

Suplemento de

Vida RURAL

El quincenal del campo

1 MARZO • Nº 375 • AÑO XXI • 3/2014

Balance y huella de carbono del olivar

Luis López Bellido,
M^a Purificación Fernández García y
Pedro J. López-Bellido Garrido.

Nitrofoska®

super olivo

Olivar productivo y rentable
con el mejor abono.



La marca de fertilizantes Nitrofoska® es la más conocida y la preferida por los olivereros. Los que la utilizan valoran su calidad y los buenos resultados que obtienen en sus olivos (*).

Nitrofoska® fue el primer abono complejo fabricado por BASF y hoy, después de 80 años, sigue siendo el número uno en ventas, en calidad y en agricultores satisfechos.

Ahora, en EuroChem Agro, hemos adaptado nuestra estrategia para que todavía más olivereros puedan utilizar Nitrofoska® y beneficiarse de los excelentes resultados que obtienen en sus olivos.

(* Resultados de estudios de mercado en olivar realizado en Córdoba y Jaén en el año 2009.

® Marca registrada de EuroChem Agro

EuroChem Agro Iberia, S.L.

Joan d'Austria 39-47
08005 Barcelona
Tel. 93 224 72 22
Fax. 93 225 92 91
www.eurochemagro.com



EUROCHEM
AGRO

Balance y huella de carbono del olivar



■ **Luis López Bellido,**
M^a Purificación Fernández García y
Pedro J. López-Bellido Garrido.

Departamento de Ciencias y
Recursos Agrícolas y Forestales
de la Universidad de Córdoba.

La huella de carbono está de moda. Todo el mundo habla de ella, pero no todos saben qué es exactamente y para qué sirve. Existe sobre ello mucho “ruido” en los medios de información y en los ámbitos comerciales. Asimismo, existe profusa y compleja normativa generalista para su cálculo que se aplica indistintamente a cualquier producto o servicio. También a los productos transformados agroalimentarios, cuya materia prima procede de los cultivos agrícolas. La singularidad de la agricultura, por su capacidad de capturar y secuestrar el CO₂ atmosférico, hace que sea inapropiada la aplicación de tales métodos generalistas de cálculo de la huella de carbono al sector de productos agroalimentarios, que debería beneficiarse de la capacidad de sumidero potencial de CO₂ que tienen los cultivos agrícolas que los producen.

El dióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero. Hoy día la principal fuente de emisión de CO₂ a la atmósfera es el consumo de combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte. La agricultura, a diferencia de estos otros sectores, es capaz, bajo un manejo apropiado, no sólo de compensar las emisiones de CO₂ a la atmósfera, sino de capturar éste y almacenarlo como carbono (C) en la biomasa de las plantas y en el suelo.

El secuestro de C se produce cuando un conjunto de prácticas de cultivo incrementan el almacenamiento de C en el suelo. El impacto producido por estas prácticas, tales como el sistema de laboreo, las rotaciones de cultivo, las plantaciones arbóreas o la fertilización, difiere según el tipo de suelo, el sistema de cultivo, el manejo de los residuos y el clima.

El término huella de C (*carbon footprint*, en inglés) es relativamente nuevo, aunque los métodos que lo soportan están bien establecidos, habiendo sido previamente desarrollados para una gran variedad de cuestiones ambientales. No existe una aceptación amplia y una definición concreta de la huella de C, aunque sí existe la noción de lo que es y de su realidad. Una definición abierta que intente ser aceptada para todas las posibles aplicaciones podría ser la siguiente: “la huella de carbono de una unidad funcional es el impacto climático bajo una medida especificada, que considera todas las fuentes relevantes de emisiones, sumideros y almacenamiento, tanto en el consumo como en la producción, dentro de un sistema limitado espacial y temporal”.

La huella de C es uno de los indicadores que han alcanzado mayor difusión para identificar, sintetizar y comunicar de forma comprensible los posibles impactos ambientales de un proceso o actividad. Con esto se pretenden cuantificar las emisiones de gases de efecto inver-



Arranque de olivo con manipuladora telescópica para determinar el peso de las raíces, tronco y ramas principales.

nadero que son liberadas a la atmósfera debido a la producción y comercialización de un producto, desde la adquisición de las materias primas hasta su gestión como residuos, permitiendo a los consumidores decidir qué alimentos comprar según las emisiones generadas. El concepto de huella de C suscita el interés de las empresas, consumidores y políticos.

Los inversores ven en la huella de C un indicador de los riesgos de inversión. Los gerentes de compras están interesados en la huella de C de las cadenas de suministros, y los consumidores están cada vez más preocupados por las ofer-



tas de productos que estén etiquetados con la huella de C.

La huella de C, que se relaciona con el cambio climático, representa un elemento fundamental de la responsabilidad social corporativa de las empresas. Numerosos países como Francia, EE.UU., Canadá, Reino Unido, Suiza, Japón, Australia, Alemania, etc., han legislado y establecido normas sobre la huella de C de los productos y servicios. También cada vez más cadenas alimenticias incluyen en sus productos la huella de C. Según una encuesta reciente, el 72% de los europeos se muestran a favor de que sea obligatorio expresar la huella de C en los productos.

