

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

# Estimación de la función sumidero de las nuevas plantaciones de olivar en Andalucía: 1990-2011

Mayo de 2012

**AGENCIA DE GESTIÓN AGRARIA Y PESQUERA DE ANDALUCÍA**



*La Secretaría General del Medio Rural y la Producción Ecológica ha sido la encargada de la coordinación y la dirección facultativa del presente estudio, realizando la coordinación técnica José Enrique López Rivero.*

*La asistencia técnica y redacción del documento ha sido llevada a cabo por el Departamento de Prospectiva de la Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA). Concretamente, han participado en su elaboración José Antonio Callejo López, Teresa Parra Heras, Manuel Estévez María y Trinidad Manrique Gordillo.*

# Estimación de la función sumidero de las nuevas plantaciones de olivar en Andalucía: 1990-2011.

## Índice de contenido

<b>1.Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>2.Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>3.Consideraciones previas.....</b>	<b>5</b>
<b>4.Metodología.....</b>	<b>7</b>
4.1.Fuentes de información.....	7
4.2.Delimitación del sistema de estudio: balance de carbono en el olivar.....	9
4.3.Estimación de la fijación bruta.....	10
4.4.Estimación de la fijación neta (con eliminación total de la poda).....	12
<b>5.Resultados.....</b>	<b>15</b>
5.1.Fijación bruta.....	15
5.2.Fijación neta (con eliminación total de la poda).....	17
<b>6.Conclusiones.....</b>	<b>19</b>
<b>7.Anexo I. Metodología de obtención del modelo de estimación de la biomasa extraída en la poda.....</b>	<b>20</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>23</b>

# 1. Introducción

En las últimas décadas se ha producido un aumento considerable de la superficie de cultivos leñosos en Andalucía, especialmente de olivar, lo que ha supuesto un cambio notable en la orientación productiva del suelo agrícola. En concreto, entre 1990 y 2011 la superficie de olivar en Andalucía ha aumentado cerca de 340.000 ha, habiéndose plantado durante este período más de 58 millones de olivos.

Los cultivos leñosos, al igual que el resto de cultivos, tienen la capacidad de capturar el CO<sub>2</sub> atmosférico y almacenarlo en forma de carbono en la materia orgánica, pero a diferencia de los cultivos anuales, el tiempo que el carbono permanece fijado en la biomasa leñosa es muy superior, lo que les confiere el carácter de sumideros de este gas de efecto invernadero. Así, los cultivos anuales tienen un período de almacenaje muy corto al cosecharse cada año, considerándose el balance entre las absorciones y extracciones nulo. Por el contrario, los cultivos leñosos pueden almacenar una cantidad significativa de carbono en su biomasa, tanto aérea como en la raíz, ya que en la cosecha solo se retira una pequeña parte de ésta.

Este cambio estructural en la agricultura andaluza, que ha tenido como consecuencia un incremento de su capacidad sumidero, le ha proporcionado una nueva función que trasciende su vertiente meramente alimentaria, confiriéndole un papel destacado en la lucha ante el cambio climático. En concreto en el olivar, a esto se le unen otros bienes de carácter ambiental, social y cultural, entre los que cabe destacar su valor paisajístico, el mantenimiento de la biodiversidad, como patrimonio cultural, etc. (CAP<sup>1</sup>, 2012). En el ámbito de la mitigación del cambio climático destaca también su capacidad de proporcionar biocombustibles (orujillo, hueso de aceituna), recursos energéticos renovables que reducen las emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles, en un modelo de producción sostenible en el que el proceso de transformación industrial y la valorización energética de los subproductos conforman un ciclo integral de aprovechamientos que promueven a su vez el empleo en el ámbito rural (CAP, 2010).

En consecuencia, dada la importancia de las nuevas plantaciones de olivar realizadas en las últimas décadas en Andalucía, resulta de gran interés cuantificar el efecto que llevan a cabo como sumidero y, de esta forma, determinar el valor que tiene este cultivo en la lucha contra el cambio climático.

## 2. Objetivos

El objetivo de este estudio es cuantificar la capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> de las nuevas plantaciones de olivar realizadas en Andalucía desde 1990 hasta la actualidad. La elección de 1990 como año base del estudio responde a que en las políticas de mitigación del cambio climático a través de sumideros de carbono, solamente pueden considerarse las actuaciones realizadas a partir de esa fecha.

Como objetivos de carácter específicos se incluyen:

- estimar la fijación bruta, es decir, el CO<sub>2</sub> total absorbido en el crecimiento de los árboles,

---

<sup>1</sup> Consejería de Agricultura y Pesca (actualmente Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente).

