado y la fuente luminosa. Así, mientras mayor sea el flujo luminoso irradiado por la fuente, mayor será la iluminación. En cambio, en cuanto mayor sea la distancia entre la fuente luminosa y el cuerpo iluminado, menor será la iluminación sobre este último.

6.3 UNIDADES DE MEDIDA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA Y DE LA ILUMINACIÓN

Corresponde a las sesiones de GA 6.60 (91.3.F) ¡ÉCHENLE CANDELA!

La luz es energía cuya manifestación ondulatoria tiene características electromagnéticas que, al proyectarse sobre los objetos y reflejarse hacia nuestros ojos, nos producen la sensación visual.

Dado que existen cuerpos luminosos que irradian luz más **brillante** que la irradiada por otros, ha sido necesario establecer unidades de medida para la intensidad de la luz, el flujo luminoso y la intensidad luminosa.

La **intensidad de la luz** se define como la potencia radiada por unidad de área, la cual se mide en vatios por metro cuadrado (w/m^2). Sin embargo, esta cantidad resultó no ser adecuada para medir la sensación de brillo, por lo que se ha definido una cantidad análoga a la potencia radiante denominada **flujo luminoso (F)**. El **flujo luminoso** es la cantidad de luz emitida por una fuente, por unidad de área en un **ángulo sólido** unitario, cuya unidad de medida es el **lumen (lm)**.

Un lumen se define como la cantidad de luz emitida por una superficie de un sesentavo de centímetro cuadrado (cm^2) de platino puro, a temperatura de fusión ($2\ 043\ K = 1\ 770^{\circ}C$) en un ángulo sólido de **un estereorradián** (1 sr).

Un ángulo sólido es una especie de cono que se subtiende desde un punto en el que se ubica su vértice y cuya apertura se mide en estereorradianes. Este tipo de ángulo se utiliza en situaciones físicas que tienen simetría esférica, como es el caso de la propagación de la luz.

La figura ilustra dos esferas idénticas, sobre las que se han marcado distintos ángulos sólidos desde el centro de las esferas y hacia sus respectivas superficies, siendo menor el ángulo sólido de la esfera de la izquierda que el de la derecha.

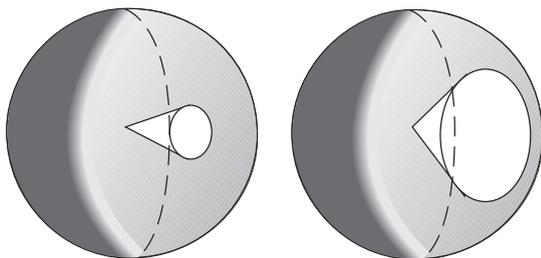


Figura 1. Dos superficies esféricas definidas por ángulos sólidos distintos.

Para comprender lo que significa un estereorradián, es útil recordar que un radián corresponde al ángulo plano que se barre al recorrer un arco de circunferencia de longitud igual al radio de curvatura del arco.

En el caso de los ángulos sólidos, el estereorradián se define como el ángulo sólido que se subtiende al barrer una superficie circular esférica de área r^2 , siendo r el radio de curvatura de la superficie.

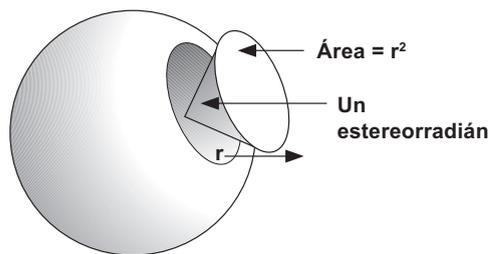


Figura 2. Un estereorradián es el ángulo sólido que se subtiende al barrer una superficie esférica de área r^2 , siendo r el radio de curvatura de dicha superficie.

Dado que las fuentes luminosas pueden no irradiar igual en todas las direcciones, es conveniente definir la **intensidad luminosa** (I) de una fuente como el flujo por unidad de ángulo sólido en la dirección del área iluminada. La unidad de medida de la intensidad luminosa es la **candela** (cd).

Al iluminar una superficie, sobre ésta incide cierto flujo luminoso por unidad de área. A esta cantidad, se denomina **iluminancia** o **iluminación**, que se designa con E . *La unidad de medida de la cantidad de luz que incide sobre una superficie iluminada (iluminancia) se llama **lux**.*

Una **candela** se define entonces como la intensidad luminosa que produce un flujo luminoso de un lumen, en un ángulo sólido de un estereorradián. Es decir,

$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / \text{sr}$$

Un **lux** se define entonces como la iluminancia producida por un flujo luminoso de 1 lumen que incide sobre un área de un metro cuadrado. Es decir;

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$$

Evidentemente, la iluminación sobre un cuerpo es directamente proporcional a la intensidad luminosa; en cuanto es mayor la intensidad luminosa de la fuente, mayor será la iluminación sobre el cuerpo. Es decir, **la iluminación o iluminancia de un cuerpo es directamente proporcional a la intensidad luminosa de la fuente.**

También es fácil ver que, en cuanto mayor es la distancia entre la fuente y el cuerpo iluminado, menor es la iluminación que éste recibe. Sin embargo, dado que al aumentar en una cantidad s la distancia entre la fuente y el cuerpo, el área iluminada aumenta en proporción a s^2 ; por tanto, **la iluminación que recibe un cuerpo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente y dicho cuerpo.**

Estas relaciones se pueden simplificar mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{I}{s^2}$$

En donde E es la iluminación o iluminancia sobre un cuerpo, I es la intensidad luminosa de la fuente y s es la distancia entre la fuente y el cuerpo iluminado.

El concepto de iluminación o iluminancia es frecuentemente utilizado por los fotógrafos y camarógrafos, quienes deben calcular y/o medir la iluminancia a la que se exponen los cuerpos a fotografiar o a filmar, para que las imágenes sean las adecuadas.

Para medir la iluminación a la que está expuesta un cuerpo, se utiliza un aparato denominado fotómetro. Los fotógrafos utilizan un aparato similar para determinar la exposición adecuada para sus fotografías, llamado exposímetro.

6.4 FENÓMENOS DE LA LUZ

Corresponde a la sesión de GA 6.61 (92.3.F) TE VES MAL

Existen varios fenómenos de la luz que apreciamos casi a diario y que se pueden explicar fácilmente si se considera su carácter ondulatorio. Nuestra imagen en el espejo y la aparente fractura que sufre una cuchara al sumergirla parcialmente en un vaso con agua son sólo algunos de estos fenómenos que podremos explicar una vez estudiemos las características de la reflexión y refracción de la luz.

Reflexión de la luz

Parte de la luz que incide sobre un cuerpo iluminado “rebota” en la superficie de éste, así provoca el fenómeno de la reflexión de la luz. A este hecho, se debe el que podamos ver, pues lo que perciben nuestros ojos cuando admiramos algún objeto, es toda la luz que éste refleja y que luego incide en nuestros ojos. El hecho de poder ver nuestra imagen en un espejo, se debe también a este fenómeno óptico.

La reflexión de la luz responde a dos leyes fundamentales, denominadas leyes de la reflexión. Para comprender estas leyes, es útil representar la luz mediante rayos o líneas rectas, cuestión que además nos recordará que su propagación es rectilínea, y también es necesario introducir algunas definiciones.

Si denominamos **rayo incidente** (RI) a la luz que incide sobre una superficie reflectora, y **rayo reflejado** (RR) a la luz que dicha superficie refleja, la primera de las leyes de la reflexión de la luz se puede enunciar de la siguiente manera:

El rayo incidente, la normal (línea perpendicular a la superficie reflectora) y el rayo reflejado están todos contenidos en un mismo plano.

La segunda ley dice que:

El ángulo de inclinación del rayo incidente con respecto a la normal (ángulo de incidencia) es igual al ángulo que forma el rayo reflejado con la normal (ángulo de reflexión).

La figura siguiente ilustra claramente estas dos leyes:

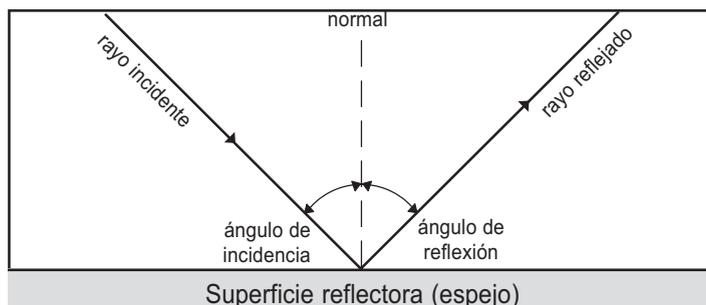


Figura 3. Las leyes de la reflexión de la luz describen cómo se refleja la luz en los cuerpos iluminados.

Según las características de la superficie reflectora, la luz reflejada puede o no formar imágenes claras. Por ejemplo, si se trata de una superficie homogénea, lisa y pulida, la luz proveniente de algún objeto iluminado puede formar una imagen del objeto iluminado después de reflejarse. A este tipo de superficies son las que conocemos como espejos.

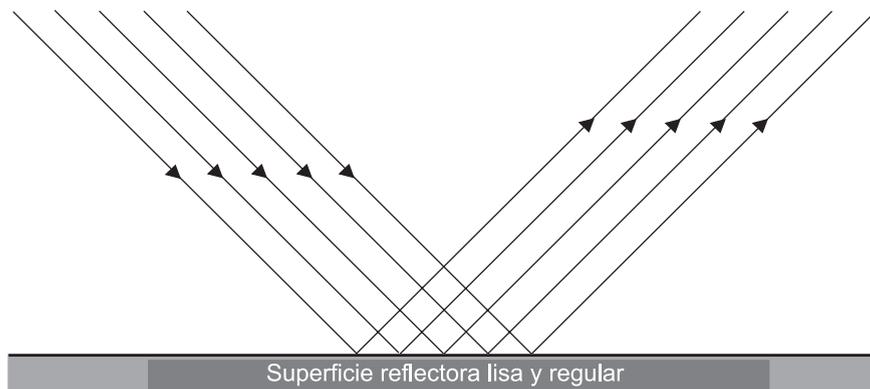


Figura 4. Reflexión especular. Los rayos que inciden paralelos se reflejan paralelos entre sí y pueden formar una imagen clara del cuerpo del que provienen.

En cambio, si la superficie reflectora es áspera e irregular, la reflexión de la luz es difusa y la imagen formada no es clara, en la mayoría de los casos, ni siquiera se puede distinguir imagen alguna. Éste es el caso de materiales como la madera, el concreto, la lana, el algodón, la piel, etc.

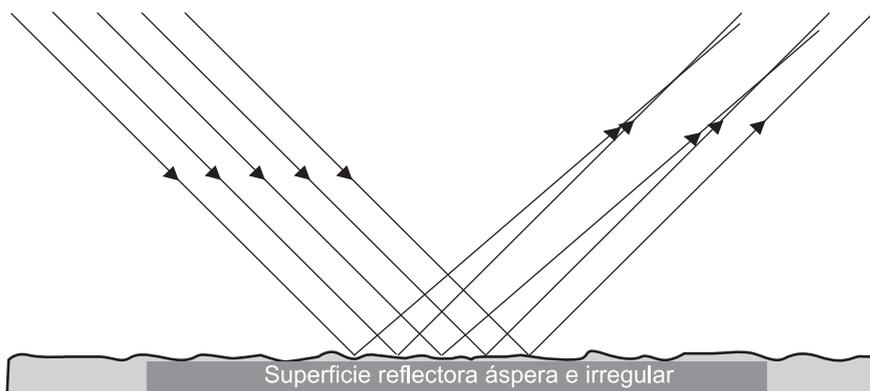


Figura 5. Reflexión difusa. Los rayos que inciden paralelos se reflejan en direcciones aleatorias y las imágenes que forman son difusas.

Refracción de la luz

Uno de los fenómenos ópticos más sorprendentes es la ilusión que hace ver quebrado un lápiz (o cualquier otro objeto) que se sumerge en un vaso con agua. Este fenómeno es el mismo que se aprecia en un acuario al observarlo desde una de sus esquinas. En cada una de las caras visualizadas, se pueden observar imágenes repetidas. Así, un pez cerca de la esquina observada puede verse a la vez por las dos caras del acuario.

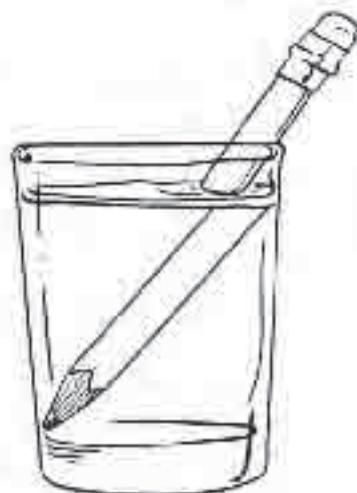
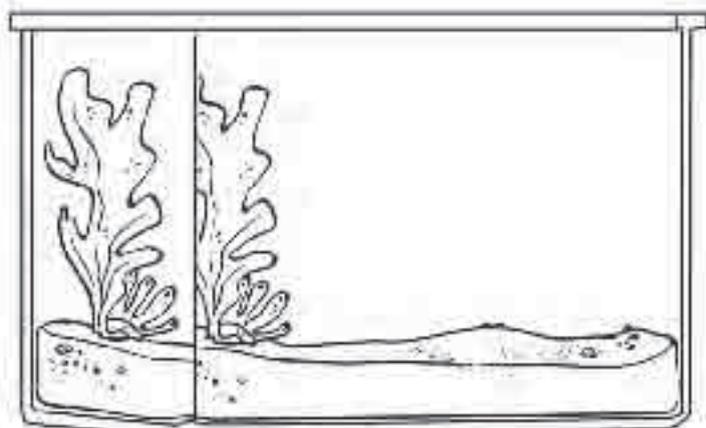


Figura 6. La refracción de la luz provoca ilusiones ópticas como la doble imagen de un objeto dentro de un acuario y la quebradura del bolígrafo que está sumergido parcialmente en el agua.

Este fenómeno se debe a cuando la luz que viaja en un medio de propagación pasa a otro distinto, su velocidad cambia y como consecuencia experimenta una ligera desviación en su trayectoria.

La desviación de la luz refractada depende de dos factores: primero, el ángulo con el que incide la luz sobre la división entre los medios de propagación; segundo, la diferencia entre las características de los medios de propagación.

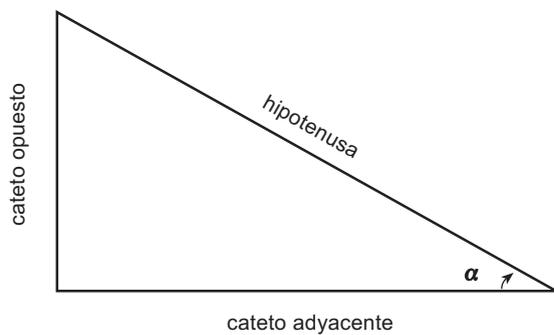
Estas relaciones están completamente expresadas por las **leyes de la refracción** que dicen lo siguiente:

El rayo incidente, la normal (línea perpendicular a la superficie que divide los medios de propagación) y el rayo refractado están todos contenidos en un mismo plano.

El cociente $\frac{\text{sen}(A_i)}{\text{sen}(A_r)}$ constante, donde A_i es el ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie que divide los medios, y A_r es el ángulo con el que se refracta la luz sobre el segundo medio.

Para comprender mejor esta ley, es necesario saber que **la función seno de un ángulo α ($\text{sen } \alpha$) se define como la razón entre el cateto opuesto al ángulo α y la hipotenusa de todo triángulo rectángulo que contenga el ángulo α .**

Así, por ejemplo, el seno del ángulo α definido por la hipotenusa y el cateto adyacente del triángulo rectángulo, ilustrado en la figura siguiente, es igual al cociente que resulta de dividir el cateto opuesto al ángulo α entre la hipotenusa del triángulo. Es decir:



$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto opuesto al ángulo}}{\text{hipotenusa}}$$

Esta relación trigonométrica, como las demás que estudiarás más adelante, es idéntica en cualquier triángulo rectángulo que contenga el ángulo α , sin importar qué tan grandes sean sus catetos e hipotenusa. Por esta razón, es una función del ángulo formado por la hipotenusa y el cateto adyacente, independiente de la longitud de éstos.

Esta segunda ley, conocida como la **ley de Snell**, suele escribirse así:

$$\frac{\text{sen}(AI)}{\text{sen}(ARf)} = n$$

Donde n es una constante conocida como el **índice de refracción**, relativo entre los medios de propagación.

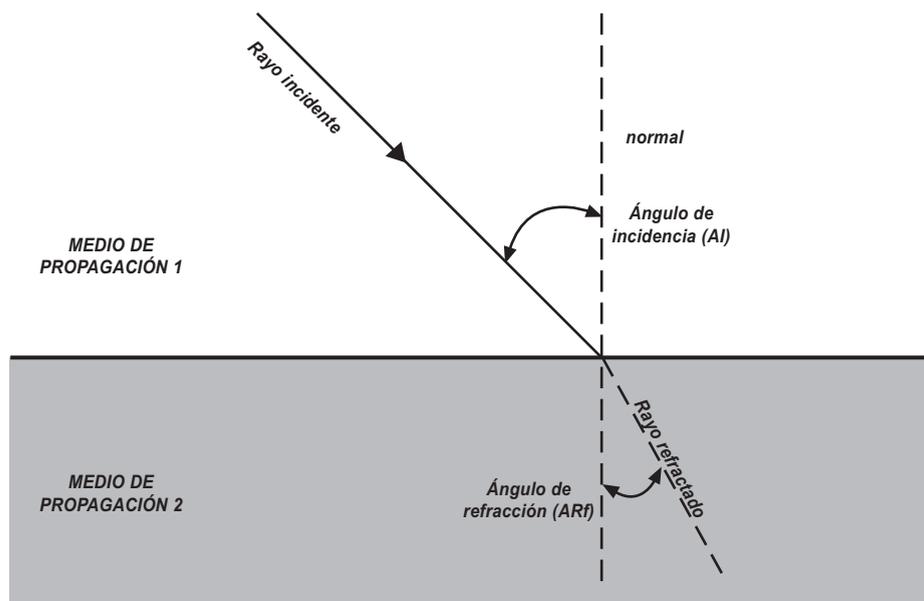


Figura 7. Refracción de la luz de un medio de propagación a otro con índice de refracción mayor que el del primero.

De esta ley, se puede concluir fácilmente que si la luz incide perpendicularmente sobre la separación de los medios, no se aprecia el fenómeno de refracción. Así, siendo el ángulo de incidencia $AI = 90^\circ$ (perpendicular), se tiene que $\text{sen}(AI) = 0$. Por tanto, despejando y reemplazando se tiene que $\text{sen}(ARf) = 0$. Es decir, que el ángulo de refracción es cero, lo cual significa que la luz no se desvía.