Para la aplicación del concepto de huella de C en la agricultura, se debe tener en cuenta que este sector, junto al forestal, son los únicos que tienen capacidad de absorber o remover CO₂ de la atmósfera, lo cual lleva a considerar más bien el término “balance de carbono” en vez de “huella de carbono”, puesto que en muchos de los cultivos agrícolas, dependiendo de las técnicas de producción, se obtendrá un balance positivo comportándose como sumideros netos de CO₂. En este sentido algunos autores utilizan el término “huella parcial de carbono” e



EL SECTOR AGROALIMENTARIO RECIBE EL MISMO TRATAMIENTO EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE C QUE UNA FÁBRICA DE CEMENTO O UNA COMPAÑÍA AÉREA, DONDE NO HAY SECUESTRO DE C ALGUNO EN LAS MATERIAS PRIMAS QUE SE EMPLEAN.

incluso “huella de carbono negativa”.

El sector agrícola, como ya se ha dicho, se caracteriza porque puede remover CO₂ de la atmósfera almacenándolo temporalmente en los árboles (troncos, raíces, ramas, hojas y frutos) y de forma muy duradera en el suelo. Sin embargo, se requiere un proceso previo de investigación para conocer la capacidad de captura de CO₂ de un cultivo o sistema agrícola y la de secuestro de C del suelo. Muchos estudios han valorado la producción y el presupuesto neto de C de los ecosistemas forestales, pero pocos trabajos han sido realizados con los cultivos agrícolas, en parte debido a las dificultades e incertidumbres asociadas con la estimación del cómputo de C de las tierras de cultivo.

Los cultivos arbóreos tienen un reconocido papel en el secuestro de C, que puede llegar a superar a las plantaciones

forestales, aunque ha sido poco estudiado. El C que es almacenado en troncos, ramas y raíces tiene un marcado carácter estable.

Existen numerosas metodologías normalizadas a escala internacional para el cálculo de la huella de C, que se aplican a productos y servicios y tienen en cuenta únicamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los procesos. Cuando tales métodos se aplican a la industria agroalimentaria, la huella de C se calcula teniendo en cuenta las emisiones de GEI de la materia prima receptionada (sea trigo, aceituna, naranjas, etc.), a las que se suman las emisiones generadas en el proceso de fabricación correspondiente (pan o pastelería, aceite, zumo, etc.), prescindiendo del posible secuestro de C que tales cultivos han podido generar al producir la materia prima. Es decir, el sector agroalimentario recibe el mismo tratamiento en el cálculo de la huella de C que una fábrica de cemento, una compañía aérea o una fábrica de automóviles, donde evidentemente no hay secuestro de C alguno en las materias primas que se emplean.

Las metodologías normalizadas de cálculo de la huella de C no han sido especialmente diseñadas para ser aplicadas a la agricultura y a la industria agroalimentaria que de ella deriva. Se ignora el papel de la fotosíntesis en la captura y secuestro de C que este proceso genera en



Página izda. Plantación superintensiva de olivar con restos de poda para su incorporación al suelo.

Derecha. Plantación superintensiva de olivar con laboreo.

el suelo y en la biomasa, especialmente en las plantaciones arbóreas. Su cálculo es complejo y muy variable según zonas, métodos de cultivo, etc. Por esta razón, las normas oficialmente establecidas para determinar la huella de C han preferido no considerar este aspecto, a pesar de que se están aplicando a la industria agroalimentaria. Como ya se ha dicho, sólo tienen en cuenta las emisiones de GEI generadas por las operaciones y técnicas del cultivo y el proceso de transformación y/o acondicionamiento del producto final, lo que es sin duda más cómodo. De esta manera, en la práctica, se puede desde un despacho determinar la huella de C de un producto agroalimentario elaborado. Considerar el secuestro de C es más difícil y exige investigaciones previas y estudios detallados de adaptación para cada producto y agrosistema donde se produce.

En definitiva, se está aplicando una metodología inadecuada y con ello causando un grave perjuicio al sector agroalimentario, cuyas materias primas pueden aportar un factor de compensación que neutraliza, reduce e incluso hace negativa

De izquierda a derecha: Plantación de olivar con cubierta vegetal y riego localizado.

Plantación intensiva de olivar con cubierta vegetal.

Plantación superintensiva de olivar con laboreo convencional.



MUCHOS IGNORAN EL PAPEL ESTRATÉGICO DE LA AGRICULTURA Y QUE EXISTEN CADA DÍA MÁS AGRICULTORES QUE HACEN BIEN SU TRABAJO Y PRACTICAN UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE.

la huella de C provocada por las emisiones de GEI del proceso completo. No se cumple tampoco la tan conocida frase “de la cuna a la tumba”, a pesar de que se recurran a subterfugios para establecer limitaciones metodológicas que se acomodan a las normativas oficialmente establecidas.

