

Los árboles frutales como sumideros de CO₂ desempeñan un importante servicio ambiental

Introducción

El cambio climático tiene un efecto directo en la producción agrícola, afectando la rentabilidad de las explotaciones agrícolas.

En este sentido, la agricultura mediterránea en general y la fruticultura en particular, se enfrentan a dos retos fundamentales: la adaptación al cambio climático y la necesidad de contribuir a mitigarlo. La tendencia al calentamiento global continuará aunque se reduzcan las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, ya que el ciclo del carbono y los mecanismos que dan lugar al clima se comportan con una gran inercia.

Semejantes retos han hecho que numerosas instituciones internacionales, como las Naciones Unidas o la Unión Europea, contemplen en sus agendas políticas la adaptación al cambio climático. En el ámbito europeo, la UE aprobó en 2007 el Libro Verde 'Adaptación al cambio climático en Europa: opciones de actuación para la UE' y en 2009 el Libro Blanco que contiene tres documentos sectoriales, uno de ellos destinado a la agricultura. Además, desde hace años a nivel europeo se vienen haciendo previsiones de los efectos que tiene el cambio climático sobre la economía europea. Uno de los trabajos de referencia al respecto es el 'Proyecto Peseta' realizado por la Comisión Europea, que analiza las repercusiones económicas anuales del cambio climático en la agricultura europea y en otros sectores.



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural. FEADER



GOBIERNO
DE ARAGON

Departamento de Agricultura,
Ganadería y Medio Ambiente

1. El Ciclo del carbono

Es un ciclo de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida, ya que de él depende la producción de materia orgánica que es el alimento básico y fundamental de todo ser vivo.

El carbono es un componente esencial para los vegetales y animales. Forma parte de compuestos como la glucosa, importante en la realización de procesos como la respiración; también interviene en la fotosíntesis bajo la forma de CO_2 (dióxido de carbono) tal como se encuentra en la atmósfera.

Las reservas fundamentales de carbono, en moléculas de CO_2 que los seres vivos pueden asimilar, se encuentran en la atmósfera y la hidrosfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO_2 se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 21 años.

La vuelta de CO_2 a la atmósfera se hace cuando en la respiración, los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO_2 . En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y no, como podría parecer, los animales más visibles.

Los productos finales de la combustión son CO_2 y vapor de agua. El equilibrio en la producción y consumo de cada uno de ellos por medio de la fotosíntesis hace posible la vida.

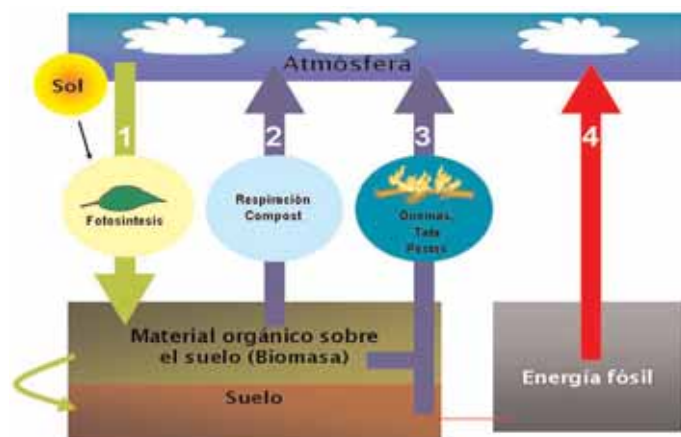
Los vegetales verdes que contienen clorofila toman el CO_2 del aire y durante la fotosíntesis liberan oxígeno, además producen el material nutritivo indispensable para los seres vivos. Como todas las plantas verdes de la tierra ejecutan ese mismo proceso diariamente, no es posible siquiera imaginar la cantidad de CO_2 empleada en la fotosíntesis.

En la medida de que el CO_2 es consumido por las plantas, también es remplazado por medio de la respiración de los seres vivos, por la descomposición de la materia orgánica y como producto final de combustión del petróleo, hulla, gasolina, etc.

En el ciclo del carbono participan los seres vivos y muchos fenómenos naturales como los incendios.

Los seres vivos acuáticos fotosintéticos toman el CO_2 del agua. La solubilidad de este gas en el agua es muy superior a la que tiene en el aire.

