

CÓMO VIVEN LAS PLANTAS

Autor: CARLOS VÁZQUEZ YANES

- [COMITÉ DE SELECCIÓN](#)
- [EDICIONES](#)
- [DEDICATORIA](#)



© Fondo de Cultura Económica
Primera edición, 1987
Quinta reimpresión, 1995
Segunda edición, 1997
ISBN 968-16-5219-3
Impreso en México

- [PREFACIO](#)
- [I. RECURSOS PARA LA VIDA DE LAS PLANTAS](#)
- [II. DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS](#)
- [III. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS EN EL ESPACIO Y EL TIEMPO](#)
- [IV. CAPTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS](#)
- [V. BREVE INTRODUCCIÓN AL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS](#)
- [VI. HISTORIA DE VIDA Y SU RELACIÓN CON LOS RECURSOS](#)
- [VII. LAS PLANTAS QUE UTILIZAMOS](#)
- [EPÍLOGO](#)
- [LECTURAS COMPLEMENTARIAS](#)
- [COLOFÓN](#)
- [CONTRAPORTADA](#)



COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Gerardo Cabañas

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores Valdés

Dr. Leopoldo García-Colín Scherer

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Raúl Herrera

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Julio Rubio Oca

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora:

María del Carmen Farías

Indice



la

ciencia/48

para todos

Primera edición (La ciencia desde México),1987

Quinta reimpresión,1995

Segunda edición (La ciencia para Todos),1997

La ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D.R. © 1987 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A. DE C. V.

D.R. © 1997 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-5219-3

Impreso en México



DEDICATORIA

Este pequeño libro está dedicado al doctor ARTURO GÓMEZ-POMPA, nuestro profesor de botánica en 1966, cuyo entusiasmo fue tan importante para despertar en los que fuimos sus alumnos el interés por las plantas.



PREFACIO

La mayoría de nosotros tomamos como un hecho natural el que las plantas vivan y crezcan a nuestro alrededor, consideramos su presencia como parte del paisaje y también, en ocasiones, como elemento indispensable de nuestra subsistencia, pero rara vez nos preguntamos si sabemos algo acerca de la manera en que se las arreglan para establecerse, crecer y reproducirse, qué es lo que requieren para alimentarse y cómo lo obtienen y de qué modo se ven afectadas por nuestras acciones.

Este pequeño libro intenta describir en forma sencilla lo que es una planta verde terrestre y cómo este ser vivo obtiene los recursos indispensables para su subsistencia. También introduce al lector a los aspectos más básicos de la historia de vida de las plantas, la manera en que los cambios en la Tierra han afectado a las plantas y, finalmente, la modificación que las plantas han realizado en el planeta, haciéndolo habitable para nuestra propia especie.



I. RECURSOS PARA LA VIDA DE LAS PLANTAS

DEBIDO a la naturaleza de nuestra propia fisiología, asociamos los procesos básicos de apropiación de recursos como el comer, el beber y el respirar, con el movimiento. En el ser humano cada uno de esos actos requiere de movimiento, apreciable a simple vista, lo mismo que en todos los demás animales terrestres y en la mayor parte de los acuáticos.

Para poder introducir los alimentos al cuerpo tenemos primero que atraparlos y después ingerirlos. Para tomar agua primero debemos buscarla y después beberla y para respirar tenemos que bombear continuamente aire hacia el interior de nuestro cuerpo. Sólo con movimiento obtenemos los elementos básicos que sostienen nuestra vida.

Los alimentos que los animales utilizamos son siempre plantas u otros animales, que se capturan vivos o se obtienen ya muertos, algunas veces en estado de descomposición. En todos los casos los nutrientes que nuestro organismo requiere se encuentran densamente concentrados en la masa alimenticia que ingerimos.

Las plantas toman nutrientes y agua y también respiran, pero lo hacen de una manera radicalmente distinta a la nuestra, entre otras razones porque carecen de movimiento aparente y además porque tienen la capacidad de llevar a cabo una serie de procesos químicos inexistentes en los animales. Las plantas absorben activamente los recursos que utilizan para vivir, pero lo hacen a una escala microscópica sobre la mayor parte de su superficie, lo que hace que para nosotros sea imposible percibir a simple vista la manera en que realizan esta función.

Plantas y animales requieren de energía para que puedan tener lugar los procesos químicos que originan la vida y el movimiento, pero existe una diferencia fundamental a este respecto entre ambos tipos de organismos vivos. Para las plantas, la fuente básica de energía es la luz del Sol: a partir de ella deriva la fuerza necesaria para generar todos sus componentes químicos, efectuar sus movimientos y crecer. Los animales no pueden utilizar la energía solar directamente como lo hacen las plantas, por lo que tienen que derivar la energía que requieren de estos organismos o indirectamente de animales que comen plantas. Para los animales son indispensables los compuestos cargados de energía que las plantas producen y que forman parte de su estructura.

La vida en nuestro planeta tiene como base ese proceso de absorción de energía solar que sólo las plantas verdes pueden efectuar, de manera que todos los demás seres vivos finalmente dependen de ellas para sobrevivir. En la figura 1 hemos representado diagramáticamente el camino que sigue la energía que genera la vida en la Tierra. Posiblemente exista algún otro planeta en el universo, habitado por seres vivos, en el que las cosas funcionen de otra manera, pero aquí, en la Tierra, la vida sólo tiene dos fuentes de subsistencia: la luz solar y la muerte de los propios seres vivos.

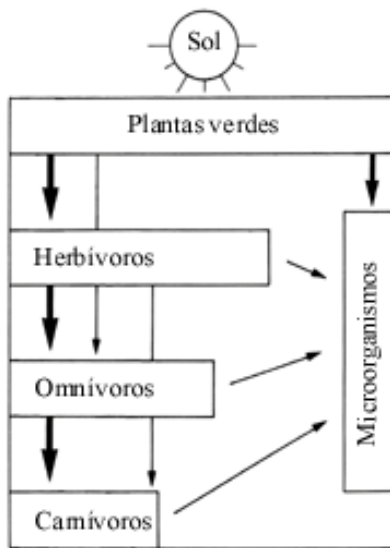


Figura 1. Este diagrama representa la forma en que los seres vivos están relacionados entre sí formando ecosistemas. Las plantas constituyen el punto de partida por su estrecha relación con el mundo inorgánico, ellas captan la energía solar y toman los recursos inorgánicos; después de procesarlos son transferidos a los demás seres vivos que no efectúan la función básica de la fotosíntesis.

El proceso por el cual las plantas utilizan la energía de la luz solar para desarrollar algunas reacciones químicas se llama *fotosíntesis*. Este conjunto de procesos químicos es sumamente complejo; sin embargo, ya ha sido descrito y estudiado por los científicos (fisiólogos de plantas) con mucho detalle y profundidad. La fotosíntesis tiene lugar en los órganos verdes de las plantas, principalmente en las hojas. Consiste en la transformación de dos compuestos tomados del medio externo: un gas llamado dióxido de carbono (CO_2) y un líquido, el agua (H_2O). Estas sustancias, muy estables, pueden llegar a combinarse para formar compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos son las moléculas más características que forman a los seres vivos. Su principal sustancia estructural es el carbono, que forma el esqueleto de todos los compuestos orgánicos; así que la materia viva deshidratada se forma principalmente por carbono, al cual se encuentran unidos elementos como el hidrógeno, oxígeno, etcétera.

La energía luminosa necesaria para la fotosíntesis puede ser utilizada gracias a la presencia de pigmentos especiales que efectúan esa función. El más importante de ellos es la *clorofila*, que es precisamente el que le da el color verde a las plantas. En la figura 2 hemos representado esquemáticamente y en forma muy simplificada el proceso de la fotosíntesis.

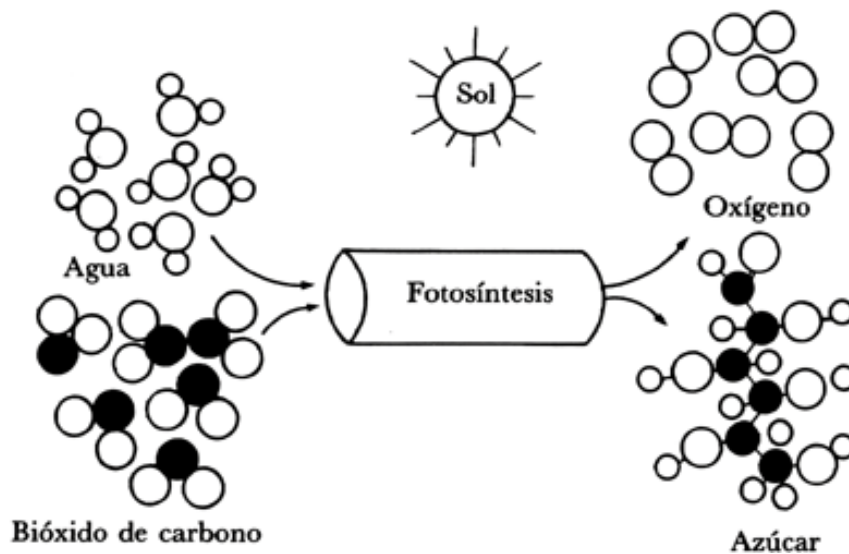


Figura 2. Diagrama simplificado de la fotosíntesis: a través de un complejo sistema captador de energía, formado a partir de la clorofila y otros pigmentos, las plantas verdes transforman compuestos simples y estables: dióxido de carbono y agua en compuestos orgánicos básicos que darán origen a todos los demás compuestos orgánicos que forman a los seres vivos.

Así bien, las plantas, a diferencia de los animales, no capturan activamente masas densas de compuestos alimenticios; en lugar de ello absorben moléculas aisladas a través de toda su superficie. Esto marca una diferencia fundamental entre ambos tipos de organismos vivos, pues para obtener esos recursos tan dispersos en el medio ambiente las plantas deben poseer una amplia superficie de contacto con el exterior, en lugar de la capacidad que tienen los animales de moverse en busca de alimento.

Las moléculas de dióxido de carbono presentan una concentración muy baja en la atmósfera: constituyen aproximadamente el 0.03% de los gases atmosféricos. Los gases más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno, de manera que el dióxido de carbono es sólo un componente secundario de la atmósfera; no obstante lo anterior, tiene primordial importancia para el sostenimiento de la vida.

Para poder obtener este gas tan enrarecido, las plantas normalmente ofrecen una gran superficie de contacto de sus órganos fotosintéticos con el aire. Una hoja no sólo es plana, es también en gran parte hueca, de manera que muchas de sus células están en contacto o a poca distancia del aire del que procede el dióxido de carbono que requieren. Otra razón por la cual casi todas las hojas son planas y dispuestas generalmente en posición horizontal, es que de esta manera ofrecen una mayor exposición a la luz solar directa, captando así más luz con el menor volumen. De este modo la fotosíntesis se efectúa con la mayor eficiencia posible.

En resumen, podemos decir que los compuestos orgánicos que forman parte de los alimentos son tomados por los animales y otros seres vivos no fotosintéticos inicialmente de las plantas, que son su única fuente. Estas, en cambio, puede producirlos de manera directa a partir de sus precursores químicos inorgánicos: dióxido de carbono, agua y minerales, utilizando para ello la energía de la luz solar que captan por medio de sus órganos verdes. Los compuestos así formados pasan a formar parte de la estructura de las plantas.

Con estas ideas es posible ver de manera clara la razón por la cual la parte aérea de las plantas, principalmente ramas y hojas, tiene una superficie de contacto con el ambiente tan extensa, en comparación con la de los animales. Las plantas obtienen de la atmósfera esencialmente dos cosas: moléculas muy dispersas y distribuidas en el aire, más o menos uniformemente, de dióxido de carbono y energía luminosa procedente del Sol. Estas dos cosas, más el agua del suelo, son el principal alimento de las plantas. Los animales, por su parte, para buscar plantas o atrapar otros animales, vivos o muertos, requieren de movimiento y, para ingerir sus alimentos, por lo general sólo tienen un orificio de entrada en toda la superficie de su cuerpo.

Una planta de maíz adulta llega a tener una superficie total de contacto con la atmósfera superior a los 10 m², sin contar los espacios huecos del interior de las hojas. Un ser humano adulto quizá llegue sólo a 2 m², sin contar naturalmente los espacios huecos de los pulmones y el aparato digestivo, que en cierta manera también están en contacto con un medio ambiente modificado de donde se absorben el oxígeno y los alimentos. En la figura 3 se muestra una comparación entre una planta y un animal por lo que respecta a superficie exterior.

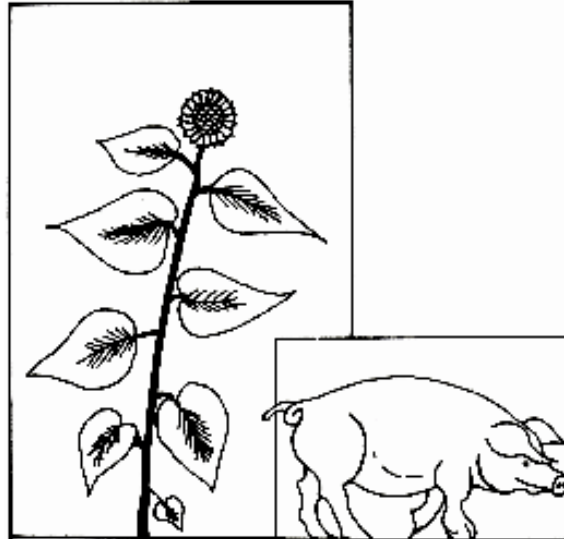


Figura 3. Se compara aquí la forma de una planta y la de un animal. A pesar de que el peso del cerdo es muchas veces superior a la del girasol, esta planta tiene una superficie de contacto con el ambiente mucho más extensa.

Más adelante veremos cómo cambia la superficie de contacto de las plantas con el aire a través de las estaciones del año y la importancia que esto tiene en la sobrevivencia.

En las líneas anteriores hemos visto algo acerca de la absorción de recursos a través de la parte aérea de las plantas. Sin embargo, ¿qué ocurre con la parte de las plantas que crece bajo la superficie del suelo? A través de las raíces de las plantas se absorben también sustancias esenciales para la vida vegetal, principalmente agua y con ella otros elementos que, en cantidades relativamente pequeñas, forman parte de moléculas orgánicas o participan en algunas reacciones químicas vitales.

Al igual que la parte aérea de las plantas, las raíces se ramifican y se extienden dentro de un gran volumen de suelo, en relación con su propio peso, aumentándose así la superficie a través de la cual pueden absorber el agua y los nutrientes minerales que se encuentran disueltos en ella.

En la figura 4 mostramos la relación que existe entre la superficie aérea y la superficie subterránea de una planta. A veces las dos superficies son equivalentes, con el tallo actuando como puente de unión entre ambas. En lugares secos, las raíces tienden a ser más extensas y ocupar un mayor volumen que en lugares húmedos. En lugares intermedios, la superficie de la raíz puede ser equivalente a la de las hojas de una planta.

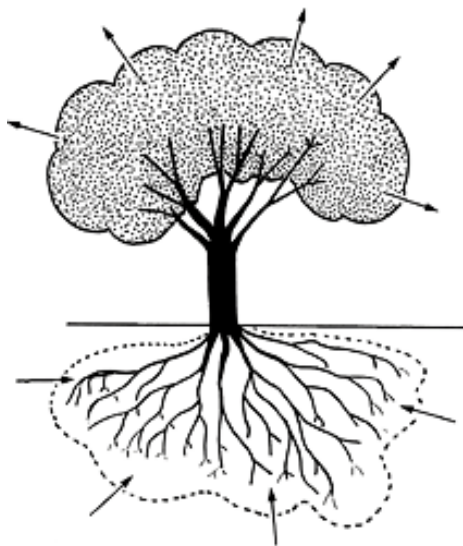


Figura 4. La superficie de contacto de las raíces con el volumen de suelo en que penetran tiende a ser equivalente a la de la copa, de manera que la absorción de agua compensa la pérdida por transpiración durante la estación de crecimiento.

¿Cuánta agua necesita una planta? Ésta es una pregunta importante que con frecuencia se hacen los botánicos, los agricultores y también aquellos que ocasionalmente riegan una maceta. Si las plantas conservaran toda el agua que absorben, pronto alcanzarían enormes volúmenes, pero la realidad es que la mayor parte del agua que toman a través de las raíces se evapora a la atmósfera por la superficie de las hojas y, en menor escala, por tallos y ramas.

El hecho de que las plantas tengan tan amplia superficie de contacto con el aire, tiene también su lado desfavorable ya que, en ciertas circunstancias, este contacto ocasiona una evaporación intensa del agua de las células de las hojas.

Para que el dióxido de carbono del aire pueda penetrar a las células de la hoja, es necesario que la superficie de éstas sea húmeda y que no existan barreras físicas de consideración que impidan el contacto del aire con las células fotosintéticas; así que, a cambio de captar dióxido de carbono, las plantas se ven necesariamente sujetas a una intensa pérdida de agua por evaporación. Una planta de maíz de 1.5 m de altura ha requerido aproximadamente 200 litros de agua para crecer y, sin embargo, sólo contiene alrededor de 2 litros de agua. Por cada molécula de dióxido de carbono de la atmósfera que una planta logra fijar, se pierden por lo menos 10 moléculas de agua.

Como consecuencia de la intensa transpiración de las plantas verdes, las raíces deben ser extensas para recuperar del suelo toda el agua que pierden las hojas. Se calcula que la raíz de una planta adulta de cebada puede llegar a tener una superficie total de alrededor de 7 m² con un peso de sólo medio kilogramo, así que al dividir la superficie entre el volumen (s/v) resulta una cifra muy elevada. Este cociente puede servir para expresar matemáticamente la importancia de ofrecer una amplia superficie de contacto al medio en los diferentes tipos de seres vivos. En la mayoría de los animales tiende a ser una cifra pequeña. El cuadro I muestra una comparación.

CUADRO I. Si expresamos la superficie (s) en decímetros cuadrados (dm²) y el volumen (v) en decímetros cúbicos (dm³), podremos comparar el cociente (s/v) entre un animal y una planta:

	<i>Superficie</i>	<i>Volumen</i>	<i>s/v</i>
Girasol	1000	6	166

La absorción de agua sólo es posible cuando el suelo tiene bastante humedad, de manera que cuando éste se seca las plantas pueden marchitarse; es decir, pierden más agua de la que pueden recuperar del suelo y como consecuencia de ello sus tejidos se deshidratan un poco, perdiendo la turgencia que normalmente tienen, las hojas pierden rigidez y penden flácidas de las ramas y, si la deficiencia de agua se prolonga por más tiempo o se intensifica, las plantas pueden llegar a morir por desecación.