- estimar la fijación neta, es decir, la diferencia entre la fijación bruta y el CO<sub>2</sub> emitido de nuevo a la atmósfera. En este caso se han considerado las emisiones que se producirían en el supuesto de que la poda se elimine en su totalidad, lo que representa la situación más desfavorable, ya que una buena parte de la poda se destina a usos que suponen una acumulación neta de CO<sub>2</sub> (incorporación directa al suelo, fabricación de compost, etc.) o una reducción de emisiones por la sustitución de combustibles fósiles (biocombustible). Ello se debe a que no hay información disponible sobre la cantidad dedicada a los distintos destinos que abarque todo el período de estudio.

La metodología empleada, que contempla el número de olivos plantados cada año durante el período considerado, permite una mayor exactitud en los resultados que la obtenida en estudios previos, en los que con carácter general se aplican valores medios de absorción y extracción a períodos completos.

## 3. Consideraciones previas

### Sumideros de carbono

En el ámbito del cambio climático, se define como sumidero todo proceso, actividad o mecanismo por el que se extrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o alguno de sus precursores. Entre los gases efecto invernadero se encuentra el CO<sub>2</sub>, cuya concentración atmosférica ha aumentado considerablemente debido al uso de combustibles fósiles y la deforestación, convirtiéndose en uno de los principales responsables del calentamiento global. Los sistemas vegetales tienen la capacidad de absorber este compuesto de la atmósfera y almacenarlo en su material vegetal en forma de carbono. Aunque este proceso es reversible, ya que el carbono vuelve a la atmósfera siguiendo un ciclo, las actuaciones dirigidas a aumentar los sumideros vegetales pueden ayudar a mitigar el cambio climático a medio plazo, debido a que el tiempo de permanencia del carbono en estos sistemas es elevado.

El carbono sigue un ciclo en los sistemas vegetales. Los sistemas vegetales absorben el CO<sub>2</sub> atmosférico y lo transforman en carbono orgánico, fijándolo en su biomasa. Este carbono regresa a la atmósfera por procesos naturales como la respiración animal (a través de la cadena trófica) y vegetal, la descomposición de la materia vegetal muerta y la mineralización y descomposición de la materia orgánica del suelo. Por otro lado, ciertos aprovechamientos humanos liberan carbono a la atmósfera a través de la retirada de la vegetación en las cosechas, la obtención de madera, los incendios, etc.

El tiempo de permanencia del carbono en los sistemas vegetales varía según el camino que tome este elemento en su ciclo de vuelta a la atmósfera (Tabla 1). El carbono de la materia orgánica del suelo puede permanecer décadas fijado en su forma activa, y de siglos a milenios en su forma estable. El carbono presente en la biomasa leñosa puede permanecer fijada de décadas a siglos. Asimismo, el tiempo de permanencia del carbono fijado puede variar dependiendo del destino final que se le da a la biomasa. Por ejemplo, el empleo de la madera para materiales de construcción o muebles tiene un tiempo de permanencia que puede durar de décadas a siglos, dependiendo de su uso concreto.

**Tabla 1** Tiempo de permanencia del carbono según tipo de biomasa y uso.

“Almacén”	Fracción	Ejemplos	Tiempo medio de permanencia
Biomasa	Leñosa	Fustas, ramas, raíz	de décadas a siglos
	No-leñosa	Biomasa foliar	de meses a años
Suelo	Residuos vegetales frescos	Hojarasca, restos de corta	de meses a años
	M.O. <sup>1</sup> Activa	Residuos vegetales parcialmente descompuestos, carbono en agregados	de años a décadas
	M.O. Estable	M.O. estabilizada por arcillas, carbono recalcitrante, turba	de siglos a milenios
Productos	Transformados de madera	Construcción, muebles	de décadas a siglos
	Papel, textil	Papel, cartón, fibras textiles	de meses a décadas
	Desecho	Madera en vertedero	de meses a décadas
	Biocombustible	Leña, restos de corta, subproductos	de semanas a meses

<sup>1</sup> MO: Materia Orgánica.

Fuente: Gutiérrez del Olmo, 2004.

En concreto, el manejo de los cultivos es determinante en relación al tiempo de permanencia del carbono en los sistemas agrícolas. Las prácticas de agricultura de conservación, como la siembra directa, el mínimo laboreo, el empleo de cubiertas vegetales, etc., favorecen el aumento del contenido de materia orgánica del suelo y, por tanto, incrementan su tiempo de permanencia.

