

Más que madera: los beneficios socioambientales de los árboles

Marlín **Pérez-Suárez**
Tomás **Martínez-Trinidad**

Un árbol a menudo es percibido simplemente como una fuente de madera o un objeto ornamental en el paisaje; sin embargo, su valor real trasciende estas apreciaciones estéticas. Los árboles son unos auténticos héroes silenciosos que contribuyen de manera determinante al mantenimiento a largo plazo de los ecosistemas. Lo anterior deriva del propio bienestar del árbol y de su correcto funcionamiento. Así, a través de dos de sus funciones vitales, la fotosíntesis y la transpiración, los árboles son capaces de aportarnos bienes y servicios tanto ecológicos, como económicos, sociales y culturales que van más allá del entorno inmediato del árbol y del mismo bosque. Por lo anterior, es imprescindible que conozcamos y seamos conscientes de los procesos biológicos que realizan los árboles, ya que, aunque invisibles a simple vista, son parte importante de nuestra calidad de vida y son indispensables para nuestra sobrevivencia.

GIGANTES SILENCIOSOS

Los árboles, a pesar de provenir de pequeñas semillas, son gigantes silenciosos que habitan nuestro planeta, son mucho más que simples plantas, son estructuras complejas y sofisticadas. Los árboles son organismos tan longevos que pueden vivir siglos o milenios, que crecen con fuerza

desde sus troncos leñosos –gracias a su crecimiento secundario–, extendiendo sus ramas hacia el cielo y cubriéndose de hojas que abrazan la luz del sol. A lo largo de diferentes ecosistemas, los árboles se alzan como guardianes esenciales de la biodiversidad, ofreciendo refugio y alimento a una gran variedad de fauna. Sin embargo, los árboles ofrecen muchos más beneficios, por ejemplo, el de ser reguladores del clima, el de su capacidad para la captación de agua y el de proteger los suelos de la erosión.

Los árboles pertenecen a dos grandes grupos: las gimnospermas, que incluyen coníferas como los pinos y abetos; y las angiospermas, que incluyen a la mayoría de los árboles de hojas anchas, como los encinos. La extraordinaria variedad en tamaños y formas, así como de estructura, permite a los árboles alcanzar diferentes alturas, siendo las secuoyas gigantes, en California (Estados Unidos), los árboles más altos, con hasta 100 metros de altura. También hay árboles pequeños, como los retorcidos bonsáis cultivados en macetas en todo el mundo. Como se puede observar, tan extraordinarios son los árboles que su tamaño y forma dependen de su entorno, y esto es debido a que todas las especies de árboles han pasado por largos procesos de evolución. Esto les ha permitido desarrollar adaptaciones para poder colonizar una amplia gama de ecosistemas, desde selvas tropicales hasta desiertos y tundras. En cada uno de estos ecosistemas, los árboles desempeñan papeles clave, como el ser los principales productores de biomasa y reguladores del ciclo de nutrientes en los ecosistemas.

LA FÁBRICA VERDE Y SU AIRE ACONDICIONADO

La fotosíntesis es una de las funciones básicas para la sobrevivencia y crecimiento de las plantas, y una de las que más beneficios traen a los seres humanos, debido a su relación con el ciclo global del carbono (Mostan, 2024). Dicha relación es esencial para el mantenimiento de la vida en el planeta, la regulación del clima y la composición de la atmósfera de la tierra (Alonso-Blanco *et al.*, 2022).

