

## Ciclo del azufre

Es un nutriente secundario que se requiere para la formación de las proteínas, por lo cual se vuelve esencial para los organismos. Se encuentra principalmente en la corteza terrestre y es emitido a la atmósfera de forma natural a través de las erupciones volcánicas.

El ciclo comienza con la disolución del azufre de la corteza terrestre o del azufre atmosférico, a través del agua de lluvia o de los ríos. Al llegar al suelo es transformado por diversos grupos de bacterias que lo convierten de nuevo a formas gaseosas, como el ácido sulfhídrico –o sulfuro de hidrógeno– ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Estos se emiten a la atmósfera y vuelven a ser disueltos para regresar a la superficie terrestre.

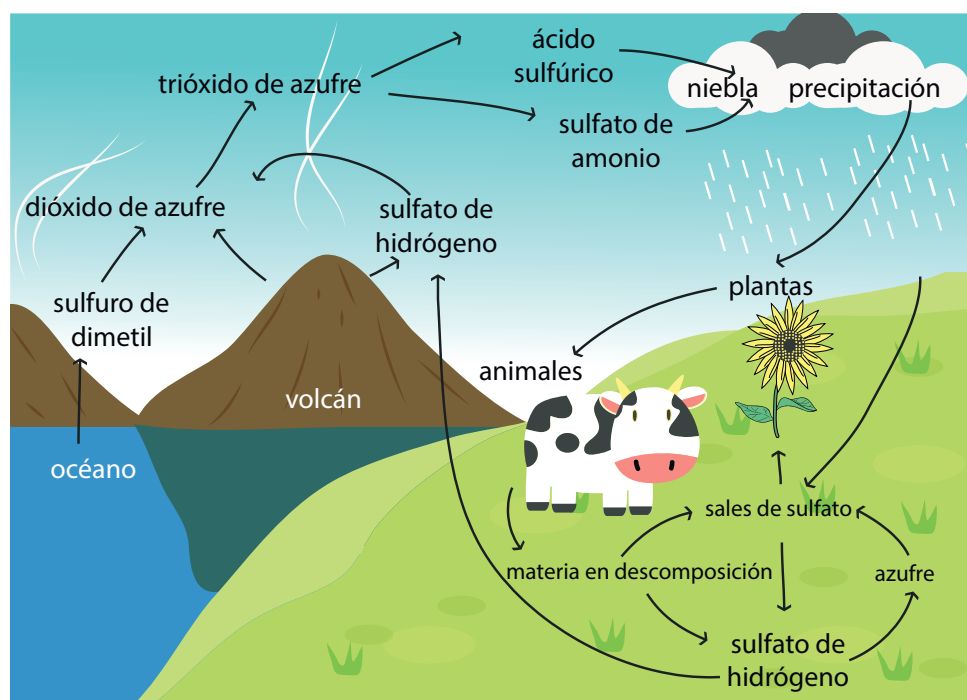


Figura 2.23. El ciclo del azufre

Las principales fuentes de azufre atmosférico son la quema de carbón, petróleo y los procesos metalúrgicos, que lo emiten principalmente como dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Este compuesto, que es muy **higroscópico**, al combinarse con agua forma la lluvia ácida, cuyas consecuencias revisaremos en el próximo bloque.

