

# Cambio Climático

# Sumideros de carbono

Gracias a las absorciones producidas por estas actividades entre los años 2008 y 2012, medidas y contabilizadas según las reglas del Protocolo, los

países que han firmado el Protocolo de Kioto podrán compensar parte de sus emisiones en otros sectores.

## ¿Cómo se calculan las absorciones producidas por los sumideros?

El cálculo o estimación de las absorciones de las formaciones vegetales no es tarea fácil. Para facilitar la comprensión del cálculo, como ejemplo, estimaremos el carbono almacenado en un árbol de dos especies distintas. Hemos elegido el pino resinero (*Pinus pinaster*) y la encina (*Quercus ilex*) por ser, respectivamente, la conífera y la frondosa, más abundantes en España.

Los datos necesarios para la estimación del CO<sub>2</sub> retirado de la atmósfera por un árbol son:

- Volumen maderable con corteza (Vcc): es el volumen con corteza del fuste, es decir, del tronco del árbol sin considerar ramas ni raíces.
- Densidad (D): tonelada de materia seca (tms) por metro cúbico de árbol recién cortado.
- Factor de expansión de biomasa (BEF, por sus siglas en inglés): parámetro o función que permite estimar el volumen aéreo del árbol a partir de su volumen maderable, es decir, multiplicando el Vcc por el BEF obtendremos el volumen de todo el árbol.
- Factor R: relación entre biomasa aérea y raíces.
- Factor FC: factor de conversión de tonelada de materia seca (tms) a tonelada de Carbono (tC), fijado en 0,5 tC/1tms.
- 44/12: proporción molecular para pasar de carbono (C) a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Para realizar la estimación del carbono almacenado por ambas especies y poder compararlas, tomamos como ejemplo un pie de cada una de estas dos especies (pino resinero y encina) con un volumen maderable con corteza de 0,2 m<sup>3</sup>, lo que nos permitirá diferenciar entre las distintas capacidades de absorción de las distintas especies.

La fórmula que se aplica es la siguiente:

$$\text{Cantidad de CO}_2 \text{ acumulada (tCO}_2\text{/árbol)} = (\text{Vcc} \cdot \text{D} \cdot \text{BEF}) \cdot (1 + \text{R}) \cdot \text{FC} \cdot 44/12$$

Especie	Vcc	D	BEF	R	FC	tC/árbol	TCO <sub>2</sub> /árbol	kgCO <sub>2</sub> /árbol
P. pinaster	0,2	0,44	1,3	0,32	0,5	0,0755	0,2768	276,85
Q. ilex	0,2	0,58	1,4	0,35	0,5	0,1096	0,4019	401,94

Fuente de los datos de D, BEF, R, FC: Guía de Buenas Prácticas para LULUCF del IPCC.

Como muestra la tabla, la encina, al tener una densidad de la madera más alta, a una misma cantidad de volumen maderable almacena una mayor cantidad de carbono.

En el caso de bosques o masas forestales, ante la imposibilidad de calcular el contenido de carbono árbol a árbol, se realizan estimaciones dependiendo del volumen maderable por hectárea, y de la superficie ocupada por cada especie presente en dicha masa forestal. A esto habrá que añadir el carbono de los otros tres reservorios (suelo, madera muerta y hojarasca), que se estima de manera similar.

En el caso de otros ecosistemas como, por ejemplo, pastizales y cultivos, el carbono almacenado en la parte aérea de la vegetación es muy bajo (excepto en los cultivos leñosos). Además, en muchos casos la producción se retira anualmente (cosecha de cultivos y siega de los pastos), por lo que el reservorio más importante en estos casos es el suelo.

Para la estimación del carbono almacenado en suelos agrícolas y en pastizales se utilizan unos índices estimativos por hectárea, que dependen del clima, la actividad agrícola o pastoral que se realice y la especie plantada, entre otros factores, y que multiplicados por el número de hectáreas sometidas a determinadas condiciones de los factores mencionados, nos darán el contenido de carbono del suelo.