En muchos lugares de nuestro planeta, debido al clima, la desecación del suelo ocurre regularmente cada año en determinada estación o estaciones. Las plantas que viven en esos ambientes tienen mecanismos para prevenir el daño que la desecación puede causar. Si la sequía es una condición casi permanente de un lugar, como pasa en los desiertos, entonces las plantas que viven en ellos tienen características especiales que reducen a un mínimo la pérdida de agua, aunque también impiden un crecimiento rápido. Más adelante analizaremos con detalle estos casos.

Además del agua, las raíces absorben del suelo otros elementos químicos que son esenciales para la vida de las plantas, pero que son requeridos en cantidades relativamente pequeñas. Algunos de estos elementos forman parte de las moléculas orgánicas importantes, otros tienen complejas funciones fisiológicas, otros sólo se requieren para que algún proceso fisiológico muy específico pueda realizarse y otros más únicamente son necesarios para determinados tipos de plantas.

Todos estos elementos químicos entran en la planta disueltos en el agua, lo que incrementa aún más la importancia del agua para la vida vegetal. El agua no sólo es nutrimento necesario para la fotosíntesis, también se requiere para compensar las pérdidas por transpiración y es al mismo tiempo el vehículo que introduce a la planta otros nutrientes esenciales.

Los elementos minerales que utilizan las plantas tienen una distribución y abundancia muy variables en el suelo y algunos de ellos son siempre relativamente escasos; por esto, la amplia superficie de contacto de la raíz con el suelo también contribuye a facilitar la absorción de esos nutrientes.

La cantidad de nutrientes minerales disponibles puede llegar a afectar en forma importante el crecimiento de las plantas. Por ello, para mantener una alta productividad agrícola con frecuencia se recurre al uso de fertilizantes como medio para enriquecer el contenido de nutrientes del suelo. Sin embargo, muchas plantas silvestres pueden encontrarlos y absorberlos aun en los suelos más pobres.

A pesar de su importancia, la gran mayoría de los nutrientes minerales participan con una fracción muy pequeña en la composición total de una planta. En el cuadro II se presenta la composición del peso de una planta de maíz recién recogida en un campo.

CUADRO II. Una planta de maíz formada aproximadamente por ocho partes de agua y dos de materia seca, que es el remanente después de quitar toda el agua que la planta contiene. Si analizamos la proporción que guardan los átomos de los diferentes elementos en el total que compone la materia seca, encontramos lo siguiente:

Hidrógeno	48.6%	Magnesio	0.05%
Carbono	28.2 %	Fósforo	0.05%
Oxígeno	21.6 %	Calcio	0.04%
Nitrógeno	0.84%	Azufre	0.04%

Silicio .032%
Potasio 0.18%

Hierro 0.01%
Otros elementos 0.07%



II. DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS

ANALIZAREMOS, ahora con un poco más de detalle, la manera en que se distribuye y es utilizado cada uno de los recursos esenciales que las plantas toman de su medio circundante.

El dióxido de carbono

Como ya mencionamos, este gas forma parte del aire junto con el nitrógeno y principalmente, el oxígeno, también el vapor de agua y otros gases de menor concentración. Tiene una concentración muy pequeña en la atmósfera, pero se distribuye de manera uniforme en toda la atmósfera baja, de manera que las plantas lo encuentran en cantidad suficiente en su medio y usualmente no compiten por él, salvo en algunos bosques y selvas muy densos donde la concentración del gas puede llegar a bajar a mediodía, debido a la gran cantidad de plantas verdes que lo están absorbiendo al mismo tiempo.

Hace millones de años, en tiempos geológicos primarios, el dióxido de carbono fue un componente más abundante, de la atmósfera terrestre. Es posible que su concentración haya llegado a ser superior al 1%. Buena parte de este gas fue fijado por las plantas verdes, tanto terrestres como acuáticas, en su estructura. Algunas de esas plantas y animales que se alimentaban de ellas, al morir no sufrieron una descomposición total, quedando en cambio enterrados en capas cada vez más profundas del suelo. Así se originaron los depósitos de carbón mineral en tierra y los de hidrocarburos (petróleo) en los antiguos mares. Por lo tanto, parte del dióxido de carbono fue retirado de la atmósfera e inmovilizado en este proceso.

Otra parte del gas se fue disolviendo en el agua del mar para dar lugar a la formación de un ácido débil que fácilmente puede unirse al calcio, presente en muchos tipos de rocas. El compuesto químico así formado se llama bicarbonato de calcio y muchos organismos marinos, como cianobacterias, algas verdes y rojas, corales, ciertos animales y plantas microscópicos y todos aquellos animales que forman conchas, pueden retirar el bicarbonato de calcio del agua y transformarlo en un compuesto insoluble llamado carbonato de calcio, que forma los esqueletos y las conchas de esos seres vivos. Gran parte del carbonato de calcio así elaborado ha pasado a formar parte de varias clases de roca. Este proceso también, en algunos casos, puede ocurrir sin la intervención de seres vivos.

La formación de carbonatos de calcio ha ido causando con el tiempo la disminución del dióxido de carbono de la atmósfera, lo cual indirectamente también ha ido causando cambios al clima terrestre a través de millones de años. Uno de los efectos probables de este cambio ha sido el que la Tierra haya pasado de ser un planeta uniformemente cálido a presentar regiones con estaciones marcadas, frías y calientes.

Existe aún bastante dióxido de carbono en la atmósfera terrestre como para sostener la vida de las plantas verdes por muchos millones de años más. Al respecto vale la pena mencionar lo siguiente: el uso que hemos hecho del carbón mineral y del petróleo, reintegra a la atmósfera el dióxido de carbono, de manera que en los últimos cincuenta años se ha podido medir un ligero incremento en la concentración total del gas, así que mientras nuestra especie no se extinga, es poco probable que el dióxido de carbono disminuya, posiblemente más bien tenderá a aumentar.

Cuando el dióxido de carbono de la atmósfera entra a las células fotosintéticas de las plantas, llega a un organito celular llamado cloroplasto en donde sufre las transformaciones de la fotosíntesis. El carbono de este gas pasa aquí a formar parte del esqueleto de moléculas orgánicas simples que posteriormente darán origen a todos los demás compuestos químicos que forman la materia viva. Esta parte de las transformaciones que sufre el carbono en la naturaleza se llama *ciclo orgánico*, por tener lugar con la participación de los seres vivos.

Los compuestos orgánicos son utilizados en otra función vital que realizan todos los seres vivos, llamada

respiración. Ésta es un conjunto de reacciones químicas que consiste esencialmente en la oxidación de algunos de los diferentes tipos de compuestos orgánicos, en donde se libera la energía que éstos contienen para dar lugar al movimiento y al desarrollo de todos los procesos fisiológicos que constituyen la vida. En la respiración, el oxígeno tomado por los seres vivos transforma los compuestos orgánicos en las moléculas que inicialmente les dieron origen en las plantas verdes: dióxido de carbono y agua, que escapan como gas y vapor nuevamente a la atmósfera.

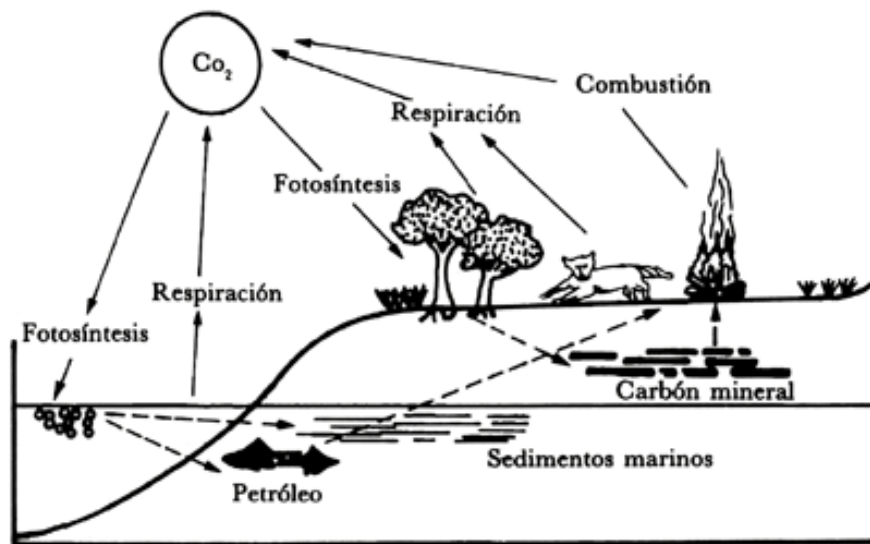


Figura 5. El carbono es el elemento estructural de los compuestos orgánicos. Es tomado del aire por las plantas, en forma de dióxido de carbono (CO_2). Aquí se indica el camino que sigue este elemento en su ciclo a través de plantas, animales, atmósfera y suelo.

El carbono orgánico que no es usado en la respiración forma parte de la estructura de animales y plantas. Éstos, al morir, caen al suelo en donde sirven de alimento a hongos, bacterias y otros microorganismos, de manera que la mayor parte del agua y el dióxido de carbono regresa al mundo de lo inorgánico: la atmósfera, el agua y el suelo. A todo el ciclo que hemos descrito en las líneas anteriores se le conoce como *ciclo del carbono*. Lo hemos representado esquemáticamente, en forma simplificada, en la figura 5.

El agua

Este líquido tan esencial es una de las más grandes maravillas de nuestro universo. Las propiedades y características que hacen de ella la sustancia más adecuada para sostener la vida son casi innumerables, de modo que aquí mencionaremos sólo algunas de ellas.

El agua es como un cristal líquido muy transparente, con propiedades térmicas extraordinarias; por ejemplo, el hecho de que sea más ligera cuando es sólida (hielo) que cuando es líquida es una propiedad única entre todos los compuestos químicos. Esto permite que el hielo flote en la superficie de mares y lagos en lugar de irse al fondo. Si esto ocurriese, gran parte del océano y muchos lagos estarían para siempre congelados y sin vida.

El agua es un gran solvente, pero a pesar de ello es químicamente estable y neutra. A diferentes temperaturas, no demasiado cercanas entre sí, es gaseosa, líquida o sólida, pero para cambiar de estado requiere de bastante energía, lo cual tiene como consecuencia, entre muchas otras cosas, el carácter extraordinariamente benigno y estable del clima de nuestro planeta, en comparación con el que existe en otros planetas que no tienen agua, o al menos no tanta como el nuestro. Sin duda, el tema "agua", serviría para escribir un volumen completo, que sería muy interesante para todos.

El agua es sumamente abundante sobre la corteza terrestre y también en algunos lugares en el subsuelo,

pero no lo es tanto como para no darse ocasionalmente a desear, en muchos sitios de la Tierra.

Para las plantas que viven en el mar y en muchas masas acuáticas terrestres, el agua está siempre presente y no es necesario que posean estructuras para evitar la desecación. No sucede lo mismo en los medios terrestres: para la gran mayoría de las plantas emergidas, el suelo es el reservorio en donde se almacena el agua, a partir del cual las plantas pueden recuperar la que pierden por la transpiración, pero el suelo no siempre tiene en cada lugar y en cada estación del año la misma cantidad de agua. En ocasiones puede estar impregnado de humedad, pero a veces puede estar totalmente seco, dependiendo del clima, tiempo, tipo de suelo, pendiente, cercanía o lejanía de cuerpos de agua y consumo de agua que las plantas hacen. El agua disponible es, pues, sumamente variable en abundancia en el medio donde los vegetales crecen y esto determina muchas de las características de la historia de la vida de cada especie de plantas.

El agua desempeña muchas funciones en las plantas. Además de ser la fuente de hidrógeno y oxígeno indispensables en la fotosíntesis para la construcción de moléculas orgánicas, es necesaria también en su papel de medio en el cual tienen lugar todas las reacciones químicas que constituyen las funciones vitales; asimismo, es el vehículo que conduce infinidad de compuestos dentro de los seres vivos, es el solvente del dióxido de carbono y de todos los demás nutrientes de las plantas, actúa como agente regulador de la temperatura y como enfriador cuando es evaporada de las hojas, evitándose así que el calor del Sol las dañe. Sirve como generadora de turgencia (firmeza) de los órganos vegetales y es, en fin, la más abundante y básica de todas las sustancias que forman la materia viva: la mayoría de los tejidos vegetales tienen entre un 60 y un 90% de agua.

La vida como la conocemos en la Tierra está construida por dos materias principales: agua y carbono. En otros planetas las sustancias básicas de la vida podrían ser diferentes; hasta ahora esto parece poco posible.

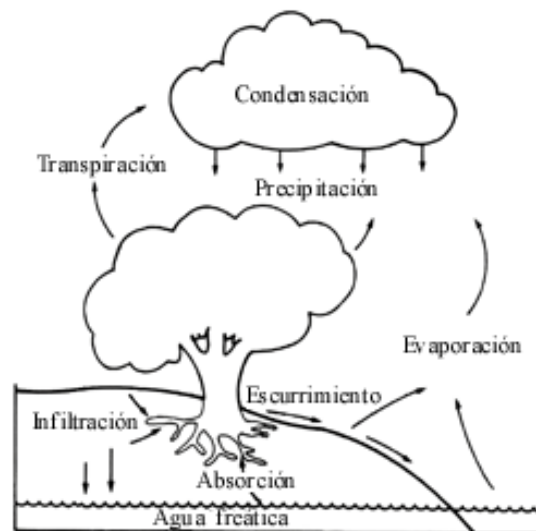


Figura 6. El agua que se evapora de los mares, lagos, la vegetación y el suelo, se condensa en la atmósfera, regresa al subsuelo y de éste se mueve hacia los cuerpos de agua, las plantas y el interior del suelo. El ciclo hidrológico permite que exista humedad para las plantas en la superficie emergida de la tierra.

En la figura 6 hemos representado esquemáticamente y en forma muy simplificada el ciclo del agua en la naturaleza.

El oxígeno

Este gas presenta una considerable abundancia en la atmósfera, pues constituye aproximadamente una quinta parte de su volumen. Forma también parte del agua y de muchos otros compuestos químicos de las

rocas y del suelo. En su forma gaseosa o molecular (O_2) es producido por las plantas verdes como otro producto de la fotosíntesis; por ello se dice popularmente, y con razón, que las plantas oxigenan el aire. Las plantas también necesitan del oxígeno y a veces lo toman del aire, cuando el que producen en la fotosíntesis es insuficiente o cuando no efectúan la fotosíntesis durante la noche. También absorben el oxígeno atmosférico o del suelo, aquellos órganos vegetales que no son verdes.

El oxígeno es importante para plantas y animales por su poder oxidante, además de que forma parte de la estructura de la mayoría de los compuestos orgánicos vitales. El oxígeno molecular es el agente que conduce a la liberación de la energía contenida en los compuestos orgánicos (y que procede originalmente del Sol), a través del conjunto de reacciones químicas llamado respiración. En la figura 7 hemos intentado representar la importancia de la respiración y su producto final.

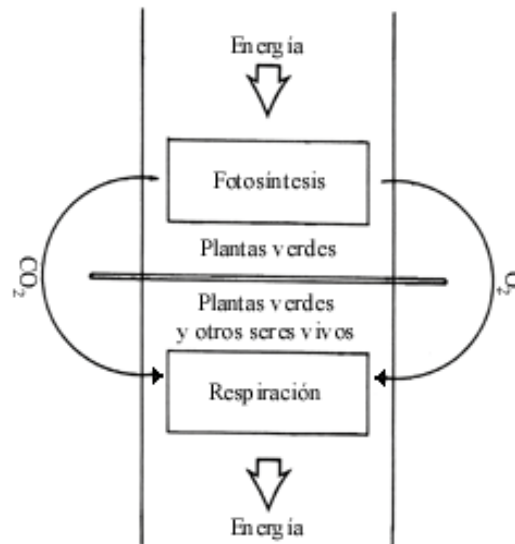


Figura 7. La respiración es el proceso fisiológico básico de los seres vivos en el que la energía contenida en los compuestos orgánicos, inicialmente formados en las plantas, es recuperada para activar otros procesos fisiológicos.

Al hacer un balance entre fotosíntesis y respiración, se encuentra que las plantas verdes en crecimiento liberan más oxígeno del que necesitan para respirar, siendo ésta la causa de que la atmósfera terrestre tenga tanto oxígeno. En el pasado, el oxígeno molecular fue mucho menos abundante en la Tierra, pues se ha comprobado que el oxígeno de la atmósfera procede principalmente de la actividad fotosintética de ciertos microorganismos, las algas y las plantas terrestres, que han ido liberando parte del oxígeno que originalmente formaba parte del agua. Cuando comenzaron a aparecer en los mares los primeros microorganismos fotosintéticos, hace más de cuatro mil millones de años, no había oxígeno en la atmósfera terrestre.

El balance positivo del oxígeno en los procesos de fotosíntesis/respiración, permitió la gradual acumulación del oxígeno en la atmósfera, dando lugar a que los animales y otros organismos no fotosintéticos pudieran evolucionar, disponiendo del oxígeno necesario para su respiración. El ciclo del oxígeno en la naturaleza se esquematiza en la figura 8.

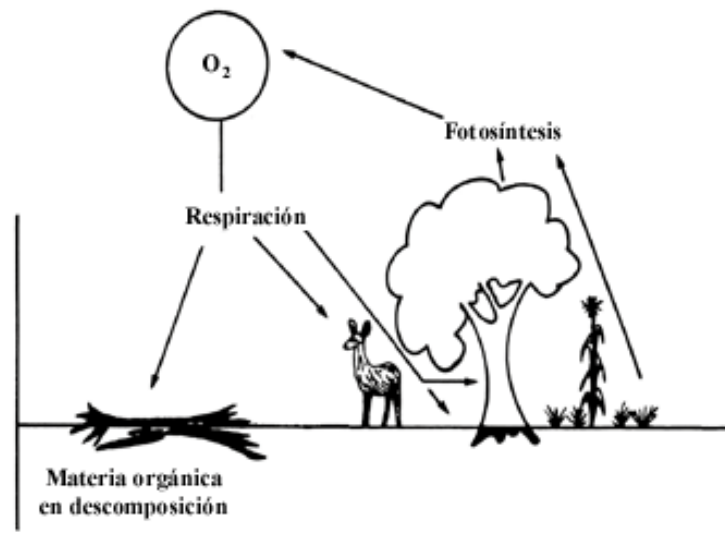


Figura 8. El oxígeno es un gas abundante en la atmósfera. En este diagrama se representa su ciclo en la naturaleza. El oxígeno usado en la respiración se transforma en un componente del dióxido de carbono, de manera que el ciclo del oxígeno está estrechamente relacionado con el del carbono.