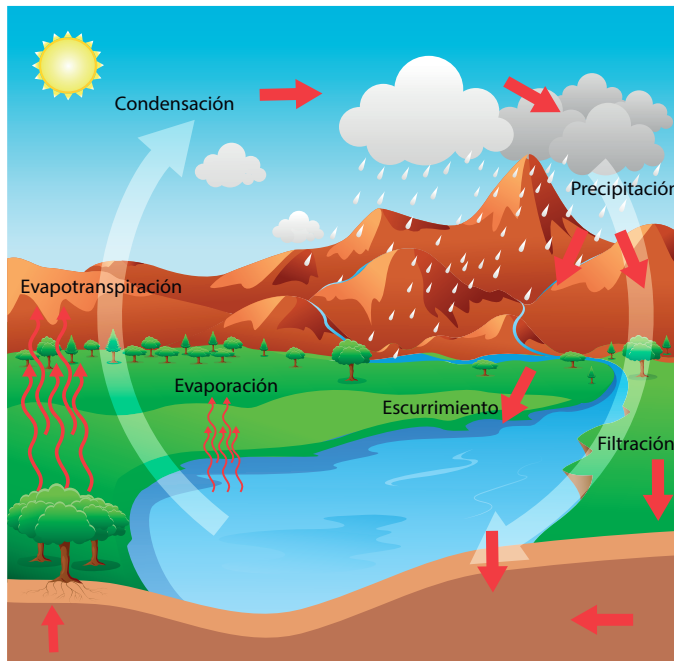


**Higroscópico:** Compuesto o sustancia química que tiene una alta afinidad con las moléculas de agua, y por lo tanto las absorbe en su superficie.

## Ciclo del agua

Otro ciclo que implica el flujo de materia y energía entre los compartimientos es el hidrológico, o ciclo del agua. En éste predominan los cambios de estado, donde el agua se mueve por la energía que absorbe del medio para cambiar de estado de agregación. Así el agua en la atmósfera se encuentra en forma de vapor, luego se condensa en las nubes para precipitarse en forma líquida, e incluso sólida en forma de nieve o granizo, hacia la superficie terrestre. Es bajo la forma líquida que la encontramos en los océanos, ríos, lagos, lagunas y acuíferos. Una vez que se precipita, el agua se mueve verticalmente a través de los poros del suelo, en un proceso conocido como infiltración, con lo cual enriquece los acuíferos o aguas subterráneas. Otro movimiento del agua de lluvia es el horizontal, a través de las laderas de los montes; a este movimiento se le conoce como escurrimiento, y en general, el destino final son los océanos, lagos y lagunas. Parte del volumen de agua de los suelos es absorbida por las plantas, que la emiten a la atmósfera en forma de vapor a través de la transpiración.

Cuando la temperatura disminuye –ya sea por un cambio de estación o porque se asciende en altitud o latitud–, el agua se solidifica, como en los casquetes polares, las puntas de los cerros o durante las nevadas de invierno o el granizo. Esta agua congelada puede pasar directamente al estado de vapor, a través de un proceso conocido como *sublimación*, donde la altitud juega un papel importante por las condiciones de presión atmosférica a las que se somete al agua. Así, este proceso es más común en las puntas nevadas de las cadenas montañosas.



Cuando se cambia de estación, o por efectos de la actividad humana, como el Calentamiento Global, el agua que se encontraba en estado sólido se funde y retorna al estado líquido, en un proceso denominado **fusión**.

Figura 2.24. El ciclo del agua

# Bloque II

Comprendes la dinámica de los ecosistemas que integran la biosfera

## Ciclo del oxígeno

El oxígeno es un elemento químico de gran abundancia en los seres vivos. Forma parte del agua y de todas las biomoléculas. Su presencia en la atmósfera se debe a la actividad fotosintética de organismos primitivos que paulatinamente convirtieron la atmósfera, que era reductora, a una atmósfera oxidante como la que conocemos hoy.

El ciclo del oxígeno se encuentra estrechamente ligado a los del carbono y el nitrógeno, dado que tiene una gran afinidad para formar enlaces con estos elementos. En consecuencia, el oxígeno se mueve junto con el carbono y el nitrógeno a través de los procesos de fotosíntesis, respiración, nitrificación y desnitrificación.