Figura 1. Ciclo del carbono. Fuentes de emisión y sumideros de CO_2



2. El CO_2 atmosférico y el efecto invernadero

Se denomina "efecto invernadero" al fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre, es retenida y reflejada por determinados gases que forman parte de la atmósfera, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra. Sin la actuación de estos gases, la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el calor emitido por el planeta se disiparía en el espacio produciendo unas temperaturas extremadamente bajas en la Tierra.

Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso y el metano que, en su mayor parte, son liberados por la industria, la agricultura, la ganadería y la combustión de combustibles fósiles.

El desarrollo industrial alcanzado en nuestro planeta ha supuesto que la concentración de estos gases haya aumentado hasta un 30% desde el siglo pasado, provocando que la propia naturaleza se encuentre limitada a la hora de equilibrar las concentraciones de dichos gases en la atmósfera.

De todos estos gases, el CO_2 cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, es un gas que permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo. Así, por ejemplo, del CO_2 emitido a la atmósfera, un 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomon et al, 2007).

Las plantas tienen la capacidad de captar el CO_2 atmosférico y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital (Fig 1. Fotosíntesis, ⁽¹⁾). En general, se puede concluir que, las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO_2) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO_2 (a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa (**Fig. 1** ⁽²⁾)).

En la actualidad, el exceso de CO_2 modifica el balance final del ciclo de carbono descrito anteriormente, influyendo de manera decisiva sobre las condiciones climáticas. Por una parte se produciría una captación del CO_2 de la atmósfera por parte de las plantas a través de la fotosíntesis y por otra, la respiración de las plantas, las quemas y las talas para usos agrícolas incrementan en la atmósfera la concentración de emisiones de CO_2 , lo que unido a una tasa de deforestación alta y a las escasas medidas de reforestación aplicadas alteran el balance entre emisión y captación. De esa manera la concentración de CO_2 en la atmósfera va aumentando. Estas emisiones netas del sector agrícola y forestal se suman a las emisiones de CO_2 que se generan al quemar combustibles fósiles en los sectores de transporte y generación de energía (**Fig 1** ⁽⁴⁾).

3. Sumideros de Carbono

Se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros de carbono (C) por su función vital principal, la fotosíntesis.

Mediante esta función, los vegetales absorben CO_2 que compensa tanto las pérdidas de este gas que se producen por la respiración como las emisiones producidas en otros procesos naturales (descomposición de materia orgánica).

La captación de CO_2 por los ecosistemas vegetales terrestres constituye un componente importante en el balance global de Carbono (C). A escala mundial se considera que la biosfera terrestre fija cerca de 2.000.000 toneladas/año (UNESA, 2005). Este valor es el resultante de la pequeña diferencia entre la absorción fotosintética de CO_2 y las pérdidas por respiración, por descomposición de la materia orgánica y por perturbaciones de diferente naturaleza. A este valor se le denomina producción neta de la biosfera (PNB), siendo la cantidad que a largo plazo queda almacenada en el sumidero.

El CO_2 secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO_2 atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO_2 emitido por la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50 % del peso seco de la planta. Por lo tanto, mientras el crecimiento sea alto, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en los sumideros de carbono. Teniendo esto en cuenta, la agricultura se puede convertir en un mecanismo efectivo para mitigar el incremento del CO_2 atmosférico.

4. El suelo

Para determinar el carbono (C) secuestrado en los ecosistemas, hay que tener en cuenta el C estable incorporado al suelo. Si la acumulación de carbono en el suelo es un proceso más lento que la acumulación de la biomasa, la estabilidad del C en el suelo es mayor. Por lo tanto, la capacidad del suelo para almacenar carbono es importante debido al material vegetal acumulado en descomposición, pasando a denominarse carbono del humus. La poda de los árboles y las hojas caducas puede contar como pérdida de carbono del cultivo si se retira de la plantación o se quema, mientras que, si la poda se descompone naturalmente en el suelo, se convierte en un medio eficaz de inmovilización de CO_2 a largo plazo (Lal, 1997). De hecho, un año después de agregar los residuos vegetales a la tierra, la mayor parte del carbono vuelve a la atmósfera en forma de CO_2 , sin embargo, de una quinta a una tercera parte del mismo permanece en el suelo, ya sea como biomasa viva o como el humus del suelo (Brady and Weil, 2004).



