



Cálculo de la biomasa, estimación del CO₂ almacenado en un árbol

Objetivo: Estimar la cantidad de carbono almacenado en un árbol mediante cálculos de biomasa. Comparación con una tabla de madera y un mueble.

Materiales: Calculadora / Excel / datos sobre el pino (en la plataforma online).
Para el viaje al bosque: Vértice / cruz de leñador / cuaderno / metro

Desarrollo: Esta actividad está vinculada a la parte teórica de los servicios de los ecosistemas y requiere la competencia matemática.

Todos los árboles realizan la fotosíntesis, que les permite crear nuevos tejidos y crecer. En concreto, utilizan el CO₂ atmosférico para almacenarlo en forma de materia orgánica o vegetal (madera/hojas/frutos/raíces...). La siguiente actividad permite estimar la cantidad de CO₂ que un árbol o bosque puede almacenar en su biomasa.

Para ello, es necesario realizar dos mediciones en el mismo árbol del bosque: medir la altura, medir la circunferencia y calcular la biomasa.

De este modo, conocemos la cantidad de dos servicios ecosistémicos que generan nuestros bosques, uno es la cantidad de madera, como servicio de aprovisionamiento, y el otro es el CO₂ absorbido, como servicio de regulación. Las medias pueden utilizarse si razonamos a escala de un bosque.

Esta actividad puede realizarse con mediciones ya realizadas en las masas forestales o midiendo los árboles al aire libre con los alumnos.

La utilización de los datos de la tabla de Excel puede hacerse directamente en clase siguiendo las instrucciones de cálculo que se indican a continuación.

Para las mediciones realizadas por los alumnos, éstos pueden salir al exterior del colegio en grupos de 2/3 para medir la altura y el diámetro de los árboles previamente numerados por el profesor. Cada grupo debe medir 5 árboles y luego poner los datos en una tabla común (trabajo colaborativo).



¿Qué son un árbol y un bosque? La importancia del ecosistema forestal

A partir de entonces, los cálculos son los mismos $V_t / B_a / B_t / QCO_2$. También es posible hacer promedios.

Para comparar estas cantidades de carbono contenidas en un árbol y en los productos cotidianos, se puede utilizar el siguiente cálculo:

Carbono almacenado en una tabla de madera: Longitud*Ancho*Altura para B_t , luego calcular directamente el QCO_2 (no olvidar multiplicar por la densidad de la madera, para las maderas blandas podemos tomar $0,438 \text{ tMS/m}^3$)

Medir la circunferencia y la altura de un árbol

La recogida de datos que hay que realizar sobre el terreno es simplemente la circunferencia del tronco y la altura del mismo.

En el caso de la altura, se necesitará un instrumento basado en la trigonometría para calcular este parámetro. El instrumento puede ser una regla de Christen o una cruz de leñador.

Para ello, en esta actividad, construiremos manualmente una regla (llamada regla de Christen) con la que calcularemos la altura del árbol desde el suelo.

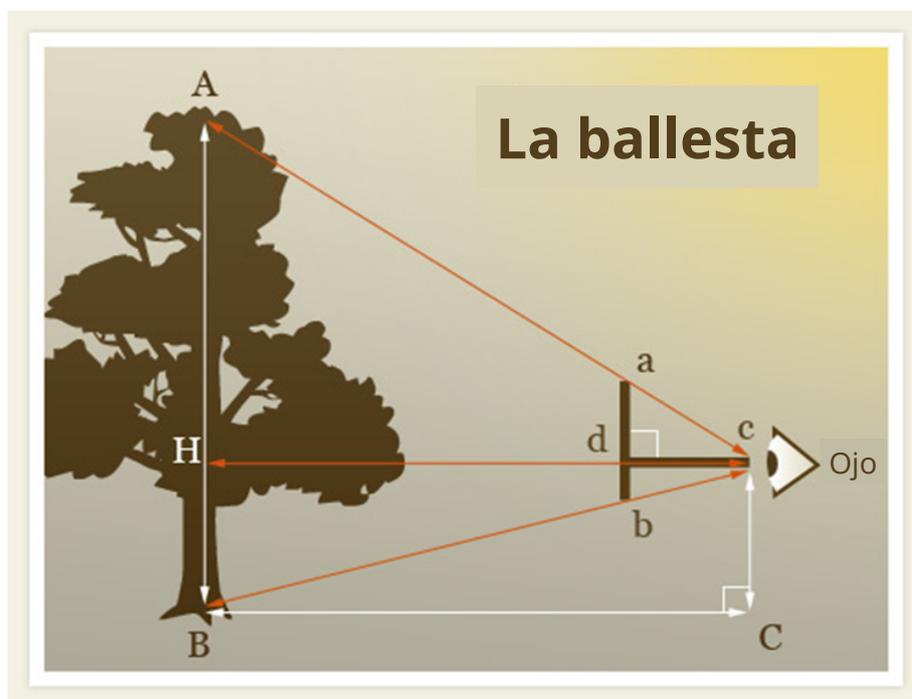
- Medir la circunferencia con una cinta

Para tomar la circunferencia, se utilizará una cinta métrica convencional para abrazar el tronco y medir su diámetro.