Las plantas disponen de todo el oxígeno que requieren en la atmósfera pero a veces éste escasea en el suelo, donde es necesario para las raíces. Suelos muy compactos o muy húmedos pueden ser muy pobres en oxígeno, dificultándose así el crecimiento de muchas plantas. Por los vasos de las plantas no circulan células encargadas de transportar el oxígeno, como sucede en los animales. Cada órgano vegetal tiene que tomar directamente el oxígeno del medio externo más cercano por toda su superficie.

Nutrimientos del suelo

Los nutrientes que las plantas toman del suelo, junto con el agua, pueden dividirse en dos grupos, de acuerdo principalmente con la cantidad de ellos que es requerida para las funciones vitales: los macronutrientes y los micronutrientes. *Los macronutrientes o macroelementos* se requieren, como su nombre lo indica, en cantidades relativamente grandes; éstos son: el nitrógeno (**N**), el fósforo (**P**), el azufre (**S**), el potasio (**K**), el calcio (**Ca**) y el magnesio (**Mg**). *Los micronutrientes u oligoelementos* se requieren en cantidades muy pequeñas y son: el hierro (**Fe**), el cobre (**Cu**), el cinc (**Zn**), el boro (**B**), el manganeso (**Mn**), el molibdeno (**Mo**) y el cloro (**Cl**). Otros micronutrientes son requeridos sólo por algunos tipos de plantas pero no por todas; algunos de ellos son: el cobalto (**Co**), el sodio (**Na**) y el silicio (**Si**).

La mayoría de estas sustancias forma parte, en mayor o menor cantidad, de las rocas de la corteza terrestre y por lo tanto del suelo que se forma a partir de ellas, pero su distribución dista mucho de ser uniforme, pues en algunos sitios uno o varios pueden escasear y en cambio, existir en exceso en otros lugares. Ahora describiremos, uno a uno, el papel que estos elementos desempeñan en la vida de las plantas.

El nitrógeno. Este elemento tiene como principal función, en todos los organismos vivos, formar parte de la estructura química de algunas de las moléculas orgánicas más importantes de las que forman la estructura de las células vivas: las proteínas, así como otros compuestos fundamentales.

El nitrógeno se encuentra en el planeta principalmente en forma de nitrógeno molecular (**N₂**), que es un compuesto gaseoso. Este gas es el principal componente de la atmósfera, de la que forma casi las cuatro quintas partes, pero a pesar de su enorme abundancia en el aire, las plantas no pueden utilizar directamente el nitrógeno molecular atmosférico, salvo interesantes excepciones que después analizaremos.

Las plantas generalmente absorben el nitrógeno por las raíces, formando parte de compuestos conocidos como nitratos o como amonio. Para que el nitrógeno atmosférico se transforme en los compuestos que las plantas pueden absorber, puede seguir varios caminos que hemos descrito esquemáticamente en la figura 9

como ciclo del nitrógeno.

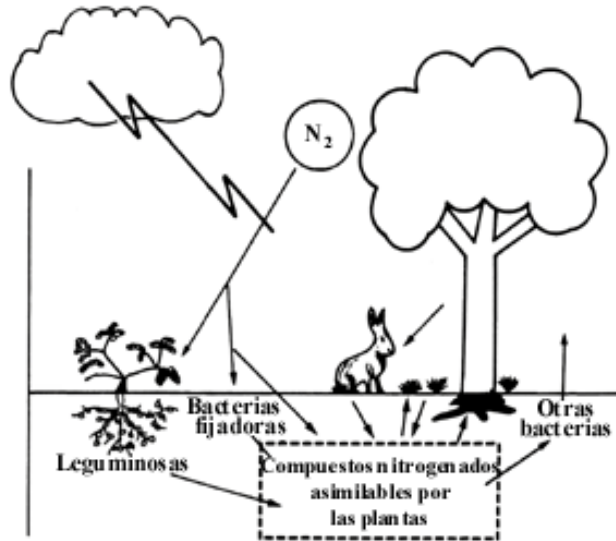


Figura 9. El nitrógeno es el nutriente edáfico requerido en mayor cantidad por las plantas. En su forma más abundante, es el gas principal de la atmósfera (N_2). Gracias a la actividad de algunos microorganismos y a las tormentas, algo del nitrógeno puede transformarse en compuestos utilizables por las plantas que los absorben del suelo. Aquí se representan las etapas de su ciclo en la naturaleza.

Los compuestos con nitrógeno presentes en el suelo pueden tener varios orígenes: parte de ellos puede proceder de la descomposición de animales y plantas que han muerto y liberado sus componentes nitrogenados al suelo; otra parte puede provenir de reacciones químicas que se producen en la atmósfera entre el nitrógeno, el oxígeno y el agua, cuando hay tormentas eléctricas que generan rayos; otra más puede provenir de materia fecal y restos orgánicos de desecho y, finalmente, una parte muy importante llega al suelo gracias a la actividad de ciertos microorganismos, principalmente algunos tipos de bacterias, que pueden utilizar directamente el nitrógeno molecular atmosférico para producir sus proteínas.

Estas bacterias pueden vivir libres utilizando como alimento la materia orgánica en descomposición o bien, algunas de ellas, pueden vivir dentro de las células de las raíces de algunas plantas, que adquieren de esta manera, indirectamente, la posibilidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

La mayoría de las plantas que tienen bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a sus raíces pertenecen al grupo conocido como "leguminosas", muchas de las cuales producen alimentos básicos para el hombre. Las leguminosas se caracterizan, entre otros rasgos, por tener frutos en forma de vaina generalmente alargada, que se seca antes de liberar las semillas. Como leguminosas importantes podemos mencionar: frijol, garbanzo, cacahuete, soya, chícharo, lenteja y tamarindo. Casi todas ellas son alimentos ricos en proteínas, quizá principalmente debido a esas maravillosas bacterias que les proporcionan todo el nitrógeno que puedan requerir. Otra importante propiedad de las leguminosas es que pueden enriquecer a la larga el contenido de nitrógeno de los suelos en que crecen, favoreciendo así a otras plantas que no pueden fijarlo del aire por carecer de bacterias fijadoras asociadas.

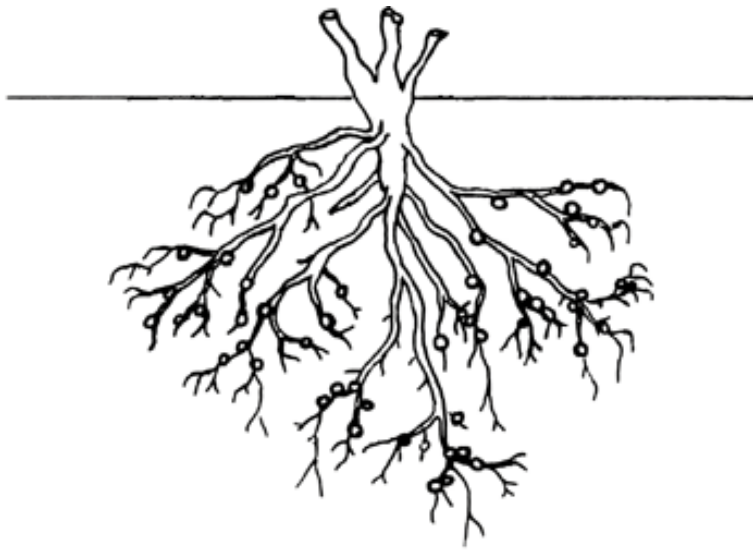


Figura 10. Las raíces de las leguminosas con frecuencia están asociadas con bacterias capaces de transformar al nitrógeno de su forma gaseosa a compuestos asimilables por las plantas. Esta posibilidad tiene gran importancia en la naturaleza y para la vida del hombre.

En la figura 10 se muestra la forma que adquieren las raíces de las leguminosas cuando están infectadas por bacterias fijadoras de nitrógeno.

Un cierto tipo de algas primitivas conocidas como algas verde-azulosas o cianobacterias también pueden fijar el nitrógeno atmosférico, lo cual resulta importante en el balance de nitrógeno del mar, algunos lagos, pantanos y arrozales inundados.

El nitrógeno constituye parte de los fertilizantes vendidos en el comercio, que pueden contenerlo en forma de nitrato, amonio o urea, o también en mezclas de los tres tipos de compuestos. Las aves que se alimentan de peces y los murciélagos que se alimentan de insectos producen un excremento muy rico en nitrógeno llamado guano, que a veces también es utilizado en agricultura.

La industria petrolera ha dado lugar a la producción de fertilizantes nitrogenados baratos, a partir del amoniaco que es un subproducto de esta industria.

El fósforo. Este es otro elemento que forma parte de algunas de las sustancias orgánicas más importantes de la materia viva, principalmente los ácidos nucleicos que forman los genes que contienen la información sobre la herencia. Las plantas absorben el fósforo del suelo en forma de fosfatos, que proceden de las rocas que originaron el suelo o también de la descomposición de materia orgánica que lo contiene, procedente de seres vivos. Con mucha frecuencia el fósforo escasea en el suelo, pues no suele ser un compuesto muy abundante de la corteza terrestre.

Las plantas que crecen en suelos muy pobres en fósforo han desarrollado complejas funciones fisiológicas para conservarlo y evitar su pérdida cuando tiran sus hojas viejas, por ejemplo.

El fósforo está presente en casi todos los fertilizantes comerciales. Su fuente más abundante es un tipo de roca que suele encontrarse en algunas regiones áridas del mundo. La roca fosfórica es un recurso natural de la más alta importancia para la humanidad. Los huesos de animales son también un buen fertilizante fosforado, lo mismo que algunos tipos de excrementos.

El azufre. Este elemento forma parte de algunos aminoácidos componentes de proteínas y también de algunos otros compuestos orgánicos vitales. Es tomado por las plantas en forma de sulfato, que procede de los componentes minerales de las rocas y de la descomposición de restos orgánicos de animales y plantas, o sea, por el ciclo orgánico. Los sulfatos generalmente se encuentran en cantidad suficiente para las plantas, pero pueden ser escasos en algunos tipos de suelo y también en lugares donde se practica una

agricultura intensiva. Algunas veces es necesario añadir sulfatos a los fertilizantes; sin embargo, éste no es un problema serio, ya que los sulfatos son sustancias abundantes y generalmente baratas.

El potasio. Este elemento no forma parte de compuestos químicos pero su presencia en las células vegetales es importante para que tengan lugar diversos procesos fisiológicos esenciales. Las plantas obtienen el potasio disuelto en el líquido que toman del suelo, al que llega procedente de los minerales del suelo y del ciclo orgánico, así como también con la lluvia y el polvo atmosférico procedente de otras regiones. El potasio puede llegar a escasear en algunos suelos agrícolas por lo que llega a ser necesario añadirlo a los fertilizantes.

Todos los demás elementos que mencionaremos tienen en esencia el mismo origen: proceden de los minerales del suelo, del ciclo orgánico y a veces también pueden llegar en pequeñas cantidades con la lluvia y el polvo, por lo que de ahora en adelante sólo se describirán brevemente algunos aspectos de su papel fisiológico.

El calcio. Este elemento es componente de algunas moléculas orgánicas y participa en reacciones químicas importantes. Algunos suelos lo presentan en abundancia mientras que en otros escasea y debe ser añadido por los agricultores, generalmente en forma de cal hidratada, que es sumamente barata y abundante. La cal también se utiliza para neutralizar suelos demasiado ácidos.

El magnesio. Es el último de los macronutrientes y es requerido por las plantas en cantidades relativamente pequeñas; sin embargo, no por ello es menos importante. Su función principal en las plantas consiste en formar la parte central, más activa, de las moléculas de clorofila que, como se ha mencionado ya, es el pigmento captador de la energía de la luz para la fotosíntesis.

Los micronutrientes. Estos elementos se requieren para funciones muy específicas; por ejemplo, podemos citar dos casos particulares: el hierro forma parte de un compuesto químico importante en la fotosíntesis y el boro está relacionado con algunos de los procesos fisiológicos que permiten el transporte de sustancias orgánicas producidas por los tejidos verdes hacia otros lugares de la planta.

Los micronutrientes son requeridos en muy pequeña cantidad, por lo que en general son suficientes los que hay en el suelo o en el polvo de la atmósfera para que las plantas puedan crecer; no obstante ello, en algunos suelos agrícolas a veces es necesario añadir como fertilizantes algunos micronutrientes que pueden escasear.

En la figura 11 hemos intentado representar el ciclo que, por lo general, presenta el movimiento de los nutrientes a partir del fósforo, en la naturaleza.

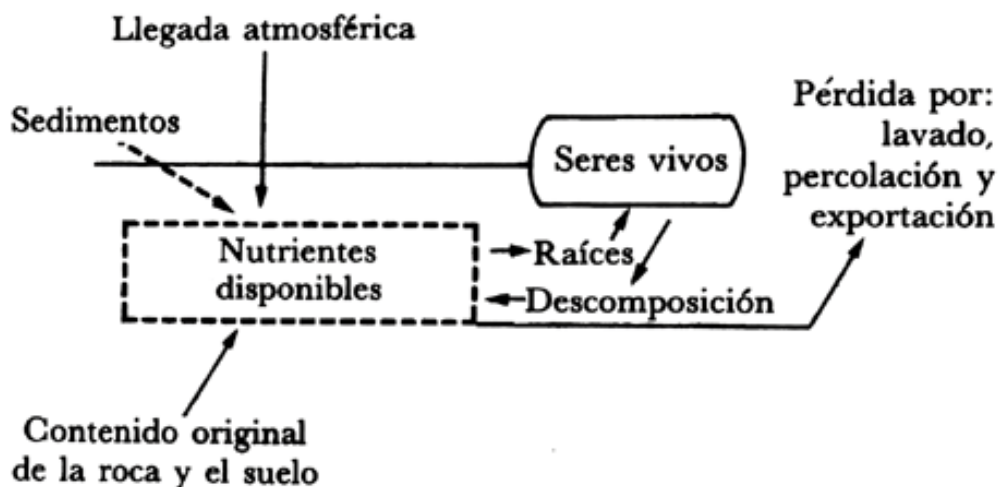


Figura 11. Aquí se ha representado el ciclo generalizado de los nutrientes edafáticos como el potasio, el calcio, el magnesio y los oligoelementos que no forman compuestos gaseosos que pasen a la atmósfera (como el nitrógeno y el azufre). Todos proceden de las rocas y llegan a estar disponibles para las plantas a partir de tres fuentes naturales: el contenido de ellos que originalmente existen en el suelo, la descomposición de materia orgánica que los contiene y frecuentemente, también llegan al suelo en cantidades apreciables con la lluvia, el polvo y sedimentos procedentes de otros lugares.

Las raíces absorben todos los nutrientes disueltos en el agua que penetra en ellas. En ocasiones, los nutrientes pueden hallarse en cantidad suficiente en el suelo pero en forma no soluble y, por ello, no son aprovechados por las plantas. Otras veces pueden existir en estado tan soluble que puede ser fácilmente lavado del suelo por las aguas de la lluvia o las corrientes que se forman con éstas, siendo así muy fácil su pérdida.

La ciencia del estudio de la nutrición de las plantas es una disciplina básica de la agronomía y la forestería, ya que un correcto manejo del suelo, de las plantas y de los fertilizantes puede reducir notablemente la pérdida de nutrientes y el gasto de fertilizantes. La buena dosificación de estas sustancias combinada con su buen manejo, garantiza un óptimo rendimiento con el menor costo.

La luz solar

Mencionamos al final del capítulo este recurso esencial para las plantas, no porque sea el menos importante, sino porque sus características son esencialmente distintas a las de los recursos anteriormente enlistados: la luz solar no es una sustancia, es una forma de energía que procede de un astro diferente al nuestro.

Las propiedades de la luz así como las de otros tipos de emisiones de energía de los átomos son el objeto de estudio de una rama de la física (la física cuántica), por lo que aquí sólo mencionaremos algunas generalidades acerca de la luz.

Las características específicas del tipo de estrella que es el Sol, la distancia a la que se encuentra de éste la Tierra, el tipo de atmósfera y la abundancia de agua que ésta tiene, conducen a que la energía solar nos llegue dosificada de tal manera que es fuente de vida y motor de la evolución de los seres vivos, en lugar de ser generadora de condiciones intolerables para cualquier tipo de ser vivo, tal como ocurre en otros planetas del sistema solar.

La luz visible es la energía utilizada en la fotosíntesis y corresponde a una fracción pequeña de todo el espectro de energía radiante que el Sol emite y llega hasta la superficie de la Tierra. Hemos representado en forma simplificada este espectro en la figura 12.

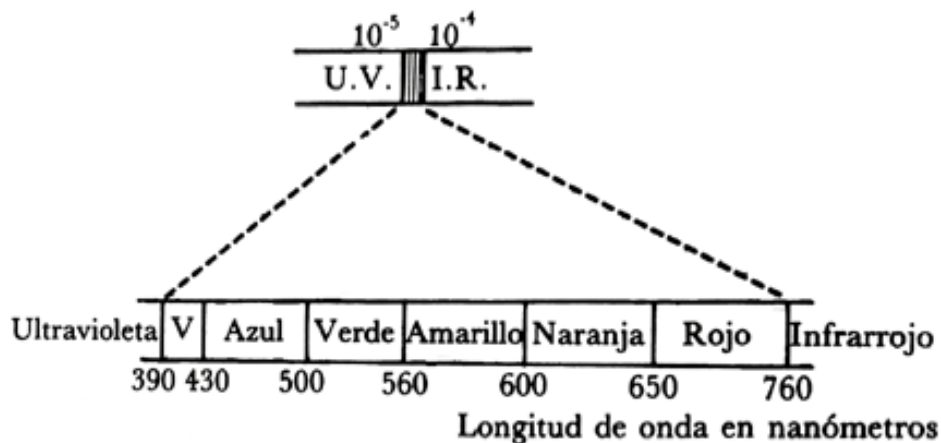


Figura 12. De todo el espectro de energía radiante que llega a la Tierra procedente del Sol, las plantas utilizan sólo la energía de una pequeña fracción que se conoce como espectro visible y, de éste, no todas las longitudes son igualmente efectivas en promover la fotosíntesis.