Perfil de suelo.

5. Elementos para la vida

La naturaleza está conformada por elementos vivos y elementos no vivos o inertes.

- Los elementos vivos se denominan factores bióticos: animales, vegetales, bacterias y hongos.
- Los elementos no vivos o inertes se llaman factores abióticos: aire, suelo, agua y todas las condiciones del clima y de la luz.

La interacción que se produce entre los factores bióticos y abióticos forma la biósfera (incluye la hidrósfera, la atmósfera y la geósfera) que es la parte de la tierra donde se desarrolla la vida.



La biosfera, sinónimo de vida.

De todos los seres vivos, los fundamentales y que representan la fuente de materia y energía son los vegetales que tienen clorofila, ya que ellos son los únicos capaces de fabricar su propio alimento.

6. ¿Cómo lo hacen?

A través de un proceso llamado fotosíntesis que utiliza el dióxido de Carbono atmosférico (elemento inerte o abiótico) como una de sus principales materias primas.

Al tener esta capacidad, a los vegetales se les denomina autótrofos; es decir, organismos capaces de fabricar su propio alimento.

La fotosíntesis es un proceso en virtud del cual los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energía del sol en forma de luz y la transforman en energía química. Prácticamente toda la energía que consume la vida de la biosfera terrestre (parte del planeta en la cual hay vida) procede de la fotosíntesis.

7. Aumento de las emanaciones de dióxido de carbono (CO₂)

Las investigaciones científicas indican que, aparentemente, la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico había permanecido estable durante siglos, en proporción de unas 280 ppm (partes por millón).

En los últimos años, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha presentado un aumento. Se ha pasado de unas 280 ppm en la era preindustrial a unas 390 ppm en 2009 a causa del uso indiscriminado de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados).

Lo significativo de este cambio es que pudiera provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero.

El CO₂ atmosférico tiende a impedir el enfriamiento normal de la Tierra, absorbiendo las radiaciones que usualmente ésta emite y que escapan al espacio exterior. Como el calor que escapa es menor, la temperatura global de la Tierra aumenta.

Un calentamiento global de la atmósfera tendría graves efectos sobre el medio ambiente. Aceleraría la fusión de los casquetes polares, haría subir el nivel de los mares, cambiaría el clima, alteraría la vegetación natural y afectaría las cosechas.

Estos cambios, a su vez, tendrían un enorme impacto sobre la civilización humana. Desde 1850 hasta el presente se ha producido un aumento en la temperatura global de cerca de 1° C.

Algunos científicos rechazan las teorías del calentamiento, atribuyendo la subida de la temperatura a fluctuaciones normales del clima global. Sin embargo, otros predicen que el aumento de la concentración en la atmósfera de CO₂ y otros "gases invernadero" hará que las temperaturas continúen subiendo. Las estimaciones van de 2° a 6° C para mediados del siglo XXI.



La industrialización y el aumento del CO₂

9. Fijación de carbono en plantas C3, C4 y CAM.

Dependiendo del tipo de fijación de CO₂, la planta tendrá un metabolismo distinto y por lo tanto, se clasifican en plantas: C-3, C-4 ó CAM.

En ellas, tanto la eficiencia del uso del agua y como la tasa de fijación de CO₂ es diferente.

- **Plantas C-3:** Se caracterizan por mantener estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, lo que provoca una pérdida de agua por transpiración de forma continua.

Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis (Trigo, cebada, pimiento, arroz, frutales, tomate).

- **Plantas C-4:** Se caracterizan por tener estomas abiertos durante el día.

Como poseen intermediarios de bombeo de CO₂ en la célula, pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, siendo factible la continuidad del proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO₂ (Maíz, sorgo, caña azúcar).

- **Plantas CAM:** Se caracterizan por tener estomas abiertos durante la noche.

Las pérdidas de agua por transpiración se reducen enormemente. También poseen reservorio de CO₂, con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética (Piña, chumbera).

Las propiedades de las plantas C-4 y CAM les permiten una supervivencia en entornos con déficit hídrico.