Por otro lado, existe de forma bastante generalizada, especialmente en organizaciones e instituciones públicas y ecologistas e importantes sectores de la sociedad, una preocupación casi obsesiva por las emisiones de GEI provocadas por la acción del hombre, lo cual, aún estando justificado, contrasta con el gran desconocimiento que existe sobre el papel que tienen la agricultura y los suelos agrícolas en la captura y secuestro de C, y su gran potencial para neutralizar dichas emisiones. Además, muchos consideran la agricultura una actividad altamente contaminante

y señalan a los agricultores como protagonistas de dicha contaminación. Ignoran el papel estratégico de la misma en la alimentación, y que existen cada día más agricultores que hacen bien su trabajo y practican una agricultura sostenible, respetuosa con el medio ambiente. La práctica del laboreo de conservación, la lucha integrada de plagas y enfermedades, el uso eficiente de los fertilizantes y la agricultura de precisión, cada día más generalizadas, son un ejemplo de ello. En este contexto, sorprende la aparente falta de interés que existe, en el sector agrícola y en el de la industria agroalimentaria española, por reivindicar e impulsar la puesta en valor del verdadero papel que la agricultura debe jugar en el secuestro de C y los balances de GEI. Parece existir una escasa preocupación de las organizaciones e instituciones agrarias en estudiar y proponer la inclusión en las normativas del

cálculo de la huella de C de los productos agroalimentarios del factor de secuestro de C estable que potencialmente tienen los suelos agrícolas y la biomasa de las estructuras arbóreas. Sin duda, la huella de C va a tener una especial importancia en el futuro de nuestras exportaciones agroalimentarias, especialmente de nuestros productos más genuinos y relevantes, hacia los países donde el consumidor está cada vez más preocupado por la cuestión ambiental y exige el etiquetado de la huella ecológica de los productos que consume.

En los últimos años se han realizado, sobre todo en EE.UU., Canadá y Australia, numerosas investigaciones sobre el balance entre emisiones y secuestro de C de diferentes cultivos, estudiándose su influencia en la huella de C de las materias primas finales de la producción del cultivo. También en España se han realizado algunos trabajos en este sentido en cultivos herbáceos de secano, horticolas, frutales y cítricos.

Un Protocolo Internacional para el cálculo de emisiones de C en el sector vitivinícola fue diseñado en 2008 por el Instituto Internacional del Vino de California, la Asociación de Viticultores de Nueva Zelanda, el Programa de Producción Integrada de Vino de Sudáfrica y la Federa-

ción de Viticultores de Australia. Dicho Protocolo establece que se tenga en cuenta en la fase agronómica la captura de CO₂ realizada por las estructuras permanentes de la vid, es decir, las raíces y el tronco, excluyendo las hojas, el fruto y las ramas que se podan. Aquí está la clave a considerar para la verdadera estimación de la huella de C de los productos agroalimentarios, cuyas materias primas proceden de cultivos agrícolas.

En el marco de un Convenio entre el Centro de Innovación y Tecnología Agroalimentaria, S.A. (Citagro) y nuestro Grupo de Investigación de la Universidad de Córdoba, hemos desarrollado el proyecto de investigación "Carbosiega: nuevas metodologías para la certificación de la huella de C de la producción agrícola bajo sistemas de producción sostenibles". Uno de sus objetivos ha sido evaluar el balance y huella de C del cultivo de olivar en diferentes explotaciones olivereras en las provincias de Sevilla, Córdoba, Cádiz y Jaén.

Metodología

Se ha diseñado y validado una metodología de cálculo del balance de C asociada a la producción agrícola primaria del olivar; que ha tenido en cuenta, por un

lado, la captura de C estable de la biomasa de olivar y el secuestro de C por el suelo, y por otro, las emisiones de GEI producidas por las prácticas del cultivo.

■ Áreas de estudio

La investigación ha sido realizada en una superficie total de 1.232 hectáreas localizadas en las provincias de Sevilla, Córdoba, Cádiz y Jaén. En concreto fueron elegidas 24 Unidades Homogéneas de Cultivo (UHC), correspondientes a parcelas de olivar de un mismo agricultor y que tenían similares características agronómicas y de cultivo: suelos, variedad, edad y marco de plantación, sistema de cultivo (secano o regadío) y prácticas de cultivo. En dichas UHC estaban incluidas las variedades Picual, Arbequina, Hojiblanca y Picudo; plantaciones intensivas, superintensivas y tradicionales; y cultivo de regadío y de secano.

La gran diversidad existente entre las diferentes UHC de olivar estudiadas, en localización (clima), variedades, edad y marco de plantación y sistema de cultivo, ha sido muy valiosa para obtener una amplia variación de datos, que ha sido de gran utilidad para constatar el amplio rango de valores relacionados con el secuestro y balance de C del cultivo de olivar.



Estudio de campo

Arranque de olivos

Fueron arrancados tres ejemplares de cada una de las variedades Picual y Arbequina, procedentes de plantaciones intensivas de quince años de edad. También fue arrancado un olivo con tres pies de una plantación tradicional de 75 años de edad, de la variedad Picudo. Previamente al arranque se calculó mediante dasometría el volumen de la biomasa de los olivos enteros, con el fin de establecer la relación entre las medidas dasométricas y los datos reales de peso y volumen obtenidos directamente de los olivos arrancados y constatar la fiabilidad del método dendrométrico utilizado.

Las raíces de los árboles fueron separadas del tronco y pesadas. La parte aérea de cada árbol fue cubicada y pesada, de forma separada el tronco y las ramas de distintos órdenes (hasta 2 cm de diámetro). La relación en peso parte aérea/raíz fue determinada. También se tomaron muestras con la barrena Pressler de las raíces y los distintos órdenes de ramas para determinar la densidad de la madera de cada componente. Una porción de las diversas partes del material vegetal fue secada en estufa a 70°C para determinar la materia seca. Finalmente, todo el material fue triturado separadamente para determinar analíticamente el contenido de C.