Todos los silvicultores del mundo han decidido que la circunferencia de un árbol se mide a 1,3 m del suelo. Así que coge tu cinta métrica para medir a 1,3 m del suelo, camina alrededor del árbol en horizontal, sujetando la cinta métrica con firmeza, para averiguar su circunferencia.

- Medir la altura con una ballesta

Usando la ballesta :

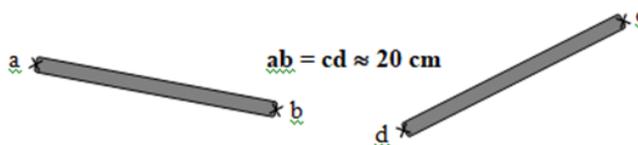




¿Qué son un árbol y un bosque? La importancia del ecosistema forestal

El uso de la Cruz del Leñador para determinar la altura del árbol

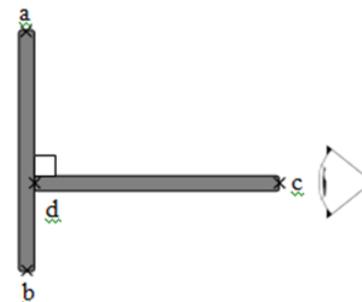
Toma dos palos (por ejemplo, de 20 cm) del mismo tamaño y rectos ($ab=cd$)



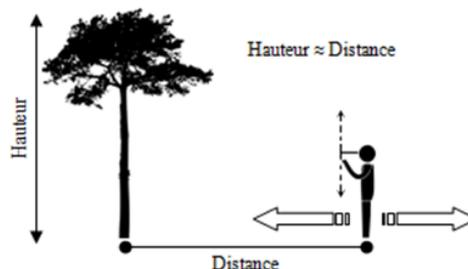
Coloca el primero en posición horizontal (paralelo al suelo) y el segundo perpendicular al primero.



y el segundo perpendicular al primero.



Colócate delante del árbol, a una distancia aproximadamente igual a su altura.

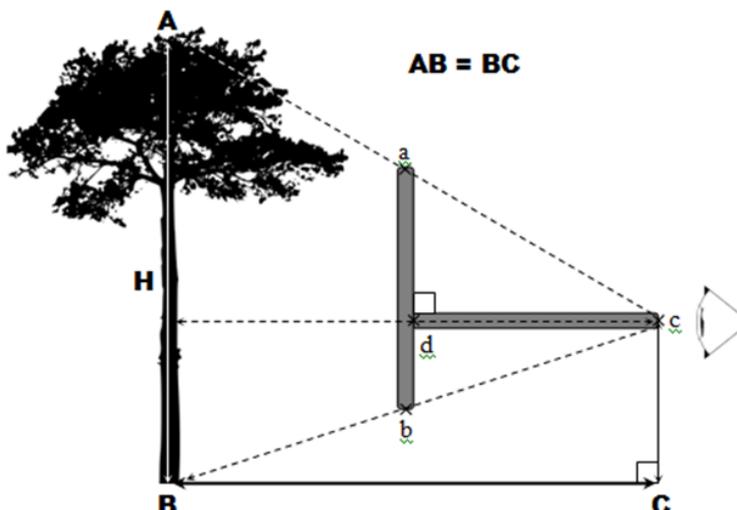


A continuación, avanza o retrocede y desliza la varilla vertical para hacer coincidir lo siguiente:

- El pie del árbol, la parte inferior de la barra vertical y su ojo en la misma línea (cB)

- La parte superior del árbol, la parte superior de la barra vertical y su ojo en la misma línea (cA)

Cuando los dos extremos del árbol corresponden a los extremos de la varilla vertical, mide la distancia al árbol (BC). La altura del árbol (AB) es entonces igual a la distancia (BC).





¿Qué son un árbol y un bosque? La importancia del ecosistema forestal

Cálculo de la cantidad de CO2 almacenada

- Cálculo del volumen total de madera aérea

$$V_t = 0,496 \times \frac{H_t \times C_{1,3}^2}{4\pi}$$

con :

V_t volumen total de madera aérea (m3)

$C_{1,3}$ circunferencia a 1,3 m de altura (m)

H_t altura total del árbol (m)

f factor de forma del árbol, que puede estimarse en 0,496 para todas las especies

- Cálculo del volumen total de madera aérea

Entonces, a partir del volumen total de madera sobre el suelo V_t y de la infradensidad de la madera d_i , es posible calcular la biomasa sobre el suelo de materia seca. La infradensidad se define como el relación entre una masa de madera anhidra y su volumen en estado saturado (en agua). Se expresa en toneladas de materia seca por m3 (tMS/m3).

$$B_a = V_t \times d_i$$

con :

B_a biomasa aérea en toneladas de materia seca (tMS)

V_t volumen total del árbol (m3)

d_i infradensidad de la especie (tMS/m3) que puede estimarse en 0,546 tMS/m3 para las frondosas y 0,438 tMS/m3 para las maderas blandas.