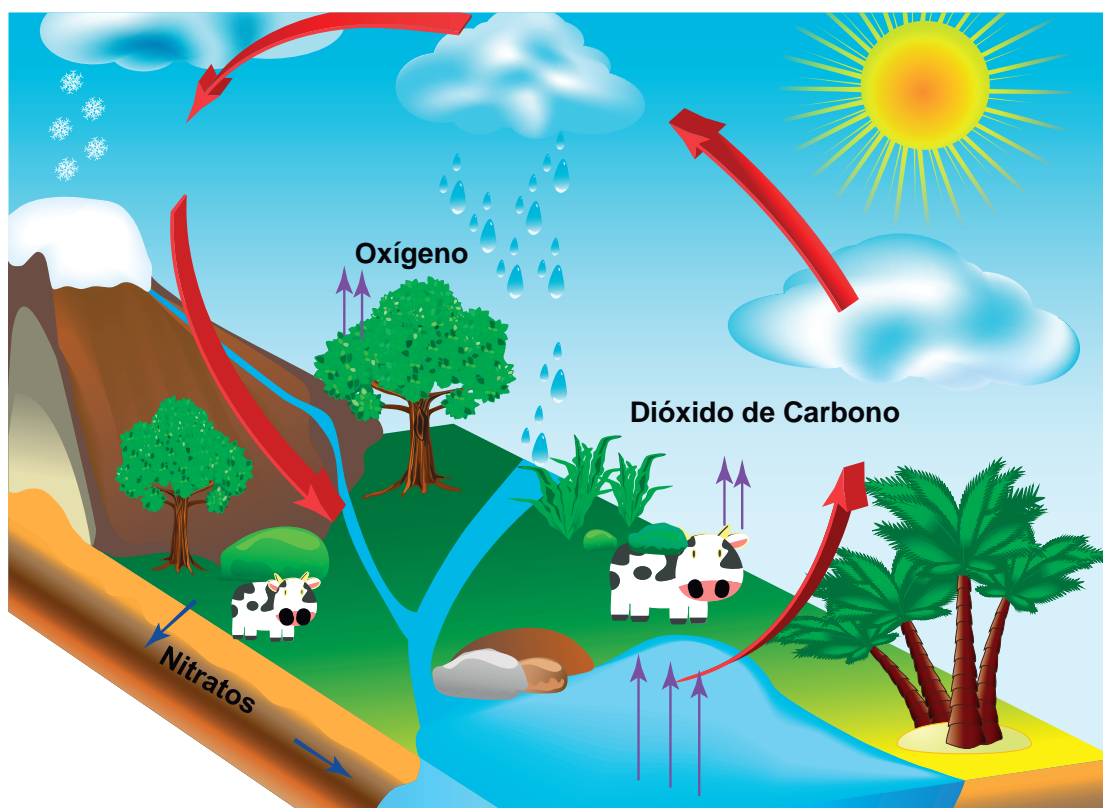


Figura 2.25. El ciclo del oxígeno

En la atmósfera el oxígeno molecular puede transformarse en ozono ( $O_3$ ) por la acción catalítica de la radiación solar. Este proceso es el responsable de la formación de la capa de ozono estratosférico, así como de la formación del ozono troposférico, cuyas consecuencias ambientales las revisaremos también en el siguiente bloque.

Si analizas con detalle los ciclos biogeoquímicos, puedes ver que cumplen de forma perfecta la ley de la conservación de la materia, dado que los diferentes elementos nunca se destruyen, solo se van transformando a diferentes combinaciones químicas y estados de agregación para moverse entre todos los compartimientos de nuestro planeta.

Por lo tanto todos los nutrientes que soportan la vida en la Tierra, son los mismos que han estado presentes desde el origen del planeta. ¿No te parece fabuloso cómo funciona la Tierra?



## Aprende más

### Flujo de energía

Los diferentes niveles que conforman una cadena trófica requieren la transformación de materia en energía y viceversa; estos dos conceptos (materia y energía), son fundamentales para comprender la dinámica de un ecosistema. Recuerda las definiciones que estudiaste en tus cursos de *Física* y *Química*, y en conjunto y con la orientación de tu asesor(a) elaboren entre todos una definición común que sirva de punto de partida para el estudio del siguiente tema.