10. Efecto del estrés ambiental sobre la fijación de CO₂

El estrés ambiental como la salinidad, la sequía, las altas o bajas temperaturas o la disminución de la radiación solar alteran la estructura y metabolismo de las plantas, por lo tanto afectan a su crecimiento y su papel como secuestradores de CO₂ (Martínez-Ballesta et al., 2009). Estos factores ambientales, son variables clave que afectan al desarrollo de las plantas, puesto que son esenciales en los procesos de absorción y transporte de agua y nutrientes. Por lo tanto, el efecto de esos estrés pueden tener numerosas consecuencias para los cultivos, variando tanto desde respuestas fisiológicas a corto plazo en las plantas de forma individual, como cambios a largo plazo en la estructura y función de las plantas.

En numerosos estudios se ha mostrado que las plantas presentan frente a factores ambientales un amplio rango de respuestas que conducen normalmente a un déficit hídrico (Kimball et al., 2002).

Dado el carácter fuertemente desecante de la atmósfera, el control de las pérdidas de agua ha sido siempre un aspecto clave para las plantas. Por una parte, el flujo de agua a través de una planta debe ser suficiente para mantener la nutrición y la incorporación de CO₂ y por otra, como la asimilación y la transpiración están estrechamente ligadas en casi todas las plantas, la disponibilidad de agua impone un límite máximo a la productividad (Steudle and Peterson, 1998).



Hojas verdes: verdadero laboratorio fotosintético.

Con el aumento de las temperaturas puede inducirse un incremento de la fotorrespiración que es un mecanismo de protección del aparato fotosintético y que no conlleva fijación del CO₂ (Sofa et al., 2005). La acción combinada de los diferentes factores medioambientales (vapor de agua en la atmósfera y subida de las temperaturas) podría conducir a una mayor producción de biomasa, pero sólo si las plantas recibieran además un aporte de otros nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo o potasio (la acción antropogénica podría aportar nitrógeno a los ecosistemas naturales, ya que es un residuo de muchas de nuestras emisiones contaminantes).

Se estima que la fijación de CO₂ se verá incrementada en los próximos 60 años debido al aumento en la temperatura. Se espera que la fijación de CO₂ se incremente el 1% por cada °C en regiones donde la temperatura media anual es de 30 °C y el 10% en regiones donde la temperatura media anual es de 10 °C. Las tasas fotosintéticas, al duplicarse la concentración de CO₂, subirían un 25-75% en las plantas de fotosíntesis C3 (las más comunes en latitudes medias y altas). Los datos son menos concluyentes en el caso de las plantas cuya modalidad fotosintética es la C4, típica de lugares cálidos, siendo los intervalos de respuesta desde 0% hasta un 10-25% de incremento (UNESA, 2005).

Esta problemática implica la necesidad de realizar estudios que permitan conocer el efecto de las diferentes condiciones ambientales sobre la capacidad de captación de CO₂ y las necesidades hídricas y nutricionales de los cultivos.

11. Fruticultura eco-eficiente: balance de carbono en lugar de huella de carbono.

La huella de carbono adaptada a los productos agrícolas expuestos en los lugares de venta (supermercados, tiendas de proximidad...) reflejaría las emisiones de CO₂ equivalente generadas en su producción, transformación y transporte. Es evidente que la huella de carbono de los productos agrícolas será más elevada en los casos en los que se haya necesitado gastar mucha energía de origen fósil en su producción, manipulación y transporte. Esto ocurre, por ejemplo, cuando en climas fríos se necesita mantener la temperatura de un invernadero agrícola utilizando combustibles fósiles o en los casos en los que los productos son transportados desde largas distancias en modos de transporte poco sostenibles como el avión.

Sin embargo, definir el papel que un producto agrícola desempeña en relación con el cambio climático solo con su huella de carbono, es decir, solo contabilizando sus emisiones, no es adecuado ya que no se tiene en cuenta el importante servicio ambiental que como sumidero de CO₂ desempeña la vegetación agrícola, por su capacidad fotosintética.

En consecuencia, la extensión del concepto de huella de carbono a la agricultura, se debe hacer teniendo en cuenta que este sector, junto al forestal y el ecosistema marino, son los únicos que tienen capacidad de absorber o remover CO₂ de la atmósfera, lo que nos lleva a hablar de "balance de carbono" en vez de "huella de carbono", ya que en muchos de los cultivos agrícolas, dependiendo de las técnicas de producción, se obtiene un balance positivo comportándose como sumideros netos de CO₂, es decir, fijan más CO₂, que el que se emite en su producción y transporte.