- Cálculo de la biomasa total

Una vez obtenida la biomasa aérea, hay que integrar la parte subterránea de los árboles. Esto se estima utilizando factores de expansión de las raíces o ecuaciones basadas en la biomasa sobre el suelo.

$$B_t = B_a \times BEF_r$$

con :

B_t biomasa total, aérea y radicular (tMS)

B_a biomasa sobre el suelo (tMS)

BEF_r el factor de expansión de las raíces, que puede estimarse en 1,28 para las maderas duras y en 1,30 para maderas blandas



¿Qué son un árbol y un bosque? La importancia del ecosistema forestal

- Calcular la cantidad de carbono

Por último, la cantidad de carbono contenida en un árbol puede calcularse a partir de la biomasa total (por encima y por debajo del suelo) y el contenido de carbono en la materia seca. Por último, para pasar de un valor en toneladas de carbono a un valor en toneladas de CO₂, basta con multiplicar la masa del carbono por la masa molar de una molécula de CO₂, es decir

$$Q_{CO_2} = \tau_c \times B_t \times \frac{44}{12}$$

con :

Q_{CO_2} la cantidad de CO₂ secuestrada en un árbol (t)

τ_c la tasa de carbono, que puede estimarse en 0,475 tC/tMS

B_t biomasa total, por encima y por debajo del suelo (tMS)

Para pasar de un valor en toneladas de carbono a un valor en toneladas de CO₂, basta con multiplicar la masa de carbono por la masa molar de una molécula de de CO₂, es decir $\frac{44}{12} \approx 3,67$

Nota: ¡tenga cuidado con los resultados obtenidos, son estimaciones! Se estima que se necesita un 15-20% para maderas duras y ± 20-25% para maderas blandas.

Para ilustrar los resultados, en 2017 las emisiones de CO₂ a la atmósfera fueron del 36,8 mil millones de toneladas.

Se calcula que cada segundo se emiten 1.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Y el número de toneladas de CO₂ que hemos calculado representa la cantidad de CO₂ absorbida durante la vida del árbol (es decir, entre 20 y 40 años, según la fecha de plantación).



¿Qué son un árbol y un bosque? La importancia del ecosistema forestal

FICHA DE ESTUDIANTE

Nombre del grupo : _____

Fecha : _____

Bosque : _____

Nº de árbol	Especie	Altura (m)	Circunferencia 1,3m (cm)	Volumen (m3)	Biomasa en la superficie (tMS)	Biomasa total (tMS)	Cantidad de CO2 secuestrado (t)



¿Qué son un árbol y un bosque? La importancia del ecosistema forestal

Ejemplo de aplicación:

Árbol 1: Pino marítimo

Altura = 25m

Circunferencia del tronco a 1m30 = 110 cm

- Primero calcularemos el volumen del árbol (que representa el tronco del árbol):

$$V_t = 0.496 * (25 * (1.10)^2) / 4\pi$$

$$= 1.1940 \text{ m}^3$$

Para nuestro árbol tenemos un volumen de 1,1940 m³

- A continuación, vamos a calcular la biomasa sobre el suelo (que representa el tronco + las ramas del árbol):

$$B_a = 1.1940 * 0.438$$

$$B_a = 0,5229 \text{ tMS}$$

La parte aérea del árbol corresponde a 0,5229 toneladas de materia seca

- A continuación, calculemos la biomasa total del árbol (parte aérea + parte subterránea, las raíces)

$$B_t = 0,5229 * 1.30$$

$$B_t = 0,6798 \text{ tMS}$$

La biomasa total del árbol es de 0,6798 t de MS (sobre el suelo + bajo el suelo)

- A continuación, vamos a calcular la cantidad de CO₂ almacenada en este árbol:

$$Q_{CO_2} = 0.475 * 0.6798 * (44/12)$$

$$Q_{CO_2} = 1,1840 \text{ t}$$

Para nuestro ejemplo, el árbol de aquí está almacenando 1,1840 toneladas de CO₂ en su biomasa. A modo de comparación, 1 tonelada de CO₂ corresponde a un viaje de ida y vuelta de París a Nueva York en avión por pasajero (12.000 km). Es importante recordar que este árbol de 25 metros tardó 30 años en crecer y, por tanto, tardó 30 años en almacenar 1,18 toneladas de CO₂. Así, un viaje de ida y vuelta de París a Nueva York equivale a 30 años de almacenamiento de carbono para un Pino Marítimo.