Para comprender los flujos de materia y energía en los ecosistemas es importante recordar cuáles son los componentes bióticos de todos los ecosistemas. De acuerdo con la función que desempeñan en el medio ambiente, los factores bióticos (seres vivos dentro de un ecosistema), se pueden clasificar en: productores, consumidores primarios, consumidores secundarios, consumidores terciarios y desintegradores, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Clasificación de los factores bióticos.

Función	Descripción	Organismos
<b>Productor</b>	Organismos capaces de producir su propio alimento (autótrofos), cuyo metabolismo puede convertir moléculas inorgánicas como el CO <sub>2</sub> , óxidos de nitrógeno, azufre, etc., en moléculas complejas.	Plantas, algas y bacterias.
<b>Consumidor primario</b>	Organismos heterótrofos herbívoros que se alimentan de hojas, semillas, frutos, madera, raíces, flores, néctar.	Insectos, mamíferos herbívoros, algunos peces, aves y reptiles, entre otros.
<b>Consumidor secundario</b>	Organismos heterótrofos carnívoros que se alimentan de productores y consumidores primarios.	Arácnidos, mamíferos carnívoros, algunos peces y reptiles
<b>Consumidor terciario</b>	Organismos heterótrofos carnívoros. Depredadores de gran tamaño que se alimentan de los consumidores secundarios	Felinos, tiburones y aves depredadoras o rapaces
<b>Desintegrador</b>	Organismos heterótrofos que inician el proceso de descomposición de la materia orgánica muerta.	Bacterias, hongos e insectos, como las larvas de moscas y algunos coleópteros (escarabajos)

# Bloque II

## Comprendes la dinámica de los ecosistemas que integran la biosfera

Los seres vivos tomamos la materia y energía disponibles en nuestro entorno con el fin de utilizarlas para realizar procesos vitales (división celular y metabolismo), estas materia y energía pueden ser transferidos a otros seres vivos de un nivel trófico diferente, y también al ambiente.

La energía fluye en una sola dirección entre los seres vivos de un ecosistema, esta característica obliga a reponer la energía a partir de una fuente externa, como lo es la energía solar. Ésta es aprovechada por organismos productores, como las plantas, se transfiere a organismos consumidores, como los herbívoros, y luego a otros organismos consumidores, como los carnívoros. Todos los organismos de esta cadena constituyen la *biocenosis*. En cada transferencia de energía entre los diferentes tipos de organismos hay pérdidas en forma de calor. La materia tiene un comportamiento cíclico que permite que los elementos químicos sean transferidos entre los seres vivos y el **biotopo** de cada ecosistema.



### Sabías que...

Una biocenosis es el conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biotopo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia. Puede dividirse en *fitocenosis*, que es el conjunto de especies vegetales, *zoocenosis* y *microbiocenosis*. Un ecosistema, según la definición original de Tansley, está formado por la biocenosis junto con su ambiente físico o biotopo. El campo cultivado es la agrobiocenosis que, junto con su entorno físico-químico forman un agroecosistema. El término biocenosis fue acuñado en 1877 por Karl Möbius, quien subrayaba así la necesidad de enfocar la atención no en el individuo sino en el conjunto de individuos. En otras palabras es una comunidad o conjunto de poblaciones de diferentes especies que habitan una zona geográfica determinada y se ve influenciada por factores físicos, como la luz, la temperatura, la humedad, etc.

Tomado de: <http://lexicoon.org/es/biocenosis>



**Biotopo:** Territorio o espacio vital cuyas condiciones ambientales son las adecuadas para que en él se desarrolle una determinada comunidad de seres vivos.