Igualmente, puede concluirse que si un rayo que proviene de un medio de propagación 1, pasa a otro medio con índice de refracción mayor que el del primero, la refracción es como la ilustrada en la figura anterior (figura 7). Pero si ocurre que el índice de refracción del medio del que proviene el rayo es mayor que el del medio en el que refracta el rayo, la refracción ocurre como se ilustra en la figura siguiente (figura 8)

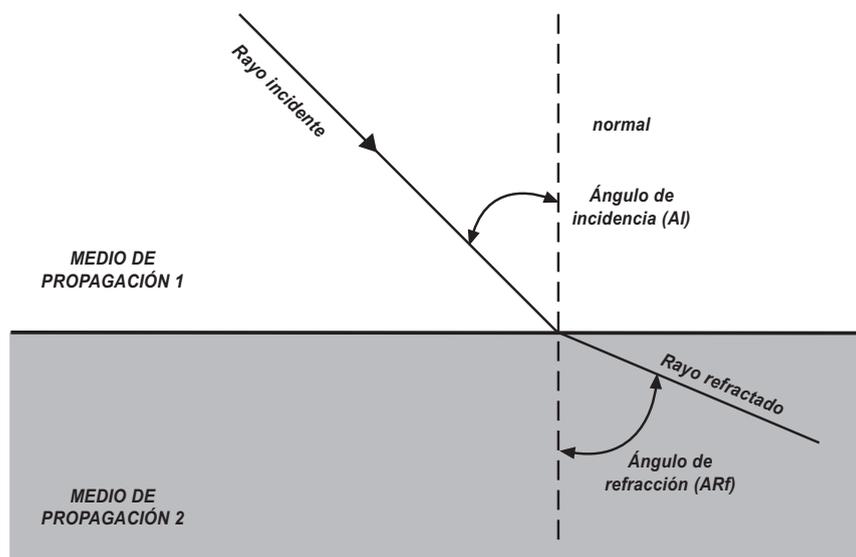


Figura 8. Refracción de la luz de un medio de propagación a otro con índice de refracción menor que el del primero.

6.5 ESPEJOS PLANOS

Corresponde a las sesiones de GA 6.62 (93.3.F) REFLEJOS

En los vidrios, en el agua, en los objetos metálicos y en otras superficies, se reflejan algunas imágenes.



Figura 9. Superficies que reflejan imágenes.

Cualquier superficie pulida capaz de reflejar la luz se denomina **espejo**. Los espejos convencionales, como los que hay en tu casa o en el baño del colegio, se obtienen al recubrir una de las caras de un vidrio con una fina capa de mercurio o plata, siendo mejor este último material.

Los espejos, por sus características, se clasifican en **espejos planos y esféricos**.

En este tema, estudiaremos solamente las características específicas de los espejos cuyas superficies son planas, pulidas y lisas, es decir, los **espejos planos**.

Tal como habrás visto, las imágenes que se forman en un espejo plano al colocar algún objeto frente a él tienen las siguientes características:

- **Derechas:** es decir, que si por ejemplo paramos frente a un espejo plano la imagen que observamos de nosotros mismos, está orientada de la misma forma que nuestro cuerpo; la cabeza arriba y los pies abajo, la imagen no se invierte.
- **Del mismo tamaño:** la imagen que se observa en un espejo plano tiene el mismo tamaño que el objeto que se está reflejando; ni más grande ni más pequeño.
- **Virtuales:** las imágenes producidas por un espejo plano parecen estar dentro o detrás del espejo, como si éste fuera una ventana a través de la cual se puede apreciar la reproducción idéntica de las imágenes que se encuentran al otro lado.
- **Simétricas:** la distancia a la que se forma la imagen del espejo plano, es igual a la distancia entre el objeto y el espejo.

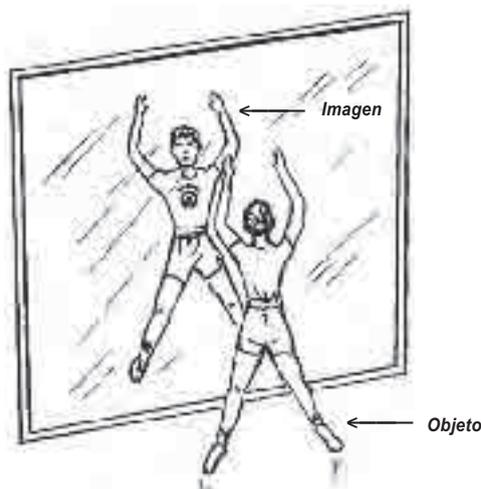


Figura 10. Características de las imágenes formadas en los espejos planos.

Los espejos planos, por las características de las imágenes que reflejan, tienen varias aplicaciones, entre ellas se puede mencionar la formación de imágenes en más de un espejo. Esto sucede cuando dos espejos planos se enfrentan formando algún ángulo entre sí, de esta manera se pueden formar más de dos figuras.

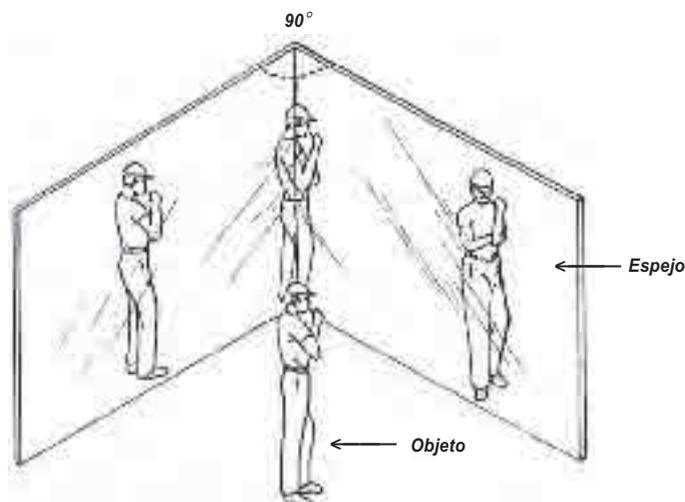


Figura 11. Formación de imágenes en dos espejos planos.

El número de imágenes que se forman con dos espejos planos, dispuestos como se indica en la figura anterior, depende del ángulo que forman entre sí, de la siguiente manera: si el ángulo que forman los espejos es α el número de imágenes (N) que éstos forman, está dado por la relación

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Por ejemplo, si el ángulo formado por dos espejos es 90° , como es el caso de la figura 11, el número de imágenes formadas es 3. Esto se puede comprobar en la relación anterior así:

$$N = \frac{360^\circ}{90^\circ} - 1 = 4 - 1 = 3$$

6.6 ESPEJOS ESFÉRICOS

Corresponde a las sesiones de GA 6.63 (94.3.F) ¿SOY YO?
y 6.64 (95.3.F) LOS DEFORMADOS

Un **espejo esférico** es aquel cuya superficie reflectora es esférica, ya sea que refleje por la superficie interna, en cuyo caso se denomina **espejo cóncavo**, o que refleje por la superficie externa, en cuyo caso se denomina **espejo convexo**.

Un ejemplo sencillo de estos tipos de espejo es una cuchara metálica. Aunque la mayoría de las cucharas no son perfectamente esféricas, puede considerarse que si observamos una por la cara sobre la que se recogen los alimentos, estaremos apreciando un **espejo cóncavo**. En cambio, si la observamos por la cara opuesta estaremos frente a un **espejo convexo**.



Figura 12. La cara interna de una cuchara metálica produce el mismo tipo de imágenes que un espejo cóncavo y su cara externa, el mismo tipo de imágenes que un espejo convexo.

Al observar la imagen de nuestro rostro que se forma en la cara cóncava de una cuchara, ésta se ve invertida; pero si la reflexión ocurre por la cara convexa, la imagen ya no se ve invertida sino derecha y todo se ve más pequeño de lo que es en realidad.

En este tema, estudiaremos las características generales de las imágenes formadas por este tipo de espejos, cóncavos y convexos. Para esto, es necesario definir alguna terminología así:

- **Centro de curvatura (C):** es el punto en el que se encuentra el centro de la esfera que describe el espejo esférico.
- **Eje principal:** es una línea recta imaginaria que corta el espejo y pasa por su centro de curvatura.
- **Vértice (V):** punto del espejo por el que corta el eje principal.
- **Foco (F):** punto medio entre el centro de curvatura y el vértice.
- **Radio de curvatura (R):** distancia entre el centro de curvatura y el espejo.
- **Distancia focal:** es la distancia entre el vértice y el foco, y que, de acuerdo con lo anterior, es igual a la distancia entre el foco y el centro de curvatura.

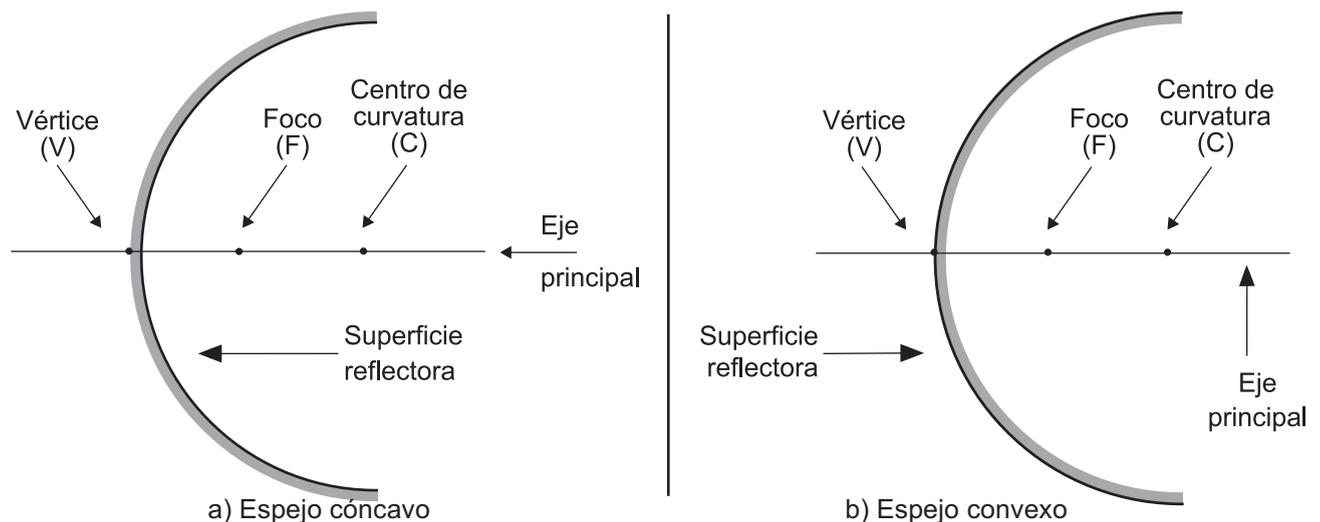


Figura 13. Algunos elementos de los espejos esféricos.

Rayos principales

A pesar que las definiciones anteriores son indispensables para el estudio de la formación de imágenes en espejos esféricos, también es importante conocer ciertos hechos que responden a las leyes de la reflexión estudiadas anteriormente y que constituyen los denominados **rayos principales**.

- Todos los rayos paralelos al eje principal, que inciden sobre un espejo esférico (cóncavo o convexo), se reflejan por la línea imaginaria que une al foco con el punto de incidencia del rayo.

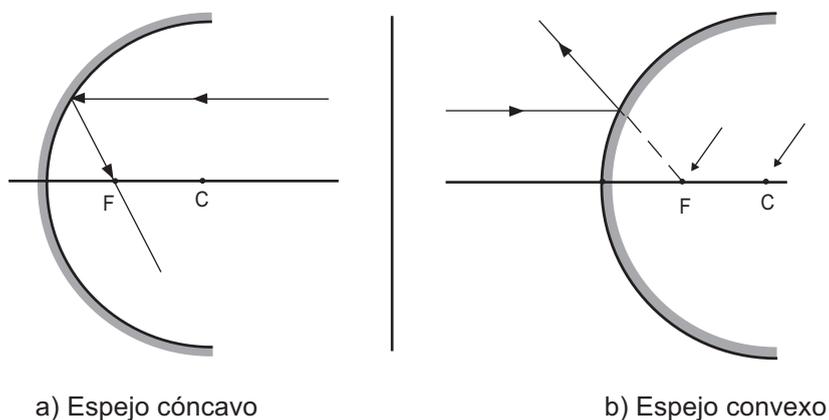


Figura 14. Los rayos paralelos al eje principal, que inciden en un espejo esférico, se reflejan por la línea imaginaria que une al foco con el punto de incidencia del rayo.

- Todo rayo que incide sobre el espejo esférico, cuando ha pasado por el foco, se refleja paralelo al eje principal.

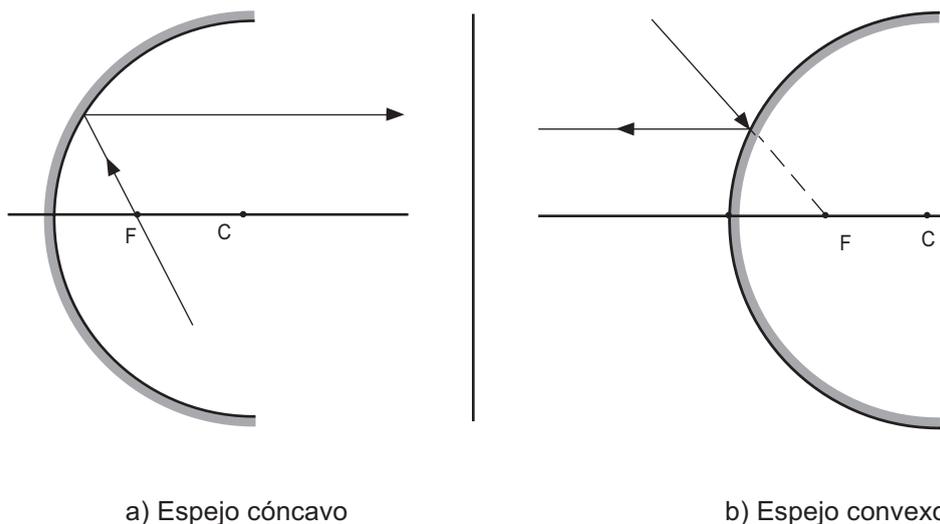


Figura 15. Los rayos que inciden en un espejo esférico, cuando han pasado por el foco (espejos cóncavos figura (a)) o dirigidos a él (espejos convexos figura (b)), se reflejan paralelos al eje principal.

- Todo rayo que incide sobre el espejo esférico, cuando ha pasado por el centro de curvatura, se refleja pasando de nuevo por el centro de curvatura.

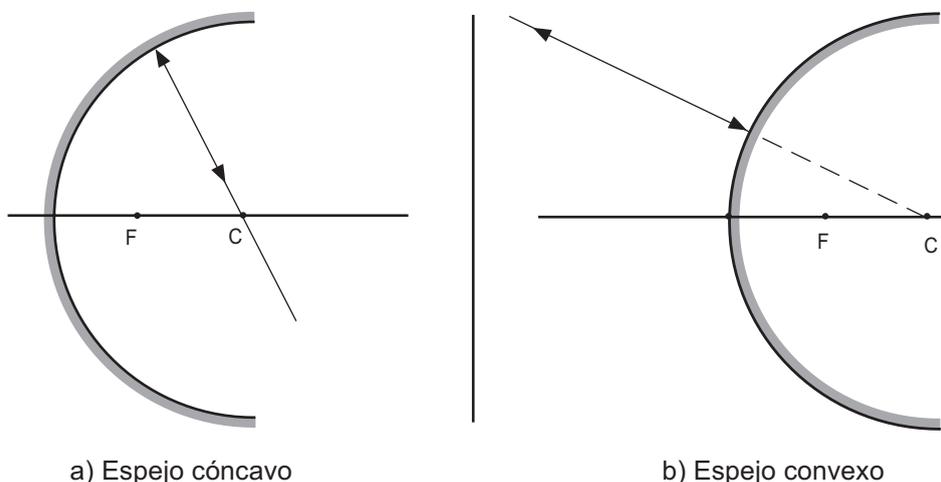


Figura 16. Los rayos que inciden en un espejo esférico, cuando han pasado por el centro de curvatura (espejos cóncavos figura (a)) o dirigidos a él (espejos convexos figura (b)), se reflejan pasando de nuevo por el centro de curvatura.

Formación de imágenes en espejos esféricos

Las características de las imágenes formadas en los espejos cóncavos dependen del lugar en donde se coloque el objeto, con respecto al espejo.

Para establecer las características de la imagen formada en un espejo, es decir, para saber si la imagen es real o virtual, ampliada o reducida, derecha o invertida y además, para saber a qué distancia del espejo se encuentra, es suficiente con trazar algunos de los **rayos principales** con sus respectivos **rayos reflejados**. En general, el procedimiento a seguir es:

- Se coloca el objeto sobre el eje principal a una distancia cualquiera del espejo.
- Se traza un rayo que salga del extremo superior del objeto hacia el espejo perpendicular al eje principal, con su respectivo rayo reflejado.
- Se traza un rayo que salga del extremo superior del objeto hacia el espejo pasando por el foco (en espejos cóncavos) o dirigido hacia él (en espejos convexos), con su respectivo rayo reflejado.
- En el punto en donde se intercepten los rayos reflejados (o sus proyecciones), estará el extremo superior de la imagen. El extremo inferior estará sobre el eje principal.

Ejemplos

1. **Objeto detrás del centro de curvatura de un espejo cóncavo.** Supongamos que nos colocamos frente a un espejo cóncavo, justo atrás del centro de curvatura. En tal

caso, los rayos a trazar, de acuerdo al procedimiento anterior, son los ilustrados en la figura siguiente:

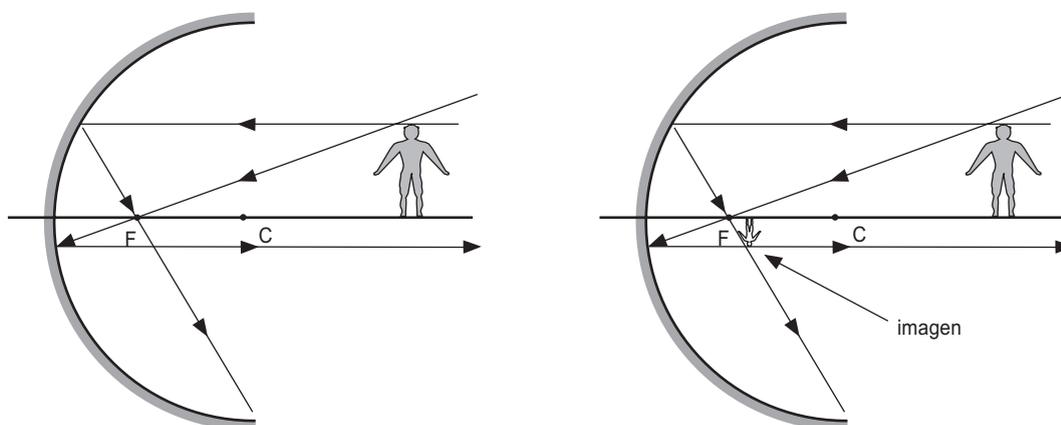


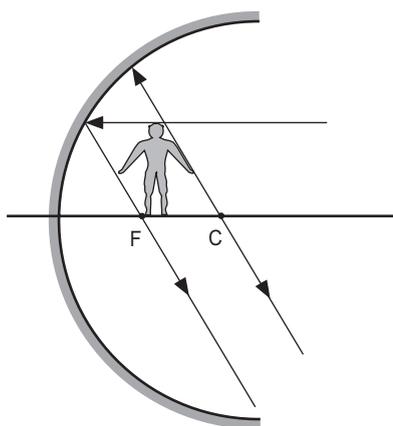
Figura 17. Construcción de la imagen de una persona que se ubica detrás del centro de curvatura de un espejo cóncavo.

Tal como puede apreciarse, los rayos reflejados se interceptan por debajo del eje principal, justo en medio del foco y el centro de curvatura. Esto significa que la imagen formada es la ilustrada a continuación.

Éste es el mismo caso que el ocurrido al observarnos en una cuchara por su cara cóncava.

En este caso, la imagen es real, pues si se coloca una pantalla en el lugar en donde se forma la imagen, ésta se proyectaría allí. Además, la imagen es invertida, y de menor tamaño que el objeto (reducida) y su distancia al espejo es menor que la del objeto al espejo.

Siguiendo el mismo procedimiento, se pueden comprobar los siguientes casos particulares.