## ¿Cómo puede adaptarse la vegetación al cambio climático?

Hasta ahora, hemos analizado el papel de las formaciones vegetales en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la persistencia de estas formaciones vegetales también está condicionada por el mismo cambio climático. Para asegurar esta persistencia es importante la adaptación a los efectos provocados por este fenómeno.

Los vegetales tienen capacidad de adaptación natural a los cambios en las condiciones climáticas, sin embargo, debido a que estos cambios se están produciendo de una manera muy rápida, es probable que muchas especies no logren adaptarse a tiempo, lo que puede llevar a su desaparición.

Es posible facilitar la adaptación de los ecosistemas al cambio climático a través de una gestión coherente con las condiciones futuras del clima de cada zona. Por ejemplo, en los sistemas agrícolas,

la adaptación a corto plazo puede basarse en sencillas prácticas agrícolas, como cambios de fechas de siembra o en las variedades utilizadas. Sin embargo, a largo plazo es necesario adaptar los sistemas a las nuevas condiciones climáticas.

En cuanto a los bosques, es necesario seleccionar las especies que se utilicen en las repoblaciones, así como adaptar sus sistemas de gestión, teniendo en cuenta los cambios previsibles en los recursos hídricos, las temperaturas, la duración y agresividad de plagas y enfermedades, etc. Se trata de utilizar las especies y sistemas de manera que se favorezca la supervivencia y sostenibilidad de la masa forestal bajo las nuevas condiciones.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO



El cambio climático es una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible y constituye un importante reto mundial que ya está causando impactos ambientales en la economía global, la salud, la biodiversidad, el medio ambiente y el bienestar humano. Este cambio climático se produce por la creciente concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, entre los que se encuentra el CO<sub>2</sub>. Para luchar contra este fenómeno, se debe evitar la concentración progresiva de estos gases en la atmósfera, reduciendo las emisiones o aumentando su absorción.

Los principales instrumentos internacionales establecidos para la lucha contra este fenómeno son

## ¿Qué es un sumidero?

Se considera sumidero al "área por donde son canalizados el agua, los nutrientes o cualquier tipo de compuesto, físico o químico, o que sirve de almacén de los mismos. En la actualidad este término se aplica a los bosques para significar su papel en la absorción del anhídrido carbónico de la atmósfera y la consiguiente reducción del efecto invernadero" (Diccionario Forestal)

El concepto de sumidero, en relación con el cambio climático, fue adoptado en la Convención Marco de Cambio Climático de 1992. Un sumidero de gases de efecto invernadero, según la Convención, es

la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y su Protocolo de Kioto.

El artículo 4 de la Convención Marco establece que los países deben impulsar la gestión sostenible de los bosques (que permite un aprovechamiento sostenido de los recursos sin que éstos disminuyan a largo plazo) y promover y apoyar la conservación y el reforzamiento de los "sumideros", incluyendo la biomasa y los bosques.

El Protocolo de Kioto permite a los países firmantes que utilicen parte de las toneladas de carbono absorbido por estos "sumideros" para facilitar el cumplimiento de los compromisos de limitación de emisiones que dichos países adquieren al ratificar el Protocolo.

cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o uno de sus precursores, o bien un aerosol y que lo almacena. En el ámbito del Protocolo de Kioto, la definición se limita a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en una captura del CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO<sub>2</sub> contribuye a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero de la atmósfera, y por lo tanto, a mitigar el cambio climático.

## ¿Por qué absorben CO<sub>2</sub> las plantas?

La vida en la tierra depende fundamentalmente de la energía solar, la cual es atrapada por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis, que es responsable de la producción de toda la materia orgánica que conocemos. La materia orgánica está presente en los alimentos que, tanto las personas como los animales, consumimos a diario; en los combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón); así como en la leña, madera, pulpa para papel, etcétera.