Tomada de <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=biotopo>

La *energía* es la capacidad o habilidad de producir trabajo. En los organismos, cada trabajo biológico, como crecimiento, desplazamiento, reproducción, mantenimiento y reparación de tejidos dañados, requiere energía. La energía existe en múltiples formas: química, radiante, térmica, mecánica, eléctrica y solar, como se describe en el siguiente esquema.

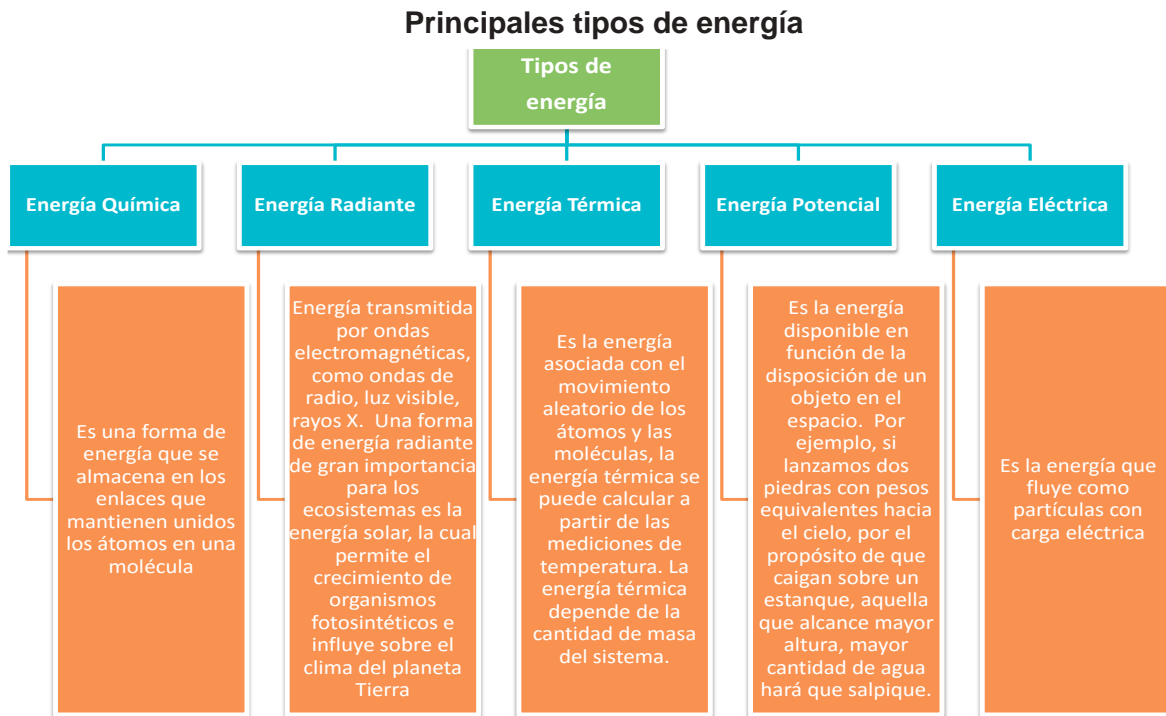


Figura 2.26. Tipos de energía

Dado que la energía es la capacidad para producir trabajo, generalmente se expresa en unidades de trabajo (kilojoules, kJ) o en unidades de calor (kilocalorías, kcal). Por ejemplo, al nivel del mar se requiere una kilocaloría de energía para elevar un grado centígrado ( $^{\circ}\text{C}$ ) la temperatura de 1 kg de agua. Una kcal es igual a 4.184 kJ.

En la figura anterior puedes ver que la energía puede existir en múltiples formas, por ejemplo puede estar almacenada (energía potencial) o en movimiento (energía cinética), y cambiar de una forma a otra. Este es justo el campo de estudio de la termodinámica, la energía y sus transformaciones.