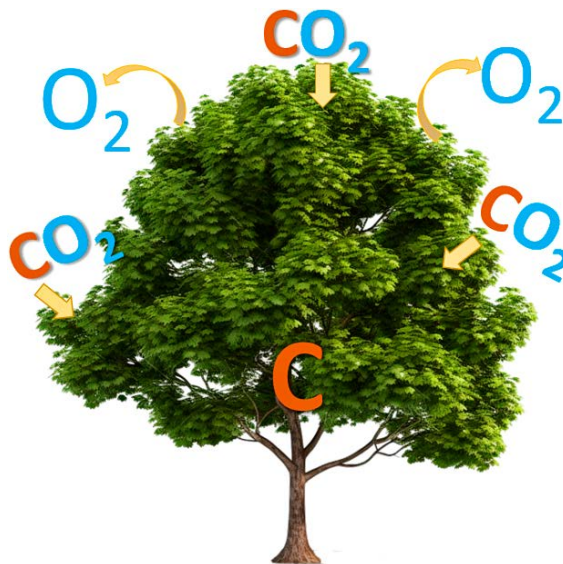


Figura 1. Intercambio de gases en la fotosíntesis de las plantas resaltando el carbono que queda almacenado en la estructura de las plantas.

A través de la fotosíntesis, los árboles capturan dióxido de carbono (CO₂), gas de efecto invernadero (GEI) presente en el aire, y con la ayuda de la luz solar, agua y minerales, lo transforman en glucosa, un carbohidrato simple. Esta última es la fuente de energía. El proceso fotosintético se da en dos etapas, una dependiente de la luz y otra independiente de la luz, que es conocida como ciclo de Calvin.

En la primera las reacciones dependen directamente de la luz solar y es ahí donde la clorofila de los cloroplastos absorbe la luz del sol que energiza los electrones y divide las moléculas de agua en oxígeno, protones y electrones. Es aquí donde el oxígeno es liberado hacia el aire que respiramos (Figura 1); además, se producen ATP (trifosfato de adenosina) y NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato), moléculas esenciales para la siguiente fase.

En el ciclo de Calvin, se utilizan dichas moléculas para convertir el dióxido de carbono (CO₂) en glucosa, un carbohidrato simple que utilizan las plantas como su principal fuente de energía (Mostan, 2024). La glucosa es, además, la materia prima con la que los árboles construyen las distintas partes de su estructura (tallo, ramas, hojas, etc.).

El carbono presente en los carbohidratos se queda almacenado en el tejido vegetal, por lo que los árboles son considerados depósitos naturales de

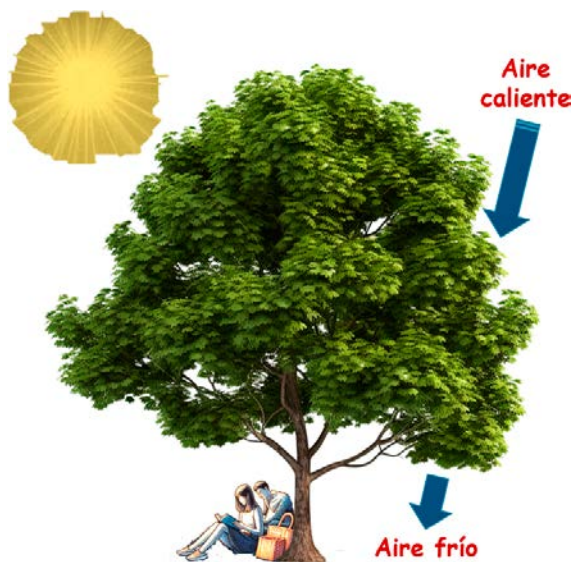


Figura 2. Los árboles brindan protección contra los rayos del sol y las elevadas temperaturas.

carbono o sumideros de carbono. Se estima que los árboles en promedio llegan a capturar (fijar) entre 10 y 40 kilogramos de CO_2 al año, lo cual dependerá de la especie de árbol de que se trate y de su edad, entre otras características (Pompa-García y Rodríguez, 2017), por lo que cada especie contribuye de manera diferente a la lucha que enfrentamos contra el cambio climático al reducir la cantidad de este GEI en la atmósfera. Se sabe que, en promedio, el 46 % de la biomasa de un árbol es carbono; siendo el tronco donde se encuentra la mayor proporción (86 %, Avendaño *et al.*, 2009). Sin embargo, en el mundo se han reportado más de 60,000 especies de árboles (Beech *et al.*, 2017), y cada especie almacena distinta cantidad de carbono en sus tejidos, dependiendo de sus características (altura, cantidad de follaje, diámetro del tronco, edad, etc.) y de su capacidad de capturar carbono. Por ejemplo, en México, especies de bosque tropical caducifolio como *Prosopis levigata* almacenan en promedio 6.4 kg por árbol y *Lysiloma microphyllum* 5.3 kg por árbol; mientras que *Burcera palmeri* almacena 3.0 kg por árbol (Soto-Correa *et al.*, 2019).