2. Objeto en el foco de un espejo cóncavo.

Figura 18. Si un objeto se coloca frente a un espejo cóncavo, justo en su foco, los rayos reflejados son paralelos, por lo que no se forma imagen.

3. Objeto entre el foco y el vértice de un espejo cóncavo.

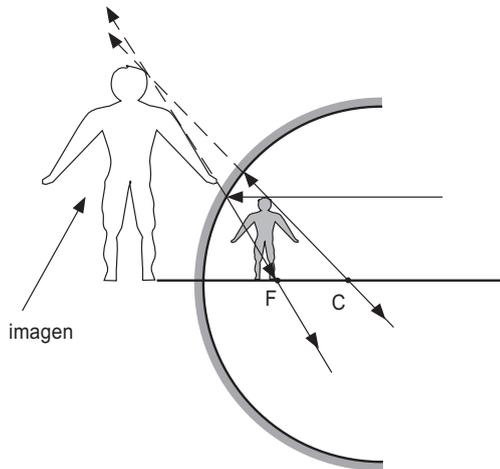


Figura 19. La imagen que proyecta un espejo cóncavo, al colocar frente a él un objeto en medio del vértice y el foco, es virtual, pues pareciera estar dentro del espejo y no es posible proyectarla en alguna pantalla, derecha, aumentada y está más cerca del espejo que el objeto.

Éste es el caso de los espejos de maquillaje, que se utilizan para ampliar la imagen del rostro.

4. Objeto frente a un espejo convexo.

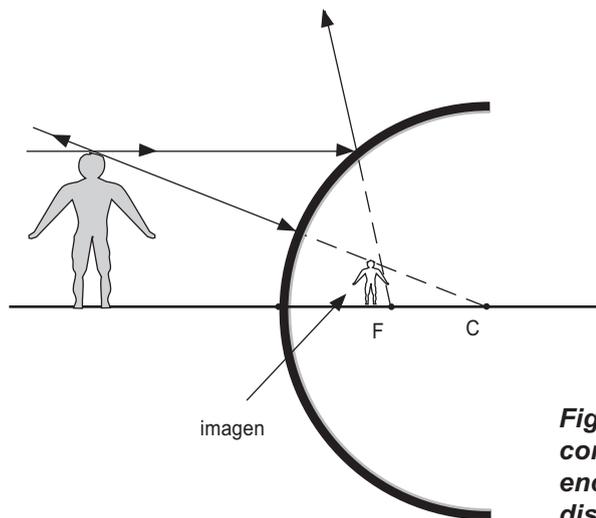


Figura 20. La imagen producida por un espejo convexo es siempre virtual, derecha, reducida y se encuentra a una distancia menor al espejo que la distancia entre el espejo y el objeto.

Con base en la geometría de las proyecciones trazadas para encontrar las imágenes formadas en los espejos esféricos, es posible establecer relaciones entre la distancia focal (f), la distancia del objeto al espejo (D) y la distancia de la imagen al espejo (d).

En caso de **imágenes reales**, dicha relación es:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}$$

En caso de **imágenes virtuales**, dicha relación es:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}$$

Estas relaciones nos permiten, por ejemplo, predecir a qué distancia del espejo se formará la imagen, si se conoce la distancia focal y la distancia del objeto al espejo. De igual forma, en el caso de imágenes reales, es posible calcular la distancia focal de un espejo y por ende su radio de curvatura, si se mide la distancia del objeto al espejo, y la distancia a la que se debe colocar una pantalla para apreciar la imagen claramente, es decir, la distancia entre el espejo y el punto en el que se forma la imagen.

6.7 LENTES CONVERGENTES Y DIVERGENTES

Corresponde a las sesiones de GA 6.65 (96.3.F) ¿CHUECO O DERECHO? y 6.66 (97.3.F) ME VES PERO AL REVÉS

Desde los principios, el ser humano siempre ha querido conocer más acerca del universo, tanto en sentido macroscópico como microscópico. Para ello, ha inventado aparatos como el telescopio, con el cual ha podido escudriñar el universo más allá de las fronteras de nuestra galaxia, y el microscopio con el que ha podido explorar organismos unicelulares, bacterias, virus y protozoarios, entre otros.



Por otra parte, sin ir tan lejos ni tan adentro de la materia, el ser humano se ha preocupado siempre por encontrar remedio a todas aquellas enfermedades que lo aquejan. Unas de estas enfermedades son aquellas que tienen que ver con la visión, para lo que ha inventado artefactos como los anteojos y lentes de contacto, con los cuales ha podido combatir e incluso corregir problemas como la miopía, hipermetropía y astigmatismo.

Figura 21. Los anteojos suelen ser lentes convergentes o divergentes, que permiten corregir los defectos de la visión.

Éstas son sólo algunas de las aplicaciones que el ser humano a logrado a partir del estudio de la luz cuando interactúa con la materia y particularmente, a partir del estudio de las lentes.

Las **lentes** son objetos transparentes con, por lo menos, una de sus superficies esféricas, la otra superficie puede ser plana. En esta sesión, estudiaremos el comportamiento de la

luz cuando interactúa con lentes, así como la utilidad y aplicabilidad de estos fenómenos ópticos.

Clasificación de las lentes

De acuerdo con el comportamiento de la luz al atravesar las lentes, éstas se clasifican en lentes convergentes y divergentes.

Las **lentes convergentes**, como su nombre lo indica, son aquellas que hacen que los rayos paralelos incidentes sobre ellas emerjan convergiendo a un punto común denominado foco, tal como ilustra la siguiente figura.

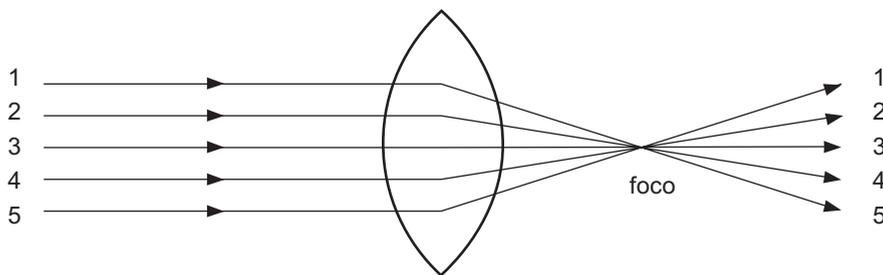
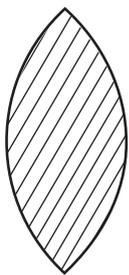


Figura 22. Los rayos paralelos que inciden sobre una lente convergente se desvían convergiendo todos a un punto común denominado foco.

Aunque las lentes de la figura siguiente son todas convergentes, se distinguen entre sí por tener formas distintas conocidas así:



a) biconvexa



b) plano-convexas



c) menisco-convergentes

Figura 23. Las lentes convergentes se clasifican según su forma en: a) biconvexas, b) plano-convexas y c) menisco-convergentes.

Las **lentes divergentes**, como su nombre lo indica, son aquellas que hacen que los rayos paralelos incidentes sobre ella emerjan divergiendo, como si provinieran de un punto al otro extremo de la lente denominado foco (ver figura 24).

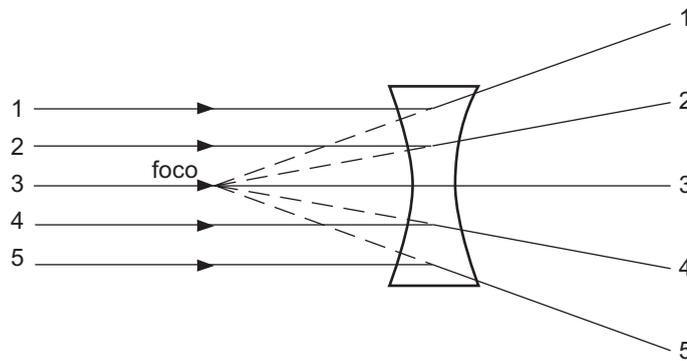


Figura 24. Los rayos paralelos que inciden sobre una lente divergente se desvían divergiendo como si todos provinieran de un punto común denominado foco.

Aunque las lentes de la figura siguiente son todas divergentes, se distinguen entre sí por tener formas distintas conocidas así:

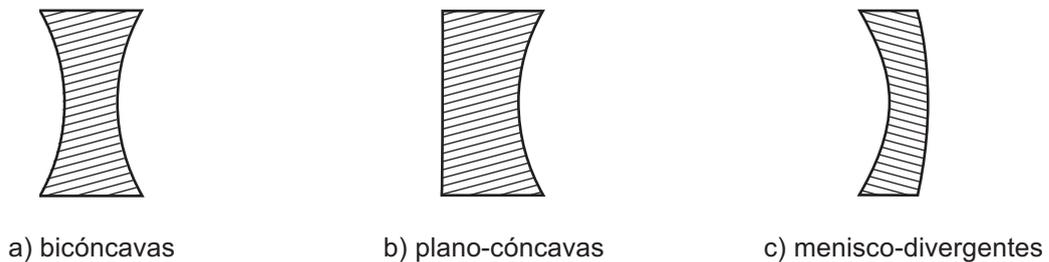
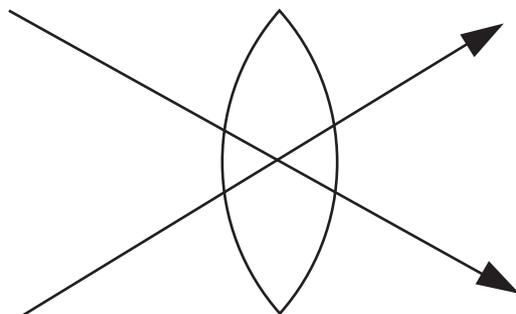


Figura 23. Las lentes divergentes se clasifican según su forma en: a) bicóncavas, b) plano-cóncavas y c) menisco-divergentes.

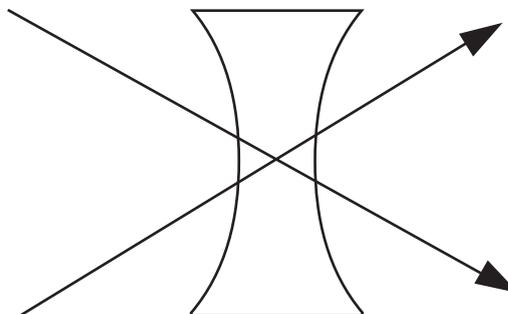
Rayos principales

Al igual que para los espejos, las características de algunos de los rayos que inciden sobre una lente son relevantes para el estudio de la formación de imágenes con lentes. Las características de estos rayos obedecen a las leyes de la refracción estudiadas anteriormente y definen lo que se conoce como **rayos principales**.

- Todos los rayos paralelos al eje principal que inciden sobre una lente emergen de ella, pasando por un punto denominado foco (en caso de ser convergente. Ver figura 22) o como si provinieran de él (en caso de ser divergente. Ver figura 24).
- Todos los rayos que inciden sobre una lente, pasando por su centro, emergen de ella sin experimentar desviación alguna, como se ilustra en la figura siguiente:



a) lente convergente



b) lente divergente

Figura 23. Los rayos que *inciden sobre una lente, pasando por su centro, emergen de ella sin experimentar desviación alguna.*

Formación de imágenes con lentes

La **lupa**, bien conocida por todos, no es más que una lente convergente, que puede producir varios tipos de imágenes. Las características de las imágenes formadas por cualquier lente dependen del lugar en donde se coloque el objeto, con respecto a la lente.

De manera similar a como se hizo con los espejos, para establecer las características de la imagen formada por una lente, es decir, para saber si la imagen es real o virtual, ampliada o reducida, derecha o invertida y además, para saber a qué distancia de la lente se encuentra, es suficiente con trazar algunos de los **rayos principales** con sus respectivos **rayos refractados**. En general, el procedimiento a seguir es el mismo que para con espejos:

- Se coloca el objeto sobre el eje principal a una distancia cualquiera de la lente.
- Se dibuja sobre un punto del objeto (por ejemplo, sobre su extremo superior) dos rayos principales que incidan sobre la lente con sus respectivos rayos emergentes.
- En el punto donde se intercepten los rayos emergentes de la lente o sus proyecciones, estará la imagen del punto seleccionado del objeto.
- Si la imagen está formada por rayos que emergen de la lente, se dice que es una **imagen real**. En cambio, si la imagen se forma por la prolongación de los rayos emergentes de la lente, se dice que la **imagen es virtual**.

Ejemplos:

1. **Objeto frente a una lente convergente, a una distancia menor que la distancia focal:** supongamos que colocamos un objeto entre una lente convergente y su foco. Los rayos a trazar, de acuerdo al procedimiento anterior, son los ilustrados en la figura siguiente:

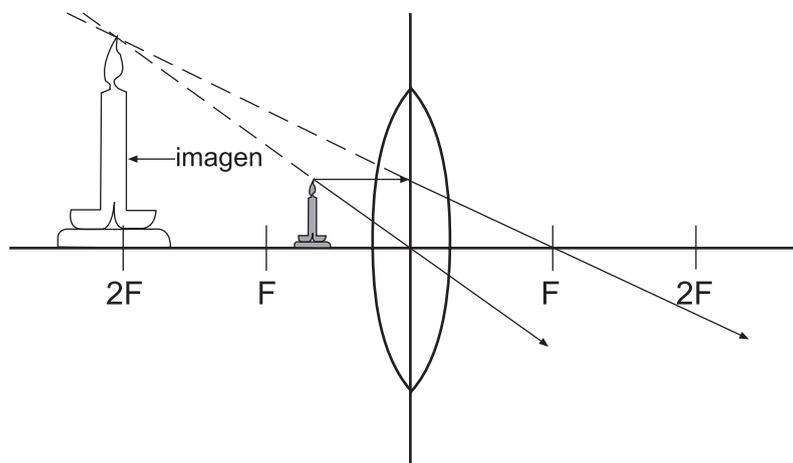


Figura 24. La imagen formada por una lente convergente, cuando el objeto se encuentra entre el foco y la lente, es virtual, ampliada y derecha.

De acuerdo con la figura, la imagen del objeto es virtual, ampliada, derecha y se encuentra a una distancia a la lente, mayor que la distancia entre el objeto y la lente. Ésta es la situación que apreciamos cuando observamos con una lupa la imagen ampliada de objetos colocados cerca de ella. Sin embargo, la lupa también genera imágenes reducidas, como es el caso del siguiente ejemplo.

2. Objeto frente a una lente convergente, a una distancia mayor que el doble de su distancia focal: los rayos a trazar en esta situación son los ilustrados a continuación:

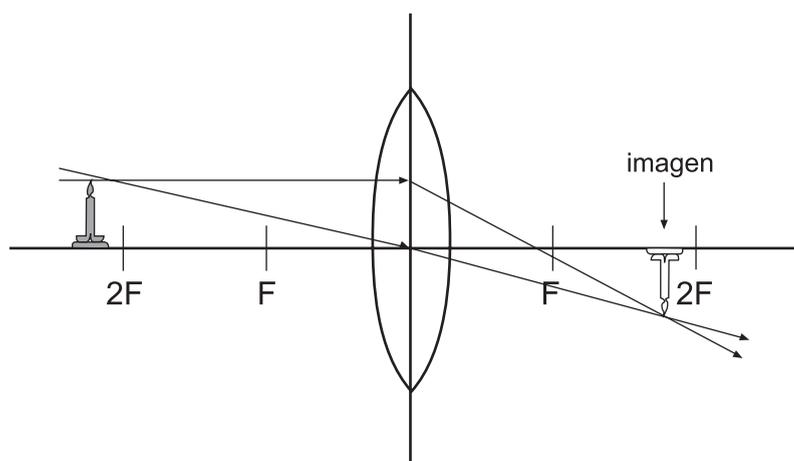


Figura 25. La imagen formada por una lente convergente, cuando el objeto se coloca a una distancia del foco mayor que el doble de la distancia focal, es real, reducida e invertida.

Como puede verse, la imagen que produce una lente convergente, en esta situación, es real, reducida, invertida y la distancia a la que se encuentra de la lente es menor que la del objeto.

3. **Objeto frente a una lente divergente, a una distancia menor que la distancia focal:** colocamos un objeto entre una lente divergente y su foco. Los rayos a trazar son los ilustrados en la figura siguiente:

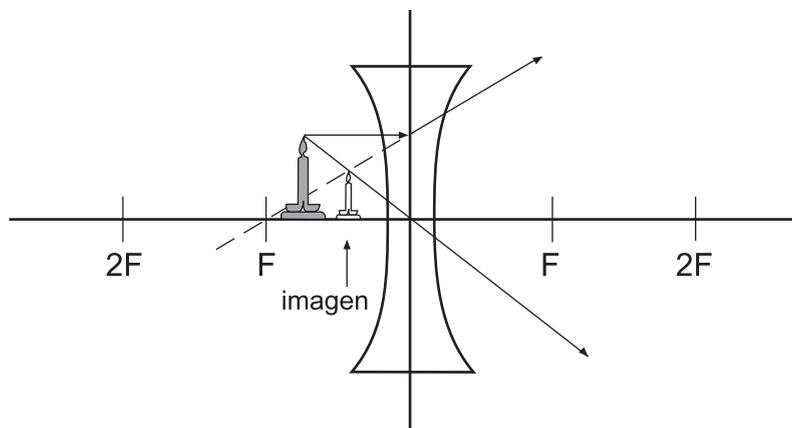


Figura 26. La imagen formada por una lente divergente, cuando el objeto se encuentra entre el foco y la lente, es virtual, reducida y derecha.

Tal como se ilustra en la figura, la imagen producida por la lente divergente, en este caso, es virtual, derecha, reducida y se forma al mismo lado en donde se encuentra el objeto más cerca de la lente, tanto que la imagen se ve dentro de la lente.

Tal como podrás comprobar en las actividades de la *Guía de Aprendizaje*, las lentes divergentes sólo producen imágenes de esta especie, sin importar la posición del objeto con respecto a ella.

6.8 APARATOS ÓPTICOS

Corresponde a la sesión de GA 6.67 (98.3.F) PARA VERTE MEJOR

Conforme avanza la ciencia, el ser humano se hace más preguntas respecto al mundo que lo rodea. Algunas de esas preguntas son: ¿cómo es el mundo microscópico?, ¿cómo es el universo?

Hoy día, aún quedan grandes incógnitas respecto a estas cuestiones. A razón de ello, el ser humano ha creado una serie de instrumentos que le han permitido escudriñar tanto lo muy pequeño (microscópico), como lo muy grande y muy lejano, para así responder a las preguntas que a diario surgen.

Algunos de estos aparatos son los microscopios y los telescopios y otros más que estudiaremos en esta sesión.

El microscopio simple es comúnmente conocido con el nombre de lupa, su uso esencial es el de crear imágenes aumentadas, que permiten observar con detalle limitado un objeto. Consta de una lente convergente.

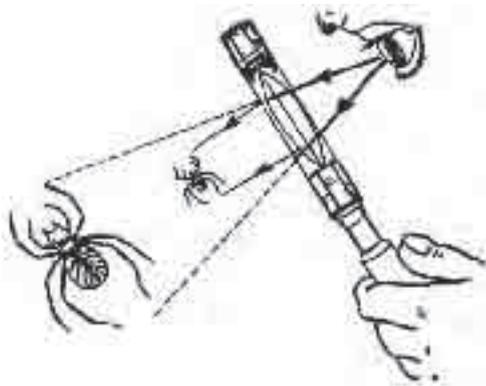


Figura 27. Microscopio simple o lupa.

Para que una lupa cumpla la función de aumentar la imagen de un objeto, éste debe ubicarse a una distancia menor que la distancia focal de la lupa; de esta manera, se logra una imagen virtual derecha y aumentada. El aumento de la imagen obtenida depende de la distancia focal de la lupa.