Como todo en nuestro planeta está interconectado, es complicado estudiar un ecosistema con todas sus interacciones internas y externas, en consecuencia, retomamos el concepto de sistema –que estudiaste en *Física*– y lo aplicamos al estudio de la naturaleza. Así, para conocer cómo funciona un ecosistema lo separamos o aislamos conceptualmente del resto del universo físico mediante el uso de fronteras, de esta manera todo lo externo a la frontera será llamado entorno.

Recordarás que existen dos tipos de sistemas:

1. Un sistema cerrado, que tiene una frontera que no permite el intercambio de materia y energía con el entorno.
2. Un sistema abierto, que tiene una frontera que sí permite el intercambio de materia y energía con el entorno.



# Bloque II

## Comprendes la dinámica de los ecosistemas que integran la biosfera

Es muy útil aplicar la **teoría de sistemas** a la naturaleza, ya que podemos tener sistemas muy pequeños, como una célula (puedes identificar que ésta posee una membrana celular que la separa de su entorno y tiene como función principal permitir el intercambio de materia y energía con lo que se encuentra a su alrededor), pasando por sistemas de diferentes tamaños, como un ecosistema, un bioma o incluso nuestro planeta. En todos los casos, los sistemas biológicos poseen fronteras abiertas, es decir están sujetos a un intercambio de materia y energía con su entorno.



**Teoría de sistemas:** La teoría de sistemas (también conocida con el nombre de Teoría General de Sistemas, abreviado con la sigla TGS) consiste en un enfoque multidisciplinario de las particularidades comunes de diversas entidades. El biólogo de origen austriaco Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972), fue quien creó este concepto a mediados del siglo XX.

*Tomada de <http://definicion.de/teoria-de-sistemas/>*

Pero además puedes ver que es este flujo lo que los mantiene conectados, la energía sale de un sistema (una célula) y fluye a otro sistema (otra célula o un órgano). Por ello, se dice que en la naturaleza los sistemas están anidados, es decir, están interconectados y dependen los unos de los otros.

Como estamos hablando de sistemas, es importante que recuerdes que existen dos leyes sobre la energía que aplican a todo cuanto hay en el Universo: la primera y la segunda ley de la termodinámica.

### Primera ley de la termodinámica

Establece que los organismos intercambiamos energía con nuestro entorno y para ello la energía debe cambiar de forma. Si lo aplicamos a los sistemas vivos, entonces un buen ejemplo sería la conversión de la energía química contenida en los alimentos a la energía cinética o de movimiento necesaria para realizar una actividad física, como correr. Durante el ejercicio nuestra temperatura corporal aumenta y parte de esa energía es transferida a través de la piel a las moléculas que nos rodean, incrementando su temperatura, sin embargo como el número de moléculas es infinitamente grande, esa energía se disipa. Si realizamos un balance energético podemos establecer que la energía total del sistema –nuestro cuerpo y nuestro entorno– permanece sin cambio.

La energía presente en el Universo, desde su formación –hace 13,700 millones de años– hasta la actualidad es la misma. Un sistema puede absorber o entregarle energía a su entorno, pero la energía total contenida entre ambos será siempre la misma.

Esta ley especifica que un organismo no puede crear energía para vivir, sin embargo, puede capturar energía del ambiente para el trabajo biológico, proceso que involucra la transformación de un tipo de energía a otro.

Otro ejemplo interesante es la fotosíntesis, ya que durante este proceso las plantas absorben la energía de la radiación solar y la convierten en energía química, que es almacenada en los enlaces de las moléculas de los carbohidratos, como la glucosa. Del mismo modo, la energía química es transformada cuando los animales o los seres humanos se alimentan con una planta; éstos convierten la energía de los enlaces en energía mecánica, que emplean para diferentes actividades físicas.

Cómo lo hace el hombre se puede observar en la llamada *Pirámide NAOS*, un material didáctico elaborado por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, en el que gráficamente y a través de sencillos consejos se dan pautas sobre la frecuencia de consumo de los distintos tipos de alimentos que deben formar parte de una alimentación saludable y la práctica de actividad física, combinándolas por vez primera en un mismo gráfico.



