

# ¿De dónde obtiene un árbol la mayor parte de su masa seca?

Juan Segurola · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 025 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

Un árbol puede formar un tronco considerable sin retirar del suelo una cantidad de tierra del tamaño de ese tronco. La aparente paradoja nace de fijarse en las raíces y pasar por alto las hojas. Las raíces suministran agua y nutrientes disueltos, pero las hojas incorporan un gas cuyo carbono pasa a formar parte de la madera. En un árbol fotosintético ordinario, el dióxido de carbono atmosférico aporta el almacén de carbono de su materia orgánica en crecimiento. Esa respuesta solo es válida si distinguimos el carbono de la masa total del árbol.

La madera seca no es carbono puro. También contiene oxígeno, hidrógeno y otros elementos. Su construcción depende tanto del dióxido de carbono como del agua, junto con nutrientes minerales. Decir que un árbol está hecho de aire puede corregir la idea equivocada sobre el suelo y crear otra: sin un balance adicional, no debemos atribuir al dióxido de carbono toda la materia seca ni todos sus átomos.

## 1. Determinar qué pesa la balanza

La masa fresca incluye el agua presente en las células y en los espacios del tejido. La masa seca es lo que queda después de que un procedimiento de secado especificado elimine esa agua. El secado no elimina el hidrógeno y el oxígeno químicamente unidos en la celulosa, las proteínas y otros compuestos. Una muestra seca sigue conteniendo átomos que entraron mediante procesos relacionados con el agua durante el crecimiento.

El capítulo de OpenStax sobre nutrición vegetal ofrece una composición seca ilustrativa de aproximadamente un 45 por ciento de carbono, un 45 por ciento de oxígeno y un 6 por ciento de hidrógeno. Son promedios didácticos, no una composición certificada para cada tronco, hoja o raíz. La misma fuente describe la absorción de agua y nutrientes disueltos por las raíces. [1] La premisa empírica importante es que el carbono, el oxígeno y el hidrógeno predominan en la materia orgánica vegetal; la nutrición mineral es esencial sin aportar la mayor parte de la masa de ese material.

Una medición también debe especificar sus límites. Pesar un tronco excluye las raíces, las hojas, la hojarasca desprendida y el material transferido al exterior de la planta. Comparar un árbol en dos fechas mide un cambio en el inventario que retiene. No mide directamente todo lo que fijó, respiró o perdió durante ese intervalo.

## 2. Seguir el carbono en lugar del eslogan

El dióxido de carbono entra en las hojas a través de las aberturas estomáticas. La fijación del carbono incorpora su carbono a moléculas orgánicas; los productos del ciclo de Calvin contribuyen a la síntesis de otros compuestos vegetales. [2] La vía no convierte la luz solar en átomos de carbono. La luz aporta energía para las transformaciones químicas, mientras los átomos proceden de entradas materiales.

En principio, esta diferencia puede ponerse a prueba con dos mediciones separadas. Una medición de intercambio gaseoso pregunta si el dióxido de carbono entra o sale de una hoja o de una planta encerrada en una cámara. Un análisis elemental pregunta cuánto carbono permanece en la biomasa muestreada. Para que concuerden hay que contabilizar

el intervalo, las partes muestreadas y los flujos que cruzan los límites elegidos. Ningún instrumento por sí solo proporciona la historia completa.

Las plantas también respiran: utilizan compuestos orgánicos en el metabolismo y liberan dióxido de carbono. Por tanto, la fijación fotosintética y la respiración pertenecen a lados opuestos de un balance de carbono. [2] El aumento del carbono retenido por un árbol es menor que la fijación bruta siempre que parte del carbono recién fijado o previamente almacenado regrese a la atmósfera o abandone el sistema medido en otras formas.

### **3. Un cálculo que no pretende que la madera sea azúcar**

Consideremos 10 kilogramos hipotéticos de materia seca recién retenida que contiene un 45 por ciento de carbono. El carbono retenido es de 4,5 kilogramos. Con masas atómicas redondeadas de 12 para el carbono y 16 para el oxígeno, el dióxido de carbono tiene una masa molecular de 44 y una fracción másica de carbono de 12/44.