El carbono almacenado en el tejido vegetal del árbol permanece hasta que este muere y se descompone. Cuando muere, el tejido es transferido al suelo, formando una capa llamada mantillo.

Esa capa de hojarasca eventualmente se descompondrá dependiendo de la humedad, la temperatura y los organismos que la degraden. Una parte del carbono será transferido al suelo como parte de la materia orgánica, y ahí permanecerá por un periodo de tiempo más prolongado. La capacidad de los árboles de almacenar carbono ayuda a mitigar el cambio climático, ya que reduce la concentración de GEI en la atmósfera, promoviendo la estabilización del clima local y global.

Es importante saber que el CO_2 desempeña dos funciones en la naturaleza; una es la de ser alimento para las plantas, como ya lo describimos, y la otra es la de ser un GEI que mantienen la temperatura de la superficie de la Tierra a un nivel habitable para nuestra especie y otros seres vivos. Gracias a los GEI, la tierra se mantiene a una temperatura promedio de aproximadamente 33°C , de otra manera estaríamos a alrededor de -18°C . De acuerdo con algunos reportes (Kilgore, 2023), se requieren alrededor de siete u ocho árboles para generar la cantidad de oxígeno que requiere un ser humano (aproximadamente 740 kilogramos durante un año).

Sin embargo, para obtener esa cantidad de oxígeno, un ser humano debe respirar alrededor de 9.5 toneladas de aire a lo largo de un año, ya que solo el 23 % de ese aire es oxígeno (2.37 toneladas), y los seres humanos solo extraemos un poco más de un tercio del oxígeno.

El otro proceso vital que los árboles llevan a cabo casi sin que nos demos cuenta es el de la transpiración. Así como los seres humanos transpiramos sudor a través de poros en la piel, los árboles tienen en sus hojas miles de diminutos poros (conocidos como estomas), a través de los cuales los árboles liberan vapor de agua al aire.

Es común decirle evapotranspiración, ya que así se le llama a la suma del agua que transpiran los árboles, más el agua que se evapora de la superficie de sus tejidos (ramas, hojas, etc.) (Winbourne *et al.*, 2020).

Este mecanismo no solo regula la propia temperatura de los árboles, también refresca el ambiente

que los rodea generando un microclima (menores temperaturas y mayor humedad) en torno a los árboles y, particularmente, bajo sus copas (Figura 2).

Los microclimas formados por los árboles son aprovechados por otras especies que requieren de su sombra para sobrevivir. El dosel de un árbol proporciona sombra y reduce la temperatura del suelo, lo que puede beneficiar a las plantas y animales que prefieren condiciones más frescas y húmedas; esto es particularmente importante en áreas secas o semiáridas, y cada vez es más valorado como una herramienta para reducir la temperatura en los entornos urbanos cubiertos por una gran cantidad de concreto y asfalto.

En conjunto, los árboles en un bosque actúan como bombas naturales para mantener el ciclo hidrológico al facilitar las lluvias y garantizar la disponibilidad de agua en el planeta. Por una parte, a través de la transpiración, los árboles liberan parte del vapor de agua que mantiene la humedad de la atmósfera, además de que algunos árboles producen polen y promueven la formación de nubes y por tanto de lluvia.