La fotosíntesis es el proceso por el que las plantas son capaces de capturar la energía de la luz del sol y convertirla en energía química y materia orgánica.

La fórmula que resume este proceso sería la siguiente:



CO<sub>2</sub> = dióxido de carbono, H<sub>2</sub>O = agua, (CH<sub>2</sub>O) = hidratos de carbono (azúcares) y O<sub>2</sub> = oxígeno

Se trata de un proceso complejo, que se traduce en la captación del dióxido de carbono de la atmósfera y emisión de oxígeno a la atmósfera.

## ¿Dónde se almacena el CO<sub>2</sub> absorbido en la fotosíntesis?

Como ya hemos visto, el CO<sub>2</sub> absorbido de la atmósfera se almacena en forma de carbono (C) formando parte de la materia orgánica de las plantas. Cierta parte del mismo pasa, posteriormente, a almacenarse en la hojarasca, en el suelo,...

Los reservorios son almacenes de carbono, es decir, sistemas capaces de acumular o liberar carbono.

Algunos ejemplos de estos almacenes de carbono son la biomasa forestal, los productos de la madera o los suelos. Si la cantidad de carbono que entra en estos reservorios es mayor que la que sale de ellos, serán considerados sumideros (captadores de CO<sub>2</sub> de la atmósfera). En el caso contrario, serán una fuente de gases de efecto invernadero.

Los reservorios que se consideran a la hora de medir la capacidad como sumidero de un ecosistema terrestre (forestal o agrícola) son los siguientes:

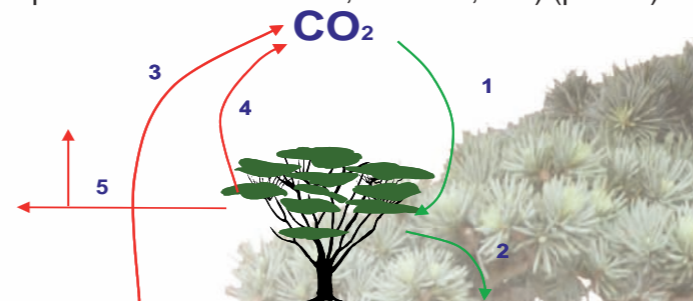
Reservorio		Descripción
Biomasa viva	Biomasa sobre tierra	Toda la biomasa viva sobre el suelo, incluyendo tronco, ramas, corcho, semillas, hojas y tocones.
	Biomasa bajo tierra	Toda la biomasa de las raíces vivas. Las raíces finas de menos de 2mm de diámetro son, a menudo, excluidas por su proceso continuado de degradación-regeneración.
Materia Orgánica Muerta	Madera muerta	Toda la biomasa no viva, aparte de la hojarasca. Incluye madera sobre la superficie, raíces muertas y tocones mayores o iguales a 10 cm. de diámetro.
	Hojarasca (litter)	Incluye toda la biomasa no viva de pequeño tamaño en varios estados de descomposición, sobre el suelo mineral u orgánico.
Suelos	Materia orgánica del suelo	Incluye carbono orgánico en suelos orgánicos y minerales (incluyendo turba).

Una cuestión clave en los sumideros es la **permanencia** del carbono almacenado. Las cantidades de CO<sub>2</sub> absorbidas por un sumidero, por ejemplo, un bosque, pueden volver a la atmósfera si esa formación vegetal desaparece por cualquier circunstancia. Las causas más comunes de la disminución de los reservorios en los que se encuentra almacenado el carbono son las plagas, las enfermedades, los aprovechamientos (extracción de madera o recogida de cosecha, por ejemplo) y los incendios forestales. Debido a estos eventos, parte del CO<sub>2</sub> previamente absorbido, y almacenado como carbono en los reservorios, sería reemitido a la atmósfera.