Aportar 4,5 kilogramos de carbono requiere, por tanto, el carbono de  $4,5 \times 44/12 = 16,5$  kilogramos de dióxido de carbono. Es una cantidad equivalente para el carbono retenido, no una absorción bruta medida en un árbol real. La respiración y el carbono exportado podrían requerir fijación adicional. Tampoco los 16,5 kilogramos permanecen íntegramente en los 10 kilogramos de materia seca: los balances de oxígeno e hidrógeno implican otras entradas, productos e intercambios.

El cálculo hace visible la escala. Un gas puede aportar una masa considerable aunque no podamos verlo entrar en las hojas. También muestra por qué «45 por ciento de carbono» no puede sustituirse por «45 por ciento de dióxido de carbono». El dióxido de carbono incluye el oxígeno que acompaña a ese carbono; confundir ambos modifica la respuesta por un factor de 44/12.

### **4. Por qué una ecuación ajustada no es una película átomo a átomo**

El balance fotosintético simplificado que suele escribirse con dióxido de carbono, agua, carbohidrato y oxígeno es útil para comprobar los números de átomos. Por sí solo no identifica qué átomo de oxígeno concreto termina en qué producto tras las reacciones y los intercambios reales. Un balance neto cancela los intermediarios. Omite deliberadamente parte de la historia molecular.

La celulosa ofrece otra distinción útil. Su unidad repetitiva idealizada es  $C_6H_{10}O_5$ . Con las mismas masas atómicas redondeadas, el carbono aporta 72 de las 162 unidades de masa de esa unidad, aproximadamente un 44,4 por ciento. Es un cálculo químico para la celulosa, no una afirmación de que todos los tejidos de un árbol tengan esa composición. La madera es una mezcla, y los residuos minerales, las proteínas y otros componentes modifican sus proporciones elementales.

Así, una expresión como «principalmente carbono» puede ser engañosa si significa que el carbono por sí solo supera la mitad de la masa. Lo que se construye en gran medida a partir de carbono fijado es un conjunto de moléculas que contienen carbono. Esas moléculas contienen una masa considerable de otros elementos. La distinción es pequeña en la redacción y grande en su significado científico.

### **5. Esencial no significa abundante**

Un árbol al que le falta un nutriente necesario puede crecer mal aunque ese nutriente contribuya poco a su masa final. El cultivo controlado en disoluciones nutritivas permite variar el suministro mineral sin tratar el suelo a granel como el alimento principal de la planta. OpenStax describe este uso de la hidroponía en la investigación de deficiencias nutricionales. [1]

Imaginemos una obra detenida por la falta de una pieza de fijación. Su pequeña masa no la hace prescindible, y que sea indispensable no la convierte en la sustancia principal del edificio. La analogía se refiere a requisitos limitantes, no a la fisiología detallada de las raíces. Del mismo modo, un balance material y una explicación de la limitación del crecimiento responden a preguntas distintas.

El agua también desempeña varias funciones. Parte se retiene temporalmente, parte participa en la química y una gran cantidad puede atravesar la planta y volver a salir. La cantidad transportada no tiene por qué coincidir con la retenida. Contar solo el agua presente en una muestra seca final omitiría esas funciones y vías diferentes.

## **6. Qué establece la respuesta**

En un árbol fotosintético, el carbono de la materia orgánica recién construida procede principalmente del dióxido de carbono atmosférico. La mayor parte de la biomasa seca es materia orgánica formada utilizando ese carbono junto con hidrógeno, oxígeno y nutrientes. No es una masa de suelo elevada hacia arriba ni materia creada a partir de la luz. [1,2]

La incertidumbre reside en el balance detallado de un árbol y un intervalo concretos: composición de los tejidos, respiración, distribución de recursos, pérdidas y restricciones ambientales. Esos detalles pueden cambiar las cantidades sin invertir el origen fundamental del carbono. Por ello, una respuesta útil identifica tanto la entrada principal como los límites de la expresión abreviada con que la describe.

## **Lectura relacionada**

El artículo 026, «¿Cómo puede una semilla seguir viva sin crecer?», distingue el material almacenado de los procesos necesarios para reanudar el crecimiento. La comparación es opcional y recíproca.

## **Referencias**

[1] OpenStax. Biology 2e, apartado 31.1: Nutritional Requirements of Plants.  
<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/31-1-nutritional-requirements-of-plants>

[2] OpenStax. Biology 2e, apartado 8.3: Using Light Energy to Make Organic Molecules.  
<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/8-3-using-light-energy-to-make-organic-molecules>