La parte de la luz visible que las plantas utilizan en la fotosíntesis corresponde a las longitudes de onda situadas entre 400 y 700 nanómetros; esto es, desde la luz azul hasta la roja si provocamos la difracción de la luz blanca con un prisma de cristal.

Las plantas orientan su crecimiento hacia el Sol, disponen sus hojas y sus ramas de acuerdo con la orientación de la luz y, cuando crecen formando una vegetación densa, compiten entre sí por captar la mayor cantidad posible de luz, pero a veces plantas pequeñas tienen que competir con otras mucho más grandes y frondosas; en ese caso, en las plantas pequeñas se han desarrollado mecanismos de captación de energía que pueden funcionar eficientemente aun cuando exista poca energía luminosa disponible.

Llega más que suficiente energía luminosa a la superficie de la Tierra para permitir de sobra el crecimiento de todas las plantas, pero a veces la abundancia de plantas puede limitar la disponibilidad para algunas de ellas.

La energía contenida en la luz permite que los cloroplastos de las células fotosintéticas puedan modificar la estructura química de sustancias muy estables, como son el dióxido de carbono y el agua, para transformarlas en los compuestos orgánicos muy distintos a los que los originan.

Todas las plantas verdes crecen sólo en lugares iluminados; sin embargo, existen plantas que requieren luz directa e intensa y otras que pueden sobrevivir en la penumbra. Tenemos entonces, plantas de sol y plantas adecuadas para la sombra, además de formas intermedias que pueden adaptar su estructura y fisiología a las diferentes condiciones de iluminación que se den en su medio. Las plantas de sol suelen tener un crecimiento más rápido y una renovación de hojas más frecuente que aquellas que viven en la sombra, debido a que cuentan con más energía para vivir.



III. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS EN EL ESPACIO Y EL TIEMPO

AHORA que ya hemos descrito uno a uno los recursos que las plantas requieren para vivir, mencionaremos brevemente cómo algunos de ellos cambian en concentración, estado y calidad en diferentes espacios y a través del tiempo así como la manera en que las plantas se ajustan a esos cambios. Seguiremos para ello el orden establecido en el capítulo anterior.

El dióxido de carbono

Puede considerarse que su concentración es constante en todo el espacio ocupado por las plantas y en el tiempo del periodo histórico que más nos interesa en este libro. A veces, en comunidades vegetales muy densas y con poco movimiento de aire, al mediodía su concentración puede bajar del nivel normal sin que esto tenga consecuencias apreciables para las plantas.

El agua

El agua es tan importante para las plantas que ella sola determina la mayoría de las adaptaciones de estos organismos a diferentes medios. A pesar de que el agua cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre y forma también grandes depósitos subterráneos, en muchas zonas emergidas de la Tierra suele escasear notablemente, ya sea en forma temporal o permanente, debido principalmente a la dirección y características de las corrientes de aire que mueven en vapor de agua del mar a la tierra y a los obstáculos que pueden oponerse a ese movimiento.

Existen lugares del planeta que tienen lluvias y humedad casi todos los días, en volúmenes muy altos, que sobrepasan ampliamente lo que las plantas requieren, en tanto que en otros sitios apenas se registran algunas gotas de lluvia en los mejores años. Así tenemos que en algunas selvas tropicales si pudiésemos recoger y conservar toda el agua que cae con la lluvia en un año tendríamos una capa de agua de más de 4 m de altura, en tanto que en un desierto muy árido ésta no sobrepasaría los 20 o 30 mm.

A pesar de la gran diversidad de condiciones de humedad que existen desde el extremo más húmedo al más seco, las plantas terrestres han logrado colonizar casi todos los ambientes gracias a que hay una gran variedad de posibilidades en cuanto a mecanismos para obtener el agua necesaria, conservarla, disminuir su pérdida o evitar la extinción, cuando la desecación total es inevitable. En las plantas superiores este interesante tema es tan extenso que puede cubrir muchos volúmenes. Aquí sólo haremos un bosquejo general de él, tanto en este capítulo como en otro posterior.

En algunas regiones tropicales y ciertos ambientes permanentemente húmedos, existe agua aprovechable por las plantas en forma continua. Las plantas de esos sitios pueden permanecer verdes, con hojas, todo el año, absorbiendo agua, transpirando y fotosintetizando diariamente. Sin embargo, en la mayor parte de la corteza terrestre el agua escasea al menos en una temporada del año. En esos lugares, durante la época seca el suelo se deshidrata parcial o totalmente y las plantas no pueden recuperar el agua que pierden por transpiración, así que irremediablemente ésta tiene que disminuir y el proceso fotosintético también disminuye o llega a interrumpirse. Para evitar la desecación excesiva, en la estación sin lluvias se pierden las hojas, que son los órganos que transpiran más y no funcionan sin agua. Como consecuencia de ello, la fotosíntesis y el crecimiento se interrumpen y el resto de los tejidos vivos de las plantas entran en un estado de desecación parcial y reducción de la respiración, que les permite sobrevivir hasta la siguiente estación húmeda, en la que se formarán nuevas hojas y el crecimiento se reanudará. En el cuadro III hemos indicado el contenido en humedad de diferentes tejidos y órganos vegetales en crecimiento.

CUADRO III. Contenido en humedad de diferentes tejidos y órganos vegetales.

		% H ₂ O
<i>Raíces</i>	1) tejidos jóvenes en la cebada —	93
	2) tejidos maduros en el girasol —	71
<i>Tallos</i>	1) de girasol —————	87
	2) de pino —————	50
<i>Hojas</i>	1) de lechuga jóvenes —————	94
	2) de girasol maduras —————	81
	3) de maíz maduras —————	77
<i>Frutos</i>	1) tomate —————	94
	2) melón —————	92
	3) fresa —————	89
<i>Semillas</i>	1) elote tierno —————	84
	2) cebada —————	10
	3) cacahuete —————	5

Existen otras formas de sobrevivir la sequía que pueden ser más o menos efectivas, dependiendo de las condiciones de cada lugar. Los cactus y otras formas vegetales de los desiertos almacenan agua en tejidos especiales, lo que les permite continuar transpirando en pequeña escala y efectuarla fotosíntesis a través de la estación seca. En capítulos posteriores veremos algunas otras maneras de ahorrar agua y sobrevivir a la sequía. En la figura 13 hemos representado el efecto de la orografía sobre la cantidad de humedad que llega al terreno en forma de lluvia y su influencia sobre la fisonomía de la vegetación.

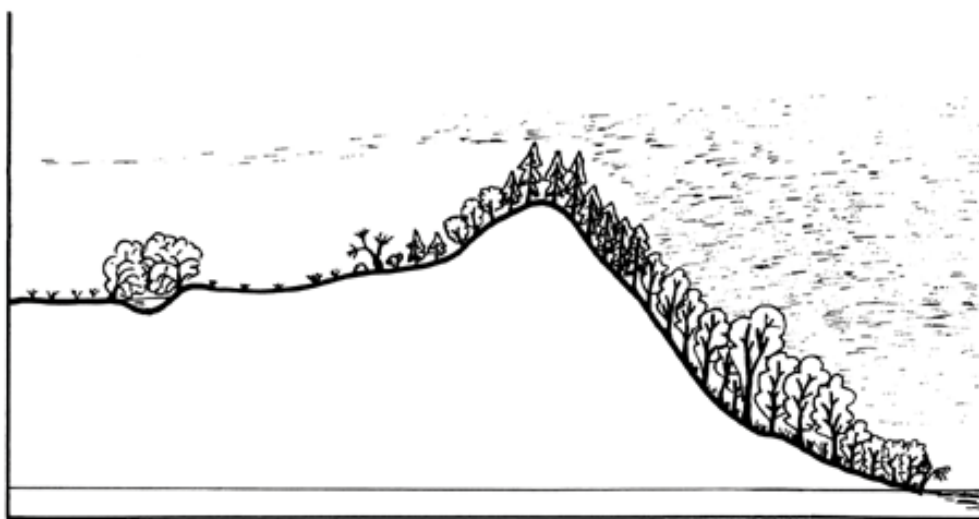


Figura 13. La orografía está estrechamente relacionada con la distribución de la humedad en los continentes y, como consecuencia, con la fisonomía de la vegetación. En este corte de un paisaje natural vemos cómo cambia la cantidad de lluvia disponible por el efecto de una montaña. Un río o un lago de una zona desértica también modifican la fisonomía de la vegetación que crece en sus

orillas.

El oxígeno

Este gas es mucho más abundante que el dióxido de carbono en la atmósfera y, como las plantas lo producen en la fotosíntesis, su concentración en el espacio y en el tiempo es más que suficiente; sin embargo, muchas plantas pueden sufrir daños o morir cuando el suelo en el que viven se compacta demasiado, como ocurre a veces en parques y calles de ciudades, o se impregna de agua por tiempo largo. Ambos tipos de cambios en el suelo limitan la penetración del aire entre las partículas que lo forman, impidiéndose de este modo la oxigenación de las raíces. Muchas plantas que viven en suelos pantanosos o muy compactos, están adaptadas para tolerar una pobre oxigenación de las raíces.

Nutrimientos del suelo

Con respecto a la distribución de estos recursos podemos distinguir tres diferentes situaciones. La primera corresponde al nitrógeno, ya que por no ser un componente de las rocas sino de la atmósfera, su presencia en el suelo depende principalmente de la actividad de seres vivos y, por lo tanto, del estado de conservación y manejo de la comunidad (animal, vegetal y microorgánica) que habita en cada lugar.

La segunda situación corresponde al fósforo. Éste es un nutriente fundamental para plantas y animales, pero su concentración en las rocas por lo general es relativamente baja, de modo que su presencia en el suelo y conservación en la comunidad depende en gran medida del mantenimiento de un eficiente reciclamiento del suelo a la comunidad (todos los seres vivos de un lugar) y de ésta otra vez al suelo.

La tercera situación corresponde a todos los demás nutrientes minerales, ya que éstos suelen ser más abundantes, aunque varían notablemente de un suelo a otro. La cantidad disponible en los minerales y el reciclamiento en general es suficiente para asegurar el crecimiento de las plantas.

En este punto es necesario distinguir claramente entre el movimiento de los nutrientes que caracteriza a una comunidad natural (no alterada por el hombre) y el que se da en un campo de cultivo ya que existen diferencias fundamentales entre ambas condiciones.

La materia orgánica que se produce en las comunidades naturales (sean éstas bosques, praderas, matorrales o pantanos), en forma de hojas, ramas, excrementos, plantas y animales muertos, etc., queda depositada en el propio lugar donde se produce. Los nutrientes terminan siendo liberados de ésta por la descomposición y pueden ser tomados nuevamente por las plantas. Los nutrientes que pueden llegar por la lluvia, el polvo y sedimentos también contribuyen a mantener la fertilidad del suelo de manera indefinida, hablando naturalmente en términos de nuestra escala humana de tiempo. En la figura 14 hemos indicado el reciclamiento interno de materia y energía que ocurre en un bosque.

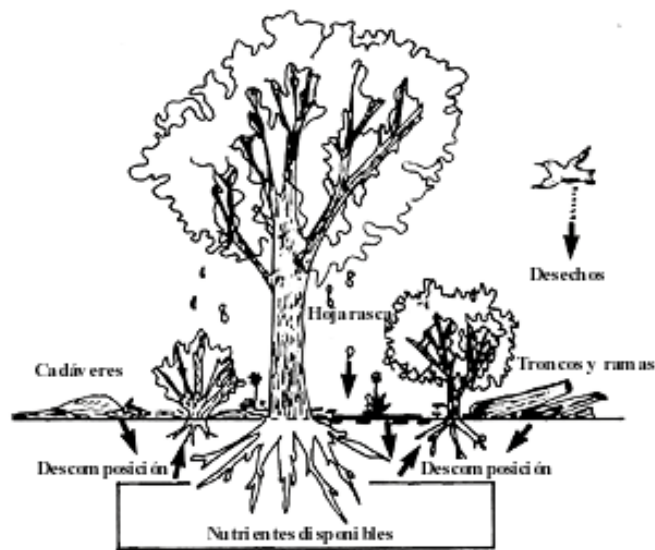


Figura 14. En un bosque natural el reciclamiento de los nutrientes se da en el interior de la comunidad. La hojarasca, ramas, troncos, excrementos y cadáveres se descomponen en el mismo sitio, permitiendo así la reposición de los nutrientes que son utilizados por las plantas en crecimiento.

En un campo de cultivo, buena parte de la materia orgánica producida es sacada del lugar con la cosecha. Las prácticas agrícolas impiden en gran medida la descomposición de la materia orgánica en el propio sitio donde se produce, de manera que, a la corta o a la larga, algunos nutrientes que originalmente estaban en un nivel crítico en el suelo comienzan a hacerse más escasos, tal como puede verse en la figura 15.

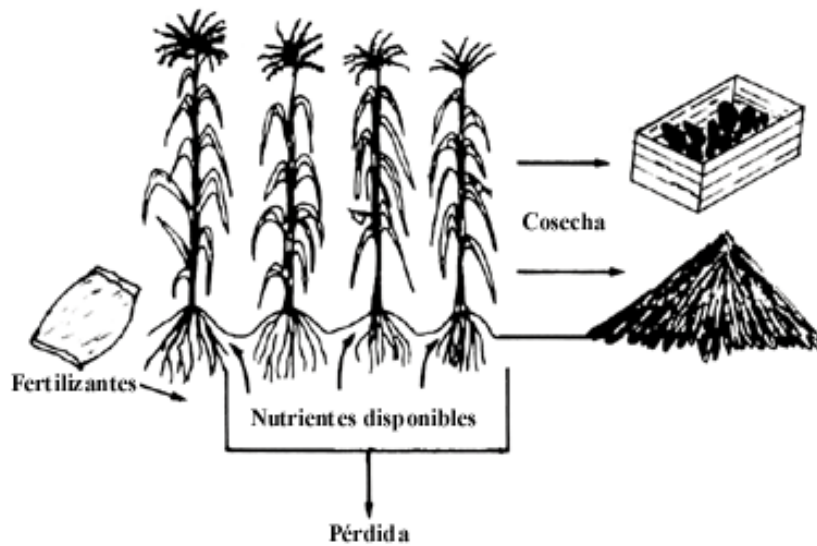


Figura 15. En un campo de cultivo los factores que contribuyen a la pérdida de nutrientes del suelo son más intensos, como la lixiviación, el lavado y la extracción de nutrientes con la cosecha, de manera que con frecuencia, se requiere de fertilizantes para mantener un nivel adecuado en el suelo.

Existen otras diferencias igualmente importantes a las anteriores. Las comunidades naturales son generalmente más diversas en plantas y animales y estructuralmente más complejas que los campos de cultivo, lo cual favorece el reciclamiento. Además, la mayoría de las plantas de las comunidades naturales son perennes, en tanto que las de la mayoría de los cultivos son de corta vida; el suelo permanece desnudo gran parte del año y esto facilita el lavado de los nutrientes por el agua de lluvia y la erosión realizada por el viento. El calor producido por la insolación directa del suelo también puede tener consecuencias

importantes sobre la fertilidad.

Una comunidad natural no explotada (o correctamente explotada) generalmente es autosuficiente en nutrientes minerales; en cambio, la mayoría de los campos de cultivo requiere de la adición regular de abonos orgánicos y/o fertilizantes sintéticos para continuar siendo productiva. Las únicas excepciones pueden ser ciertos suelos extremadamente fértiles derivados de algunos materiales volcánicos y los suelos de los valles y vegas de ríos que mantienen su fertilidad debido a la llegada continua de nuevos sedimentos acarreados por sus aguas. En este último caso en realidad se trata de suelos fertilizados de manera involuntaria con nutrientes importados de otras regiones por las corrientes. Desgraciadamente estos suelos tan fértiles forman sólo una mínima parte de los suelos agrícolas del mundo.

Según el tipo de suelo, la roca que lo originó, la cantidad de lluvia, la temperatura, la composición de la comunidad que creció o crece en él, cada lugar de la corteza emergida de la tierra presenta uno o varios nutrientes minerales en concentración críticamente baja. Cualquier factor que rompa el equilibrio puede desencadenar la pérdida del o los nutrientes críticos y con ella la productividad baja.

Como ejemplo, podemos mencionar los muchos casos de zonas cubiertas de selvas semihúmedas o secas de México. En esas comunidades abundan los árboles que pertenecen al grupo de las leguminosas. La fijación del nitrógeno atmosférico por las bacterias asociadas a las raíces de esas plantas, así como la que realizan microorganismos de vida libre, aunada al reciclamiento natural, mantiene un nivel suficiente de nitrógeno para el crecimiento de las plantas de esas selvas. Sin embargo, muchas veces esas selvas son taladas para cultivar plantas, como el maíz, que no fijan nitrógeno. El suelo va perdiendo el nitrógeno que contenía y a la larga, los cultivos dejan de producir lo suficiente y son sustituidos por zacatales para el ganado, cuyos requerimientos de nitrógeno son muy bajos pero que, en comparación con los cultivos, son poco productivos y fomentan el desempleo. La adición de abonos y fertilizantes puede, en muchos casos, permitir el mantenimiento de los cultivos, pero algunas de estas sustancias son caras y muchos campesinos no pueden adquirirlas.

A pesar de que el fósforo es con frecuencia escaso en el suelo, el reciclamiento tiende a mantenerlo estable en las comunidades naturales; cuando el reciclamiento se interrumpe, puede bajar a un nivel crítico para las plantas. Una de las causas más comunes de escasez de fósforo es su conversión en una sustancia insoluble, que no puede ser tomada por las plantas. Éstas absorben el fósforo en forma de fosfato ácido, que es soluble. Cambios en la cantidad de materia orgánica del suelo y en la temperatura, ocasionados por la tala, pueden dar lugar a que el fosfato ácido se transforme en fosfato neutro insoluble, inaccesible para las plantas.

Una región de México en donde esto ocurre con frecuencia es la Península de Yucatán. Allá los suelos derivan de roca caliza alcalina y pobre en fósforo; cuando están cubiertos de selva, la abundante vegetación mantiene el suelo neutro o ligeramente ácido en la superficie y el poco fósforo disponible es soluble. Después de la tala, en muy pocos años las condiciones del suelo cambian y gran parte del fósforo se inmoviliza. Ésta es una de las causas por las cuales los campos de cultivo deben abandonarse después de cierto tiempo para permitir que la vegetación natural los invada, restaurándose así la fertilidad después de varios años.