Teniendo en cuenta la cuestión de la permanencia, el ciclo que sigue el carbono en los ecosistemas vegetales es el siguiente:

En el paso 1 se produce la absorción de CO<sub>2</sub>, que, a través de la fotosíntesis, entrará a formar parte de la planta en forma de carbono orgánico. Cuando las hojas, ramas, etc., caen al suelo, se produce el paso 2, incorporación del carbono al suelo desde la vegetación (COS – Carbono Orgánico del Suelo). Pero también, como parte del ciclo del carbono, se producen emisiones, es decir, pérdidas de carbono acumulado en el suelo por mineralización, actividad

de los microorganismos descomponedores del suelo... (paso 3) y también emisiones por la propia respiración de la vegetación (para mantenimiento y formación de nuevos tejidos por la vegetación) y emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (paso 4). Por último, la mayor fuente de emisiones de las formaciones vegetales se produce por retirada de carbono por eliminación de la vegetación (cosecha, aprovechamiento forestal, incendio, etc.) (paso 5).

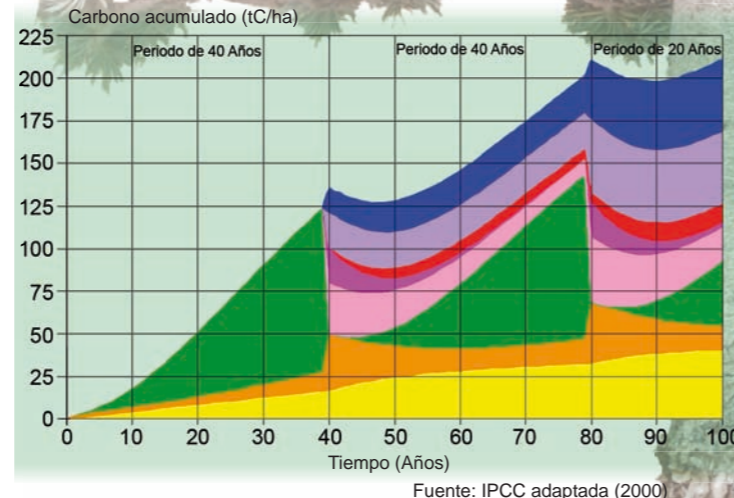


Si la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbida por las actividades 1 y 2 es mayor que la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida por las actividades 3, 4 y 5, la formación vegetal (ya sea bosque, cultivo, matorral,...) será un sumidero de carbono. Si ocurre lo contrario, las emisiones serán mayores que las absorciones y el ecosistema será una fuente de CO<sub>2</sub>.

## ¿Qué papel juegan los reservorios en el balance de carbono?

En la siguiente gráfica puede observarse el balance de carbono hipotético en un bosque gestionado de forma sostenible, de manera que se maximice el papel de la masa forestal como sumidero. La gráfica refleja, para una gestión que supone la corta de los árboles cada 40 años,

- El carbono equivalente a los combustibles fósiles que son sustituidos por biomasa procedente del bosque. (azul)
- La reducción de emisiones debida a la disminución en el consumo de energía que se produce al utilizar la madera producida en vez de otras materias primas que conllevan mayores gastos energéticos. (morado)
- El carbono que queda almacenado temporalmente en los productos madereros, ya sean de larga duración -muebles, vigas para construcción, ventanas, etc. (rosa claro) o de corta duración, fundamentalmente papel y cartón. (rosa oscuro)
- El carbono almacenado en este tipo de productos que va a parar a los vertederos. (rojo)
- Y la biomasa en árboles (verde), suelo (amarillo) y hojarasca (naranja).