Medida del volumen de la biomasa de las parcelas de olivar

En cada parcela fueron elegidos tres árboles representativos, donde se midieron la altura y el diámetro de la copa y la longitud y el diámetro mayor y menor del tronco y de las ramas principales y secundarias hasta un grosor mínimo de 2 cm de diámetro. Para ello se utilizó una forcípula forestal y una cinta métrica metálica rígida. También se tomaron con la sonda Pressler cilindros del tronco y de las ramas principales de los árboles de las dis-



Plantación tradicional con laboreo convencional.

tintas variedades para determinar la densidad de la madera.

Toma de muestras de suelo

En cada parcela se tomaron cinco muestras de suelo, distribuidas aleatoriamente, con una sonda manual Eijkkamp de 4 cm de diámetro, a las profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm. Para cada profundidad se mezclaron las muestras de suelo. También fueron tomadas muestras de suelo inalteradas para determinar la densidad aparente de las tres profundidades referidas, utilizándose una sonda especial Eijkkamp con soporte de anillo cerrado. Las muestras de suelos fueron llevadas al laboratorio y almacenadas a -30°C en congelador-frigorífico hasta su preparación para el análisis.

Análisis de laboratorio

Las distintas muestras de madera fueron secadas en estufa hasta peso constante y posteriormente molidas. Las muestras de suelo fueron secadas al aire, trituradas, homogeneizadas y tamizadas. En las muestras de madera fue determinado el contenido de C y en las de suelo el de C orgánico. En ambos casos mediante espectrometría de infrarrojo cercano (NIR), basándose en el método de combustión seca de Dumas.

Cálculo de la biomasa y del contenido de C de los olivos

Mediante un programa informático especialmente diseñado, se calculó el volumen de la madera de cada árbol seleccionado, considerando las medidas biométricas realizadas (longitud y diámetro del tronco y los distintos órdenes de rami-

ficación). Las medidas de los tres árboles de cada parcela fueron promediadas en un solo valor. Los cilindros de madera obtenidos con la barrena Pressler, una vez secos, permitieron el cálculo de la densidad. De esta forma, fue calculado el contenido de C de la biomasa de cada árbol y para cada parcela.

Cálculo del C orgánico del suelo

A partir de la densidad aparente del suelo determinada y de los resultados porcentuales obtenidos de C orgánico, se calculó el contenido en peso de C orgánico en las tres profundidades de suelo muestreadas: 0-30, 30-60 y 60-90 cm.

Estimación de un modelo alométrico para predecir la acumulación de C en la biomasa del olivo

Distintas ecuaciones alométricas fueron ensayadas para determinar la tasa de acumulación de C por hectárea y año en las parcelas de olivar, en función de las distintas variables biométricas medidas en el conjunto de las parcelas estudiadas.

Cálculo de las emisiones de GEI de las operaciones de cultivo del olivar

La determinación de los gases de efecto invernadero (GEI), expresados en kg de carbono equivalente (CE) para cada parcela de olivar, fue realizada a partir de la ficha de cultivo de cada parcela, utilizando los factores de emisión (FE) establecidos en la literatura científica, especialmente por Lal (2004) [Carbon emission from farm operations. Environment Inter-

TECNOLOGÍA EFICIENTE Y SOSTENIBLE



REDUZCA SU HUELLA DE CARBONO



CALCULAR POR



VOLUMEN COMBUSTIBLE



HORAS TRACTOR

¿Desea saber las emisiones exactas de carbono de su flota y ver cuánto podría reducir su huella de carbono sustituyendo parte de su maquinaria por equipos con tecnología **ECOBlue™**?

Visite: www.carbonid.newholland.com



→ CULTIVO ENERGÉTICO



→ PRODUCTIVIDAD EFICIENTE



→ AGRICULTURA SOSTENIBLE



→ COMPAÑÍA COMPROMETIDA



national, 30: 981-990] y completada por la Guía de los Factores de Emisión Versión 6.1 (Bilan Carbone, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). Los FE específicos del olivar fueron calculados de acuerdo con los datos energéticos y el estudio de rendimiento horario de las diversas operaciones.

Determinación del balance y tasa de secuestro de C en las parcelas de olivar

A partir de los datos de captura de C por la biomasa del olivar, el C almacenado en el suelo y las emisiones de GEI (expresadas en CE) de las operaciones de cultivo, se ha obtenido el Flujo Neto de Carbono (FNC), expresado como tasa anual de secuestro de C por hectárea para cada parcela o también denominada huella de carbono, mediante la fórmula:

FNC = C acumulado en biomasa aérea y radicular + secuestro de C por el suelo - emisiones de C (CE) de las operaciones de cultivo.

Resultados

■ Biomasa y contenido de C de las parcelas de olivar

La relación parte aérea/raíz, obtenida a partir de los olivos arrancados, prescindiendo de las hojas y ramas de diámetro inferior a 2 cm (material que no ha sido computado para el cálculo de la captura de C de la biomasa de olivar, al considerarse que en su mayoría se retira con la poda y recolección y es incorporado al suelo, donde puede transformarse en C estable con el tiempo) ha sido muy similar en las variedades Picual y Arbequina: 4,2 y 4,3, respectivamente. Dicha relación en los olivares viejos tradicionales con 3 pies fue muy superior (≈ 6), debido al importante papel que juegan las peanas; cuya cubicación es por otro lado

muy difícil, debido por un lado a su forma muy irregular y por otro a que con frecuencia parte de las mismas está bajo la superficie del suelo.