Figura 2.27. La Pirámide NAOS

## Segunda ley de la termodinámica

¿Ya recordaste qué dice la segunda ley? Efectivamente, esta ley establece que cuando la energía se convierte de una forma a otra, disminuye la cantidad de energía útil.

Durante un proceso de transformación de la energía, como la conversión de la energía química almacenada en la gasolina en energía cinética, solo el 25% lo alcanza, el 75% restante se transforma en energía térmica.

El calor es una forma de energía menos útil porque solo incrementa la energía cinética de las partes del coche, la carretera y el aire que se encuentra alrededor del automóvil. Es esta energía en forma de calor la que es captada por las moléculas del aire, contribuyendo así al cambio climático.



# Bloque II

Comprendes la dinámica de los ecosistemas que integran la biosfera

La segunda ley de la termodinámica nos indica que ningún proceso de conversión de energía, ni siquiera los que se efectúan en el cuerpo, son completamente eficientes en el empleo de la misma para obtener un resultado específico. Por ende, existe una tendencia hacia la pérdida de complejidad, el orden y la energía útil, así como hacia el aumento en la aleatoriedad, el desorden y la energía menos útil. Esta tendencia se denomina *entropía*.

Es importante considerar que la Tierra no es un sistema cerrado, razón por la cual es indispensable el aporte energético de la radiación solar, que es la única fuente de energía que nos permite vivir en el mundo tal como lo conocemos.

## Fotosíntesis

La siguiente ecuación muestra de manera simplificada las moléculas involucradas en la producción de glucosa en una planta mediante el proceso de fotosíntesis:



El proceso de fotosíntesis como tal lo descubrieron los científicos hace más de 200 años. Joseph Priestley (químico, físico y teólogo británico) en la década de 1770 estableció experimentalmente la producción de oxígeno por las plantas y planteaba la hipótesis de que el proceso podría ser el inverso de la respiración animal que consume oxígeno, sin embargo; fue Jan Ingenhousz quien en 1779 correlacionó la producción de oxígeno con la necesidad de luz y con las partes verdes de las plantas. A mediados de 1880 se había deducido que la fotosíntesis vegetal requiere dióxido de carbono, agua y la energía lumínica para producir materia orgánica y oxígeno.

La reacción de la fotosíntesis se lleva a cabo en un organelo de la célula vegetal llamado *cloroplasto*. La captación de la energía solar se realiza gracias a una molécula llamada *clorofila*, que además genera el color verde característico de las hojas de las plantas.

Si lo analizamos con detenimiento, los organismos productores permiten el intercambio de materia y energía entre todos los niveles de consumo de una cadena trófica, ya que son los encargados de transformar la abundante radiación solar y moléculas inorgánicas, como el  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  por medio de la fotosíntesis, en moléculas orgánicas que proporcionan alimento.

## Respiración celular

La energía química que las plantas u otros organismos autótrofos productores almacenan en los carbohidratos y otras moléculas, es liberada por las células de organismos heterótrofos, pertenecientes a niveles tróficos de consumidores primarios, por medio de la respiración celular.

Este proceso en presencia de oxígeno permite que moléculas como la glucosa sean divididas y se produzca una pequeña cantidad de energía, que será utilizada para sintetizar moléculas como el Adenosin Trifosfato (ATP), que aportará la energía necesaria para el trabajo biológico (división celular, mantenimiento de la temperatura corporal, etc.). A medida que el trabajo se va realizando, tal como lo explica la primera ley de la termodinámica, se genera calor que se disipará hacia el entorno.

Algunos organismos, como las bacterias anaerobias, viven en lugares donde la concentración de oxígeno es baja o nula, como en el subsuelo, en el fondo de estanques, en los intestinos de algunos animales y en otros ambientes con estas mismas características, y en esas condiciones realizan sus funciones vitales.