El microscopio compuesto, también conocido como microscopio óptico, logra aumentos muy superiores a los obtenidos con una lupa. El microscopio óptico consta esencialmente de un par de lentes convergentes separadas. La lente que se encuentra próxima al objeto observado, que recibe el nombre de *lente objetivo*, cuenta con una distancia focal muy pequeña y forma imágenes reales, ampliadas e invertidas que sirven como objeto para la segunda lente, llamada *lente ocular*, la cual forma una imagen virtual, ampliada y derecha, como se ilustra en la figura:

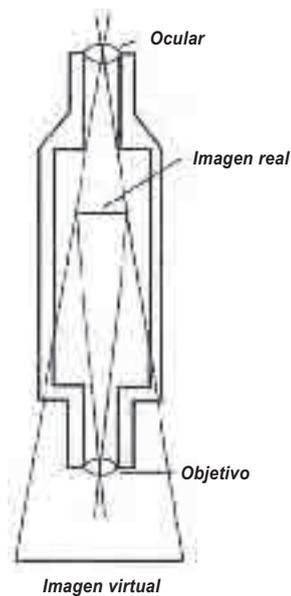


Figura 28. Imagen formada en un microscopio compuesto.

El telescopio refractor, al igual que el microscopio óptico, consta de dos lentes convergentes, que se encuentran dispuestas cada una en los extremos de un tubo largo.

En el extremo por donde se observa, se localiza el ocular y en el otro extremo el objetivo. Este cuenta con una gran distancia focal y un diámetro grande, cuestión que favorece la penetración de los rayos luminosos provenientes del objeto observado; la imagen producida por la lente objetivo hace las veces de objeto para la lente ocular.

La figura 29 ilustra el esquema de un telescopio refractor:

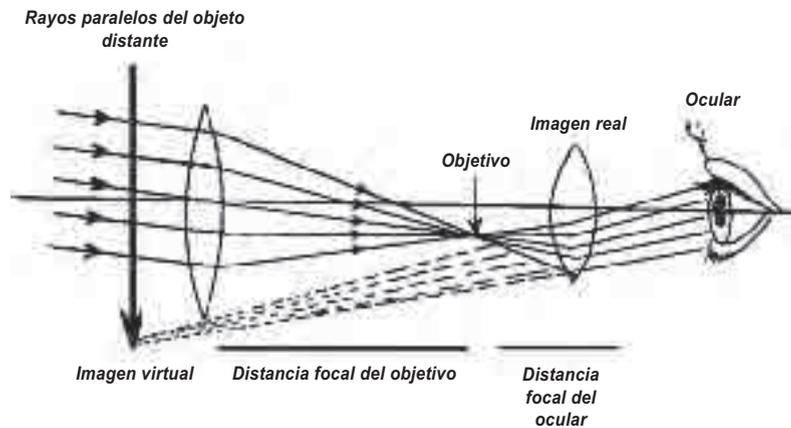


Figura 29. Esquema de un telescopio de refracción.

El telescopio reflector, aunque cumple básicamente con las mismas funciones, tiene la ventaja de cubrir las incomodidades técnicas que presenta el telescopio de refracción, tales como la gran longitud del tubo y el tamaño de la lente objetivo. Esto se debe a que sustituye la lente objetivo por un espejo cóncavo, que amplía la imagen y la luminosidad del objeto.

Los rayos de luz del objeto observado son captados y reflejados a un espejo plano que la desvía hacia la lente ocular. Así, la imagen formada por el objetivo es utilizada como objeto ocular, para dar forma a una imagen tal como se insinúa en el esquema de la figura 30.

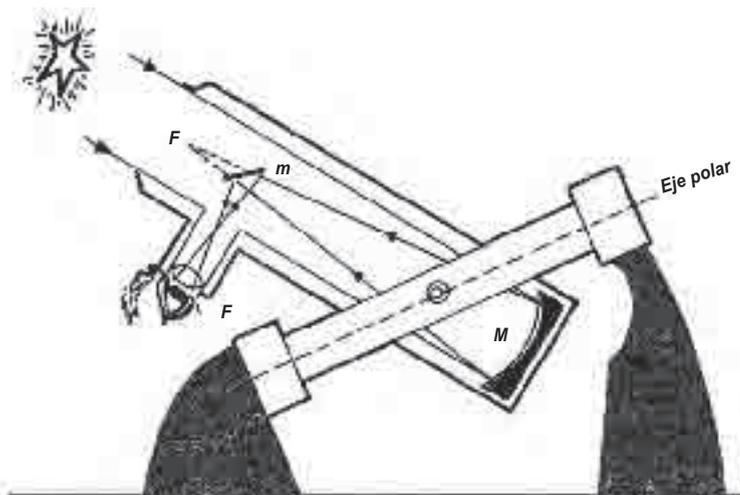


Figura 30. Esquema del un telescopio de reflexión.

La cámara oscura es un dispositivo simple, que aprovecha las propiedades de las lentes convergentes para formar imágenes. En la figura 31 se muestra la trayectoria de los rayos, para que en el interior de la cámara se forme una imagen invertida, la cual se proyecta en una pantalla (pared posterior de la cámara).

Si la pantalla se substituye por una película sensible a la luz, se crea una cámara fotográfica.

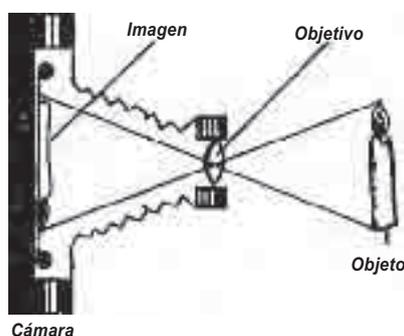


Figura 31. Esquema de una cámara fotográfica.

El proyector es un dispositivo que se utiliza para proyectar imágenes reales invertidas y aumentadas sobre una pantalla. Consta de tres partes principales: el foco, el condensador y el objetivo.

El foco constituye la fuente luminosa. El condensador, una lente convergente, que tiene la función de concentrar los rayos luminosos del foco o bombillo para proyectarlos sobre la diapositiva.

El objetivo, el cual es otra lente convergente móvil, se encuentra por delante de la diapositiva y proyecta la imagen de ésta sobre la pantalla.

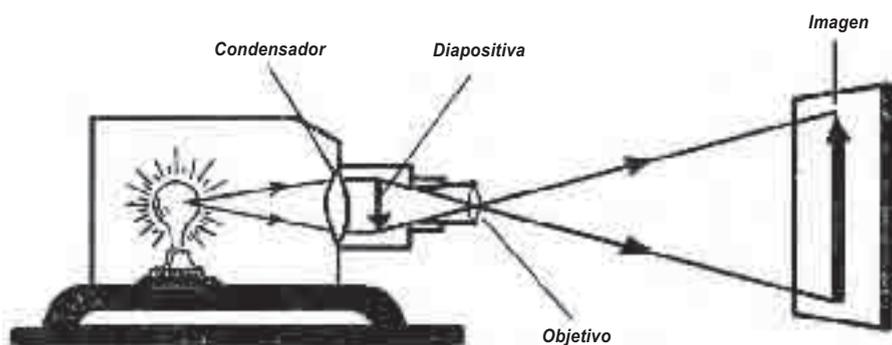


Figura 32. Esquema de un proyector de diapositivas.

Por último, **el cinematógrafo** es un instrumento que con un mecanismo similar al proyector de diapositivas, proyecta 24 imágenes en un segundo. Dado que el cerebro tarda 1/10 de segundo en procesar una sola imagen, al recibir más de diez imágenes en un segundo, las superpone generando así la sensación de movimiento continuo.

6.9 EL OJO Y LA VISIÓN

Corresponde a la sesión de GA 6.68 (99.3.F) ¡QUÉ ME VES!

El ojo humano

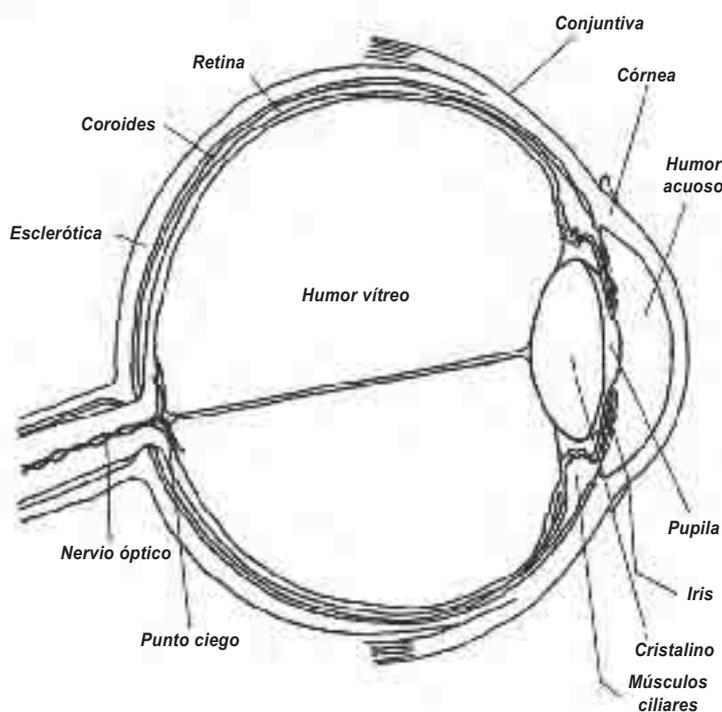
La naturaleza ha dotado al hombre de una estructura óptica muy eficiente, que sirve tanto para observar objetos muy lejanos al igual que cercanos. Esta compleja estructura ha servido de modelo para la creación de instrumentos ópticos como la cámara oscura y muchos otros más.

Entre las estructuras que conforman el ojo, **la esclerótica** es la pared externa que tiene la función de proteger las demás estructuras que no son más frágiles que ésta. La esclerótica es una membrana de color blanco que en la parte anterior se deforma y su curvatura se hace más pronunciada, se torna transparente y es el lugar por donde entra la luz al ojo. Esta parte transparente recibe el nombre de **córnea**.

La **coroides** es una membrana intermedia que reviste a la esclerótica y se encuentra muy vascularizada y pigmentada de color negro. Este pigmento tiene la función de evitar que la luz se refleje dentro del ojo.

En la parte más interna del ojo, se encuentra la **retina**, la cual está formada por una capa de células que reciben el nombre de conos y **bastones** que son células fotosensibles que funcionan como pantalla y se ubican en donde la luz se proyecta formando la imagen.

La luz penetra por la córnea y llega a un fluido llamado **humor acuoso**, que se encuentra contenido en la cámara anterior del ojo entre la córnea y el **iris**.



La **pupila**, la cual funciona a manera de diafragma que regula el paso de la luz a través del iris, controlando así la cantidad de la misma que penetra al ojo. Esta luz incide en el **cristalino** que funciona como una lente.

Figura 33. Estructura del ojo.

En conjunto, la córnea y el cristalino funcionan como un par de lentes que refractan la luz. Gracias a esta refracción, el cristalino forma una imagen real, invertida y reducida sobre la retina; esta imagen es enviada al cerebro por medio del nervio óptico y en el cerebro se produce la sensación visual y la inversión de la imagen producida en la retina, para ver las cosas derechas con respecto al objeto.

El **iris**, la parte pigmentada del ojo (color de los ojos), es un esfínter muscular que de manera involuntaria abre y cierra el diámetro de la pupila y puede variar desde 2 mm en un lugar iluminado hasta 8 mm en un lugar oscuro.

La visión

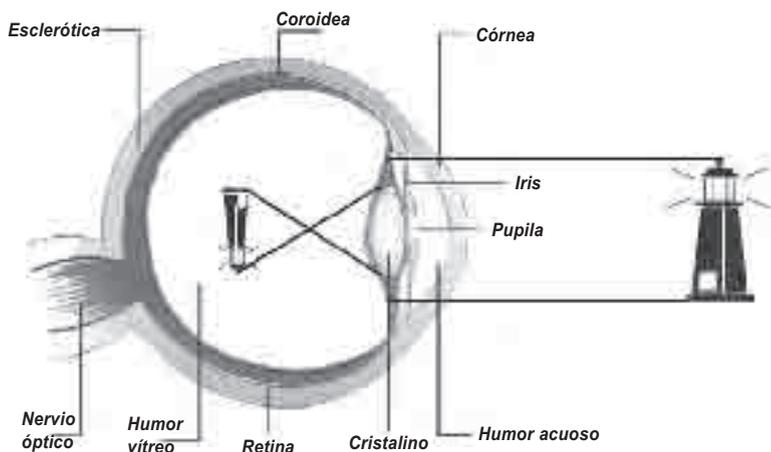
Para poder enfocar objetos que se encuentren lejos o cerca, el **cristalino** debe sufrir ciertas modificaciones en su curvatura, éstas se realizan de manera automática por medio de los músculos ciliares, los cuales provocan que el iris se haga más o menos convexo. Cuando se observa un objeto que se encuentra cerca, los músculos ciliares hacen que el cristalino se haga más convexo, con esto disminuye su distancia focal que es la que permite que se forme una imagen nítida en la retina. Esta capacidad de modificación de curvatura que tiene el cristalino se llama **acomodación**.

Las personas que tiene una buena visión son aquellas que a una distancia de 6 metros pueden leer todos los símbolos de un tablero de optotipos. Las personas que logran esto se dice que tienen una visión normal a 20/20.

Problemas de la visión

Entre los problemas de visión más frecuentes se encuentran la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo.

Una persona que padece de **miopía** (vista corta) sufre de un alargamiento anteroposterior, que hace que el globo ocular sea demasiado largo y en consecuencia exista una mayor distancia entre la retina y el cristalino. Esto hace que los rayos que provienen de los objetos lejanos formen la imagen en el punto focal, que se encuentra antes de la retina, por lo que esta imagen se percibe borrosa. Este defecto se corrige por medio de una lente divergente que hace que el punto focal se aleje hasta la retina formando una imagen nítida.



Este defecto se corrige por medio de una lente divergente que hace que el punto focal se aleje hasta la retina formando una imagen nítida.

Figura 34. Miopía.

La **hipermetropía** es un defecto del ojo contrario a la miopía, en donde el globo ocular es demasiado corto, lo que hace que los objetos distantes se vean bien, pero en cambio los cercanos no se pueden ver con claridad, ya que el punto focal de éstos se forma detrás de la retina.

Para corregir este defecto, se emplean lentes convergentes, que hacen que el punto focal se acerque hasta formar una imagen nítida en la retina.

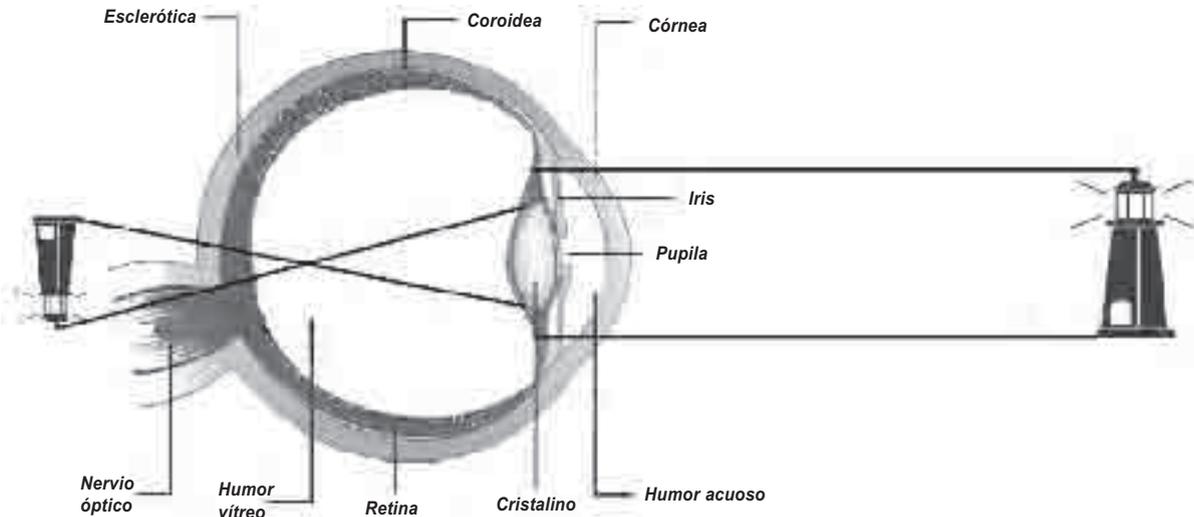


Figura 35. Hipermetropía.

El **astigmatismo** es un defecto de la visión que se debe a que las curvaturas de la córnea y el cristalino son irregulares. Este doble defecto hace que unos rayos se refracten más que otros generando así imágenes distorsionadas.

El defecto del astigmatismo se puede corregir empleando lentes cilíndricas, las cuales desvían uniformemente los rayos de luz.

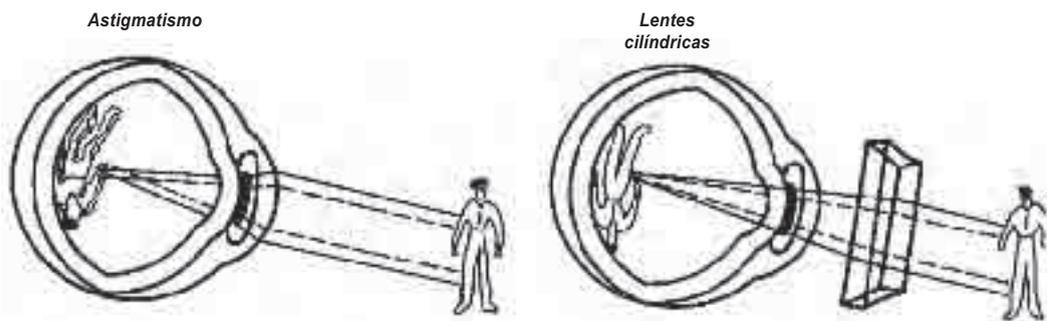


Figura 36. Astigmatismo.

6.10 REFRACCIÓN DE LA LUZ BLANCA

Corresponde a la sesión de GA 6.69 (100.3.F) DE COLORES

El color es una propiedad de la luz, el blanco no es un color puro, sino una superposición de luz de todos los colores.



Esto se puede comprobar fácilmente así: cuando la luz blanca incide sobre un prisma, ésta se refracta dando lugar a la descomposición de la luz blanca en luz de todos los colores, desde el rojo hasta el azul, pasando por el naranja amarillo y verde, entre otros.

Figura 37. Prisma óptico.

Esta descomposición de la luz blanca se debe a que no toda la luz de todos los colores se refracta de la misma manera. Así por ejemplo, la luz roja es la que sufre menor desviación, mientras que la luz violeta es la que sufre mayor refracción. A esto se debe que el rojo y el violeta se encuentren en los extremos opuestos del **espectro de luz visible**.

El fenómeno de la descomposición de la luz se puede lograr con cualquier vidrio, sin embargo, no se puede percibir igualmente que con un prisma, ya que en éste la luz sufre la doble refracción con un ángulo de separación mayor que en otro vidrio cortado de cualquier manera.

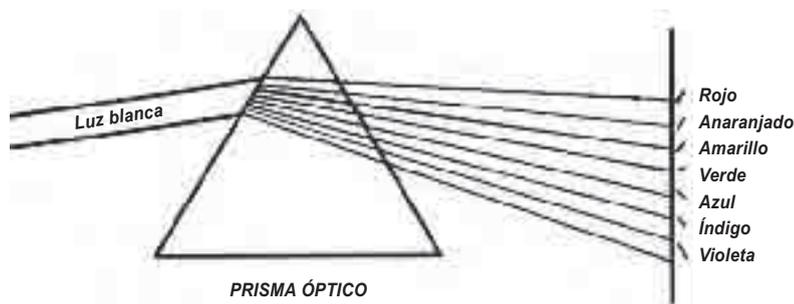


Figura 38. Esquema de la descomposición de la luz blanca en el espectro de luz visible.