El contenido porcentual de C de la madera ha sido prácticamente similar en el tronco y en los distintos tipos de ramas y la raíz, así como en las variedades. Este ha sido como promedio $45,7 \pm 0,6\%$.

El contenido medio de C por hectárea almacenado en la biomasa en el conjunto de las 24 parcelas (UHC) del estudio ha sido $6,3 \pm 4,5$ t/ha. La elevada desviación estándar constata la gran variabilidad de los valores de C capturado,

que es función de la edad de la plantación, el marco de la misma, la variedad, el tipo de suelo y el manejo del cultivo. Las plantaciones más antiguas, generalmente de tipo tradicional, son las que por su edad han acumulado mayor C por hectárea. Igual ocurre en las plantaciones más jóvenes de tipo intensivo y superintensivo, donde también la edad de plantación juega un papel importante. En las plantaciones intensivas de fechas de plantación similares, la acumulación de C en la variedad Picual es muy superior al de la variedad Arbequina: 5,4 y 3,1 t/ha, respectivamente. Las plantaciones superintensivas en seto, todas de la variedad Arbequina, superan en almacenamiento de C por hectárea a las plantaciones intensivas de la misma variedad en más del doble: 6,7 t/ha frente 3,1 t/ha. Respecto a la variedad Picual, la diferencia entre ambos sistemas de plantación es ligeramente superior al 20%, favorable a la plantación en seto de Arbequina.

En conjunto, las diferencias entre secano y regadío no han sido apreciadas debido a las diferencias de edad de las plantaciones, que al ser más antiguas en secano han enmascarado la comparación de resultados.

En síntesis, las plantaciones convencionales con más de 60 años y una densidad de plantación de 80 a 100 árboles/ha superan las 15 t/ha de C almacenado en su biomasa. Las plantaciones intensivas con una densidad en torno a los 200 árboles/ha pueden alcanzar dichos niveles a los 18 años de edad, sobre todo con la variedad Pi-



De arriba a abajo. Toma de muestra en tronco de olivar con la sonda Pressler para determinar la densidad de la madera.

Medida del diámetro del tronco de olivo con forcípula forestal.

Medida del diámetro de ramas de olivo con forcípula forestal.

Vista de una plantación intensiva de olivar en régimen de regadío.

cual. En las plantaciones superintensivas en seto de la variedad Arbequina, con una edad media de plantación de 6 años, la captura media de C alcanza niveles medios comprendidos entre 7 y 8 t/ha. Es evidente, que dichas plantaciones tienen un gran potencial de secuestro de C en el tiempo, y son por tanto ambientalmente más favorables como sumidero de C y en la mitigación de los GEI.

■ Contenido de C orgánico del suelo de las parcelas de olivar

El porcentaje medio de C orgánico en el horizonte superficial del suelo (0-30 cm) fue 0,7%, más del doble que en el horizonte intermedio de 30-60 cm (0,32%). En el horizonte inferior (60-90 cm) el promedio fue 0,21%. En conjunto, los suelos de las parcelas de olivar del estudio, con algunas excepciones, tuvieron un contenido bajo de materia orgánica: 1,2% en el horizonte superior de 0-30 cm, 0,55% en el nivel 30-60 cm y 0,36% en 60-90 cm.

Los valores medios de C orgánico de los suelos, expresados en t/ha, fueron $26,1 \pm 11$; $12,2 \pm 7,5$ y $8,1 \pm 8,9$ t/ha para los horizontes 0-30, 30-60 y 60-90 cm, respectivamente. El horizonte superficial tuvo como promedio el 56% del C orgánico del perfil del suelo, el 26,3% el horizonte intermedio y el 18% el inferior.

El perfil completo (0-90 cm) del conjunto de los suelos estudiados tuvo un contenido medio de C orgánico de $46,4 \pm 20,5$ t/ha. Hay que valorar que el C orgánico almacenado en los dos horizontes inferiores (30-60 y 60-90 cm) es más valioso desde el punto de vista del secuestro de C por el suelo, al no estar sometidos a las labores y ser menor la acción de los microorganismos que en el horizontal superficial (0-30 cm); es decir es un C menos lábil, más estable.



EL SECUESTRO DE C DE TODAS LAS PARCELAS ESTUDIADAS MOSTRÓ UN VALOR POSITIVO EN TODOS LOS CASOS RESPECTO A LAS EMISIONES DE CO₂ DE LAS OPERACIONES DE CULTIVO.