El polen, en conjunto con otras partículas sólidas —de origen biológico y químico—, proveen la superficie imprescindible para la condensación del vapor de agua que proviene tanto de la transpiración vegetal como de la evaporación de los océanos, ríos y lagos. Una vez que se han acumulado tantas gotas de agua sobre un núcleo de condensación, este se vuelve tan pesado que cae en forma de lluvia (Christner *et al.*, 2008).

Los árboles generan bienestar no solo en los entornos boscosos o naturales. En las ciudades, por ejemplo, las áreas arboladas contribuyen a la reducción del efecto de las islas de calor, áreas con mayores temperaturas, normalmente en el centro de las áreas urbanas, en relación a la temperatura ambiental que se registra conforme nos alejamos del centro de la ciudad hacia las áreas periféricas o rurales.

Lo anterior se ha comprobado porque la temperatura cercana a los parques urbanos es menor que

aquella que se registra conforme nos alejamos de dichos espacios. Esto contribuye, además, al ahorro energético que implica el uso de tecnología como ventiladores y aire acondicionado para mitigar las altas temperaturas.

EL ÁRBOL COMO PILAR DE LA VIDA PASADA Y FUTURA

Los árboles tienen un valor profundo y multifacético en las culturas humanas, trascendiendo lo material para tocar lo espiritual, cultural, social y económico. Su presencia y significado han sido fundamentales a lo largo de la historia y continúan siendo esenciales en la vida cotidiana de las sociedades alrededor del mundo. México no es la excepción.

En nuestro país los árboles han sido fundamentales para las culturas prehispánicas, no solo como fuente de recursos (madera, frutos, entre otros), sino también como símbolos de vida y espiritualidad. Antiguos pueblos prehispánicos, como los mexicas y los mayas, consideraban a los árboles como seres sagrados.

El ahuehuete, por ejemplo, es un árbol que llega a crecer más de 40 metros de altura (Figura 3, izquierda), y era un recurso vital que sostenía a las poblaciones humanas y sus actividades en su entorno mediante la provisión de agua (Figura 3, derecha), por ello fue considerado el árbol nacional de México desde 1921.

Los ahuehuetes también eran venerados como un símbolo de longevidad, ya que llegan a vivir más de 500 años; eran considerados una forma de conexión con los dioses.

Hoy en día, los árboles siguen siendo esenciales para la vida en México, e incluso su valor se ha extendido al ámbito de la sostenibilidad, al ser elementos que contrarrestan la urbanización masiva y mejoran la calidad de vida en áreas densamente pobladas.

Esto último es de gran trascendencia, ya que las zonas urbanas seguirán creciendo en los próximos años, de tal manera que, si miramos hacia el futuro, se hace evidente la necesidad de promover prácticas de reforestación y conservación con énfasis en los árboles.

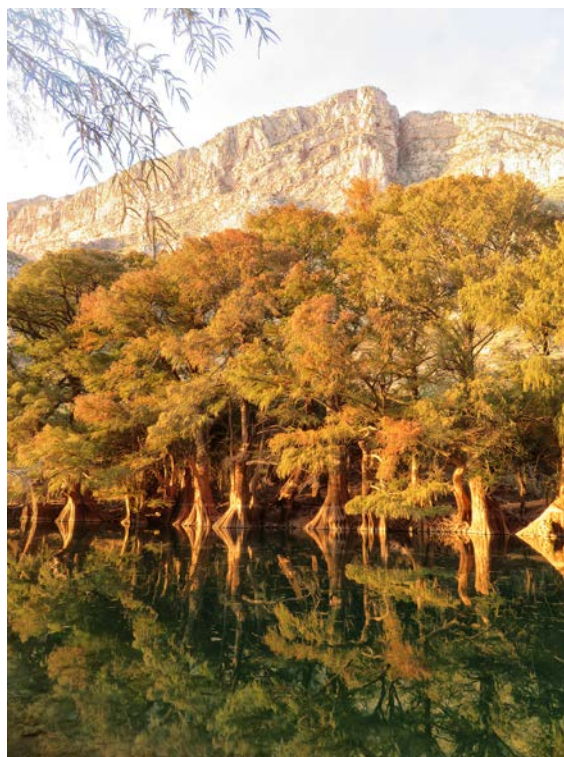


Figura 3. Izquierda: el ahuehuete, el árbol nacional de México desde 1921 (foto: Armando Sunny García Aguilar). Derecha: un paisaje de árboles de ahuehuete y su relación con los cuerpos de agua (foto: Francisca Ofelia Plascencia Escalante).