12. La fruticultura aragonesa como sumidero de CO₂.

La fruticultura de Aragón representa el 11,09% del valor total de la Producción Agraria y del 23,6% del valor de la producción vegetal (Instituto Aragonés de Estadística-2000). La agricultura aragonesa está orientada al consumo interno y la exportación, lo que implica el desarrollo de una industria agroalimentaria potente y una red de comunicaciones de primer orden. Si a todo esto añadimos las actividades indirectas que genera la fruticultura, ésta adquiere una importancia notable dentro de la economía regional.

En la *tabla 1*, se reflejan las superficies de regadío ocupadas por las especies más importantes.

Tabla 1. Superficies ocupadas por cultivos de frutales en Aragón.

Especie	Secano(ha)	Regadío(ha)	Total(ha)
Manzano	528	5.021	5.549
Peral	940	5.872	6.812
Albaricoquero	195	2.162	2.357
Cerezo	5.768	5.799	11.567
Melocotonero-Nectarina	420	17.979	18.399
Círuelo	297	1.752	2.049
Almendro	71.785	7.512	79.297
Total	79.933	46.096	126.030

Fuente: ESYRCE-2011 (MARM)

Las excelentes condiciones climáticas de nuestra región, junto al uso de los avances tecnológicos han producido un incremento notable de la rentabilidad de las plantaciones de frutales. La disponibilidad de agua en la región se ha convertido en una oportunidad para el desarrollo, ya que, en la actualidad, importantes superficies de secano y gran parte de los regadíos tradicionales, se han transformado en regadíos con sistemas de riego a presión (aspersión y localizado), mejorando la eficiencia del uso del agua de riego y generando importantes incrementos de los rendimientos de los cultivos.

Unas buenas prácticas agrícolas o una gestión sostenible de las fincas (no dejar el suelo descubierto, utilizar cantidades exactas de abono en el momento y en el lugar exacto, no quemar residuos de cosechas y reducir las labores) supondrían dejar de emitir millones de toneladas de gases de efecto invernadero. Por esto, se ha establecido un Código de Buenas Prácticas Agrarias relativas a la protección del suelo, al mantenimiento de la materia orgánica y de la estructura del suelo y a la conservación de los hábitats y del paisaje, incluida la protección de los pastos permanentes. Este cambio en el modelo agronómico podría suponer un balance positivo de CO₂ en las superficies agrícolas.

Con la iniciativa de analizar la "Fruticultura aragonesa como sumidero de CO₂", se persigue incentivar la eco-eficiencia, ligada a una economía baja en carbono en la fruticultura, aprovechando la motivación vinculada a las ventajas competitivas de la responsabilidad ambiental y a la reducción de costes que supone la incorporación de buenas prácticas a la producción agrícola, de manera que se consiga una reducción de las emisiones de GEI a nivel de explotación.

Hasta ahora, en el mercado se habían desarrollado un solo tipo de etiquetas o marcas relacionada con el CO₂, mostrando la huella de carbono de productos y servicios. Estas etiquetas se expresan de diversas formas; las que identifican productos con una huella de carbono baja, las que señalan una clasificación de productos en función de su huella de carbono (plata, oro, platino) y las que cuantifican la huella de carbono y la expresan en gramos de CO₂.

El desarrollo de una iniciativa de la fruticultura aragonesa como sumidero de CO₂ se integraría entre el conjunto de marcas relacionadas con el CO₂ que clasificarían los productos en función de su balance de carbono en vez de la huella de carbono. Esta iniciativa y su correspondiente etiqueta, permitiría hacer público el resultado final o balance de CO₂ de un producto agrícola, calculado a partir de la capacidad fotosintética de fijar CO₂ que tienen los cultivos.

13. Balance de carbono del conjunto de la superficie de frutales de regadío de Aragón

Para los cultivos representativos de la producción frutícola aragonesa, se ha estudiado la aplicación de los criterios establecidos en otras iniciativas para mostrar el balance de carbono resultante.

Balance de carbono = R - E

R= Fijación o remoción de CO₂ de los cultivos

E= Emisiones (calculadas teniendo en cuenta las directas e indirectas que señalan las normas ISO 14064).