La diferencia entre el contenido de C orgánico del suelo procedente de los análisis históricos facilitados por los agricultores y de los valores determinados en el estudio fue negativa en muchas de las parcelas, lo que indica pérdidas en el tiempo de C orgánico del suelo. En otras la diferencia fue positiva y en algún caso con valores importantes de incremento de las reservas de C orgánico. Este apartado del estudio es el que presenta menos fiabilidad para el cálculo del balance y huella de C de las plantaciones de olivar, debido a que los análisis proporcionados por los agricultores son de fecha relativamente reciente. El escaso diferencial de tiempo entre dichos análisis y los realizados en el estudio, dificulta que se manifieste un incremento de la materia orgánica del suelo derivado de las mejoras en el manejo del mismo (cubiertas vegetales, no laboreo, enterrado de restos de poda, etc.). Además, con algunas excepciones, las

prácticas de manejo del suelo de muchas parcelas no han sido muy favorables para incrementar progresivamente las reservas de C orgánico del suelo.

■ Almacenamiento de C en la biomasa y el suelo de las parcelas de olivar

El almacenamiento medio de C en las parcelas de olivar estudiadas ha sido $52,7 \pm 19,7$ t/ha, correspondiendo el 12% al C de la biomasa y el 88% al C orgánico del suelo en el perfil 0-90 cm. No obstante, esta diferencia a favor del suelo no debe inducir a infravalorar el contenido de C de la biomasa del árbol, pues de hecho su captura es más estable y mantiene una tasa de aumento más constante, relacionada con el crecimiento de la plantación. El C orgánico del suelo es menos estable, su acumulación es más lenta y requiere prácticas de manejo que la favo-

rezcan, tales como: laboreo de conservación y no laboreo, no retirar los residuos del cultivo, etc. Por el contrario, el laboreo intensivo y la retirada de residuos conducen a tasas negativas y por tanto a la reducción del C acumulado en el suelo. Por esta razón, las plantaciones arbóreas tienen potencialmente un secuestro de C superior y más estable que los cultivos herbáceos. Un número importante de las parcelas estudiadas han registrado altos niveles de almacenamiento de C, que superan las 80 t/ha, debido a la contribución de un suelo de calidad bien manejado y a plantaciones convencionales adultas bien desarrolladas o plantaciones intensivas jóvenes bajo riego que generan un rápido crecimiento de la biomasa.

■ Tasa anual de C almacenado en las parcelas de olivar

La tasa anual de C almacenado en la biomasa de las plantaciones y en el suelo de las mismas a la profundidad de 0-30 cm, es un parámetro necesario para estimar el balance neto de C o huella de C de cada parcela, una vez descontadas las emisiones de GEI producidas por las operaciones de cultivo en la plantación.

Dicha tasa anual de C es calculada dividiendo las cantidades de C acumuladas en la biomasa y el suelo por los años de edad de la plantación en el primer caso, y por los años transcurridos entre la realización de los análisis de suelo. La tasa anual de C almacenado es un indicador imprescindible para el cálculo de la huella de C, de gran valor para evaluar el efecto que tienen las prácticas de manejo del olivar en el secuestro de C y las emisiones de GEI, y para establecer pautas de actuación que permitan mejorar el secuestro de C y mitigar la contaminación de GEI del agrosistema.

La tasa anual media de C acumulado de las parcelas estudiadas (biomasa y suelo) ha registrado un promedio de $2,24 \pm 2,2$ t/ha/año, con alta variabilidad entre

las mismas. Un buen número de parcelas ha superado los valores de 3 t/ha/año; que se consideran tasas elevadas si se comparan con los sistemas de cultivos herbáceos de secano bajo laboreo de conservación y no laboreo y sin retirada de los residuos.

■ Estimación de un modelo de predicción para la acumulación de C en la biomasa de los olivos

Con los datos de las diferentes mediciones dasométricas realizadas en las 24 parcelas de olivar estudiadas y los correspondientes al tipo de variedad y fechas y marcos de plantación, se ensayaron diferentes modelos predictivos para estimar la tasa anual de acumulación de C en la biomasa de olivar. Sólo el número de árboles por hectárea, o marco de plantación, permitió ajustar un modelo lineal altamente significativo con la ecuación $y = 0,49x + 216$ ($R^2 = 0,87^{***}$) (figura 1). Con este modelo puede calcularse la tasa anual de secuestro de C a partir de la variable x (expresada en kg/ha), introduciendo el número de olivo/ha de la plantación en la variable independiente x .

El análisis de los datos según las variedades mostró diferencias entre Picual y Arbequina. En concreto, en las plantaciones intensivas del estudio el promedio de la tasa anual de secuestro de C fue 0,401 t/ha en la variedad Picual y 0,374 t/ha en Arbequina. Ello permitió estimar un coeficiente o factor de corrección de 1,1 para aplicar en el modelo, en el caso de tratarse de variedad Picual. De esta forma, el valor obte-

nido de la tasa anual de secuestro de C en la ecuación habrá que multiplicarlo por dicho factor (1,1) si la variedad considerada es Picual.

Similarmente, fueron analizados los datos según los sistemas de regadío y secano. El promedio de la tasa anual de secuestro de C en secano fue 0,303 t/ha y 0,374 t/ha en regadío. En consecuencia, el coeficiente o factor de corrección a aplicar al modelo para el olivar de secano es 0,8. Por tanto, como en el caso anterior, el valor obtenido de la tasa anual de secuestro de C en la ecuación habrá que multiplicarlo por el factor 0,8 si el olivar es de secano.