Para obtener nuevamente la composición de la luz blanca (recomposición de la luz), basta con poner un segundo prisma delante del primero, pero en forma invertida.

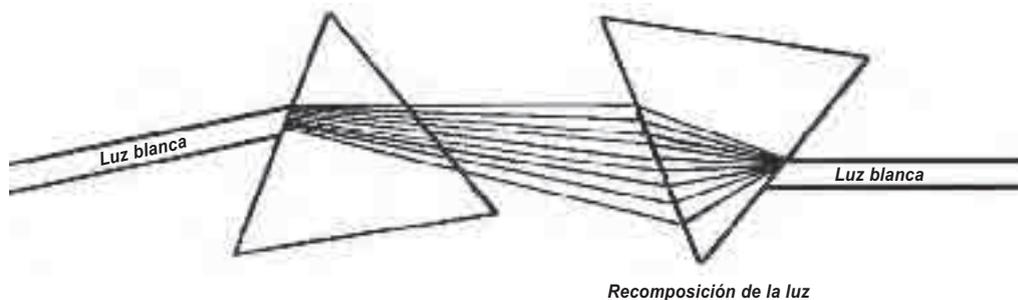


Figura 39. Recomposición de la luz blanca.

El arco iris es la exhibición más espectacular en la naturaleza de la descomposición de la luz blanca del Sol. Esto ocurre porque las pequeñas gotas de agua, en la atmósfera, se comportan como pequeños prismas descomponiendo así la luz blanca en luz de todos los colores.

6.11 LUZ VISIBLE Y ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Corresponde a la sesión de GA 6.70 (101.3.F) UNA AMPLIA GAMA

La luz visible, los rayos ultravioleta y los infrarrojos son algunas de las formas en que se manifiesta la energía radiante, la cual se propaga en forma de **ondas electromagnéticas**.

Todas las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a una velocidad de 300 000 km/s. Estas ondas se diferencian entre sí por su frecuencia y longitud de onda.

El **espectro electromagnético** comprende desde las ondas de radiactividad, cuya longitud de onda es del orden de una cien mil millonésima de centímetro ($0.000000001 \text{ cm} = 1 \times 10^{-9} \text{ cm}$), hasta las ondas de radio cuya longitud de onda es del orden de un kilómetro.

El espectro electromagnético se divide en ocho secciones, es una de ellas la que corresponde a la **luz visible**. El espectro de la luz visible comprende ondas desde 0.4 millonésimas de metro ($0.0000004 \text{ m} = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$), hasta $7 \times 10^{-7} \text{ m}$ en longitud de onda. El primer valor corresponde a la luz violeta y el último a la luz roja. Las radiaciones con longitudes de onda por debajo y por encima de estos valores se denominan ultravioleta e infrarrojo, respectivamente. En medio de estas dos, se encuentran las demás radiaciones que pueden ser percibidas por el ojo humano y que corresponden a los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo (añil) y violeta.

Las regiones del espectro electromagnético ordenadas de la más alta a la más baja frecuencia son:

1. **Fotones cósmicos:** son las ondas de menor longitud de ondas y por consiguiente mayor frecuencia.
2. **Rayos gamma (γ):** son las ondas con mayor frecuencia que emiten los núcleos atómicos. Al desintegrarse pueden causar daños irreparables a las células animales.
3. **Rayos X:** tienen una frecuencia menor que los rayos gamma, fueron descubiertos por Wilhelm Roentgen, se utilizan en medicina para obtener radiografías y para el tratamiento de cáncer, entre otras aplicaciones.
4. **Radiación ultravioleta:** tiene una frecuencia inmediatamente superior a la del espectro visible, se llama así porque su frecuencia es superior a la de la radiación violeta. Puede dañar los ojos y se utiliza en las lámparas de vapor de mercurio.
5. **Radiación visible:** sus características se mencionaron con anterioridad.
6. **Radiación infrarroja:** estas ondas son de menor frecuencia que la luz visible. Entre otras, tiene aplicaciones en la tecnología de los controles remotos.
7. **Microondas:** este tipo de ondas son de menor frecuencia que las infrarrojas, son utilizadas en las telecomunicaciones, en transmisiones de televisión satelital y para el control de navegación aérea y marítima por medio de las señales de radar.
8. **Ondas de radio:** son las de menor frecuencia y se utilizan en la radiodifusión. Las ondas comprendidas entre 550 y 1 750 kHz corresponden a la amplitud modulada (AM), mientras que las comprendidas entre 88 y 108 MHz hacen parte de lo que se conoce como frecuencia modulada (FM).

El siguiente esquema ilustra completamente el espectro electromagnético:

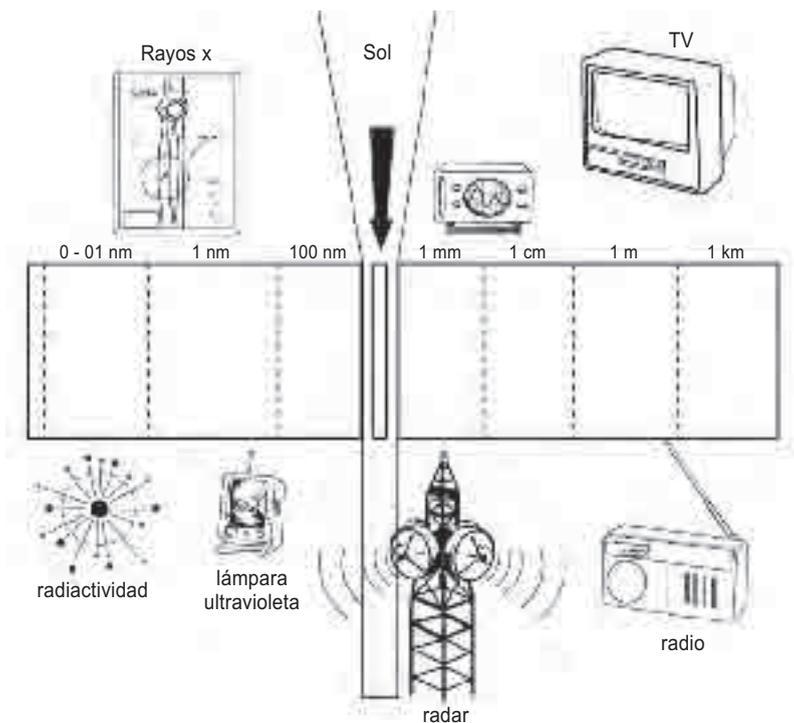


Figura 40. Espectro electromagnético.

6.12 ONDAS DE RADIO

Corresponde a la sesión de GA 6.71 (102.3.F) SINTONÍZATE

La teoría de Maxwell sobre la naturaleza de la luz fue confirmada por Enrique Hertz, quien produce por primera vez ondas electromagnéticas en un laboratorio, con una longitud de ondas mucho mayor que la de las ondas visibles, llamadas ondas hertzianas.

Dentro de estas ondas, se encuentran las **ondas de radio**, las cuales son las de frecuencia más baja (y por tanto las de mayor longitud de onda) dentro del espectro electromagnético. Estas ondas se emplean en las transmisiones de las estaciones de radiocomunicación, que cuentan con circuitos eléctricos y electrónicos especiales, que provocan la oscilación de electrones en válvulas electrónicas, que transmiten los mensajes y programación de las estaciones de radio. Estas señales, en forma de ondas electromagnéticas, son captadas por las antenas de los radio-receptores.

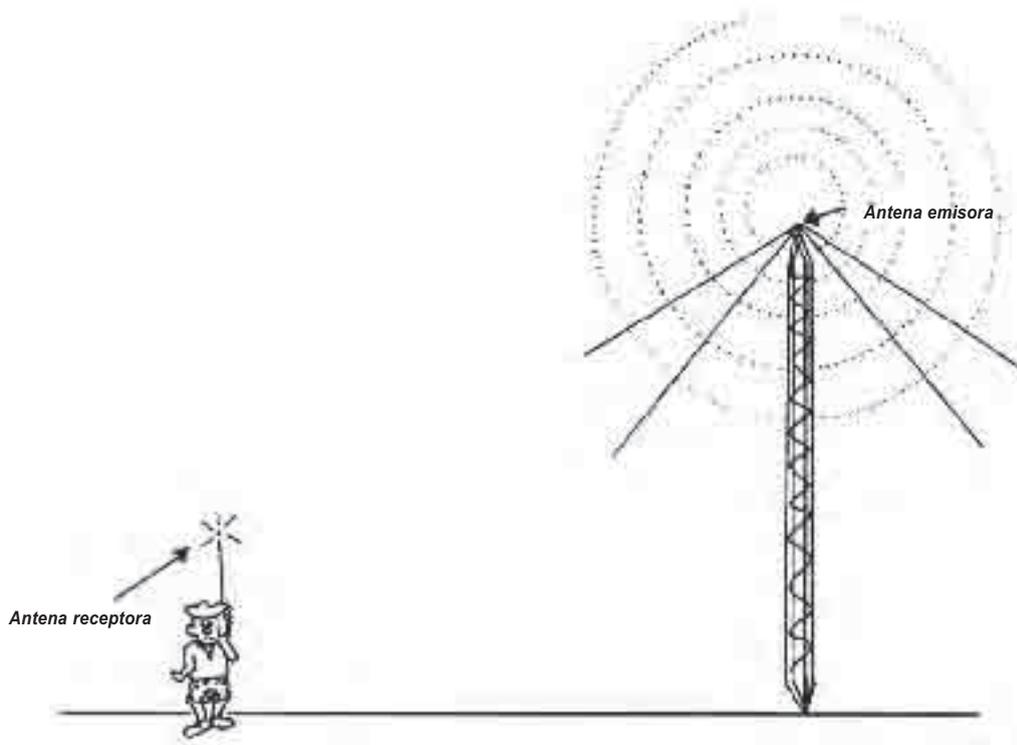


Figura 41. Ondas de radio.

Además de las frecuencias de radioemisión del AM y FM, la manera como se emiten las señales en uno y otro sistema se distinguen así: las ondas electromagnéticas, que portan las señales del AM, se modulan o “empaquetan” por medio de otras ondas de mayor longitud de onda que envuelven las ondas portadoras de la señal, generando así los denominados grupos de ondas, tal como se ilustra en la figura siguiente:

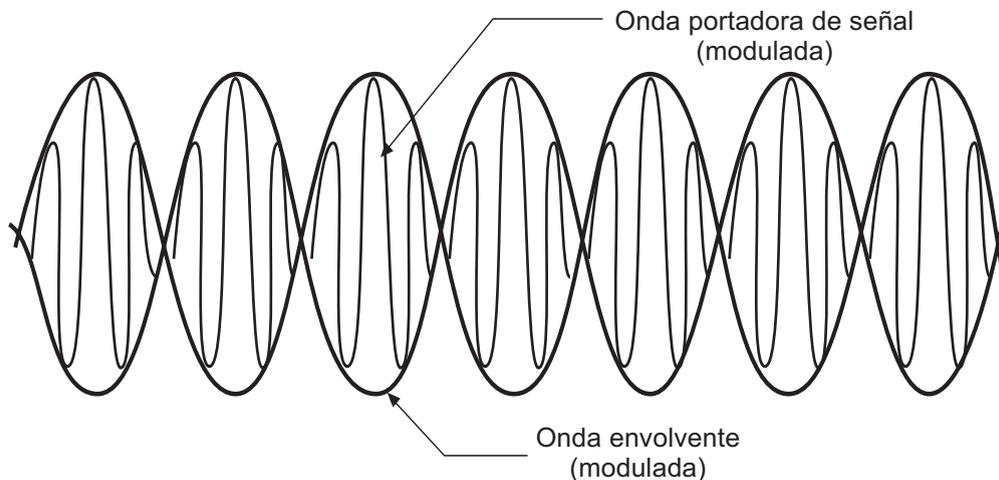


Figura 42. Ondas de radio de Amplitud Modulada (AM).

Las señales así moduladas son capturadas por las antenas receptoras que llevan la señal a un selector de ondas moduladoras o sintonizador, el cual se puede ajustar desde la parte exterior del radio para escoger la emisora deseada. Cada emisora del AM emite en una frecuencia distinta entre los 550 y 1 750 kHz, tal como se mencionó anteriormente.

El funcionamiento del sistema de frecuencia modulada (FM) es similar al del AM, con la diferencia que lo que se modula ya no es la amplitud de las ondas portadoras de la señal, sino la frecuencia de éstas. En la frecuencia modulada (FM) la recepción es de mejor calidad.

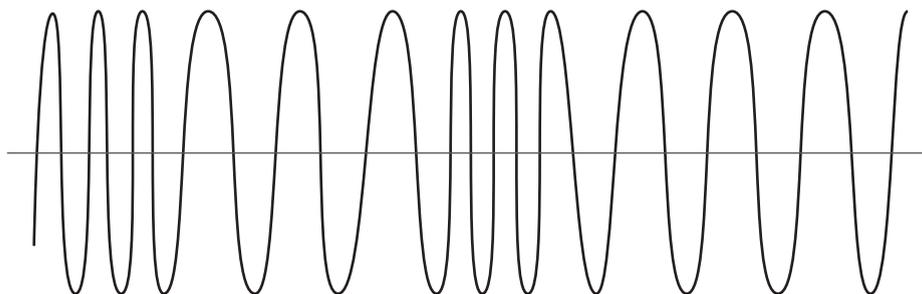


Figura 43. Ondas de radio de Frecuencia Modulada (FM).

Las ondas electromagnéticas que transmiten las señales de televisión son iguales a las ondas de radio, sólo existe diferencia en cuanto que las ondas de televisión son de mayor frecuencia.

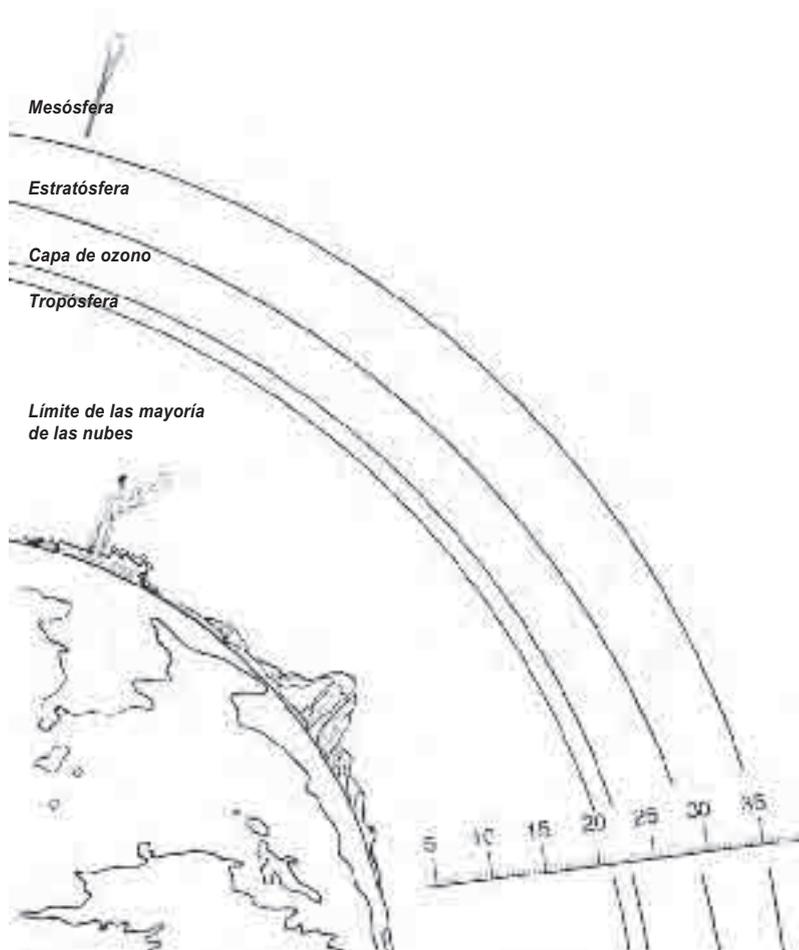
6.13 LA CAPA DE OZONO Y LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Corresponde a la sesión de GA 6.72 CONSERVA A QUIEN TE PROTEGE

El Sol, a la vez que emite los rayos de luz que aprovechamos para nuestra subsistencia, irradia luz ultravioleta, a la cual la mayoría de los seres vivos (incluidas plantas y animales) no puede exponerse directamente, ya que puede causar daños irreversibles e, incluso, en algunos casos, mortales.

Afortunadamente, en la estratósfera de nuestro planeta, existe una capa de gases de ozono (O_3) que rodea a la Tierra y la protege de los peligrosos rayos del Sol. El ozono se produce mediante el efecto de la luz solar sobre el oxígeno y es la única sustancia en la atmósfera que puede absorber la dañina radiación ultravioleta proveniente del Sol. Este delgado escudo hace posible la vida en la Tierra.

Sin embargo, desde años atrás, los científicos han advertido una potencial crisis global como consecuencia de la progresiva destrucción de la capa de ozono, causada por sustancias químicas tales como los clorofluorocarbonos. La progresiva desaparición de la capa de ozono ha provocado incrementos de radiación ultravioleta presente en la faz de la Tierra, lo que ha logrado daños acumulados en diversos organismos vivos.



Algunos de los daños que puede causar la radiación ultravioleta, en el cuerpo humano, son el desarrollo del cáncer de piel, llamado melanoma, y la disminución de la efectividad del sistema inmunológico, que nos protege de infecciones como la leishmaniasis y la malaria.

Por otra parte, el deterioro de la capa de ozono ha generado trastornos en la evolución de la vida terrestre en general, tales como el efecto invernadero y el sobrecalentamiento gradual que está sufriendo nuestro planeta.