Para poder calcular el balance de carbono de un cultivo, es necesario conocer la cantidad total de CO₂ que ha fijado. Para estudiar el efecto sumidero de CO₂ de la fruticultura aragonesa, ha sido necesario adaptar, a las condiciones de las explotaciones de Aragón, los datos procedentes del análisis de biomasa de muestras representativas de los principales cultivos obtenidas mediante arranque, troceado y determinación de carbono obtenidos por el CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas y del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.

Para calcular las emisiones, la metodología aplicada ha sido la propuesta por la norma ISO 14064, que, al igual que el GHG Protocol (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero), Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte, Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) y Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development), señalan que hay que contemplar obligatoriamente, a la hora de calcular las emisiones de CO₂ equivalente, las emisiones directas y las indirectas debidas a la energía.

Los factores de conversión utilizados, son los publicados por el IPCC y por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, en el Inventario Nacional de emisiones 2007.

a. Fijación de CO₂ atmosférico por los frutales de regadío

La cantidad total de CO₂ fijado durante un año, por un cultivo agrícola, depende de numerosos factores entre los que destacan las características genéticas, las condiciones de crecimiento (edafoclimatológicas) y el manejo del cultivo, por lo que es necesario que los datos sean los propios de la comarca o región.

La cantidad total de carbono (C) que ha fijado cada especie de frutales por hectárea y año, se ha obtenido multiplicando el carbono (C) fijado por cada árbol (tronco, ramas, hojas frutos y raíces) por su correspondiente densidad de plantación y multiplicado por 3,667 (1 tonelada de C= 3,667 toneladas de CO₂).

Los frutales de Aragón fijan cada año más de un millón de toneladas de CO₂ atmosférico (*tabla 2*).



Tabla 2. Fijación de CO₂ por hectárea de los principales cultivos frutícolas Aragón.

Cultivo	Superficie regadío (ha)	Sumidero (t CO ₂ /ha-año)	Sumidero total Aragón (t CO ₂ /año)
Manzano	5.021	21,98	110.358
Peral	5.872	21,05	123.599
Albaricoquero	2.162	21,03	45.462
Cerezo	5.799	24,81	143.852
Melocotonero	17.979	27,27	490.285
Ciruelo	1.752	23,28	40.794
Almendro	7.512	22,24	167.047
Promedio	46.096		1.121.397

Fuente: Elaboración propia. Datos adaptados de los obtenidos por La Universidad de Murcia, Departamento de Fisiología vegetal, CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas

b. Estimación de las emisiones de CO₂ por las explotaciones frutícolas de Aragón aplicando la metodología propuesta por la norma ISO 14064:2006.

La metodología aplicada ha sido la propuesta por la norma ISO 14064, que indica que hay que contemplar obligatoriamente, a la hora de calcular las emisiones de CO₂ equivalente, las emisiones directas (consumo de combustible para el procesado en campo del cultivo, en las que se incluyen las labores de siembra, poda-triturado, aclareo, acolchado, tratamientos, abonado de fondo, instalación de riego, las necesarias para el procesado fresco, la recolección y el transporte al almacén así como los óxidos de nitrógeno procedentes del suelo por fertilización) y las indirectas debidas a la energía.

Los factores de conversión utilizados son los publicados por el IPCC y por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, en el Inventario Nacional de emisiones 2007.

Debido a la imposibilidad de contar con factores de conversión suficientemente contrastados para el resto de emisiones indirectas (distintas de las producidas por el consumo de energía) no es aconsejable aplicar la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV).

La iniciativa “Fruticultura como sumidero de CO₂” no exige, por tanto, que se haga un análisis del ciclo de vida (ACV) completo incluyendo otras emisiones indirectas, pero se da la posibilidad de que voluntariamente y siempre que se cuente con los factores de conversión adecuados, los productores lo incluyan en su balance.

Si bien para calcular el balance de carbono según la metodología establecida en la ISO 14064 entre las emisiones a considerar no es obligatorio contemplar el transporte (sólo se deben considerar las emisiones directas y las indirectas debidas a la energía) al constituir este un factor a tener en cuenta, se ha calculado adicionalmente lo que representa en emisiones transportar un 30% de los productos hasta los centros de distribución (mercados europeos a unos 2.000 km de distancia).