Otros suelos pobres en algunos nutrientes son, por ejemplo, los derivados de antiguas rocas de origen volcánico que lo son en calcio y magnesio; los de lugares muy húmedos pueden carecer de cobre y los suelos de los pantanos de regiones frías, mal oxigenados y con gran cantidad de materia vegetal en proceso de muy lenta descomposición, suelen ser muy pobres en nitrógeno.

La luz solar

Los únicos lugares de la Tierra en donde la luz solar puede llegar a la superficie terrestre en cantidades menores a las requeridas por las plantas son las regiones boreal y austral, ya cerca de los polos. En ellas la inclinación de la Tierra es tal que la cantidad de luz solar que llega durante casi medio año es mínima o nula, pero esas épocas del año son también demasiado frías para permitir el crecimiento de las plantas y

por ello, la insolación mínima no tiene consecuencias directas en el desarrollo vegetal, a no ser que las plantas crezcan en invernaderos.

La luz también puede empobrecerse en las regiones que sufren una nubosidad frecuente y densa y/o nieblas frecuentes, lo que puede afectar en cierta medida la productividad, aunque esto se puede ver compensado por la abundante humedad.

Dentro de un bosque o una selva las plantas más altas captan la mayor parte de la energía, de manera que las plantas de menor talla tienen que estar adaptadas a vivir en condiciones de luz escasa.



IV. CAPTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS

EN EL diagrama presentado en la figura 16, se ve la estructura más común de una hoja, indicándose también la forma y disposición de los *estomas*. A través de los estomas el aire penetra al interior de los espacios que existen entre los tejidos de la hoja, de donde las células obtienen el dióxido de carbono y hacia donde el agua es evaporada. Debido a ello, los estomas son organitos sumamente importantes, pues tienen la posibilidad de cerrar o abrir el orificio que presentan en el centro, controlándose así el paso del aire entre el medio interno y el externo de la hoja. Los movimientos de los estomas son regulados en forma muy precisa, de acuerdo con las condiciones del medio externo y las necesidades fisiológicas de la planta; veremos ahora de qué manera realizan esta función.

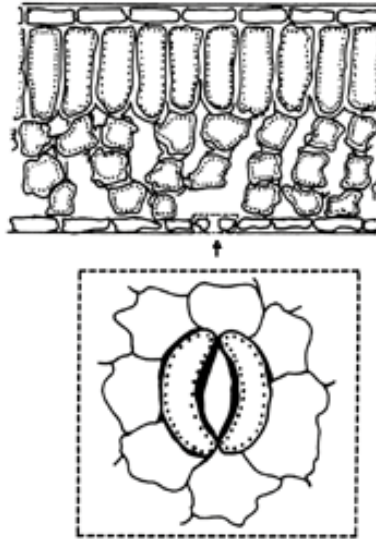


Figura 16. El corte de una hoja típica muestra la disposición de las capas de células fotosintéticas. Lo importante aquí es apreciar cómo el aire que circula a través de los estomas (figura inferior) llena los espacios huecos de la hoja, de manera que las células no están lejos de la fuente del dióxido de carbono.

En términos generales, los estomas ejercen su función reguladora del aire, actuando como válvulas de paso. Cuando hay luz para la fotosíntesis y suficiente cantidad de agua disponible para la transpiración de la planta los estomas se mantienen abiertos. Cuando oscurece y también cuando la disponibilidad de agua disminuye, los estomas pueden cerrarse, cesando así la transpiración y la captación de dióxido de carbono. Los estomas regulan esencialmente la pérdida de agua, disminuyendo el peligro de marchitamiento, pero para que las plantas puedan crecer los estomas deben abrirse permitiendo el paso del aire.

El dióxido de carbono que se pone en contacto con las células fotosintéticas de las hojas se disuelve en la humedad que las cubre, y por complejos mecanismos fisiológicos llega hasta los cloroplastos, donde sufre las transformaciones que ya conocemos.

Las sustancias orgánicas alimenticias producidas en los cloroplastos circulan hacia otras de las células de las hojas, hasta pasar a los vasos que forman el sistema circulatorio de las plantas. Existen en las plantas dos tipos de vasos y vías de circulación. En el caso particular que estamos describiendo ahora, el sistema se llama *floema* y por él circulan los alimentos orgánicos producidos por la fotosíntesis, que se mueven desde las partes verdes de las plantas hacia los tejidos no fotosintéticos. Las largas hileras de vasos formados por las células vivas del floema recorren hojas, ramas, tallo, raíces, flores y frutos de las plantas, llevando los azúcares y otros nutrientes a todos los órganos no verdes, como raíces, partes del tallo y ramas y, también, a aquellos órganos verdes que no son autosuficientes como las hojas jóvenes, partes de las flores y frutos. Cuando las hojas son ya demasiado viejas para ser autosuficientes, generalmente caen,

dando lugar a que se formen nuevas hojas.

El agua es absorbida por las raíces gracias a que éstas penetran en un gran volumen de suelo. Las raicillas más pequeñas que se van formando tienen una epidermis delgada por la que el agua penetra con facilidad, circulando a través de las células de cada raíz hasta llegar al otro tipo de vasos que habíamos mencionado, llamados *xilema*. Esta vía de circulación está formada por células muertas que tienen más o menos forma de tubo, de manera que muchas células unidas forman largas tuberías por las que el agua asciende de la raíz, a través del tallo, hasta las células de las hojas, en donde es requerida en la mayor cantidad. En el diagrama de la figura 17 se presentan las dos vías de circulación.

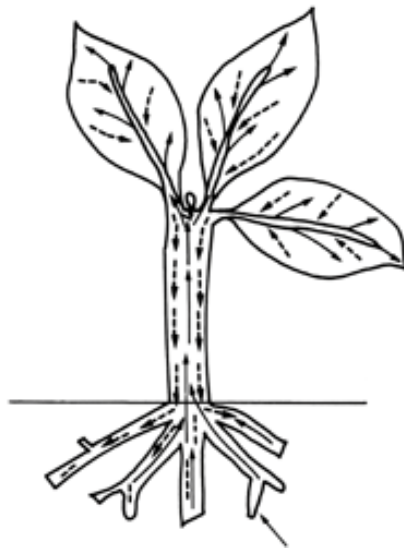


Figura 17. El sistema circulatorio doble de las plantas permite la llegada del agua y sales minerales (savia bruta) de las raíces a las hojas y, a la vez, del agua con compuestos orgánicos producidos en los tejidos verdes (savia elaborada) a las partes no verdes o en crecimiento más activo.

A través del tiempo, los botánicos se han preguntado muchas veces acerca de la naturaleza de la fuerza que hace ascender el agua de las raíces a las hojas a lo largo de tallos y troncos en ocasiones gigantescos. Se han propuesto varias explicaciones. Actualmente sabemos que este fenómeno tiene una explicación relativamente sencilla: la transpiración producida en las células de las hojas causa un cierto grado de presión negativa o tensión en las células, que se va transmitiendo hacia los vasos que surten el agua del xilema; esta tensión va provocando una succión en cada vaso; la suma de la succión generada en cada hoja termina siendo una fuerza muy poderosa que hace ascender el agua. Esto es posible gracias a que el agua tiene propiedades de cohesión extraordinarias y a que los vasos son de un diámetro muy pequeño, lo que añade el efecto reforzador de la capilaridad.

Las raíces de las plantas son órganos con potencialidades extraordinarias; a pesar de ello, han sido menos estudiadas que las hojas, debido quizá a que presentan mayores dificultades para su estudio por su crecimiento y funcionamiento subterráneo.

Las raíces crecen y se ramifican continuamente durante las etapas activas de las plantas, de manera que se van formando nuevas raíces hacia las capas del suelo en las que existe más agua y también nutrientes que puedan ser absorbidos. Se ha visto que la forma y la disposición de las raíces de las plantas varían de acuerdo con las especies y el ambiente en donde crecen. Algunos tipos de plantas concentran sus raíces en la superficie, otras en zonas intermedias o profundas del suelo y otras más exploran simultáneamente varias capas; de este modo se reduce la competencia entre plantas diferentes, ya que pueden tener las raíces en diversos niveles. En la figura 18 hemos representado diferentes tipos de raíces.

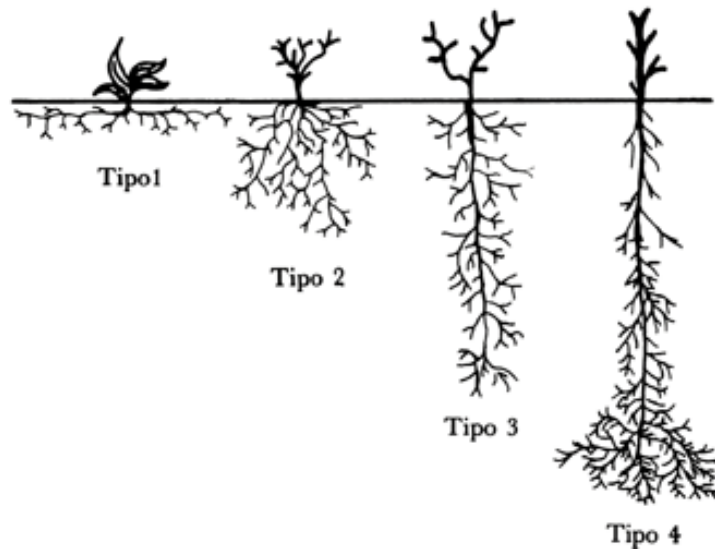


Figura 18. En cada especie de planta, las raíces pueden variar de forma y posición. El tipo 1 crece cerca de la superficie, el tipo 2 se introduce a capas más profundas, el tipo 3 explora diferentes niveles y el tipo 4 se dirige a capas profundas del suelo.

El volumen, continuo crecimiento y renovación de las raíces también facilita la absorción de nutrientes minerales. En este aspecto es importante destacar que, con mucha frecuencia, ellas no efectúan solas el trabajo de buscar, disolver y absorber nutrientes. En muchas plantas, las raíces están asociadas más o menos estrechamente con microorganismos como bacterias y hongos que, con su presencia y su actividad fisiológica, aumentan la disponibilidad de ciertos nutrientes minerales. En seguida hablaremos de algunos casos.

Las raíces liberan al medio circundante pequeñas cantidades de compuestos orgánicos como azúcares o aminoácidos, que favorecen a ciertos microorganismos que viven a su alrededor en el suelo, cerca de las mismas. Así se genera una especie de esfera de influencia de la raíz que se conoce con el nombre de *rizosfera*. Los microorganismos favorecidos por la rizosfera pueden a su vez favorecer a la planta, al acelerar la solubilización de nutrientes del suelo o de la materia orgánica descompuesta o, como sucede con ciertas bacterias, fijando el nitrógeno atmosférico. A veces la asociación con microorganismos es más estrecha que la de una simple rizosfera. Como hemos visto, las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden vivir dentro de las células de la raíz de las leguminosas o de algunos otros pocos árboles, como el aile.

En muchos casos, las raíces se asocian con hongos que viven formando apretados tejidos sobre su superficie o pueden tener ramificaciones que penetran en los tejidos de las células radicales. Estos hongos, lejos de causar daño, son por lo general benéficos, ya que aumentan la superficie de absorción de la raíz con sus propios filamentos (hifas) y también facilitan la adquisición de ciertos nutrientes como el fósforo y el calcio. A cambio de ello, los hongos reciben parte de los nutrientes orgánicos que las plantas producen en la fotosíntesis.

Las asociaciones con hongos son muy frecuentes en la naturaleza, principalmente en las comunidades silvestres. Se conocen con el nombre de *micorrizas*. Las presentan, por ejemplo, algunas plantas muy conocidas como los pinos y los encinos, que sólo pueden crecer adecuadamente cuando sus raíces están asociadas con hongos. También presentan micorrizas casi todos los árboles de las selvas tropicales. Por otra parte, la mayoría de los cultivos de plantas de vida corta carecen de micorrizas, o éstas se hallan poco desarrolladas.

La abundancia y densidad de las micorrizas aumenta en aquellas regiones que presentan escasez crónica de algunos nutrientes, como ciertas selvas de suelos muy pobres.

El estudio de las micorrizas, la rizosfera y de las asociaciones de raíces con bacterias es un campo de la botánica cuyo desarrollo indudablemente tendrá repercusiones muy importantes en la agricultura, la explotación forestal y la conservación de la naturaleza, pues se ha visto que la nutrición de muchas plantas, sobre todo en comunidades naturales, depende más de estas asociaciones de lo que antes se pensaba,



Figura 19. Las micorrizas son asociaciones de las raíces con ciertos tipos de hongos que favorecen la absorción de determinados nutrientes críticos por las plantas. Son muy frecuentes en bosques y selvas.

En la figura 19 se ilustra la manera en que los filamentos de los hongos y las células de la raíz se ponen en contacto en un tipo particular de micorrizas.

En general, los tallos no participan en la absorción de nutrientes y tampoco están relacionados con la captación de luz y dióxido de carbono, si se exceptúan aquellas plantas que tienen tallos verdes; sin embargo, su función también es muy importante en la captación de recursos pues contienen los vasos que comunican en ambos sentidos, raíz y follaje, permiten a las plantas desarrollar su copa a cierta altura mejorando así sus posibilidades de captar recursos, y aseguran la existencia de tejidos jóvenes para renovar hojas y ramas, como veremos más adelante.

Algunas plantas tienen relaciones nutricionales con microorganismos en otros órganos distintos a la raíz. Citaremos el caso de ciertas coníferas primitivas gigantes, que tienen algas verdeazulosas (llamadas también cianobacterias), fijadoras de nitrógeno, viviendo en las células de las hojas y es en ellas en donde puede fijarse el nitrógeno molecular atmosférico.

Un caso particular de nutrición vegetal que quizá ha venido a la mente del lector, es el de las plantas llamadas "carnívoras" que, a diferencia de lo que popularmente se cree, son plantas muy pequeñas que sólo pueden capturar insectos o animales aún menores. Estas plantas pertenecen a unas cuantas especies bastante escasas en el mundo que viven principalmente en suelos pantanosos pobres en fósforo y nitrógeno, poseen hojas modificadas en las que los insectos pueden quedar atrapados para ser digeridos y asimilados, complementando así la nutrición en compuestos de fósforo y nitrógeno.

Con respecto a los nutrientes minerales, las plantas también presentan mecanismos de conservación y ahorro interno cuyo desarrollo es mayor en medios más pobres en estos nutrientes. Describiremos ahora algunos de ellos.

En vegetales que se encuentran en suelos fértiles y húmedos, el cambio de hojas se realiza principalmente en función de su eficiencia fotosintética y de los cambios climáticos. Las hojas, al caer, llevan consigo

cierta cantidad de nutrientes en su estructura, que también se pierden; por eso, las plantas que crecen en suelos muy pobres suelen conservar sus hojas por más tiempo y éstas son más duras y resistentes. Se sacrifica así parte de la eficiencia en aras del ahorro de nutrientes.

Cuando las hojas van a caer, debido a que son ya viejas o se acerca la estación desfavorable, una parte de los nutrientes minerales que contienen es transferida y almacenada en otras partes de la planta por medio de complejos mecanismos fisiológicos, pero algunos nutrientes no pueden ser movilizados y permanecen en las hojas desechadas.

Todas las plantas están expuestas a perder parte de su follaje por el ataque de herbívoros que se alimentan de ellas. Principalmente muchos insectos y en segundo término otros tipos de animales influyen de manera muy importante en el crecimiento vegetal. Esto ha traído como consecuencia el desarrollo de mecanismos de protección internos que tienden a disminuir los daños de la herbivoría sobre las plantas. Podemos citar, entre otros mecanismos, la presencia de espinas o ciertos tipos de pelos sobre la superficie de las plantas y la existencia de sustancias tóxicas, pegajosas o irritantes en los tejidos.

En plantas de suelos muy pobres, los daños producidos por los herbívoros son más serios porque ocasionan también la pérdida de valiosos nutrientes minerales contenidos en los tejidos removidos por los depredadores. Debido a lo anterior, es frecuente que las plantas de suelos pobres tengan hojas duras, difícilmente digeribles, con pequeños cristales minerales entre sus tejidos; a veces estas hojas son tóxicas. Estas defensas disminuyen el ataque de herbívoros, aunque siempre habrá algunos capaces de comérselas; sin embargo, con estas protecciones su número y el daño que infringen será menor.

Los mecanismos de ahorro de nutrientes, las defensas contra herbívoros, las asociaciones nutricionales con microorganismos en las raíces y un crecimiento más lento que en otros lugares más fértiles, hacen posible que existan plantas silvestres creciendo aun en los suelos más pobres.

La gran mayoría de las plantas utilizadas o cultivadas por nosotros no son especies adaptadas a suelos muy pobres; es poco el provecho que se obtiene de las comunidades que crecen en esas condiciones. Es importante aprender a manejar, conservar y, en pequeña escala, también utilizar esas plantas, pues los suelos pobres cubren grandes extensiones de la Tierra.



V. BREVE INTRODUCCIÓN AL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

LA VIDA independiente de una planta superior comienza en el momento en que una semilla germina. Las semillas son los órganos elaborados por la reproducción de las plantas adultas. Tienen la posibilidad de ser transportadas a distancia de donde son producidas, ya sea por el viento, el agua y/o los animales (diseminación), para generar nuevas plantas en otros sitios. La gran mayoría de las semillas pueden permanecer en un estado de respiración reducida o prácticamente suspendida, interrupción del crecimiento y parcial deshidratación, por un tiempo más o menos largo (latencia o letargo), hasta que las condiciones externas son adecuadas para la iniciación del crecimiento de la nueva planta.

Si estudiamos cuidadosamente la anatomía de una semilla, nos daremos cuenta que consiste esencialmente en una pequeña planta encapsulada dentro de una cubierta más o menos resistente y provista de los alimentos orgánicos necesarios para comenzar a crecer. Generalmente son almidones o grasas y proteínas. La gran mayoría de las semillas contienen muy poca agua, así que necesitan un medio externo húmedo para hidratarse y aumentar de volumen antes de que se inicie la germinación.