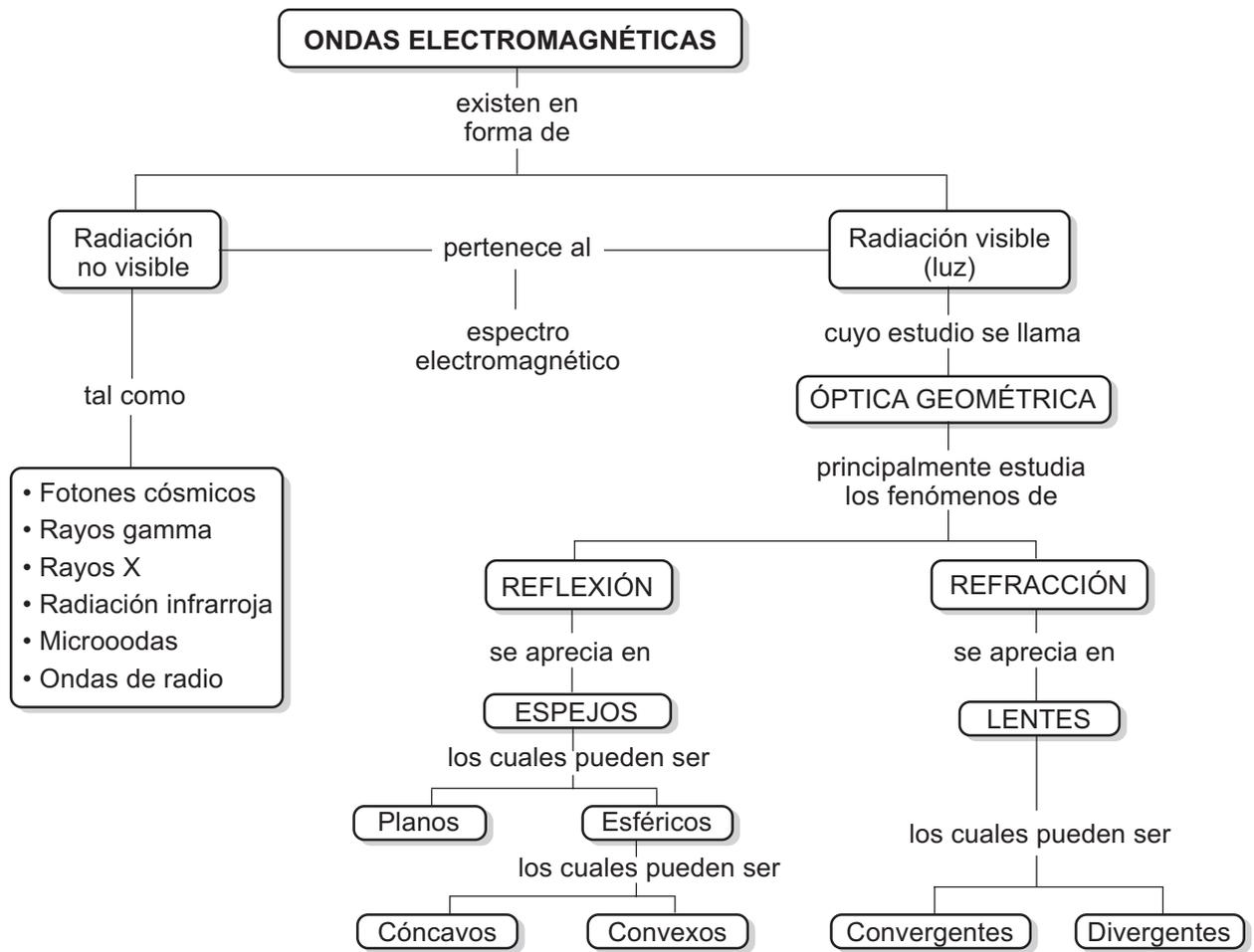
Figura 43. Capas de la atmósfera terrestre.

Los más importantes productores de sustancias químicas destructoras de la capa de ozono son las industrias y los automotores. Aunque aparentemente inofensivos, existen elementos de uso doméstico que también ponen en riesgo la existencia de esta capa. Entre ellos, los más significativos son los productos en aerosol, tales como, pinturas, ambientadores, lacas, etc.

Por más insignificantes que puedan parecer nuestras contribuciones, para mantener y recuperar la capa de ozono, debemos practicarlas e invitar a nuestros conocidos y cercanos a que lo hagan, ya que si no es así, el tiempo de vida del planeta se verá reducido drásticamente, así como las condiciones y calidad de vida de quienes puedan sobrevivir en un planeta expuesto a las dañinas radiaciones ultravioleta provenientes del Sol.

Evitar las quemaduras, el uso de combustibles y de aerosoles que no protegen la capa de ozono son sólo algunas de las acciones a poner en práctica para contribuir con la preservación de nuestro hábitat natural, la Tierra.

El siguiente mapa conceptual, nos proporciona una visión general de los conceptos básicos de este capítulo:



LECTURAS COMPLEMENTARIAS

HISTORIA DE LA CIENCIA REACCIONES REDOX EN LA LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

En el comercio, existe gran variedad de blanqueadores, sin embargo, la mayoría tiene como compuesto activo el hipoclorito de sodio, NaOCl. El hipoclorito de sodio se obtuvo por primera vez en Javel, barrio periférico de París, por el químico francés Bertholet, quien en 1785 experimentó la fórmula descubriendo su utilización y las posibles aplicaciones desinfectantes.

Su módico precio y su enérgica eficacia frente a las algas y bacterias hacen que sea el producto más adecuado para el tratamiento algicida y bactericida del agua de las piscinas. También es usado en altas concentraciones en sistemas hídricos contaminados por *La Legionella* (torres de refrigeración, sistemas de distribución de agua en lugares públicos, etc.) para neutralizar su avance y desarrollo. Además, a finales del siglo XIX, momento en que Louis Pasteur descubre que los microorganismos son los causantes de las enfermedades, los blanqueadores desinfectantes tuvieron el momento de máximo reconocimiento, gracias a sus propiedades como activos agentes antisépticos. Los desinfectantes matan y destruyen la estructura externa de los parásitos, bacterias, protozoarios, hongos, virus, prácticamente por oxidación o desintegración. Obviamente, la concentración de estos compuestos es muy alta, por ello se deben manejar con cuidado, ya que pueden causar quemaduras en la piel de las personas que los aplican, daño pulmonar cuando se inhalan por tiempo prolongado, ceguera parcial o total e incluso hasta la muerte.

Al reaccionar con las manchas en el lavado, el hipoclorito se descompone principalmente en una sal soluble en agua. El blanqueador a base de hipoclorito de sodio no contiene o genera cloro gaseoso por sí mismo o al utilizarse con otros productos. La formación de cloro gaseoso puede ocurrir sólo si el blanqueador se mezcla con ácidos, tales como limpiadores para baños a base de ácido muriático (ácido clorhídrico con impurezas), por ejemplo.

El afirmar que el blanqueador no contiene cloro es cierto, sin embargo, puede causar confusión. La verdad, es que no contiene el gas cloro, en su forma diatómica, Cl₂, pero sí dentro de su estructura como NaOCl.

Datos del Cloro

Descubierto en 1774 por Scheele, que pensó que era un compuesto que contenía oxígeno. Gay-Lussac, Thenard y Davy demostraron en 1810 que era un elemento. Davy le dio el nombre de cloro, por su color (amarillo-verdoso).

En la naturaleza, se encuentra sólo combinado (0.0145% en peso de la corteza terrestre), fundamentalmente en forma de cloruros: sal común, carnalita, silvina... Éstos también se encuentran disueltos en el agua del mar en grandes cantidades (1.94×10^4 mg/l).

Se obtiene por acción de agentes oxidantes sobre los cloruros o más frecuentemente por electrólisis de los mismos o de disoluciones acuosas. También se emplea la electrólisis de ácido clorhídrico. Es un subproducto de la obtención de metales alcalinos y alcalinotérreos. Es un gas de olor asfixiante, muy tóxico. Es muy activo y reacciona directamente con la mayoría de los elementos (excepto nitrógeno, oxígeno y carbono), en algunos casos (hidrógeno) la reacción es lenta en la oscuridad o a temperatura ambiente, pero en presencia de luz (reacción fotoquímica) o por encima de 250°C se da de modo explosivo. Húmedo, ataca a todos los metales (excepto el tántalo) dando cloruros. Sustituye fácilmente al hidrógeno en las combinaciones hidrocarbonadas mediante reacciones muy vigorosas.

Es soluble en agua (agua de cloro): a 10°C un volumen de agua disuelve 3.10 volúmenes de cloro; a 30°C solamente se disuelven 1.77 volúmenes. El producto obtenido se conoce como agua de cloro, que hay que guardar en frascos color topacio para evitar su descomposición por acción de la luz. Por debajo de los 10°C el cloro hidratado congela formando un sólido similar al hielo, pero amarillo verdoso.

Usos

El cloro es una materia prima importante, pues se usa en la fabricación de un gran número de productos de uso cotidiano y sobre todo para depurar y potabilizar agua, producción de papel, colorantes, productos textiles, derivados del petróleo, medicinas, antisépticos, insecticidas, alimentos, disolventes, pinturas, plásticos y otros productos de gran consumo. Los procesos que más cantidad de cloro consumen son: sanitarios, blanqueadores, desinfectantes y textiles.

La química orgánica consume una gran cantidad de cloro, tanto como agente oxidante, como agente de sustitución, ya que la sustitución de hidrógeno proporciona nuevas propiedades al compuesto.

Precauciones

No respirar este material. En estado gaseoso es un agente irritante: irrita las mucosas del aparato respiratorio, y por ser muy soluble, las de la parte superior sobre todo. En estado líquido produce quemaduras en la piel. Su olor se detecta con sólo 3.5 ppm (partes por millón), siendo probablemente fatal después de varias aspiraciones profundas cuando se encuentra a 1 000 ppm (se usó como gas mortal en la Primera Guerra Mundial, en 1915). El olor de las aguas de piscina proviene del hipoclorito formado.

REFERENCIAS

http://www.amiclor.org/opciones/info_clor.htm, "información sobre el cloro".
<http://www.clorox.com/science/rmp/how.html>, "What is the bleach?".

<http://www.picalogallo.com.mx/Articulo%2010/INDEX.ASP>

<http://www.adi.uam.es/docencia/elementos/spv21/sinmarcos/elementos/cl.html>

ANÁLISIS DE LA LECTURA

Contesta las siguientes preguntas como Falso o Verdadero. Sin embargo, proporciona una explicación cuando respondas como Falso.

F o V El cloro, Cl_2 , es un elemento que se encuentra libre, en grandes cantidades en la naturaleza.

F o V Para la desinfección de las piscinas se utiliza principalmente el cloro.

F o V El cloro como desinfectante es un agente oxidante de las bacterias o agentes patógenos.

F o V El hipoclorito de sodio es el compuesto a base de cloro más común en los desinfectantes.

F o V El científico Gay-Lussac descubrió y le dió el nombre al elemento cloro.

LAS COMBUSTIONES Y SU RELACIÓN CON ANTOINE LAVOISIER

Lavoisier, químico francés, nació el 26 agosto de 1743 en París. Hijo de un comerciante, recibió magnífica educación, primeramente en el Colegio Mazarino, donde ganó diversos premios; estudió leyes, obteniendo el grado de bachiller en 1763, luego estudió Astronomía, Historia Natural y Química.

Trabajó como asistente de Baudon, *fermier général* (encargado por contrato de cobrar las contribuciones) y en 1780 fue él mismo nombrado para tal cargo, que le habría de llevar a la muerte. Al quedar vacante una plaza en la Academia por fallecimiento de Baudon, se propuso a Lavoisier como sucesor, pero por influencia real fue elegido Gabriel Jars, dándole a Lavoisier una plaza provisional que se transformó en definitiva en 1769, al morir Jars. Por su puesto de *fermier*, entabló amistad con la hija de su colega en este cargo, Marie-Anne Paulze, con la que contrajo matrimonio en 1771 y que fue su ayudante durante muchos años. Tras la muerte de su marido, esta inteligente mujer contraería matrimonio con el científico conde de Rumford, unión que terminó en separación por incompatibilidad de caracteres a los pocos años.

Las investigaciones de Lavoisier, en métodos de iluminación de las calles de París, le habían llevado a considerar varios combustibles para las lámparas, así como la naturaleza general de la combustión. Ahora abordó el problema de la combustión con sus métodos cuantitativos.

La teoría de la combustión, que por esa fechas estaba en vigor, era la denominada **Teoría del Flogisto**. Ésta consistía en lo siguiente: cuando una sustancia ardía, el flogisto (voz griega que significaba “inflamable”) la abandonaba y escapaba al aire. La ceniza que quedaba ya no podía arder más porque estaba por completo liberada de flogisto. Pero existía una paradoja en esta teoría, el resultado era un metal oxidado más pesado que el

original. ¿Cómo podía el metal perder algo (flogisto) y acabar siendo más pesado? A la mayoría de los químicos del siglo XVIII, este tema no les preocupaba. Algunos sugirieron que tal vez el flogisto poseía un “peso negativo”, por lo que una sustancia perdía peso cuando se le añadía flogisto y ganaba peso cuando el flogisto la abandonaba.

Lavoisier realizó el siguiente experimento:



Colocó un poco de estaño en un recipiente cerrado y lo pesó todo, incluido el recipiente. Luego pesó el recipiente. Al paso del tiempo apareció un residuo en el metal. Ya se sabía que el residuo de un metal es más pesado que el metal en sí. Sin embargo, cuando Lavoisier pesó el recipiente entero, descubrió que la formación del residuo de estaño no aumentaba el total del contenido del recipiente. Esto significaba que debía de haber ganado peso a expensas de algo que estuviera en el recipiente. Así, pues, el residuo debía de haber tomado algo del aire original.

Estos experimentos probaban un punto fundamental que Lavoisier averiguó que era cierto en toda clase de reacciones químicas. Cuando una sustancia gana o pierde peso en aire, toma algo de aire y le da algo a éste. Esto lo mostró al pesar todo el sistema, vapores incluidos. El principio que demostró fue más tarde llamado **Ley de la conservación de la masa**: “La materia puede cambiar de forma, pero el peso total de la materia implicada en una reacción química sigue siendo el mismo”.

Concluyó que el aire estaba formado por dos gases: el aire desflogistizado, llamado oxígeno, y el aire flogistizado, llamado nitrógeno.

Ahora Lavoisier presentó una nueva teoría de la combustión, para remplazar a la más antigua del flogisto. Cuando una sustancia arde o se inflama, afirmó, se combina con oxígeno para formar un óxido.

Algunos datos históricos acerca de Lavoisier incluyen:

1772. Su padre le compró un título de nobleza, según práctica de la burguesía rica. En noviembre, depositó una nota sellada en la Academia de Ciencias, en la que afirmaba que el azufre y el fósforo aumentan de peso cuando se queman, porque absorben “aire”.

1773. Publica su primer libro, *Opuscules physiques et chimiques* (Opúsculos físicos y químicos), donde presenta resultados de sus clases y sus experimentos. Ese año, Joseph Priestley preparó “aire desflogistizado” (oxígeno) al calentar el “precipitado rojo de mercurio” (óxido de mercurio, cinabrio). Lavoisier confirmó este trabajo y al percibir que, en la combustión y calcinación de metales sólo se usa una porción del aire, concluyó que el agente activo era el nuevo “aire” de Priestley que se absorbía al quemar y quedaba el “aire

no vital” (nitrógeno). Mostró que al combinar este “aire” con carbón produce “aire fijo” (dióxido de carbono) obtenido por Joseph Black en 1754.

1775. Es nombrado como *régisseur des poudres* (director de administración de la pólvora). Con su acostumbrada energía, se dedicó a mejorar la caótica industria de la pólvora. Esto le dio la oportunidad de moverse al Arsenal de París, donde montó un soberbio laboratorio.

1777. En una memoria presentada a la Academia, leída en 1779, pero no publicada hasta 1781, Lavoisier le dio al “aire desflogistizado” el nombre de oxígeno o “productor de ácido”. Explicó la combustión como el resultado no de la liberación de un principio hipotético de fuego, el flogisto, sino el resultado de la combinación de la sustancia que quema y el oxígeno.

1785. Es nombrado miembro del Comité Gubernamental sobre Agricultura y, como su secretario, escribió reportes e instrucciones sobre cultivo y varios esquemas agrícolas.

1786. Publica un brillante ataque a la teoría del flogisto.

1787. Con un grupo de químicos franceses, publica el *Méthode de nomenclature chimique* (Método de nomenclatura química), que clasificó y renombró los elementos y compuestos conocidos. Como terrateniente en la provincia de Orleans, Lavoisier fue escogido miembro de la Asamblea Provincial.

1789. Publica su *Traité élémentaire de chimie* (Tratado elemental de química), provee una exposición precisa de su trabajo e introduce su nuevo enfoque de la química. Definió como elementos aquellas sustancias que no pueden descomponerse. Estableció claramente su ley de conservación de la masa en las reacciones químicas. Nada, dijo, se crea o se destruye, sólo hay alteraciones y modificaciones y hay una cantidad igual –una ecuación– de masa antes y después de la operación.

Como reformador y político liberal, Lavoisier participó de la Revolución Francesa. Cuando se reunieron los Estados Generales, fue diputado alterno y elaboró un código de instrucciones para guía de los diputados.

1790. Nombrado secretario y tesorero de la comisión para asegurar la uniformidad de pesos y medidas en toda Francia, trabajo que condujo al establecimiento del sistema métrico.

1791. Se abolió la *Ferme Générale* y Lavoisier perdió su posición como administrador de la pólvora y debió abandonar el Arsenal. Jean Paul Marat lo acusó.

1793. Comenzó el Reinado del Terror. Se suprimió la Academia de Ciencias. Se ordenó el arresto de los antiguos miembros de la *Ferme Générale*.

1794. Después de un juicio que duró menos de un día, un tribunal revolucionario condenó a Lavoisier y a otros 27 a muerte. Esa tarde, él y sus compañeros, incluido su suegro, fueron guillotinado en la Place de la Révolution (hoy Plaza de la Concordia). Su cuerpo fue arrojado a una fosa común.

REFERENCIAS

LAVOISIER, ANTOINE LAURENT Biografía.htm, Antoine Lavoisier.htm, Biografía Lavoisier.htm

ANÁLISIS DE LA LECTURA

En tu cuaderno, contesta las siguientes preguntas de selección múltiple con única respuesta:

1. El oxígeno es un
 - a) Elemento
 - b) Compuesto
 - c) Una mezcla homogénea
 - d) Una mezcla heterogénea
2. Al quemar 5 g de papel en un recipiente sellado, que contiene aire en su interior, es correcto afirmar que después de que se quema completamente el papel
 - a) Aumenta la masa en el recipiente, por los gases producidos por el papel
 - b) Disminuye la masa, porque las cenizas tienen menor masa que el papel sin quemar
 - c) Permanece constante la masa en el recipiente, ya que no hay pérdida de materiales
 - d) Disminuye la masa, porque la combustión es una reacción química de descomposición
3. El flogisto es
 - a) Una forma de energía
 - b) Una teoría que explica las combustiones
 - c) Un nombre dado al oxígeno por los alquimistas
 - d) El material combustible en las combustiones

LA CINÉTICA QUÍMICA Y SU RELACIÓN CON LA PÓLVORA

Las primeras noticias sobre la utilización de las mezclas pirotécnicas coincidieron con el empleo de la pólvora negra, se atribuyó su invención a los chinos. El lugar de nacimiento de fuegos artificiales se reconoce generalmente como China, con la primera mezcla explosiva encontrada allí y denominada “polvo negro”, durante la dinastía cantada (960-1279). Se dice que un cocinero de la antigua China encontró que una mezcla del sulfuro (azufre), del salitre (nitrato de potasio), y del carbón de leña era muy inflamable y estallaría si estaba incluida en un espacio pequeño. La primera aplicación de esta tecnología era para la hospitalidad en bienvenidas; una vez que la receta para el polvo negro fue perfeccionada, encontraron que podía ser utilizado fácilmente como combustible del cohete, e hicieron los cohetes de madera tallados a mano con las dimensiones para ser colocados en la boca de un dragón, en el siglo VI. Estas flechas accionadas salían como cohetes de la boca del dragón, y fueron utilizadas contra los invasores de Mongolia de 1279. El principio de accionamiento de estos cohetes todavía se utiliza hoy en fuegos artificiales.

A través de exploradores aventureros, el conocimiento de hacer fuegos artificiales se difundió a través de Arabia, en el siglo VII. Los árabes llamaron “cohetes” a las flechas chinas. Se acredita que los mongoles trajeron los cohetes y la pólvora china a Europa alrededor de 1241. El primer expediente de su uso en Europa es alrededor de 1258. A principios del siglo XVI, aparece la primera descripción de cohetes provistos de un rudimentario paracaídas y en 1591 se publica un verdadero tratado de pirotecnia dedicado a los fuegos artificiales. No se puede decir que desde ese momento hasta la actualidad, durante varios siglos, la fabricación de las mezclas pirotécnicas haya demostrado un gran progreso.

Hasta el siglo XIX, a los fuegos artificiales les faltó una característica estética esencial hoy en día: el color. Entonces los pirotécnicos comenzaron a utilizar una combinación del clorato del potasio y de varias sales metálicas, para hacer colores brillantes. Las sales de estos metales producen los diversos colores: el estroncio se quema rojo; el cobre hace el verde; y sodio, amarillo. El magnesio, el aluminio y el titanio fueron encontrados para emitir blanco chispeante o un flash.