■ Cálculo de las emisiones de GEI de las parcelas de olivar

Como se ha explicado en la metodología, se han aplicado los factores de emisión de GEI expresados como carbono equivalente (kg CE/ha), de las operaciones de cultivo, incluidos los fertilizantes y productos fitosanitarios utilizados en cada parcela estudiada. La media de emisiones totales de las operaciones de cultivo de las parcelas del estudio ha sido 113 ± 54 kg CE/ha; con importantes diferencias entre las mismas. Estos valores de

Figura 1.

Modelo predictivo de la tasa anual de acumulación de carbono en olivar, en función del número de árboles/ha.

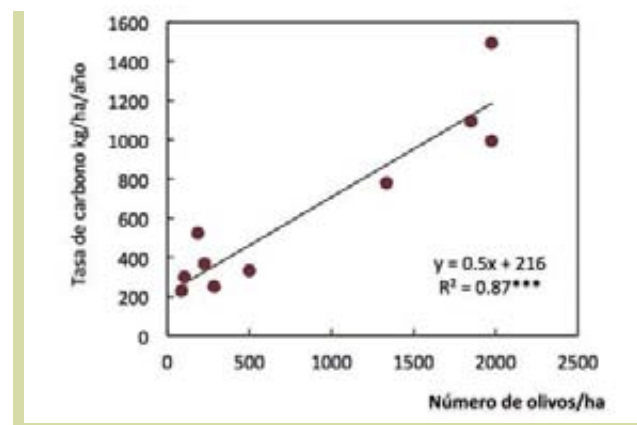
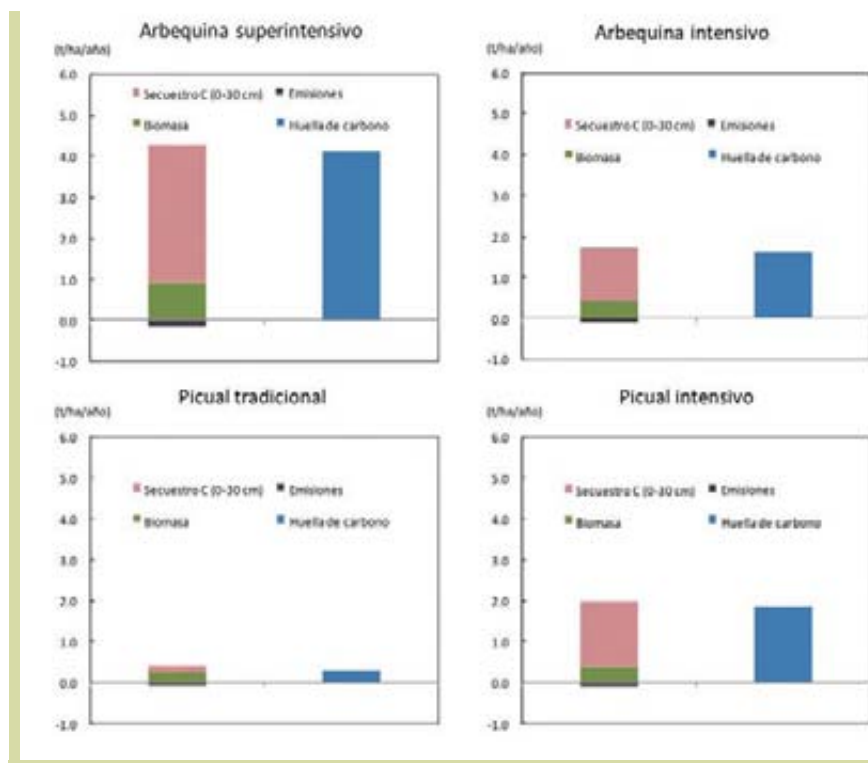


Figura 2.

Balance y huella de C según diferentes densidades de plantación de las variedades Picual y Arbequina (datos medios expresados en t/ha/año de C).



emisión se consideran relativamente bajos en comparación con otros cultivos arbóreos e incluso en relación con algunos sistemas herbáceos. El apartado de emisiones de GEI más relevante es el riego y en algunos casos el de los fertilizantes. Estos bajos niveles de emisiones de C derivados de las operaciones de cultivo son consecuencia de los bajos inputs requeridos por el cultivo de olivar, incluso en plantaciones intensivas bajo riego. Ello es un factor muy favorable para el balance y huella de C, que se verá favorecido con un mayor flujo neto y secuestro de C.

■ Balance y huella de carbono de las parcelas de olivar

El promedio del balance y huella de C de las parcelas estudiadas ha sido $2,13 \pm 2,18$ t/ha/año de C, con gran variabilidad

entre parcelas, algunas de las cuales tuvieron valores de C superiores a 4 t/ha/año y en un caso se alcanzaron las 8 t/ha/año.

En conjunto, el secuestro de C de todas las parcelas estudiadas mostró un valor positivo en todos los casos, respecto a las emisiones de CO₂ de las operaciones de cultivo.

La figura 2 muestra la media de huella de C de las variedades Picual y Arbequina, según diferentes densidades de plantación. La plantación superintensiva en seto de la variedad Arbequina es la que registra un balance de C más positivo con 4,38 t/ha/año; mientras que en las plantaciones intensivas la variedad Picual con 2,56 t/ha/año de C es superior a la variedad Arbequina con 1,81 t/ha/año. Finalmente, el valor más bajo fue registrado por la plantación tradicional de la variedad Picual, con 0,28 t/ha/año de C.