Como podemos ver en la figura 20, las semillas de diferentes plantas varían en forma, tamaño y anatomía intern; en esencia lo más importante, es que en todas se halla contenida una pequeña plantita que es el embrión de una futura planta. A veces, el embrión es sólo un conjunto de células sin forma definida aún en las semillas más pequeñas pero, en la mayoría de los casos, el embrión muestra ya las primeras partes de lo que será la futura planta: raíz, tallo y hojas en escala diminuta.

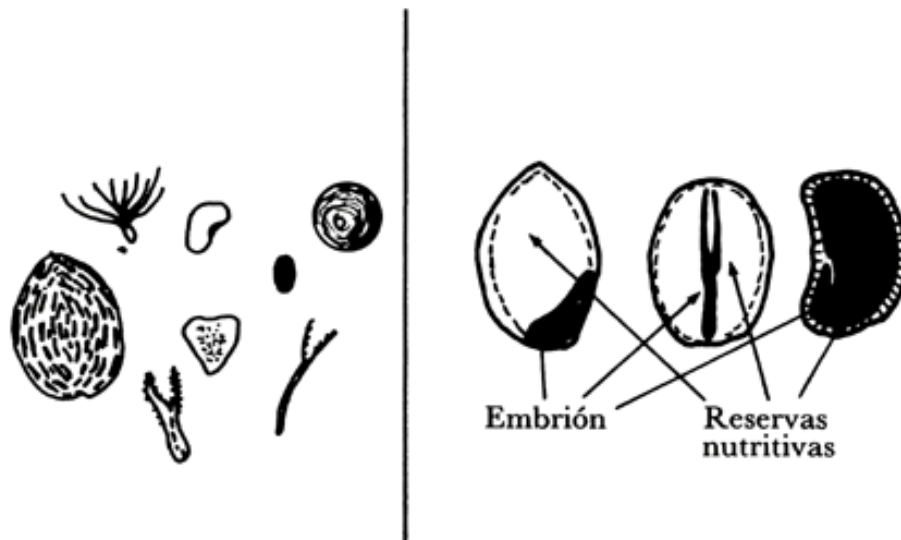


Figura 20. Las semillas son muy diversas en cuanto a formas y tamaños; también lo son sus agentes de dispersión y sus mecanismos fisiológicos de latencia.

Las células que forman el embrión de la semilla son pequeñas y tienen una forma que tiende a ser esférica o poliédrica (isodiamétrica). Tienen una cubierta externa, parecida a una cápsula, llamada pared celular que es delgada y elástica. La pared celular es una estructura típica de las células vegetales pues siempre la presentan, a diferencia de las células animales que por lo general son desnudas.

En la figura 21 está representada una célula vegetal más o menos generalizada. La pared celular tiene mucha trascendencia fisiológica para las plantas y determina gran parte de sus particulares características que las hacen tan diferentes de los animales.

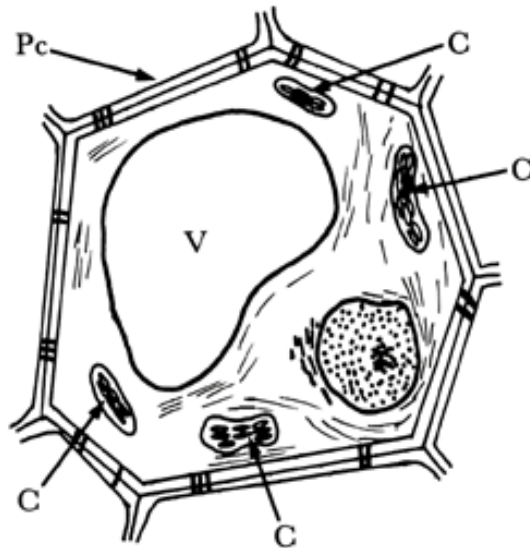


Figura 21. Las células de los vegetales superiores tienen varias estructuras que les confieren sus características distintivas: la pared celular (PC) las cubre totalmente y les confiere cierta rigidez, pero no las aísla completamente de las células vecinas; la vacuola (V) sirve de receptáculo de desechos y compuestos secundarios; los cloroplastos (C) son los organelos en los que se efectúa la fotosíntesis, sólo presentes en células de tejidos verdes.

Continuando con la descripción del proceso de germinación, éste se inicia cuando el agua penetra al interior de las células embrionarias que entonces aumentan de volumen y algunas comienzan a alargarse, perdiendo su forma isodiamétrica para adquirir una forma cilíndrica o prismática. El crecimiento en longitud que esto ocasiona en el embrión, hace que la raíz, posteriormente el tallo y en ocasiones las hojas embrionarias salgan de la semilla, o de lo que de ella queda, terminando así la germinación e iniciándose el crecimiento de la nueva planta de los dos medios que en adelante ocupará: el suelo y el aire. En la figura 22 hemos representado la etapa crucial del establecimiento de una plántula.

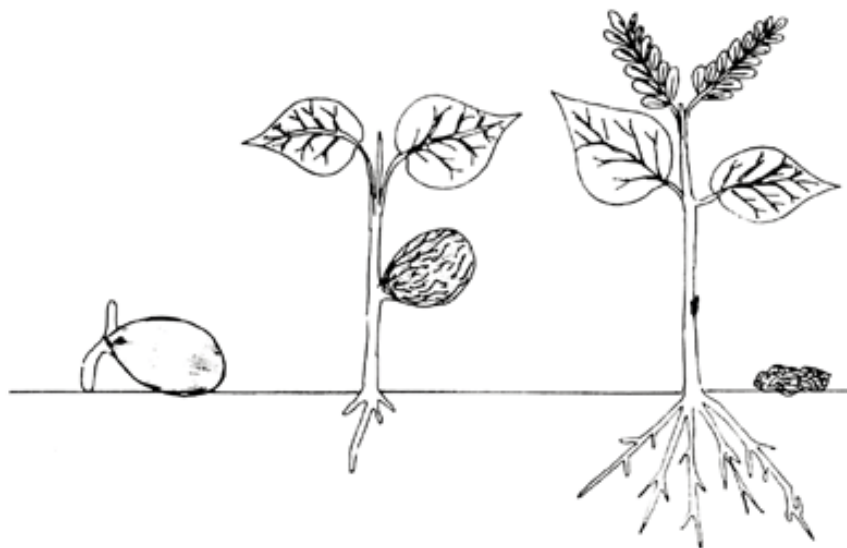


Figura 22. El establecimiento de las plantas ocurre cuando se terminan las reservas alimenticias almacenadas en las semillas y las plantas tienen que empezar a desprenderse de los recursos del medio. Éste es el momento más crítico de la vida de una planta.

Durante el crecimiento, la formación de los tejidos de las plantas sigue básicamente tres pasos: la división (o mitosis) de las células embrionarias para formar nuevas células, el agrandamiento y/o alargamiento de estas células y su diferenciación final en células con una función específica, ya sean vasos, células fotosintéticas, almacenadoras, epidérmicas, etc., que desempeñarán su función durante el resto de su existencia ya sea en forma viva o no, dependiendo de cuál sea el tejido u órgano que se esté desarrollando.

La transformación sufrida impide por lo general que una célula ya diferenciada pueda dividirse o reproducirse, por lo que todo crecimiento o desarrollo posterior que ocurra se inicia sólo en las partes de la planta en las que se conservan conglomerados o capas de células no diferenciadas, similares a las células embrionarias. En la figura 23 se muestran los diversos caminos que toma la diferenciación de las células vegetales a partir de las células embrionarias.

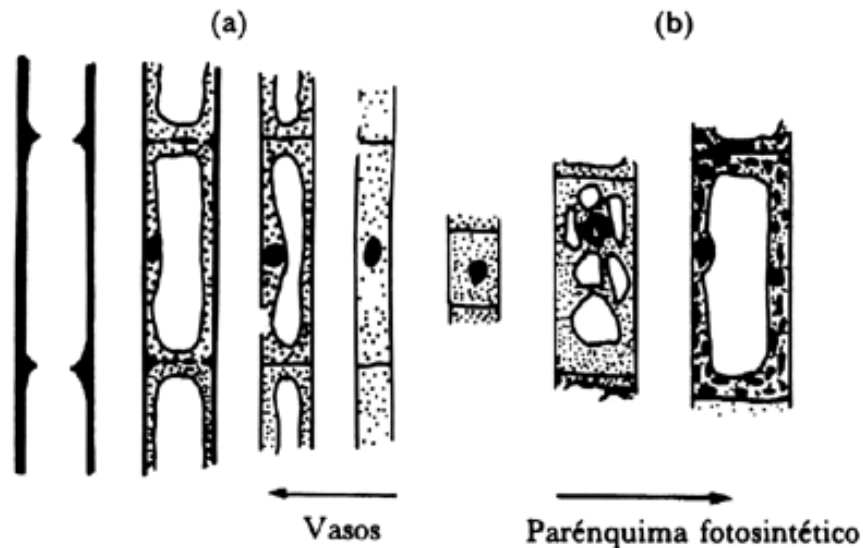


Figura 23. Las células aún no diferenciadas o "merismáticas" se transforman en células funcionales creciendo y alargándose. Su pared celular se engruesa y su contenido citoplásmico se modifica de diferentes maneras, dependiendo de la función que finalmente tendrá la célula que se está formando en cada nuevo tejido de la planta. A) Vaso conductor de savia. B) Célula del tejido fotosintético.

Mientras existan células juveniles sobrevivientes en una planta, ésta podrá continuar creciendo sin importar cuán vieja sea; por eso es posible que existan árboles gigantes de muchos cientos de años de edad, ya que algunas de sus células siguen siendo siempre jóvenes.

En todas las células diferenciadas la pared celular es más gruesa y rígida que en las células embrionarias. En algunos tipos de células los cambios que ocurren en su interior determinarán si éstas van a funcionar finalmente como una célula fotosintética en las hojas, o una célula epidérmica como las que cubren la superficie de hojas, ramas y tallos verdes, una célula estomática, un pelo absorbente de la raíz, una célula almacenadora de alimentos, —como las que forman el mayor volumen de una papa o un camote— o algún otro tipo de célula que va a efectuar la función a la que está destinada cuando aún está viva.

Otras células de las plantas sufren sus principales modificaciones en la pared celular, transformándose en vasos, fibras o células de resistencia, que efectúan su función cuando están ya muertas, porque su trabajo es puramente mecánico. La madera o leño de los árboles está formada por este tipo de células. Así podemos darnos cuenta que en un árbol grande la mayor parte del volumen está formado por leño y corteza, o sea, tejido muerto, pero que continúa funcionando para el transporte de agua y permitiendo a las partes verdes elevarse y sostenerse sobre el suelo.

En los troncos de los árboles sólo se mantiene viva una delgada capa de células indiferenciadas y de vasos de floema que se encuentra por debajo de la corteza. Esta capa da lugar a las células que habrán de

transformarse en los componentes del leño y de la corteza, originándose en ella el crecimiento en grosor de un tronco o de una rama leñosa. Así tendremos que el centro de un tronco es mucho más viejo que su superficie, pues la capa de células meristemáticas está entre la corteza y el leño.

En la figura 24 hemos representado el origen y la distribución de los tejidos indiferenciados en una planta anual.

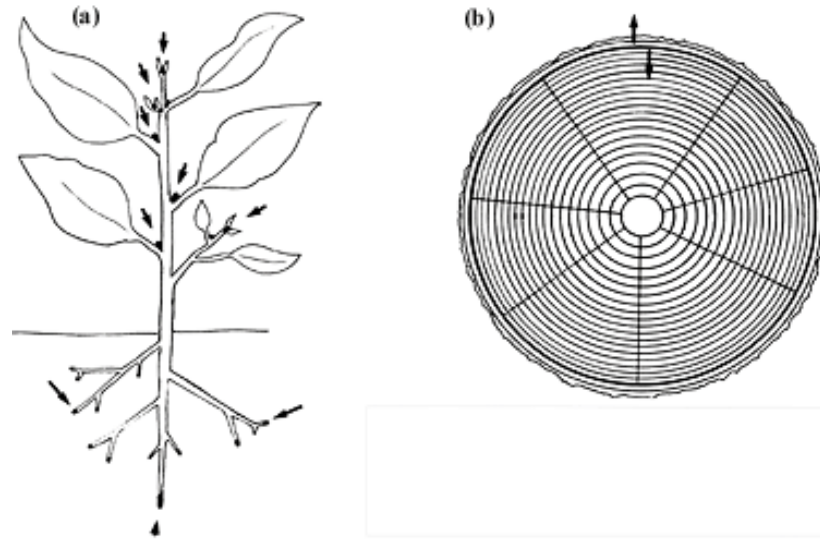


Figura 24. Los tejidos merismáticos están formados por células indiferenciadas de las cuales se origina el crecimiento, pues conservan la capacidad de multiplicarse. Este tejido se encuentra en los puntos de la planta que se indican en negro. En uno tronco de árbol, se forma un anillo del cual se origina el crecimiento en grosor del tronco y la corteza.

Los conglomerados de tejido embrionario o no diferenciado en una planta se conocen con el nombre de *meristemos* o tejidos meristemáticos. Los meristemos que dan origen a nuevas ramas, hojas, flores y frutos, se encuentran formando corpúsculos llamados yemas o renuevos que se localizan en puntos de las ramas, la base de las hojas, la punta del tallo, etc. En la raíz y en el tallo también existen estos corpúsculos, pero su distribución puede variar grandemente entre las diferentes especies de plantas, lo que determina en gran medida la arquitectura que éstas desarrollan cuando son adultas y también su capacidad para sobrevivir los daños que puedan sufrir. Cuando las plantas pierden sus yemas, están condenadas a muerte, a no ser que puedan reponerlas. Tal es el caso de la mayoría de las palmas, que tienen sólo una gran yema terminal en la punta de su tallo, de la cual se originan las células indiferenciadas que harán crecer el tallo, las hojas, inflorescencias y frutos. Cuando la yema terminal muere o es destruida, la palma muere después de algún tiempo. Pero la mayoría de las plantas perennes tienen muchas yemas para sustituir a las que mueren, de manera que es posible podarlas o guiar su crecimiento.

El crecimiento de las plantas es un proceso cuya velocidad es muy variable en el mundo vivo. Hay plantas que alcanzan grandes tallas en corto tiempo y otras que se llevan muchos años en alcanzar su tamaño adulto, de manera que hay plantas que culminan su ciclo completo en meses, mientras que otras viven por siglos; sin embargo, el proceso de crecimiento puede sintetizarse en la siguiente descripción de una planta generalizada: el tejido embrionario de una semilla está en su totalidad formado por células indiferenciadas que, por lo tanto, aún no adoptan su forma funcional. Cuando estas células comienzan a crecer y reproducirse durante la germinación, parte de las células formadas crece y se diferencia de acuerdo con la función que tendrán en la planta adulta, pero pequeños conglomerados de células se conservarán indiferenciados y retendrán su potencialidad multiplicativa. Estos conglomerados de células se encuentran en diversas partes de la planta en crecimiento: en las yemas de la punta del tallo, de las axilas de las hojas y de las ramas, a veces también en los bordes de las hojas y en la base del tallo, en la punta y en las axilas

de las raíces. En los tejidos capaces de originar leño también existen formando delgadas capas bajo la corteza. A partir de estos conglomerados se desarrolla: el crecimiento del tallo, nuevas ramas, nuevas raíces, hojas, flores y frutos y, mientras se conserven vivos, la planta, en su conjunto, vivirá.

También en muchos casos es posible obtener nuevas plantas a partir de ramas seccionadas o incluso troncos, gracias a los corpúsculos de células embrionarias que poseen y que pueden generar nuevo crecimiento, incluso de raíces.

Podemos distinguir ahora dos tipos diferentes de plantas, de acuerdo con la distribución de sus meristemas. El primer grupo sólo tiene yemas terminales que originan crecimiento en longitud pero no en grosor, de manera que sus tallos y ramas permanecen básicamente sin cambio desde que se forman. Estas plantas que son por lo general de vida corta, pocas veces sobrepasan el año, carecen del leño y son conocidas como *plantas herbáceas*.

El segundo grupo tiene además capas de tejido no diferenciado bajo la superficie de troncos, ramas y raíces, de manera que pueden crecer en grosor y formar leño. Estas plantas son de vida más larga, o perennes, y se les conoce como *plantas leñosas*.

Existen también formas intermedias que tienen, por ejemplo, tallos subterráneos leñosos y tallos aéreos herbáceos. En el siguiente capítulo veremos algo más sobre esto.

Parte de los azúcares (carbohidratos) producidos en la fotosíntesis se unen formando largas cadenas moleculares para formar una sustancia muy importante en el reino vegetal: la *celulosa*. Este compuesto es el componente principal de las paredes celulares, al cual pueden unirse otras sustancias diferentes. La celulosa es el componente principal de materiales tan importantes como la madera, el papel y fibras como el algodón.

Como dato curioso a la vez que importante, diremos aquí que muy pocos seres vivos han adquirido la capacidad de digerir y aprovechar la celulosa, a pesar de su alto valor calórico. Sólo algunas bacterias y protozoarios pueden hacerlo, tanto como insectos y rumiantes que los contienen en su tracto digestivo.

Damos por terminada aquí esta breve introducción al estudio del crecimiento de las plantas, pero no queremos dejar en el lector la impresión de que se trata de un tema sencillo y breve. La citología, embriología, histología y anatomía de las plantas son disciplinas muy complejas e importantes para la comprensión de lo que ocurre en el reino vegetal. En muchos centros de investigación del mundo hay personas dedicadas al estudio de estos temas que están aún lejos de poder ofrecer un panorama completo para todo el reino vegetal; sin embargo, es mucho lo que ya se conoce y este campo ofrece gran cantidad de posibilidades futuras para los investigadores.

La forma en que las plantas crecen también está íntimamente relacionada con la mejor manera de obtener los recursos que el medio les ofrece, como veremos en el siguiente capítulo.



VI. HISTORIA DE VIDA Y SU RELACIÓN CON LOS RECURSOS

LAS plantas germinan, crecen, maduran, producen flores, se cruzan, producen frutos y semillas que se diseminan y germinan, recomenzando de nuevo el ciclo. El estudio de la historia de vida trata de describir los detalles de este ciclo: el cómo y cuándo germinan las plantas, cuánto dura el crecimiento, cuántas sobreviven cada etapa hasta llegar a la edad reproductiva, cómo y cuándo se forman las flores, cómo se polinizan, cuántos frutos y semillas se producen, cuántas veces se diseminan las semillas y cuántas sobrevivientes quedan que puedan germinar.