Aunque China inventó los fuegos artificiales, Europa los sobrepasó en el desarrollo técnico en el siglo XIV, que coincide con el tiempo que el arma fue inventada. El tiro y la pólvora, para uso de los militares, fueron hechos por los comerciantes expertos, llamados posteriormente “firemakers” (fabricantes de fuego), que también hicieron los fuegos artificiales para las celebraciones de la paz o de la victoria. El progreso sobre los fuegos artificiales ha consistido en las nuevas fórmulas introducidas, mezclas combustibles de mayor efecto luminoso, de más rápida combustión y en el estudio de las normas de seguridad, que tienden a reducir o eliminar toda posibilidad de accidente.

Las cargas elementales de los artificios pirotécnicos son mezclas que queman rápidamente y que deben contener en su composición el oxígeno necesario para su combustión.

La materia prima más usada en pirotecnia es la pólvora negra, finamente dividida, o polvorín, a la que se puede agregar en diferentes proporciones otras sustancias, con el objeto de modificar algunas de sus propiedades, particularmente su rapidez de combustión.

Para que una sustancia queme, debe llevarse a una determinada temperatura, esta temperatura varía según la sustancia combustible (temperatura de combustión). Existen sustancias que en reemplazo del aire pueden proporcionar el oxígeno necesario para la combustión de las mezclas, esas sustancias oxidantes se denominan comburentes, tales como los nitratos, cloratos, bicromatos, etc. La combustión de estas mezclas es naturalmente más rápida que aquellas en que actúa el oxígeno del aire, pues el oxígeno liberado está en íntimo contacto.

Variando las proporciones de oxidante (o comburente) y combustibles en las mezclas, puede regularse la rapidez de combustión de las mismas, o sea produciendo una variación en la constitución de la mezcla pirotécnica. El ejemplo más evidente lo da la pólvora negra, a través de sus numerosas fórmulas, obtenidas variando las proporciones de sus tres componentes: carbón y azufre (combustibles) y nitratos de sodio o potasio (comburentes). Si en la composición, se deja invariable la cantidad de nitrato y azufre, y se aumenta poco a poco la proporción de carbón, se obtiene una pólvora un poco más lenta en su rapidez de combustión.

Otra cualidad, en el estudio de las mezclas píricas, es la variedad de colores que pueden presentarse al ser quemadas. En la práctica, se designan las composiciones con el nombre del color que dan al quemarse.

Para el pirotécnico, no es suficiente conocer qué mezclas de diversas sustancias pueden producir el efecto que busca; debe también saber la razón del porqué se produce el efecto. Por ejemplo, se sabe que una mezcla de nitrato de potasio, azufre y carbón explota (o deflagra) cuando se pone en contacto con la llama de un fósforo, pero debe saber además el porqué explota o deflagra.

Los pirotécnicos utilizan más frecuentemente el quemado y la explosión. La detonación, con pocas excepciones, conviene evitarla y la putrefacción no tiene ningún valor en pirotecnia.

La putrefacción es un proceso lento y se produce usualmente por hongos y bacterias, ayudados por la humedad y el calor. El quemado ocurre mucho más rápidamente y uno de los objetivos de la pirotecnia es el control de su velocidad. La explosión se debe a una violenta reacción de los elementos químicos y se inicia generalmente por aplicación de calor. El calor necesario se logra por fuego, fricción o combustión espontánea.

La detonación es una descomposición o reacción instantánea. Este fenómeno se utiliza en las voladuras con dinamita (entre otros), donde se desea obtener la mayor cantidad de energía posible.

Las reacciones químicas ocurren solo bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, si una parte de oxígeno y dos partes de hidrógeno se mezclan en un recipiente a la temperatura ordinaria no ocurre nada; pero si se hace saltar una chispa dentro de la mezcla se produce una violenta explosión, obteniendo como producto agua. Este principio se aplica prácticamente a todas las mezclas pirotécnicas y se deben buscar las condiciones óptimas, en las cuales se produce la reacción.

REFERENCIA

Pirotecnica FML_ HISTORIA DE LA PIROTECNIA.htm

ANÁLISIS DE LA LECTURA

En la columna izquierda, encontrarás algunos conceptos que tienen que ver con cinética química. Relaciona estos conceptos con los hechos presentados en la columna derecha, para indicar la existencia de alguna relación o explicación de los mismos. Realiza el ejercicio en tu cuaderno.

Factor	Hechos
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del área superficial 	<p>Para que la pólvora se prenda, es necesaria una mecha ardiendo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la temperatura 	<p>Los componentes de la pólvora deben mezclarse finamente divididos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la concentración 	<p>La composición de la mezcla, en la pólvora, varía los diferentes efectos y rapidez de combustión.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Energía de activación 	<p>Para que una sustancia queme, debe llevarse a una determinada temperatura.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Adición de catalizadores 	<p>Las cargas elementales de los artificios pirotécnicos son mezclas que queman rápidamente y que deben contener en su composición el oxígeno necesario para su combustión.</p> <p>Existen sustancias que en reemplazo del aire pueden proporcionar el oxígeno necesario para la combustión de las mezclas, esas sustancias oxidantes se denominan comburentes, tales como los nitratos, cloratos, bicromatos, etc. La combustión de estas mezclas es naturalmente más rápida que aquellas en que actúa el oxígeno del aire, pues el oxígeno liberado está en íntimo contacto.</p>

LA ÓPTICA Y LA ACÚSTICA

LA ÓPTICA

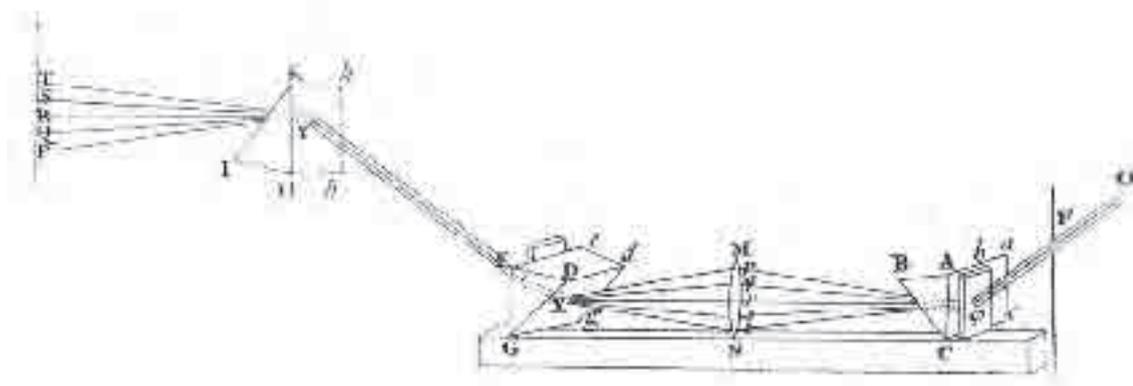


Diagrama sobre dispersión y divergencia de la luz, extraído del manuscrito original de “Opticks or, a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light”, de Isaac Newton. Cambridge University Library.

La unidad fundamental de la física-matemática ilustrada¹ se proyecta también en otros ámbitos distintos del campo de la mecánica, como por ejemplo la óptica.

La óptica del siglo XVIII se inicia a partir del tratado de Newton, “Opticks or, a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light”, cuya primera edición data de 1704. Se estudia la reflexión de la luz, la refracción, la formación de imágenes por las lentes, la descomposición espectral, la recomposición de los colores, la invención del telescopio refractor, la teoría del arco iris, etc.

Lo más destacado de la óptica newtoniana, que será admitido a comienzos del siglo XVIII, es la teoría corpuscular de la luz. Para Newton, la luz está constituida por pequeñas partículas desprendidas de los cuerpos luminosos o iluminados que se mueven en un medio “misterioso” llamado éter y que al interactuar con el ojo producen el efecto de la visión. Según este modelo, los fenómenos experimentados por la luz, como por ejemplo la reflexión o la refracción, son fenómenos puramente mecánicos, perfectamente explicables a partir de los Principios de la Dinámica Newtoniana.

¹ **Ilustración:** Movimiento cultural, característico del siglo XVIII, que propugnaba la aplicación de la razón en todos los órdenes de la vida. Socialmente, fue la expresión cultural de la burguesía en ascenso, opuesta al absolutismo político y a los privilegios nobiliarios. En Francia, encontró a sus principales ideólogos: Montesquieu, Voltaire, Rousseau, Diderot, D’Alembert, que plasmaron esta actitud en la Enciclopedia. Otros importantes ilustrados fueron Hume (Gran Bretaña), Kant (Alemania), Aranda, Floridablanca, Jovellanos (España).

La teoría corpuscular se enfrentó a la teoría ondulatoria de la luz de Huygens, siendo aceptada la primera por la personalidad de Newton y por la claridad con que Newton explicaba y exponía los diferentes fenómenos conocidos.

No obstante, el problema de la óptica durante el siglo XVIII no es, sin embargo, conceptual. Los científicos prefirieron dedicarse a describir los fenómenos de interacción de la luz con los cuerpos y no en profundizar en su naturaleza. Ello permitió el desarrollo de dos ramas de la óptica: la dióptrica, dedicada a estudiar el paso de la luz, la refracción, a través de las lentes, y la catóptrica, que se centraba en el estudio de la reflexión de la luz por los espejos. Todo ello favoreció el perfeccionamiento y la construcción de instrumentos ópticos, lo que influyó de forma decisiva en el desarrollo de la astronomía al mejorarse notablemente los medios y técnicas de observación.

LA ACÚSTICA



*Campana para estudiar el sonido
(Universidad de Pavía)*

Análogamente a la teoría de la luz, la teoría del sonido alcanzó en el siglo XVIII, aún parcialmente, el estatus de ciencia matemática.

Los problemas físicos del sonido, su velocidad, su transmisión, en medios de diferente densidad, constituyeron una parte fundamental de la física experimental del siglo XVIII.

Tras un período inicial de acumulación de conocimientos, son de nuevo los mecánicos, Euler, D'Alembert, Johann y Daniel Bernouilli, Lagrange, quienes elaboraron la teoría matemática de las cuerdas vibrantes y de los objetos sonoros más comunes: campanas, tubos, etc.

No obstante, no existía aún una teoría ondulatoria completa que permitiera distinguir entre ondas transversales y longitudinales y sus características, de ahí que la acústica se limitase, durante este período de tiempo, sólo a acumular experiencias y efectos sonoros.

Si deseas saber más respecto a la historia de la física y la química, puedes, entre otras, consultar la siguiente página en Internet:

<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0314-01/ed99-0314-01.html>

ANÁLISIS DE LA LECTURA

1. ¿Quién es el autor del escrito que dio origen a la óptica?
2. ¿Cuáles son algunos de los fenómenos de la luz de los que data dicho escrito?
3. ¿En qué consiste la teoría corpuscular de la luz?, ¿quién fue su máximo exponente?
4. Haz un esquema que ilustre la manera como, según Newton, funciona la visión humana.
5. ¿En qué consiste la teoría ondulatoria de la luz?, ¿quién fue su máximo exponente?
6. Los desarrollos de la acústica y la óptica tienen en común que carecían de una teoría completa que explicara sus fundamentos. ¿Qué consecuencias acarrearón estos hechos, en cada una de estas ramas de la física?
7. Algunos físicos opinan que la óptica y la acústica son ciencias fenomenológicas. ¿A qué crees que hace referencia esta aseveración?

LA LUZ SIN LLAMAS

BREVE HISTORIA DE LA LUMINISCENCIA

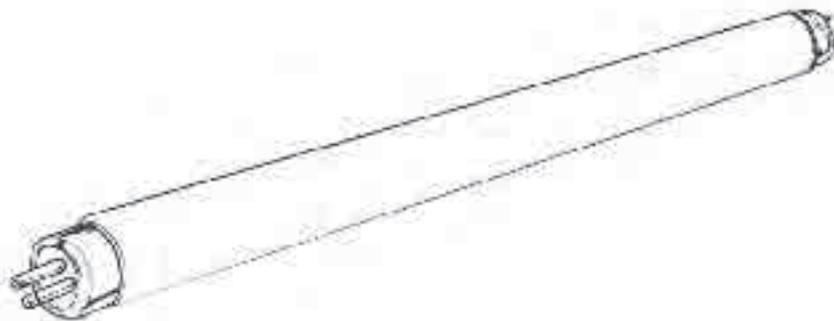
Por: Bruno Henríquez²

Entre los fenómenos luminosos han despertado interés aquellos que desprenden luz sin desprender calor, o que lo hacen sin una causa aparente, como un incendio, una hoguera o el paso de una corriente eléctrica.

Desde tiempos inmemoriales, se conocían sustancias y animales que resplandecían en las sombras, por lo que despertaban la curiosidad y las supersticiones.

Las primeras referencias escritas a las luciérnagas y gusanos luminiscentes aparecen en las crónicas chinas Shih Ching (Libro de las Odas), en el período de 1500 a 1000 a. de C.

Aristóteles (384-322 a. de C.), en Grecia, observó la luz emitida por los peces en descomposición y lo registró en *De Coloribus*: “...*Algunas cosas no arden por su naturaleza, ni tienen fuego de ningún tipo, aún así parecen producir luz*”.



Lámpara fluorescente.

² ENERGÍA Y TÚ, N° 14, Abril - Junio de 2001, Cubasolar, La Habana, Cuba.

También el avistamiento de luminosidad en los mares tropicales dio lugar a extrañas leyendas y su reporte era tomado por falacias. Cristóbal Colón, en su primer viaje, reportó haber visto esas luces "... y era como una candelita de cera que se alzaba y levantaba, lo cual a pocos le parecía ser indicio de tierra, pero el Almirante tuvo por cierto estar junto a tierra...".

En 1565, el español Nicolás Monarde escribió acerca del extraordinario color azul intenso de un extracto acuoso de la madera llamada *lignum nephriticum*. Esa misma solución fue estudiada 90 años más tarde por Athanasius Kircher en Alemania, Francisco Grimaldi en Italia, Robert Boyle e Isaac Newton en Inglaterra.

Ellos reportaban que cuando la solución era iluminada con luz blanca aparecía una luz reflejada azul intensa, mientras que la luz transmitida era amarilla. Nadie identificó entonces esa luz azul intensa como emisión luminiscente hasta 1852, en que el físico inglés George Stokes, usando filtros y prismas, demostró que la luz incidente de una región espectral era absorbida y transformada por la solución en una luz emitida, en una región espectral diferente, de mayor longitud de onda. Demostró, con ayuda de este efecto, que el cuarzo es atravesado por las radiaciones ultravioletas, mientras que el vidrio ordinario no lo es.

Esta emisión luminiscente desaparecía, aparentemente de forma instantánea, cuando se apagaba la luz incidente, tal como hacían los espátos minerales. Stokes acuñó el nombre de fluorescencia derivado de fluor-spar (*espátos*, en inglés), al igual que la palabra opalescencia se había derivado del nombre de un mineral.

La luminiscencia de los sólidos fue reportada por primera vez en 1603 por Vincenzo Cascariolo de Bolonia, quien calentó polvos de barita natural (sulfato de bario) con carbón y encontró que la mezcla resultante en forma de torta brillaba en la noche. Él observó que la piedra aparentemente se "cargaba" de luz solar por el día y brillaba durante horas en la oscuridad. Por esto, le llamó *lapis solaris* (piedra del Sol).

La piedra fue estudiada también por los científicos italianos Galileo Galilei y Gulio Lagulla. Por su aspecto poroso también la denominaron *spongia solis* (esponja solar), en la suposición de que absorbiera la luz, tal como una esponja absorbe el agua.

En 1652, sin embargo, Nicolás Zucchi demostró, por medio de filtros ópticos, que el color de la luz emitida durante la noche era la misma que cuando la piedra era expuesta a luz blanca o de otros colores, como azul o verde.

En 1640, Fortuni Liceti escribió la primera monografía acerca de la piedra de Bolonia a la que los griegos llamaban litosforo o piedra de fósforo, donde fósforo significa "dador de luz". No se debe confundir el elemento químico fósforo con las sustancias fosforescentes, que no contienen el elemento químico en su composición. Ni con los fósforos o cerillas que usamos habitualmente para hacer fuego.

A partir de Cascariolo, se designó como fosforescentes a las sustancias que presentaban la propiedad de brillar durante largo tiempo después de excitadas.

El término luminiscencia fue introducido en 1888 por el químico alemán Eilhard Wiedemann, para abarcar los dos fenómenos, la fluorescencia y la fosforescencia. Y definió a la luminiscencia como todos los fenómenos luminosos no causados solamente por el aumento de la temperatura.

Hoy en día, la luminiscencia se entiende como el proceso por el cual un material genera radiación no térmica (depende de las características del tipo de material), no se incluye el efecto Cherenkov. Así, la luminiscencia es la emisión de luz por medios diferentes a la combustión y por eso ocurre a temperaturas más bajas que las requeridas por la combustión. Un ejemplo de luminiscencia es la luz, o brillo, emitido por el dial de un reloj luminoso. La luminiscencia contrasta con la incandescencia, en que ésta es la producción de luz por materiales calentados.

Cuando ciertos materiales absorben varios tipos de energía, una parte de la energía se emite como luz. Este proceso tiene dos pasos:

1. La energía incidente hace que los electrones de los átomos del material absorbente se exciten y salten de las órbitas interiores de los átomos a las órbitas exteriores.
2. Cuando los electrones “caen” de nuevo a su estado original, emiten un fotón de luz.

El intervalo entre los dos pasos puede ser corto (menos que 0.0001 s) o largo (muchas horas). Si el intervalo es corto, el proceso se llamaba fluorescencia; si el intervalo es largo, el proceso se llamaba fosforescencia. En ambos casos, la luz producida es casi siempre de menos energía, es decir, de longitud de onda más larga que la luz excitante.

La fluorescencia y la fosforescencia tienen muchas aplicaciones prácticas. La pantalla de los receptores de televisión se cubre con materiales fluorescentes, conocidos como fósforo, que brillan cuando son excitados por los rayos catódicos.

El interior de las lámparas fluorescentes tiene recubrimientos similares, que absorben los invisibles, pero intensos, componentes ultravioletas de la fuente de luz primaria y emiten luz visible.

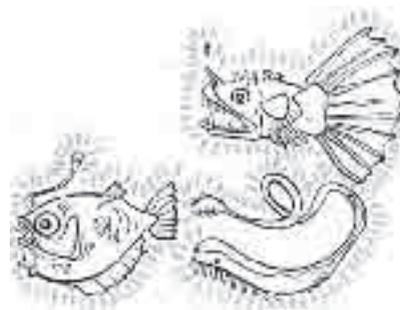
También se presenta un espectáculo interesante al usar sustancias fluorescentes que son sensibles al ultravioleta, que al ser iluminados con esa luz producen un suave brillo azulado, a esto se le da el nombre de lámparas de luz negra y se usa en teatros y espectáculos, para lograr efectos luminosos, en la detección de minerales y en las pantallas de los equipos de rayos X.

Un tipo especial de fluorescencia, llamado emisión estimulada, ocurre en el funcionamiento de un láser.

En dependencia de la clase de excitación que produce la luminiscencia, se le asignan diferentes nombres, que se señalan por prefijos, aunque en español se utiliza muchas veces un par de palabras como luminiscencia catódica en lugar de catodoluminiscencia, así tenemos:

Quimioluminiscencia. Es causada por reacciones químicas, como cuando el fósforo amarillo se oxida en aire, emitiendo una luminiscencia verde. Si la reacción química ocurre en un organismo viviente, tal como la luciérnaga, el proceso se llamaba bioluminiscencia.