Esto debe ser fundamentado en la comprensión de que no todos los árboles son iguales, y debemos enfocarnos en árboles que capturen más CO₂ y produzcan más oxígeno, además de proveer una gran cantidad de sombra que contribuya a la mitigación de las elevadas temperaturas, particularmente durante las olas de calor.

EL CAMINO HACIA EL FUTURO ESTÁ ESCRITO EN LA NATURALEZA

Los árboles actúan como hilos invisibles que conectan a los sistemas ambientales y sociales, y promueven la interacción entre el suelo, el agua, la biodiversidad, la comunidad humana y el clima. Además de promover la salud y el equilibrio del ecosistema, los árboles presentes en los bosques alejados de las zonas urbanas, y los de los parques y camellones de las ciudades, proporcionan beneficios tangibles, psicológicos y espirituales a las comunidades que dependen de ellos. Cada vez que sembramos un árbol contribuimos a un futuro más verde, más saludable y equilibrado.

Es nuestra responsabilidad y privilegio asegurar que los árboles sigan siendo una parte integral de la vida en el planeta. Protejamos nuestros bosques y cuidemos nuestros árboles, no solo por nosotros, sino por las generaciones que vienen. Hagamos realidad nuestro compromiso con la conservación, para que el futuro que construyamos sea uno donde los árboles sigan contando su historia, susurrando al viento y ofreciendo vida a todos los seres vivos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el proyecto 6890/2023E financiado por el programa Redes de Investigación. Al CONAHCYT, por el apoyo para la realización de estancia sabática.

R E F E R E N C I A S

Avendaño-Hernández DM, Acosta-Mireles M, Carrillo-Anzures F and Etchevers-Barra JD (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Fitotecnia Mexicana* 32:233-238.



Beech E, Rivers M, Oldfield S and Smith PP (2017). GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. *Journal of Sustainable Forestry* 36:454-489.

Christner BC, Morris CE, Foreman CM, Cai R and Sands DC (2008). Ubiquity of biological ice nucleators in snowfall. *Science* 319:1214.

Kilgore G (2023). How much CO₂ Does a tree absorb? 29 trees & plants ranked by most CO₂? Recuperado de: <https://8billiontrees.com/trees/how-much-co2-does-a-tree-absorb/>.

Mostan S (2024). Photosynthesis and the Global Carbon Cycle: a vital connection. International. *Research Journal of Plant Science* 15:1-2.

Pompa-García M y Rodríguez JAS (2017). Variación de captura de carbono de especies forestales en México: una revisión. *Madera y Bosque* 23:225-235.

Soto-Correa JC, Cambón-Sandoval VH y Renaud-Rangel R (2019). Atributos de las especies arbóreas y su carbono almacenado en la vegetación del municipio de Querétaro, México. *Madera y Bosques* 25:e2511699.

Winbourne JB, Jones TS, Garvey SM, Harrison JL, Wang L, Li D, Templer PH and Hutrya LR (2020). Tree transpiration and urban temperatures: Current understanding, implications, and future research directions. *BioScience* 70:576-588.

Marlín Pérez-Suárez
Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales
Universidad Autónoma del Estado de México
mperezs@uaemex.mx

Tomás Martínez-Trinidad
Postgrado en Ciencias Forestales
Colegio de Postgraduados, Texcoco

© Rafael Pareja. De la serie Nuestras manos, 2023.