Las características de cada etapa difieren de una especie a otra, dando lugar a diversas historias que se relacionan estrechamente con el uso óptimo de los recursos disponibles en cada lugar, como veremos aquí.

Hemos dicho antes que el principio de la vida de una planta es el momento en que una semilla germina, iniciándose de este modo el desarrollo de un individuo independiente.

La germinación suele ocurrir cuando la humedad es alta y la temperatura es adecuada, también influyen otros factores como la luz y el ambiente que rodea a la semilla; la germinación, de cierta manera, ubica el principio del desarrollo en la época más favorable del año, generalmente al inicio de un periodo húmedo y cálido. Así la pequeña planta formada de la semilla, dispone de un periodo favorable suficientemente largo para establecerse y comenzar a crecer hasta la llegada de la época desfavorable (seca y/o fría) o para completar totalmente su crecimiento y producir semillas.

En este punto podemos distinguir dos grandes tipos de plantas: aquellas que germinan, crecen, maduran, producen semillas y mueren en un solo ciclo anual o estación favorable y aquellas que sobreviven la época desfavorable esperando un periodo favorable, lo cual puede continuar por pocos o muchos años, según el caso. Así tenemos dos formas muy distintas de utilizar los recursos disponibles: plantas que completan su crecimiento y mueren reproduciéndose una sola vez, de manera que durante la época desfavorable del año sólo sobreviven sus semillas latentes y plantas que atraviesan la época desfavorable conservando gran parte de sus órganos (troncos, ramas, etc.) o al menos una parte de sus raíces, del tallo, rizomas, bulbos y que reiniciarán el crecimiento en la siguiente buena estación junto con las semillas que hayan podido producir en el periodo de crecimiento anterior. En este segundo caso, además de las semillas también sobrevive la planta o parte de ésta, lo cual marca una diferencia que repercute en la talla que pueden alcanzar. Las formas anuales de corta vida son casi siempre herbáceas y pequeñas; en tanto que las formas perennes son parcial o totalmente leñosas y pueden alcanzar las más grandes tallas del reino vegetal. Por lo general, las especies más valiosas que se cultivan son plantas herbáceas anuales.

Hay regiones de la Tierra, principalmente en el trópico húmedo, en las que las estaciones favorables y desfavorables no están tan bien definidas como en otros climas. En este caso la vida de las plantas anuales no corresponde en forma precisa con las estaciones sino con otros factores más complejos de definir, relacionados con mecanismos de competencia hacia otras plantas y también con la dinámica de la vegetación.

En la figura 25 hemos representado diversas formas de sobrevivir la estación desfavorable.

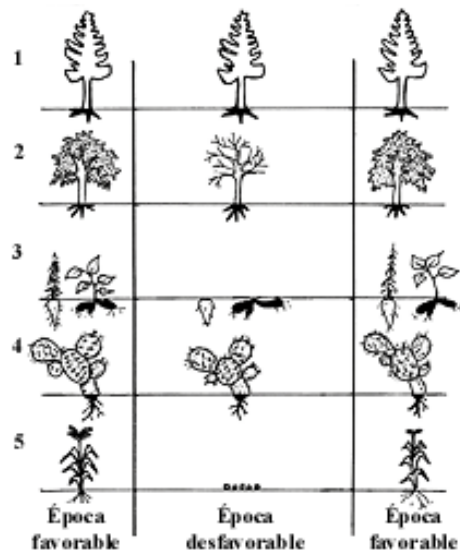


Figura 25. Entre las plantas hay varias maneras de sobrevivir una estación desfavorables en el año; aquí se representan algunas de ellas: **1.** Plantas con tejidos verdes muy resistentes al frío que no sufren mayores cambios y sólo interrumpen su crecimiento. **2.** Árboles que pierden sus hojas en la época seca, disminuyendo así su gasto de agua. **3.** Plantas de las que sólo sobreviven las partes subterráneas. **4.** Plantas con reservas de agua en sus tejidos que no sufren mayores cambios en la época seca. **5.** Plantas de las que sólo sobreviven las semillas que darán origen a nuevos individuos.

Algunos tipos de plantas tienen una estructura especial que les permite tolerar condiciones bastante desfavorables sin entrar en una condición de letargo profundo ni perder sus partes verdes. Ejemplos conocidos por todos son los pinos y abetos de lugares fríos que se mantienen verdes durante el invierno o los cactus y agaves de los desiertos, durante la época más seca. La estructura anatómica y/o el tipo especial de componentes químicos y metabolismo de estas plantas les permiten sobrevivir los efectos del calor o el frío extremo y conservar el agua durante la época más seca; sin embargo, durante la época mala prácticamente no crecen.

Los tejidos de las plantas que sobreviven las épocas desfavorables frías y/o secas, sufren transformaciones que los hacen más resistentes, como son: deshidratación parcial, aumento de la cantidad de sustancias disueltas en el agua que contienen, cambios químicos en las proteínas y producción de defensas o sustancias que disminuyen el riesgo de la desecación o congelación. Dichos cambios son muy notables en las yemas que contienen los tejidos meristemáticos que formarán nuevas ramas y hojas en los árboles. En el invierno esto es fácilmente apreciable en las ramas de durazneros o ciruelos. Las yemas invernantes adquieren la apariencia que se aprecia en la figura 26.



Figura 26. Las plantas que pierden las hojas en la época seca o en el invierno tienen yemas de crecimiento bien protegidas a lo largo de sus ramas que originarán nuevas ramas, hojas, flores y frutos. Dichas plantas presentan la apariencia que se ilustra en esta figura.

Como habíamos visto anteriormente, durante la estación desfavorable casi siempre el agua escasea o las temperaturas son demasiado bajas para permitir un metabolismo activo y la fotosíntesis. La caída de las hojas es una forma muy común de preparación para la época mala, sobre todo en bosques templados o en selvas semihúmedas, siempre y cuando la época buena sea estable y lo suficientemente larga como para asegurar que la reposición total de las hojas recompense la energía gastada en producirlas y, además, se tenga un rendimiento fotosintético tal que permita también nuevo crecimiento y gasto en reproducción.

Cuando la estación húmeda o tibia es corta o irregular de año a año, el perder totalmente las hojas o el tejido fotosintético puede no ser la forma más eficiente de sobrevivir la estación mala. En esos sitios es más efectivo el mantener tejido verde que transpire poco, ya sea con tallos u hojas de epidermis y cutículas gruesas, espinas, pelos y otras protecciones así como hojas escasas y muy pequeñas o también, cuando es posible, grandes raíces que lleguen a alcanzar capas permanentemente húmedas de gran profundidad. Dichas adaptaciones son características en plantas desérticas pero, dado que impiden el crecimiento rápido, en medios un poco más húmedos estas plantas pueden no ser tan eficientes como aquellas que pierden las hojas.

En la figura 27 hemos representado diferentes mecanismos por medio de los cuales las plantas pueden sobrevivir las condiciones extremas de los desiertos.



Figura 27. Vemos aquí algunos ejemplos de adaptaciones de las plantas de los desiertos: 1. Plantas anuales que completan en corto tiempo su ciclo, dejando sólo semillas en la época más seca. 2. Pastos con tallos o estolones subterráneos. 3. Subarbustos con tallos o rizomas subterráneos. 4. Diferentes tipos de plantas suculentas que almacenan agua. 5. Plantas micrófilas de hojas muy pequeñas y raíces extensas. 6. Plantas freatófilas cuyas profundas raíces alcanzan capas del suelo permanentemente húmedas.

En conclusión, podemos decir que existen muchas formas de sobrevivir la alternancia de estaciones favorables y desfavorables, la más simple es la de las plantas anuales que dejan sólo sus semillas; otras sobreviven únicamente en forma de órganos subterráneos y, muchas otras más, con una parte o todas sus partes aéreas. Cuál de todas las diferentes formas es la más exitosa o adecuada? Esto depende de cada sitio en particular; por ejemplo, si la estación húmeda es larga y la alternancia ocurre en forma regular en el tiempo, la pérdida total de las hojas y su completa reposición puede ser la forma más eficiente. Si la estación seca es muy larga y la húmeda breve y poco estable, la forma más eficiente podrá ser el conservar el tejido verde, manteniendo siempre un intercambio gaseoso reducido para que la transpiración sea baja.

El crecimiento muy lento puede ser favorable en condiciones de baja competencia, con otras plantas, por ocupar el espacio disponible, como ocurre generalmente en los desiertos.

Existen varias formas básicas entre las plantas superiores que es conveniente recordar ahora.

Las plantas con crecimiento primario sólo en longitud pero no en grosor que, además no forman leño, se conocen como *hierbas o pastos*, pueden tener diversas formas y tamaños aunque casi siempre son pequeñas, con excepciones como las plantas del banano (plátano). Las plantas que producen algo de leño en su base o en tallos subterráneos pero no en las ramas se conocen como *subarbustos*. En este caso la parte no leñosa se renueva cada estación de crecimiento y la parte resistente persiste por más tiempo.

Los *arbustos* son plantas con crecimiento en grosor que producen leño tanto en tallos como en ramas. Son perennes, no alcanzan gran talla pues se ramifican desde su base o cerca de ella y están formados por ramas más que por un tronco bien definido. Los *árboles* en cambio, tienen un tronco bien definido que les permite alcanzar las mayores tallas.

Muchas plantas carecen de la rigidez suficiente en sus tallos como para alcanzar cierta altura por sí mismas, de manera que se apoyan en otras plantas o superficies verticales para crecer. Se las conoce como *trepadoras o enredaderas* y pueden ser hierbas, subarbustos, arbustos e incluso, en selvas tropicales, existen árboles con esta forma de crecimiento.

Hay plantas que no se establecen sobre el suelo, sino que lo hacen sobre las ramas de árboles o sobre rocas o sustratos muy diversos. Se les conoce como plantas *epífitas* y son más abundantes en los medios

húmedos que en los secos. Pueden ser plantas herbáceas o tener algo de crecimiento en grosor en algunos de sus órganos.

También existen plantas *parásitas* entre los vegetales superiores. En lugar de raíces, estas plantas tienen órganos especiales que penetran en los tejidos de plantas diferentes, de las que extraen parte de los recursos necesarios para vivir. En este grupo podemos distinguir dos estrategias diferentes: un tipo de ellas introduce su órgano de absorción en el tejido leñoso de las plantas parasitadas, de las que obtienen sólo agua y minerales, de manera que la parásita debe ser capaz de efectuar la fotosíntesis por sí misma. Estas plantas son verdes y por lo general tienen hojas de apariencia normal. El otro tipo de plantas parásitas introduce su órgano de absorción en los vasos del floema que conducen la savia elaborada, de manera que no necesitan efectuar la fotosíntesis, carecen de hojas y de clorofila. Pueden vivir parasitando las raíces o las ramas de sus víctimas.

En la figura 28 hemos representado las diferentes formas de crecimiento de las plantas.

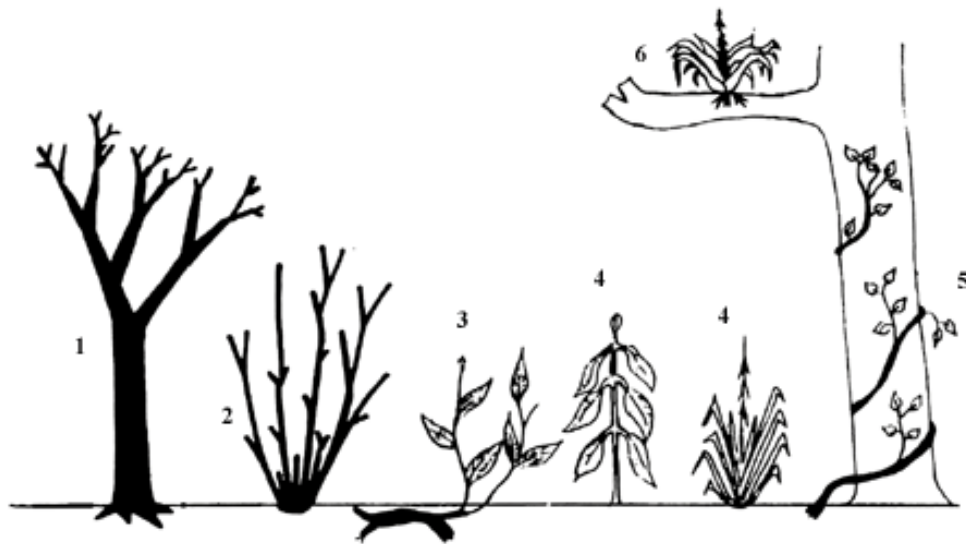


Figura 28. Diferentes formas de crecimiento de las plantas: 1. Árbol; 2. Arbusto; 3. Subarbusto; 4. Hierba y pasto; 5. Trepadora; 6. Epífita.

¿Cuánto vive una planta? A esta pregunta podemos responder que la duración de la vida de las plantas es casi tan variable como el número de especies de ellas que viven en la Tierra.

Las plantas de vida más breve son formas herbáceas que pueden vivir en los desiertos, cerca de los polos o como invasoras de campos de cultivo (malas hierbas), cuyo ciclo de vida, desde que germinan hasta que producen nuevas semillas, se completa en unas cuantas semanas. En los casos extremos de algunos desiertos, el ciclo se puede completar en poco más de dos semanas.

En el otro extremo encontramos árboles gigantes, como secuoyas y ciertos pinos de California, eucaliptos en Australia o algunos ahuehuetes en México, que se han mantenido vivos por mil años o más y los pinos hasta cuatro mil.

Entre ambos extremos caben todas las posibilidades y no debe descartarse el hecho de que algunas especies de plantas pueden tener una longevidad muy variable, dependiendo de las condiciones del lugar en el que los individuos están creciendo, es decir, en algunos sitios alcanzan longevidades mucho mayores que en otros.

Después de que la Tierra se originó y se enfrió lo suficiente como para posibilitar la aparición de las primeras formas de vida, se formaron organismos muy simples en el seno de las aguas de los antiguos

mares; después aparecieron los primeros microorganismos fotosintéticos acuáticos que comenzaron a transformar el medio ambiente haciendo posibles los cambios en la composición atmosférica que permitiera la colonización de la superficie emergida de la Tierra. El oxígeno producido en la fotosíntesis a través de millones de años, modificó la atmósfera hasta que las primeras plantas y animales pudieron comenzar a colonizar superficies húmedas emergidas.

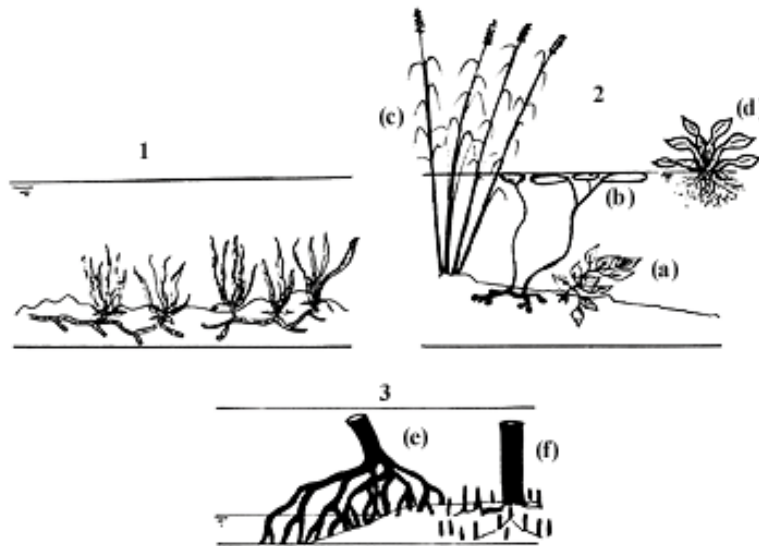


Figura 29. Las plantas terrestres se originaron del agua y algunas plantas superiores han vuelto a ésta conservando su compleja estructura. 1. Pastos marinos, que incluso florecen bajo el agua. 2. Plantas de pantanos, con cuatro apariencias principales: a) plantas totalmente sumergidas; b) plantas sumergidas con hojas flotantes; c) plantas emergentes; d) plantas flotantes. 3. Plantas de manglar: e) con raíces zanco; f) con neumatóforos que les permiten arraigarse y crecer en suelos permanentemente fangosos.

Al principio, las plantas terrestres tenían una estructura simple y eran muy pequeñas, pero poco a poco fueron evolucionando nuevas estructuras, nuevos tejidos, nuevos órganos, procesos fisiológicos más eficientes y variados y mecanismos reproductivos mejor adaptados al medio terrestre. De esta manera las plantas superiores han llegado a colonizar casi todos los ambientes que existen en la superficie terrestre, desde el más seco hasta el más húmedo, desde el más frío hasta el más cálido, desde el más pobre en nutrientes hasta el más rico. El estudio de cómo es posible que exista esta enorme potencialidad es un campo vastísimo de investigación científica.

En la figura 29 vemos que algunas plantas superiores pueden vivir en el agua, debido a que nuevamente han adquirido la potencialidad de captar sus recursos a partir de ese medio. Entre las plantas superiores que pueden crecer en el agua existe un gradiente de adaptación que va desde aquellas que pueden vivir en suelos empapados de agua, como los mangles, donde encontramos estructuras especiales que permiten la sustentación en el fango y la llegada de oxígeno a las raíces que se encuentran en un medio anaerobio, hasta las plantas plenamente acuáticas que encontramos enraizadas en el fondo aunque con hojas emergentes como los juncos o flotantes como las ninfas, totalmente flotantes como los lirios o totalmente sumergidas. Entre las totalmente sumergidas la adaptación más completa al medio acuático la encontramos en los pastos marinos, en donde la floración y la fructificación también ocurren bajo el agua.

De este modo hemos podido ver que gracias a una amplia diversidad de estructuras anatómicas, mecanismos fisiológicos y variedad de historia de vida, las plantas superiores se encuentran desde el desierto más árido hasta el mismo fondo del océano. Las hay viviendo en la penumbra o a pleno sol, por unas semanas o por cientos de años.

No importa cuál sea su forma de sobrevivir, de ellas depende nuestra sobrevivencia; sin embargo, a pesar del gran progreso de la humanidad en muchos campos del conocimiento, aún nos quedan infinidad de cosas por aprender acerca de las plantas.