Los resultados de estos cálculos de emisiones vienen expresados en la **tabla 3**.

Tabla 3. Emisiones de CO₂ equivalente en determinados cultivos realizados en explotaciones frutícolas representativas del área Mediterránea (en t de CO₂/ha y año).

Cultivo	Total Emisiones sin Transporte	Total Emisiones con Transporte
Manzano	10,36	13,40
Peral	7,91	11,15
Albaricoquero	4,91	6,64
Cerezo	4,67	6,31
Melocotonero	11,08	14,33
Ciruelo	8,46	11,92
Almendro	9,05	12,75



Del conjunto de trabajos para estudiar las emisiones de CO₂ equivalente (CO₂ eq) de las distintas fases del cultivo (**tabla 4**), la contribución del transporte supondría más del 30% de las emisiones totales, al considerar los 2.000 km que separan Aragón de los principales mercados europeos.

Tabla 4. Contribución a las emisiones de CO₂ equivalente de las distintas etapas necesarias para el cultivo y transporte.

Emisiones Directas %	Preparación del terreno	4,50%
	Transporte y recolección	3,50%
	Fertilización I (N ₂ O procedente del proceso natural de nitrificación-desnitrificación del suelo)	13,00%
Emisiones Indirectas %	Riego por goteo	28,00%
	Almacen y otros	15,00%
Otras emisiones Indirectas %	Fertilización II (emisiones indirectas de NH ₃ y NO _x procedentes del suelo)	4,00%
	Transporte a 2000 Km.	32,00%
TOTAL		100,00%

C. Balance de carbono del conjunto de la producción frutícola de Aragón

El balance de carbono de la producción frutícola de las 46.000 hectáreas de regadío, supera las 660.000 toneladas anuales (**tabla 5**). Esta capacidad de sumidero equivale a neutralizar las emisiones de responsabilidad directa de CO₂ que producirían 287.500 ciudadanos. El cálculo se ha realizado suponiendo que el 30% de la producción se exporta a unos 2.000 km de distancia y la producción restante se comercializa en el mercado nacional.

La fruticultura aragonesa en su conjunto, no solo se comporta como climáticamente neutra para la mayor parte de las distancias en las que se comercializan sus productos, sino que es un sumidero neto de CO₂ que puede colaborar en la compensación de emisiones realizadas en otros lugares.

Se debe remarcar que este balance se ha realizado sin tener en cuenta el potencial de reducción de emisiones que todavía tiene nuestra fruticultura. El coste asociado para reducir las emisiones en la agricultura es competitivo con el coste que representa esta reducción en otros sectores de actividad.

Tabla 5. Balance de carbono del conjunto de la producción frutícola de Aragón.

Cultivo	Balance por ha		Balance total		TOTAL (t CO ₂ /año)
	Sin transporte (t CO ₂ /ha-año)	Con transporte (t CO ₂ /ha-año)	Sin transporte 70% (t CO ₂ /año)	Con transporte 30% (t CO ₂ /año)	
Manzano	11,62	8,58	40.841	12.926	53.768
Peral	13,14	9,90	54.006	17.447	71.453
Albaricoauero	16,12	14,39	24.394	9.333	33.726
Cerezo	20,14	18,49	81.751	32.176	113.927
Melocotonero	16,19	12,94	203.756	69.794	273.550
Ciruelo	14,82	11,36	18.181	5.973	24.154
Almendo	13,18	9,48	69.332	21.370	90.702
Total			492.260	169019	661.279

Fuente: elaboración propia.

14. Conclusiones

El CO₂, como principal gas de efecto invernadero, por encontrarse actualmente en exceso en la atmósfera, contribuye al cambio climático con independencia del lugar en el que se producen las emisiones.

El cambio climático es una de las principales preocupaciones del consumidor europeo, en respuesta a esta demanda social, las grandes cadenas de supermercados están desarrollando campañas de comunicación y empezando a aplicar el concepto de huella de carbono a los alimentos.

Para este loable esfuerzo de suministrar al consumidor información sobre el CO₂ emitido para la fabricación de un producto, igual que desde hace tiempo se viene expresando información sobre las calorías que los alimentos aportan, parece más adecuado, en el caso de los productos agrícolas, el uso del concepto de balance de carbono, que permite visualizar el beneficio ambiental que la agricultura eco-eficiente aporta, al comportarse como sumidero neto de CO₂.