Fuente: IPCC adaptada (2000)

En la tabla siguiente podemos observar la cantidad de carbono almacenada en los distintos tipos de reservorios terrestres, en los diferentes ecosistemas del Mundo. En ella se dice que el total del carbono almacenado es de 2477 Gt C, lo que equivale a

Bioma	Área (10 <sup>9</sup> ha)	Vegetación	Suelo	Total
Bosques tropicales	1.76	212	216	428
Bosques templados	1.04	59	100	159
Bosques boreales	1.37	88	471	559
Sabanas tropicales	2.25	66	264	330
Herbazales templados	1.25	9	295	304
Desiertos y semidesiertos	4.55	8	191	199
Tundra	0.95	6	121	127
Humedales	0.35	15	225	240
Tierras de cultivo	1.60	3	128	131
<b>Total mundial</b>	<b>15.12</b>	<b>466</b>	<b>2011</b>	<b>2477</b>

Fuente: IPCC (2000)

## ¿Cómo afecta el cambio climático a la vegetación?

El cambio climático podría tener algunos efectos positivos en la vegetación:

- El incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera produce un incremento de la fotosíntesis y un uso más eficaz del agua por parte de las plantas, lo que se puede traducir en un mayor crecimiento de éstas.
- El alargamiento de las estaciones favorables también producirá mayores crecimientos en las plantas.

Sin embargo, son muchos más los efectos **negativos**:

- Los cambios de las condiciones del hábitat de las plantas producirán desplazamiento de

9.082.000.000.000 t de CO<sub>2</sub>. Si comparamos esta cifra con las emisiones mundiales, alrededor de 25.000.000.000 t de CO<sub>2</sub> en 2002, nos damos cuenta de la magnitud del carbono almacenado, y de la importancia que tiene su conservación.

especies y muerte y desaparición de aquellas que tienen dificultades para desplazarse.

- Muchos insectos, que se desplazan más fácilmente y que pueden ampliar su periodo de vida por las mejores condiciones climáticas, podrían invadir nuevas áreas aumentando los ataques a la vegetación por plagas.
- Aumentará la posibilidad de llegada de especies exóticas invasoras por el cambio en las condiciones del medio.
- la disminución de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas, aumentará el riesgo de incendios.

## ¿Qué dice el Protocolo de Kioto?

El Protocolo de Kioto permite que los países que lo han ratificado, y que tienen compromisos de limitación o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, utilicen la absorción de carbono de la atmósfera debida a los sumideros para compensar parte de sus emisiones.

La contabilización total del carbono consistiría en una consideración completa de las variaciones del carbono almacenado en todas las superficies de un país, incluyendo todos los reservorios de carbono. Esto permitiría, en principio, obtener el balance del intercambio neto de carbono entre los ecosistemas y la atmósfera. Sin embargo, en el Protocolo de Kioto, se especifica que los países firmantes, a efecto del cumplimiento de sus compromisos de limitación o reducción de emisiones a la atmósfera, solamente pueden considerar las absorciones producidas en las áreas terrestres en las que se realiza alguna actividad "inducida por el hombre directamente relacionada con el cambio del uso del suelo" que haya tenido lugar desde 1990, y que sea medible y verificable. Por ejemplo, el cambio de una superficie de agrícola a forestal por plantación de árboles, será una actividad inducida por el hombre de cambio de uso del suelo.

Las actividades contempladas por el Protocolo de Kioto son:

- Forestación: creación de un bosque, como fruto de la actividad humana, donde no lo había al menos durante los últimos 50 años, mediante plantación, siembra o fomento de semilleros naturales.
- Reforestación: creación de un bosque, como fruto de la actividad humana, en tierras que tuvieron bosque pero que actualmente están deforestadas, mediante plantación, siembra o fomento de semilleros naturales.
- Deforestación: (como fuente de emisión) conversión de tierras con bosque en tierras no forestales como resultado directo de la actividad humana.
- Actividades Adicionales: en el caso de España, gestión de bosques (utilización de prácticas para permitir que el bosque cumpla sus funciones ecológicas, económicas y sociales de manera sostenible, como las podas y las claras) y gestión de tierras agrícolas (aplicación de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola, que mantengan o aumenten el contenido de carbono, principalmente en el suelo, como el barbecho sin suelo desnudo, la supresión del laboreo,...).