VII. LAS PLANTAS QUE UTILIZAMOS

LAS plantas que son cultivadas o explotadas por el hombre constituyen un número muy pequeño de especies en comparación con las que existen en las comunidades naturales del mundo y su utilización disminuye aún más cada día, pues se va perdiendo el conocimiento tradicional acerca del uso de muchas plantas, en tanto que la progresiva industrialización de la agricultura y la forestería y el desarrollo de la farmacología hace que cada vez se vayan obteniendo mayor cantidad de productos a partir de un menor número de especies, y se disminuye la necesidad de explotar otras plantas diferentes a las ya muy bien conocidas.

Queda en la Tierra un número vastísimo de especies de plantas cuya utilidad potencial jamás ha sido seriamente explorada y quizá muchas de esas plantas lleguen a extinguirse antes de que eso ocurra; por eso es tan importante inventariar y conocer pronto toda la flora de los países que sufren destrucciones aceleradas de su vegetación.

A grandes rasgos, podemos dividir las plantas útiles al hombre en ocho grupos principales, de acuerdo con su importancia para diferentes ramas de la actividad humana. Estos grupos son: plantas alimenticias básicas, plantas para la industria alimentaria, plantas alimenticias secundarias, plantas forrajeras, plantas que son o producen materias primas para la industria no alimentaria, plantas de uso artesanal, plantas de ornato y de valor urbanístico, plantas medicinales y plantas de utilidad indirecta. También es posible dividir a las plantas útiles en dos grupos: plantas que se cultivan y plantas que crecen espontáneamente, sin la intervención consciente del hombre; sin embargo, es preferible hacer esta distinción al hablar de cada grupo en particular.

Plantas alimenticias

Las plantas esenciales para la alimentación humana se caracterizan por ser casi siempre herbáceas, de corta vida, productoras de semillas o algún otro órgano de perennación como rizomas o tubérculos, ricos en sustancias de reserva para la planta. La mayoría de las veces la semilla es la parte utilizada. En muy pocos casos es el fruto. Casi siempre estas plantas se cultivan, aunque ciertos grupos humanos muy primitivos, de lo más profundo de algunas selvas del mundo, aún utilizan plantas silvestres en su alimentación básica; sin embargo, estos grupos son cada vez menos y forman, por su número, una parte insignificante de la población humana.

Las plantas que producen alimentos básicos pertenecen a unas pocas familias vegetales de las que destacan principalmente dos: las gramíneas y las leguminosas. *Las gramíneas*, cuya apariencia característica es la de un zacate, producen un tipo especial de semilla llamado "grano" que es rico principalmente en carbohidratos pero también suele contener algo de aceite y proteínas. Su función primordial para el organismo es proporcionar calorías, o sea, energía. En cada región del mundo se han originado una o varias gramíneas útiles que formaron el "pan" local: maíz, trigo, arroz, mijo, centeno, cebada, avena, etc. Actualmente los cultivos de estas plantas se encuentran en casi todas partes del mundo y no sólo en las áreas en que se originaron.

Las leguminosas, gracias a su capacidad para captar el nitrógeno molecular gaseoso, producen semillas con una gran cantidad de proteínas, que son los compuestos estructurales de las células vivas. Casi en cada región del mundo existe alguna leguminosa de importancia básica en la dieta: frijol, haba, cacahuete, soya, lenteja, alubia, chícharo, garbanzo, etc. Las leguminosas no son tan significativas en países prósperos donde abundan la carne y los productos lácteos o en aquellas regiones del mundo pobladas por pescadores y cazadores o por pastores que tienen a su disposición abundante proteína animal, aunque en realidad estos grupos forman una parte pequeña de la población mundial y la gran mayoría de los seres humanos depende de alguna o varias leguminosas como fuente importante de proteínas. En nuestro país es el frijol la leguminosa primordial.

Los tallos y tubérculos subterráneos ricos en almidón, son básicos para muchos pueblos del trópico, entre otros se encuentran: la yuca, la papa, el camote, el boniato, etc. La papa se ha extendido a todo el mundo y se consume en grandes cantidades, principalmente en países de Europa en donde compite con el trigo como alimento básico, aunque su cultivo se originó en Sudamérica.

El único fruto de importancia básica es el plátano en ciertas partes de Asia y el Caribe, y quizá el "árbol del pan" en islas del Océano Índico, cuyo fruto comestible es rico en almidón.

Estos productos forman el alimento cotidiano más voluminoso, del que provienen la mayor parte de los nutrimentos que sostienen la vida. En algunas zonas privilegiadas del mundo y en ciertas capas sociales de todos los países, el alimento de origen animal tiene una contribución importante en la dieta, pero gran parte de la humanidad no tiene fácil acceso a este recurso por su alto costo.

Plantas para la industria alimentaria

Actualmente muchos de los cultivos enlistados entre las plantas alimenticias básicas, así como muchas plantas alimenticias complementarias, sufren un proceso industrial que ha diversificado la cantidad de productos disponibles a partir de estas plantas y ha aumentado su importancia económica. Posiblemente el ejemplo más notable es el maíz, pues de él se obtienen infinidad de ingredientes que se emplean en otras ramas de la industria de los alimentos y que le han restado importancia a otros cultivos; por ejemplo, muchos países ricos importan cada vez menos azúcar de caña porque ahora se obtienen mieles de maíz que se usan mucho en la fabricación de dulces y repostería industrial. Del maíz también se obtiene aceite, almidones, alcohol, celulosa y muchas otras cosas.

Aparte de los cultivos anteriores, podemos mencionar aquí muchas otras plantas cuyos productos deben seguir un proceso industrial para llegar al nivel de consumo; tal es el caso de la caña de azúcar y la remolacha para producir azúcar, melazas, alcohol, etc.; todas las oleaginosas, de las que se obtienen aceites; la soya, de la que se derivan aceites, leche artificial y alimentos procesados ricos en proteínas. Muchas otras plantas sufren complicados procesos industriales antes de ser útiles.

Plantas alimenticias complementarias

Este grupo comprende un número considerable de especies de muy diferentes familias, que son utilizadas como alimento complementario, principalmente en la estación del año en que se producen. Incluyen plantas herbáceas que se comen crudas o cocidas, ya sea el follaje verde, los tallos o las raíces, es decir, las llamadas comúnmente "verduras". También hay entre ellas muchos rizomas, bulbos, frutos, semillas y germinados de hierbas, arbustos, trepadoras y árboles de los más variados orígenes que generalmente se cultivan pero que también pueden provenir de poblaciones silvestres.

Estas plantas refuerzan la alimentación con pequeñas cantidades de sustancias básicas como carbohidratos, grasas y proteínas y contribuyen en forma muy importante a mejorar la dieta, proporcionando vitaminas y minerales indispensables, así como fibras que mejoran la digestión de los alimentos. Algunas tienen sólo efectos estimulantes como el café, el té y otras, pero carecen de valor alimentario.

Dos criterios muy importantes en la elección de estas plantas como alimento, han sido el que tengan sabor agradable y que carezcan de cualquier tipo de efecto tóxico. Existen muchas plantas silvestres que pueden proporcionar frutas y verduras si son estudiadas y mejoradas para el cultivo. En la figura 30 hemos representado los diferentes grupos de plantas alimenticias.



Figura 30. Aquí hemos representado los tres grandes grupos de vegetales que sirven de alimento al hombre. En la base se encuentran los alimentos básicos primordiales: gramíneas, tubérculos y leguminosas. Después encontramos los alimentos complementarios: frutas, verduras y bebidas y por último los alimentos que sufren un procesamiento industrial considerable para ser utilizados, los cuales deben consumirse en pequeñas cantidades.

Plantas forrajeras

Los animales domésticos y el ganado se alimentan también de muy diversas plantas; sin embargo, las familias más utilizadas son también gramíneas y leguminosas que crecen silvestres o se cultivan. Actualmente las praderas para ganado cultivadas adquieren cada vez más relevancia, en comparación con las praderas naturales, en el sostenimiento de poblaciones ganaderas. También algunos granos cultivados como el sorgo y el maíz tienen importancia básica en la alimentación animal, principalmente en los países más adelantados, y a veces son complementados con harina de pescado y otros productos de origen animal.

Las praderas naturales y las sabanas proveen de una gran superficie para el desarrollo de hatos de ganado. Ahora son aún más extensas las praderas inducidas en muchos países pobres o mal administrados. Desgraciadamente, las praderas artificiales cubren grandes extensiones de terreno que podrían tener un mejor uso en la producción de alimentos básicos o en la industria forestal, ya que su productividad real suele ser baja.

Plantas productoras de materias primas

Las especies que producen materias primas para las industrias maderera, de los derivados de la madera, del papel, de la celulosa, del caucho, de las resinas y solventes, etc., crecen tanto en comunidades silvestres como en cultivos. Actualmente existe la tendencia a cultivar estas plantas y a depender, en la industria, de un menor número de especies bien conocidas. Los bosques artificiales cubren cada vez mayores superficies en el mundo.

En las regiones templadas y frías se cultivan bosques artificiales de coníferas (pinos, abetos, etc.) con frecuencia formados por una sola especie de árbol, que se cosecha después de algunos años de crecimiento para producir cosas como pasta para papel, chapa de madera, conglomerados, resinas, etc. En el trópico se utilizan especies diferentes, como algunos pinos, eucaliptos y varias otras, cuya forma de cosecha y uso es similar. Hay una fuerte tendencia a favorecer los bosques artificiales pobres en especies sobre los bosques naturales ricos y diversos ya que estos últimos, sobre todo en los trópicos, se explotan sin darles oportunidad de regenerarse, por lo que su superficie disminuye día a día.

Plantas de uso artesanal

Estas plantas generalmente se explotan en poblaciones naturales y se utilizan para la fabricación de objetos a un nivel doméstico o artesanal. Su uso se ha ido perdiendo por dos razones principales: la sustitución de los objetos artesanales por objetos industriales y la sobreexplotación de las materias primas silvestres. Cuando las artesanías se popularizan demasiado se da lugar a la sustitución de las materias primas originales por otras más abundantes y baratas, pero sin el valor que tiene lo tradicional.

También aquí se observa un empobrecimiento de la tradición y el uso gradual de un menor número de especies.

Plantas de ornato y de valor urbanístico

Se tiene la tendencia a depender cada vez más de plantas de ornato muy manipuladas genéticamente, bien conocidas y casi exageradamente vistosas, pertenecientes a unas cuantas especies, que se cultivan en todo el mundo con propósitos decorativos. Basta recorrer cualquier expendio de plantas de ornato para darnos cuenta de que son pocas las especies utilizadas y que muchas de ellas son plantas exóticas. Se está haciendo muy poco para incrementar el número de plantas de ornato a partir de la flora local de cada región, a pesar de que en muchos sitios la potencialidad es enorme.

Para reforestar las ciudades, los parques y las avenidas se utilizan pocas especies de árboles muy tolerantes a las condiciones urbanas, cuyo crecimiento rápido está más o menos garantizado, pues se conocen bien sus requerimientos. Con frecuencia estos árboles proceden de otras regiones del mundo distintas a aquellas en donde se encuentran las ciudades en que se utilizan. Estas plantas tienen las mismas posibilidades que las mencionadas para las de ornato.

Plantas medicinales

Cada día se emplean menos plantas medicinales en el mundo. El extraordinario desarrollo de los procesos químicos de síntesis, que permiten reproducir o crear casi cualquier tipo de molécula orgánica a nivel industrial, hacen muy improbable que las plantas recobren la importancia que antes tenían en la industria farmacéutica.

La costumbre de usar plantas medicinales se va perdiendo en todas partes, como consecuencia del desarrollo de nuevas y mejores medicinas sintéticas; sin embargo, las plantas silvestres encierran aún infinidad de compuestos químicos desconocidos que podrían llegar a tener gran valor terapéutico y medicinal. Vale la pena aumentar nuestro conocimiento acerca de ellos, aunque después sea posible sintetizarlos en el laboratorio.

Ya se tiene un conocimiento muy profundo acerca de la anatomía, la fisiología y la ecología de las plantas, aunque cada vez disminuya más la diversidad de especies que utilizamos como consecuencia de la industrialización y el desarrollo económico. Quedan aún por explorar las potencialidades de todo tipo de un inmenso número de especies silvestres. Las tendencias de la economía moderna han restado importancia a esta búsqueda, pero todos esperamos que muy pronto esta tendencia cambie y volvamos a darles a las plantas la importancia fundamental que tienen como sostén de la vida del planeta y procedamos a estudiarlas, conocerlas y protegerlas en toda su diversidad y complejidad.



EPÍLOGO

El desarrollo urbano e industrial de México está provocando que una mayor proporción de la población se desligue de las tareas relacionadas en forma directa con las plantas. Nos alejamos cada vez más a un nivel tanto físico como mental del mundo vegetal, que continúa siendo punto de partida y sustento de nuestra vida. El perder la perspectiva de esta realidad puede traernos consecuencias graves.

Ahora que se han puesto de moda las campañas ecologistas, se hace evidente la relevancia que se le da a los aspectos de contaminación urbana cuando en realidad los problemas ambientales más importantes y trascendentes de México están en el campo: la deforestación generalizada, la erosión de gran parte del territorio, la desertización, la extinción de especies, las alteraciones de las cuencas de los ríos, y otros más.

El estudio de las plantas en México debe ocupar un lugar de primera importancia en nuestra cultura. Nuestro país tiene una ubicación privilegiada sobre la superficie terrestre y esto, aunado a su papel de puente entre dos subcontinentes, su orografía y sus extensas costas, da origen a una diversidad única en lo referente a condiciones ecológicas, lo que a su vez ha conducido a una fantástica diversificación en el número de especies de plantas.

Se ha calculado que en México existen más de 20 000 especies vegetales, por lo que aún queda mucho por hacer en el estudio de las plantas en México respecto a inventarios florísticos, estudios ecológicos, botánicos y sobre aplicaciones útiles de la flora.



LECTURAS COMPLEMENTARIAS

- Billings, W. D. 1968. *Las plantas y el ecosistema*. Herrero Hermanos, Suc., México.
- CONACYT, 1982. *Introducción a la ecología*. Ed. Martín Casillas, México.
- Cronkist, A. 1977. *Botánica básica*. Compañía Editorial Continental, México.
- Dauvenmire, R. F. 1979. *Ecología vegetal: tratado de autoecología de plantas*. Limusa Wiley, México.
- Fuller, J. y Ritchie, D. 1984. *Botánica general*. Compañía Editorial Continental, México.
- Gómez-Pompa, A. 1985. *Los recursos bióticos de México*. Alhambra Mexicana, México.
- Hernández X., E. 1985. *Biología agrícola*. Compañía Editorial Continental, México.
- Jensen, W. A. 1966. *La célula vegetal*. Herrero Hermanos, Suc., México.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología*. Ed. Harla, México.
- Larcher, W. 1977. *Ecofisiología vegetal*. Ed. Omega, Barcelona.
- Margalef, R. 1981. *Ecología*. Ed. Planeta, México.
- Medina, E. 1977. *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C.
- Odum, E. P. 1986. *Ecología*. Compañía Editorial Continental, México.
- Ray, P. M. 1975. *La planta viviente*. Compañía Editorial Continental, México.
- Rojas-Garcidueñas, M. 1972. *Fisiología vegetal aplicada*. McGraw Hill, México.
- Rojas-Garcidueñas, M. y M. Rovalo. 1985. *Fisiología vegetal aplicada*. McGraw Hill, México.
- Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Editorial Limusa, México.
- Stein, J. R. y Taylor, T. M. C. 1977. *El reino vegetal*. Ed. Omega, Barcelona.
- Vázquez-Yanes, C. 1982. *Deterioro ambiental, sus causas y efectos*. Compañía Editorial Continental, México.



COLOFÓN

Este libro se terminó de imprimir y encuadernar en el mes de agosto de 1997 en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A. (IEPSA), calzada de San Lorenzo 244, 09830 México, D.F.

Se tiraron 3 000 ejemplares.

La Ciencia para Todos es una colección coordinada editorialmente por *Marco Antonio Pulido* y *María del Carmen Farías*.



El doctor Carlos Vázquez Yanes hace una advertencia en este libro sobre la que vale la pena reflexionar. "El desarrollo urbano e industrial de México está provocando que cada vez una proporción mayor de la población se desligue de las tareas relacionadas en forma directa con las plantas. Nos alejamos cada vez más, a un nivel tanto físico como mental, del mundo vegetal que continúa siendo punto de partida y sustento de nuestra vida. El perder la perspectiva de esta realidad puede traernos consecuencias graves."

Si bien los problemas de deterioro ambiental son muy notables en las grandes urbes, en realidad los problemas ambientales más graves y trascendentes de México se dan en el campo, en el que se observa la deforestación generalizada, la erosión de gran parte del territorio nacional, la desertización, la extinción de especies, las alteraciones en la cuenca de los ríos, el descenso de los mantos freáticos y otros problemas más.

No es el presente, sin embargo, un libro catastrofista. Es un libro sobre las plantas, las relaciones que guardan con su ambiente y la forma como crecen y se desarrollan en todos los climas. Conocer las cosas, las personas, es amarlas. Los antiguos mexicanos poseyeron un vasto conocimiento sobre las plantas que ha venido olvidándose con el paso de los siglos. Mas el estudio de las plantas debe volver a ocupar un lugar de primera importancia en nuestra cultura. No debe olvidarse que México tiene una ubicación privilegiada en la superficie de nuestro planeta, gracias a su situación de puente entre subcontinentes, lo escarpado de su territorio y lo extenso de sus costas, lo que ha conducido a una diversificación notable en el número de especies de plantas: no menos de veinte mil especies pueden hallarse en el país y su estudio ocupar la labor de numerosos investigadores que se encarguen de inventariarlas y descubrir sus aplicaciones.

"Este libro —dice el autor— intenta describir en forma sencilla lo que es una planta verde terrestre y cómo este ser vivo obtiene los recursos indispensables para su subsistencia." Así planteada la cuestión parece sencilla, mas no olvidemos que su conocimiento ha llevado al hombre tanto tiempo como el que lleva sobre el planeta.

Carlos Vázquez Yanes obtuvo su licenciatura, maestría y doctorado en biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Ha realizado cursos de especialización en Bélgica, Francia, Inglaterra, Estados Unidos y Dinamarca. Desde 1980 es investigador titular de tiempo completo del Instituto de Ecología de la UNAM y en 1984 se le nombró investigador nacional. Ha publicado cuatro libros sobre su especialidad así como numerosos artículos en revistas científicas. En 1983 se le otorgó el Premio de Ciencias Naturales de la Academia de la Investigación Científica.