Por otra parte, instituciones y organizaciones de todo tipo contribuyen a concienciar al ciudadano sobre la necesidad de reducir las emisiones de las que este es responsable o bien compensar las que no pueden ser evitadas, apareciendo en escena un nuevo concepto el de "compensación", que permite neutralizar nuestras emisiones mediante esfuerzos realizados en captación de CO₂ en cualquier otro lugar, justo lo que la agricultura eco-eficiente puede ofrecer.

Por todas estas razones, la agricultura, sector estratégico básico que al tiempo que produce alimentos, retira CO₂ de la atmósfera, se nos presenta como un instrumento idóneo para colaborar con el consumidor, las grandes cadenas de supermercados y el resto de partes interesadas en la mitigación del cambio climático, en este momento en que la inquietud del cambio climático está modificando los esquemas de funcionamiento del mercado.

Esta colaboración, solo es posible desde las agriculturas eco-eficientes, es decir, aquellas que obtengan un balance positivo de carbono, fijando más CO₂ del que emiten y comportándose como un sumidero neto de CO₂.

Ahora bien, esta capacidad que posee la agricultura eco-eficiente de llegar a tener un balance positivo de carbono retirando CO₂ de la atmósfera, utilizada aisladamente e individualmente por algunas empresas productoras, quedaría como un simple gesto de responsabilidad de escasa utilidad práctica.

La fruticultura del futuro debe incluir como objetivo fundamental la mitigación del Cambio Climático. El logro de este objetivo debe implicar la mejora continua en la totalidad del sector para que el balance de carbono sea cada vez más positivo, es decir, cada vez los cultivos fijen más CO₂ y sea necesario emitir menos para su producción y transporte hasta los centros de consumo.

15. Bibliografía

- Brady, N.C. and Weil, R.R. (2004). Elements of the Nature and Properties of Soils, 2/E. Ed. Pearson Prentice Hall, N. J. Change 1992- The Supplementary Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment (Cambridge Univ. Press, New York, 1992). pp. 25-46.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. (2003). Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner.
- Kimball B.A., Kobayashi K., Bindi M. (2002) Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment, Adv. Agron. 77, 293-368.
- Lal R. (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. Soil Tillage Res 43:81-107
- Martínez-Ballesta, M.C., Lopez-Perez, L. Muries, B, Muñoz-Azcarate, O., Carvajal, M. (2009) Climate change and plant water balance. The role of aquaporins Sustainable Agricultural Reviews (E. Lichtfouse, Ed.) Vol 2, 71-89.
- Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A.M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowsky P., Dichio. B. (2005) Net CO₂ storage in Mediterranean olive and peach orchards. Sci. Hortic. 107:17-24.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood y D. Wratt. (2007) : Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge y New York: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller ed. Pp, 25.
- Steudle E., Peterson C. (1998) How does water get through roots? J. Exp. Bot 49, 775-788.
- Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol). Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) y Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development).
- UNE-ISO 14064:2006, Gases de efecto invernadero, Parte 1, parte 2 y parte 3.
- UNE-EN ISO 14040:2006, Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- UNESA, (2005). Forestación y Reforestación. Sumideros de Carbono. En: Metodologías para la Implementación de los Mecanismos flexibles de Kioto - Mecanismo de Desarrollo Limpio en Latinoamérica. Rivero Torre, Pedro, León, Gonzalo, Eichhamer, Wolfgang, Deputy, Gázquez Mateos, José Luis, González Santaló, José Miguel, Ferrando Bravo, Gerardo, Cisneros Gárate, Pablo, Pérez Pallarés, Diego. Capitulo 8.



Autor:

José Luis Espada Carbó

Unidad de Tecnología Vegetal. Cultivos Leñosos.

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando sus autores y origen: Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

Para más información, puede consultar a la UNIDAD DE TECNOLOGÍA VEGETAL:
Av. Montañana, 930 • 50059 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 06

Correo electrónico: cta.sia@aragon.es - agricultura@aragon.es

■ **Edita:** Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Servicio de Recursos Agrícolas. ■ **Composición:** Unidad de Tecnología Vegetal ■ **Imprime:** ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.