Conclusiones

- El C almacenado por la biomasa del olivar registró un valor medio de $6,3 \pm 4,5$ t/ha en el conjunto de las parcelas estudiadas, alcanzándose valores máximos superiores a 15 t/ha. Las viejas plantaciones tradicionales y las plantaciones intensivas y superintensivas de más edad, fueron las que presentaron valores más altos. En las plantaciones intensivas, la variedad Picual tuvo un contenido de C almacenado notablemente más alto que la variedad Arbequina. Las plantaciones superintensivas de la variedad Arbequina exhibieron más del doble de contenido de C que las plantaciones intensivas de dicha variedad.

- En consecuencia, se constata el gran potencial de captura de C estable de las plantaciones de olivar, que ponen de manifiesto el relevante papel de las mismas como sumidero de CO₂ y en la mitigación de GEI.

- Aunque los suelos agrícolas pueden constituir un relevante reservorio de C orgánico, y por tanto un importante sumidero de éste, no siempre las labores y las prácticas de manejo de suelo contribuyen a que esto sea posible. Por el contrario, el laboreo intensivo y la retirada y/o quema de los residuos pueden dar lugar a una pérdida progresiva de la materia orgánica del suelo y al deterioro de su fertilidad y de su calidad como reservorio de C. Esta situación ocurre en gran parte de las parcelas de olivar estudiadas, donde el deficiente manejo del suelo ha generado una tasa de negativa de acumulación de C orgánico en el tiempo. En este sentido, es recomendable llevar a cabo, mejoras en el manejo del suelo, que incluyan métodos de laboreo de conservación, manejo e incorporación de residuos, uso de cubiertas vegetales, etc., con la finalidad de incrementar progresivamente el almacenamiento de C en el suelo y que éste contribuya de forma consistente a medio y



Medidas para determinar el volumen de un olivo.

largo plazo en la mejora del balance y huella de C del agrosistema del olivar.

- La tasa anual media de C acumulado por ha en las parcelas de olivar estudiadas ha sido $2,24 \pm 2,2$ t/ha/año; existiendo una alta variabilidad entre las mismas; siendo el factor de mayor influencia la densidad de plantación. Esta tasa que supera en algunas parcelas las 4 t/ha/año evidencia altos niveles de almacenamiento de C, en comparación con las plantaciones forestales y otras plantaciones de especies arbóreas, y con los sistemas de cultivos herbáceos bajo laboreo de conservación y sin retirada de los residuos.

- Sin duda, el resultado más relevante del estudio es el papel que el balance claramente positivo de C del olivar puede representar en la valoración del ciclo de vida y de la huella de C del aceite de oliva como producto final. El no considerar el secuestro de C que potencialmente realiza la biomasa y el suelo de la plantación de olivar en el cálculo de la huella de C del aceite de oliva constituye un grave error metodológico que vulnera los fundamentos en que se basan los estudios del ciclo de vida y del balance de C de las materias primas agrícolas. Con ello además, se hace un flaco favor al importante sector del aceite de oliva en España en un momento decisivo de su proyección en el

mercado exterior. Con la inclusión de la tasa de secuestro de C de olivar, la huella de C del aceite de oliva sería notablemente reducida, e incluso podría llegar a ser negativa, donde las emisiones de GEI de todo el proceso agroindustrial podrían ser superadas por la captura de C del olivar.

- En nuestra opinión, no se puede poner como pretexto que las normas o metodologías establecidas para el cálculo de la huella de C no contemplan este aspecto. Los trabajos científicos realizados en los últimos años sobre la huella de C de las materias primas agrícolas ponen de manifiesto la necesidad de su consideración en el cálculo de la huella de C de los productos agroalimentarios transformados. En consecuencia, habrá que modificar o adaptar tales normas para este caso.

- Desde un punto de vista global, los más de 2,5 millones de hectáreas de superficie de olivar en España contribuyen a mitigar de forma notable las emisiones globales de GEI. En concreto, de acuerdo con los datos de nuestro estudio, la tasa anual estimada de secuestro de C (expresada como CO₂) del conjunto del olivar español supone alrededor del 6% de las emisiones totales de CO₂ equivalente según los datos estimados del Magrama para el año 2012; y el 56,1% de las emisiones correspondientes a la agricultura en el mismo período. Por el contrario, el cómputo de emisiones de GEI procedentes de las prácticas de cultivo del olivar sólo representan el 2,8% respecto a las emisiones totales de GEI de la agricultura. La relevancia de estos datos para el sector olivarero y del aceite de oliva, y su imagen y beneficio, está fuera de toda duda y debería ser tenida en cuenta en la política agroambiental española. ●

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Ana Griñán de Citagro por su valiosa colaboración en la selección de las parcelas de olivar del estudio y a los técnicos de campo y laboratorio Joaquín Muñoz Luque, M^a Auxiliadora López-Bellido Garrido y José Muñoz Luque, por su colaboración en los trabajos de campo y laboratorio.



FLINT® MAX 

¿Es posible pedir más!

- Nuevo fungicida con doble modo de acción
- Elevada eficacia
- Control preventivo y curativo
- Alta persistencia y resistencia al lavado
- Herramienta anti-resistencias



Bayer CropScience
www.bayercropscience.es

Edición patrocinada por:



Bayer



EUROCHEM
AGRO