Bioluminiscencia. Emisión de luz por organismos vivos, sin calor apreciable. La luz resulta de una reacción química de enzimas y ciertas otras sustancias en los organismos. Bacterias, algas, hongos y varios animales invertebrados tienen especies bioluminiscentes. Algunos peces de mares profundos están equipados con órganos que producen luminiscencia hacia la que se ve atraída la presa. La luz emitida por la luciérnaga hembra atrae al varón para el apareamiento.



Bioluminiscencia. *Estos animales emiten luz debido a unas placas fosforescentes que constituyen una forma peculiar de su tejido epidérmico.*

Roentgenluminiscencia. Luminiscencia producida por rayos X de altas energías, al bombardear ciertos materiales; un ejemplo es la incidencia de los rayos X en una pantalla fluoroscópica.

Triboluminiscencia. Luminiscencia que resulta del rompimiento, rascado o despedazamiento de ciertos materiales; la palabra viene del griego *tribo* que quiere decir frotar, consiste en la mayoría de los casos en descargas eléctricas que tienen lugar entre partes diferentes del sólido, cuando éstas se separan por acciones mecánicas externas.

Catodoluminiscencia. Es conocida también como **electroluminiscencia** y es debida a la excitación por electrones. Tiene lugar cuando ocurren descargas eléctricas en presencia de gases enrarecidos o con vapores de ciertas sustancias. De ahí, los llamados rayos catódicos que se utilizan en las pantallas de diferentes tipos de dispositivos, como: televisores, computadoras, osciloscopios, radares, etc.

Anodoluminiscencia e Ionoluminiscencia. Corresponden a la luminiscencia en ánodos debida a la acción de iones positivos sobre la sustancia. Fue descubierta por Goldstein en 1886.

Radioluminiscencia. Es la luminiscencia producida por la acción de los materiales radiactivos; se utiliza en los sistemas de centelleo para la detección y conteo de partículas. El término no es específico acerca de qué tipo de “emisión” proveniente de la radiactividad es la que la causa; es decir, alfa, beta o gamma.

Fotoluminiscencia. Es la creada cuando ciertos materiales son irradiados por luz visible o luz ultravioleta; un ejemplo es la fosforescencia de pinturas.

Sonoluminiscencia. Se ha observado en algunos líquidos orgánicos, es la luminiscencia producida por ondas sonoras de ultra altas frecuencias, o ultrasonidos.

El término termoluminiscente es inapropiado, ya que se utilizó cuando se pensaba que ciertos materiales presentaban luminiscencia, cuando se les aumentaba la temperatura. Esa emisión fue observada por Robert Boyle en un diamante en 1663, en realidad lo que ocurre es que el aumento de temperatura propicia la emisión fosforescente producida por otras causas diferentes al calentamiento.

ANÁLISIS DE LA LECTURA

Contesta en tu cuaderno las siguientes preguntas referentes a la lectura anterior.

1. Históricamente la luminiscencia de algunos cuerpos ha implicado la creación y evolución de este y otros conceptos como la fluorescencia y la fosforescencia. Explica esto brevemente con tus propias palabras.
2. ¿Cuál fue la mayor motivación que, históricamente, llevo a los físicos y químicos a estudiar las propiedades de materiales luminiscentes?
3. El término luminiscencia hace referencia a:
 - a) La fluorescencia
 - b) La fosforescencia
 - c) A ambos; fluorescencia y fosforescenciaExplica
4. ¿Existe alguna diferencia entre fluorescencia y fosforescencia?, ¿cuál?
5. ¿Cuál es la diferencia entre luminiscencia e incandescencia?
6. Haz un dibujo o esquema que ilustre el proceso de la luminiscencia según se explica hoy en día.
7. Escribe al menos dos aplicaciones prácticas del fenómeno de la luminiscencia.
8. Escribe un ejemplo de cada uno de los siguientes tipos de luminiscencia:
 - a) Quimioluminiscencia
 - b) Bioluminiscencia
 - c) Roentgenluminiscencia
 - d) Electroluminiscencia
 - e) Anodoluminiscencia
 - f) Radioluminiscencia
 - g) Fotoluminiscencia
 - h) Sonoluminiscencia

GLOSARIO DE TÉRMINOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS

Aerosol. Material coloidal en el cual un gas se encuentra disperso en un líquido.

Alquimistas. Personas que en la Edad Media desempeñaban el arte de la alquimia, la cual era como una pseudoquímica que buscaba el elixir de la eterna juventud, la transmutación de los metales y la piedra filosofal.

Amplitud. Es la máxima elongación que puede alcanzar un punto del medio de propagación.

Ámpulas. Vescículas o ampollas.

Anacróbico(a). Organismo que no necesita del oxígeno del aire para vivir. Degradación de carbohidratos que puede realizarse en ausencia de oxígeno.

Año luz. Distancia que recorre la luz en un año, aproximadamente igual a 9,5 billones de kilómetros.

Apósito. Pedazo de tela o gaza utilizado para cubrir heridas.

Astigmatismo. Defecto de refracción en el ojo ocasionada por desigualdad en la curvatura de los medios refringentes del ojo, que al imposibilitar la convergencia de los rayos en un mismo foco distorsiona la imagen retiniana.

Astros. Cuerpos celestes con luz propia.

Átomo. Unidad fundamental de la materia.

Autótrofos. Seres que elaboran su propio alimento.

Big Crunch. Teoría que supone que el universo se contraerá produciendo que toda la masa se concentre en un solo punto.

Billón. Un millón de millones.

Biodegradable. Material que, por su naturaleza química, puede ser reintegrado al ambiente mediante los ciclos naturales sin causar mayor impacto en el mismo.

Bitácora. Término utilizado para referirse al diario de vuelo o navegación.

Calor. Energía que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia en temperaturas.

Caos. Confusión, desorden. Según el pensamiento clásico griego, estado originario de la materia en oposición al cosmos o universo ordenado; estado informe en que Dios creó la materia, perfeccionándola en la obra de los seis días de que habla el Génesis.

Catalizador. Sustancia que aumenta la rapidez de reacción de las reacciones químicas, sin ser consumido en el proceso ni ser parte de los productos.

Centro de curvatura. Punto en el que se encuentra el centro de la esfera que describe un espejo esférico.

Clorofluorocarbonos. Sustancias orgánicas que contienen en su estructura carbono, cloro y flúor.

Cochambre. Desperdicio, pegadura, lo que queda pegado.

Combustibles fósiles. Combustibles que tienen como base en su estructura química el carbono, tales como el gas natural, petróleo y carbón.

Cometa. Astro formado por un núcleo poco denso, acompañado de una larga cola o cabellera nebulosa; describe una órbita muy excéntrica y es sólo visible durante un corto período por su revolución.

Cóncavo. Que tiene, respecto del que mira, la superficie más deprimida en el centro que por las orillas.

Concentración. En química, término relativo a la cantidad de soluto contenida en una determinada cantidad de solvente.

Conos y bastones. Células fotosensibles que funcionan como pantalla en el ojo humano y se ubican en donde la luz se proyecta formando la imagen.

Convexo. Que tiene, respecto del que mira, la superficie más prominente en el medio que en los extremos.

Córnea. Membrana transparente en forma de disco abombado, que se halla delante del iris y forma el segmento anterior de la túnica fibrosa del ojo.

Coroides. Membrana del globo del ojo, situada entre la esclerótica y la retina.

Cosmogonía. Concepciones de una cultura sobre el origen del universo (cosmos).

Cosmología. Parte de la astronomía que trata de las leyes generales, del origen y de la evolución del universo.

Cresta. Es la parte de la onda por encima de la línea de equilibrio comprendida entre dos nodos consecutivos.

Cristalino. Cuerpo transparente, en forma de lente biconvexa, situado detrás de la pupila del ojo y destinado a hacer converger los rayos luminosos de manera que formen imágenes sobre la retina.

Cuantos. Palabra utilizada para designar un paquete de energía.

d. de C. Después de Cristo

Distancia focal. Distancia entre el vértice y el foco.

Eclosión. Proceso mediante el cual un ser sale de un huevo.

Eco. Repetición de un sonido como consecuencia de su reflexión en una superficie.

Eje principal. Eje de simetría de un espejo o lente.

Elástico. Que posee la propiedad de la elasticidad, pero más generalmente que la posee en un grado notable.

Electrón. Partícula subatómica de carga negativa que gira alrededor del núcleo atómico.

Electronegatividad. Magnitud diseñada para establecer la capacidad que tienen los átomos de atraer electrones.

Elongación de un punto. Es la distancia entre el punto en cuestión y la línea de equilibrio.

Energía de activación. Energía mínima necesaria para que suceda una reacción química.

Enlace. Término en química que denota una atracción de tipo electrostático entre átomos.

Enlace covalente. Tipo de acción electrostática, en la cual los átomos comparten electrones.

Enlace iónico. Tipo de acción electrostática, en la cual hay atracción de iones en virtud a la diferencia en las cargas.

Entalpía. Término que se refiere a la energía absorbida o liberada en una reacción química.

Epistemología. Disciplina filosófica que estudia los principios materiales del conocimiento humano. Es decir, mientras la lógica investiga la corrección formal del pensamiento, su concordancia consigo mismo; la epistemología pregunta por la verdad del pensamiento, por su concordancia con el objeto. La primera es la teoría del pensamiento correcto, la segunda la teoría del pensamiento verdadero. Por consiguiente, los principales proble-

mas epistemológicos son: la posibilidad del conocimiento, su origen o fundamento, su esencia o trascendencia, y el criterio de verdad.

Epistemológico(a). Relativo a la epistemología.

Esclerótica. Membrana blanca, gruesa, resistente y fibrosa que constituye la capa exterior del globo del ojo; por detrás se continúa con la vaina del nervio óptico, y por delante se modifica convirtiéndose en la córnea.

Espectro luminoso. Margen completo de la luz visible, ordenada según su frecuencia (a cada frecuencia corresponde un color).

Especular. Que semeja un espejo.

Estereoscopio. Dispositivo, similar al microscopio, que permite ver los objetos con volumen.

Estrella doble. Sistema de dos soles.

Estrella pulsante. Aquella que se expande y contrae periódicamente.

Faces lunares. Aspecto sucesivo con que se nos presenta, en su revolución, la Luna (menguante, creciente, luna llena y luna nueva).

Fascia superficial. Relativo a la parte o piel superficial de algo.

Fermentación. Proceso químico en el cual intervienen bacterias para la formación de otras sustancias, generalmente a partir de azúcar para producir alcohol y/o otros.

Férula. Dispositivo utilizado para inmovilizar algún miembro. Usualmente es una tabla o cartón rígido.

Foco. Punto medio entre el centro de curvatura y el vértice de un espejo o lente.

Fotoceldas. Dispositivos electrónicos utilizados para convertir la energía lumínica en otro tipo de energía.

Fotosíntesis. Proceso bioquímico mediante el cual las plantas elaboran su alimento (carbohidratos) y oxígeno a partir de la luz solar, el agua y el dióxido de carbono.

Frecuencia. Número de veces que ocurre un evento en cierto espacio de tiempo.

Fuente de ondas. Es aquello que genera ondas en un medio determinado.

Heliocentrista. Relativo a que tiene el Sol como centro.

Hemisferio. Mitad de la esfera celeste o terrestre limitada por el Ecuador (norte y sur) o por un meridiano (occidental y oriental).

Herejía. Doctrina contraria a los dogmas de la Iglesia, sostenida con pertinacia por un ser bautizado.

Heterótrofos. Individuos que no fabrican su propio alimento.

Hipermetropía. Defecto de refracción en el ojo ocasionada por rigidez o escasa convexidad de los medios refringentes del ojo, que, al proyectarse la imagen detrás de la retina, hace percibir confusos los objetos próximos y con mayor claridad los lejanos.

Horizonte. Línea que limita la parte de superficie terrestre visible desde un punto.

Humor acuoso. Líquido que se halla en el globo del ojo delante del cristalino.

Humor vítreo. Masa gelatinosa que se halla en el globo del ojo entre el cristalino y la retina.

Iluminancia o iluminación. Cantidad de luz que recibe por segundo una unidad de superficie.

Imagen real. Imagen cuya posición no corresponde a aquella en la que se superponen los rayos luminosos que la conforman, sino que su posición está determinada por la prolongación de dichos rayos. Este tipo de imágenes no se pueden proyectar en pantallas.

Imagen virtual. Imagen formada por intersección de la proyección de rayos provenientes de un espejo o de un lente.

Indivisibilidad. Relativo a algo que no puede descomponerse o romperse en algo más simple.

Inquisición. Tribunal eclesiástico, establecido para inquirir y castigar los delitos contra la fe, y casa donde se reunía.

Interferencia. Fenómeno que resulta del paso de dos o más ondas por un mismo punto, en que se superponen sus efectos.

Iones. Partículas con carga eléctrica (positiva o negativa).

Isótopo. Especie del mismo elemento que, teniendo el mismo número atómico que otra u otras, se diferencia por las masas de sus átomos.

Jerarcas. Superior y principal en la jerarquía eclesiástica y por extensión en otras jerarquías.

Lente convergente. Lente cuyos rayos emergentes convergen en cierto punto.

Lente divergente. Lente cuyos rayos emergentes no convergen en punto alguno.

Levaduras. Tipo de bacteria utilizada en la fermentación.

Línea de equilibrio. Es la línea definida por las partículas del medio cuando en éste no se ha generado perturbación alguna.

Longitud de onda. Es la distancia entre dos crestas (o valles), o de manera más formal, es la distancia que recorre una onda mientras un punto del medio de propagación experimenta una oscilación completa.

Matutino. Relativo a las primeras horas del día.

Medio de propagación. Espacio físico en el que se propaga una onda. Éstos pueden ser materiales, por ejemplo: Una cuerda, el aire, el agua; o pueden ser electromagnéticos como el vacío.

Mesoamérica. Región de América Central

Miopía. Defecto de refracción en el ojo ocasionada por una curvatura excesiva de cristalino, que hace reunirse un poco antes de llegar a la retina los rayos de luz procedentes de los objetos lejanos.

Mol. Unidad en química que expresa la cantidad de materia. En 1 mol de sustancia hay 6.02×10^{23} partículas.

Morfología. Relativo al estudio de la forma de las cosas.

Nebulosa. Nube borrosa de polvo y gas interestelares.

Necrosis. Muerte del tejido.

Neutrón. Partícula subatómica localizada en el núcleo, sin carga aparente.

Nivel. En química, término relativo a la posición y energía de los electrones.

Nivel de intensidad del ruido. Cantidad física asociada a la sensación auditiva que indica qué tan perjudicial puede ser un sonido. Esta cantidad se mide en decibeles (dB).

Nodos. Puntos del medio que en cierto instante tiene elongación cero.

Núcleo atómico. Región en el átomo que contiene principalmente protones y neutrones y donde se localiza la mayoría de la masa del átomo.

Onda. Conjunto de perturbaciones provocadas sobre cierto medio y que se propaga (viaja) con cierta velocidad.

Onda electromagnética. Onda que se propaga incluso en el vacío, en campos electromagnéticos.

Onda longitudinal. Onda que al propagarse provoca que las partículas del medio vibren en la misma dirección en la que se propaga la onda.

Onda mecánica. Onda que se propaga en un medio material (agua, aire, una cuerda, etc.).

Onda transversal. Onda que al propagarse hace que las partículas del medio de propagación vibren en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

Opaco. Que impide el paso a la luz.

Paradigma. Conjunto de leyes, principios y teorías que se utilizan para la explicación de un hecho o fenómeno natural y/o social.

Período. Espacio de tiempo limitado y determinado por la ocurrencia de algún fenómeno que se repite regularmente.

Poliestireno. Nombre dado al polímero que conforma principalmente los recipientes de icopor.

Poliuretano. Nombre dado al polímero que conforma principalmente a las espumas.

Posición relativa. Posición de un cuerpo respecto a otro.

Preconcepto. Ideas generales, nociones o presupuestos que alguien tiene acerca de algo.

Protón. Partícula subatómica localizada en el núcleo con carga positiva.

Pulsar. Estrella giratoria de neutrones que emite un rayo a intervalos regulares.

Quásar. Centro de una galaxia joven y muy activa.

Radio de curvatura. Distancia entre el centro de curvatura y el vértice.

Reacciones químicas. Procesos en los cuales hay cambios químicos, es decir, formación de nuevas sustancias con propiedades diferentes a las iniciales.

Reberveración. Prolongación del tiempo de duración de un sonido, a consecuencia de las reflexiones del mismo.

Recursos naturales. Conjunto de materiales disponibles en la naturaleza para la utilización y beneficio de todos.

Retina. Membrana interior del ojo, que cubre la coroides hasta el iris, formada esencialmente por expansiones del nervio óptico y en la cual se reciben las impresiones luminosas.

Siderita. Mineral de hierro.

Sintetizador. Aparato electrónico de composición musical capaz de producir un sonido a partir de sus distintos componentes.

Soda cáustica. Nombre común dado al hidróxido de sodio, NaOH.

Sonar. Del inglés Sound Navigation and Ranging. Equipo que, merced a la transmisión, reflexión y recepción de ondas sonoras o ultrasonoras permite la detección y localización de objetos sumergidos, y sirve así de ayuda a la navegación.

Subnivel. En química, término relativo a la forma que describe el giro de los electrones en el átomo.

Teoría Cuántica. Teoría física de los sistemas atómicos y subatómicos.

Timbre. Cualidad del sonido que permite distinguir o determinar la fuente que ha emitido el sonido.

Tono. Agudeza de un sonido, determinada por su frecuencia natural.

Translúcido. Cuerpo que deja pasar la luz, pero que no permite ver lo que hay detrás de él.

Transparencia. Calidad de transparente.

Tren de ondas. Es el conjunto de ondas en un medio generadas por una misma fuente de ondas.

Vagar. Seguir un recorrido no definido, sin dirección establecida.

Valle. Es la parte de la onda por debajo de la línea de equilibrio comprendida entre dos nodos consecutivos.

Vértice. Punto del espejo o lente en el que corta el eje principal.

Vientre. Cavidad del cuerpo que contiene el estómago y los intestinos.

IMÁGENES PARA COLOMBIA TOMADAS DE:

AUDERSIRK, Teresa y Gerald, *Biología: La Vida en la Tierra*, Prentice Hall, México D.F., 1997.

Ciencia Visual, Casa Editorial EL TIEMPO, Celumóvil, Bogotá, sin fecha.

Colombia Viva, Casa Editorial EL TIEMPO, Avantel, Bogotá, 2000.

El Libro de la Convivencia, Casa Editorial EL TIEMPO, Presidencia de la República, Cemex Colombia, Bogotá, sin fecha.

DIHIGO, Mario E., *Biología Humana: Anatomía, Fisiología e Higiene*, La Escuela Nueva, Madrid, 1972.

Enciclopedia Visual del Siglo XX, Casa Editorial EL TIEMPO, TV CABLE, Dorling Kindersley, Bogotá, 1999.

Enciclopedia Visual Seres Vivos, Casa Editorial EL TIEMPO, Santillana, Bogotá, 1994.

Genial: Inventos y Descubrimientos, Casa Editorial EL TIEMPO, Dorling Kindersley, sin lugar, 2002.

Primeros auxilios: Primeros en la Escena, Ambulancias San Juan, sin lugar, 1997.

REVISTA NATIONAL GEOGRAPHIC EN ESPAÑOL, Editorial Televisa, México D.F., México, junio 2003.

Vivir Mejor, Casa Editorial EL TIEMPO, Seguro Social, Bogotá, sin fecha.

ILUSTRACIONES ORIGINALES (COLOMBIA)

José Galea