En los cultivos leñosos además, la gestión adecuada de los restos de poda puede modificar sustancialmente el tiempo de permanencia del carbono almacenado. Su incorporación directa al suelo, empleo como cubierta vegetal o para la fabricación de compost, suponen un aumento de su tiempo de permanencia al integrarse en el ciclo de la materia orgánica del suelo. El uso de la poda como biocombustible, aunque tiene un tiempo de permanencia bajo, contribuye a la reducción de CO<sub>2</sub> atmosférico, debido a que sustituye las emisiones producidas por el uso combustibles fósiles, en un balance entre absorciones y emisiones nulo, ya que el CO<sub>2</sub> emitido ha sido previamente fijado por la planta en su crecimiento.

Por tanto, es posible mitigar el cambio climático a medio plazo mediante actuaciones dirigidas a aumentar los sumideros vegetales, dado el tiempo de permanencia del carbono en estos sistemas (biomasa leñosa, materia orgánica del suelo, transformados de madera, etc.). Entre éstas se incluyen la forestación, la reforestación, el cambio de cultivos herbáceos anuales a leñosos no anuales, el manejo adecuado de los suelos para aumentar su contenido en materia orgánica, etc. En términos de mitigación del cambio climático estas actuaciones suponen una ganancia de tiempo para la búsqueda y aplicación de medidas de reducción de emisiones.

## **Los sumideros en la política de mitigación del cambio climático**

Las actuaciones de **mitigación** dentro de las políticas ante el cambio climático se dirigen, por un lado, a **reducir las emisiones** de gases invernadero y, por otro, a **potenciar los sumideros**. En este ámbito, los sumideros se asocian a actividades relacionadas con el uso de la tierra, los cambios de usos de la tierra y la silvicultura.

El Protocolo de Kioto, a efectos del cumplimiento de los compromisos de limitación o reducción de emisiones a la atmósfera, permite a los países firmantes contabilizar el carbono absorbido por los sumideros. En este ámbito se consideran sumideros las actividades de uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (LULUCF, en sus siglas en inglés), entre las que se incluyen la forestación, la gestión forestal, la gestión de tierras agrícolas, etc. En este sentido, solamente pueden considerarse 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**. Entre las actividades contempladas dentro de la gestión de tierras agrícolas se encuentra la conversión de cultivos anuales a no anuales.

## 4. Metodología

El CO<sub>2</sub> fijado por las especies vegetales se puede estimar a partir del carbono presente en su biomasa, ya que éste ha sido previamente absorbido de la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> y transformado en carbono orgánico mediante la fotosíntesis. Para ello es necesario disponer de modelos específicos que permitan estimar la producción de biomasa de las distintas especies a partir de una serie de parámetros. En el caso del olivo no existe este modelo específico, por lo que en este estudio se ha empleado el modelo de estimación de biomasa de su variedad silvestre, el acebuche (*Olea europaea* var. *silvestris*) (INIA-EGMASA, 2005).

### 4.1. Fuentes de información

La metodología empleada contempla el número de olivos plantados cada año desde 1990. Éstos se han obtenido a partir de diversas fuentes de información dependiendo de los distintos periodos:

- **Bases de datos de las declaraciones del Fondo Andaluz de Garantía Agraria (FAGA)**, en concreto, las correspondientes a las solicitudes de ayuda a la producción de aceite de oliva y a las declaraciones de cultivo de olivar:
  - Período 1990-1995: obtenidos de las declaraciones de la campaña 1997/98.
  - Período 1995-30/04/1998: obtenidos de la campaña 2003/04. En este período la información no se ha podido desagregar por años.
  - Período 1/05/1998 – 31/12/2004: obtenidos de la campaña 2004/05.
- **SIGPAC:**
  - Período 2005-2008: obtenidos de SIGPAC 2006, 2007, 2008 y 2009.
  - Período 2009-2011: debido a que a partir de 2010, SIGPAC no proporciona información sobre los olivos plantados, en este periodo se han estimado a partir de las nuevas superficies de olivar, obtenidas de SIGPAC 2010, 2011 y 2012, considerando una densidad media de plantación de 170 árboles/ha. Esta densidad media se ha obtenido como resultado de dividir el número total de árboles plantado

durante el período 1990-2008, entre la superficie de nuevas plantaciones de olivar obtenida de los Anuarios del MARM para ese mismo período<sup>2</sup>.

Para realizar la correspondencia entre campañas y años naturales, se ha considerado que los olivos plantados en una campaña determinada se corresponden con los plantados el primer año natural del período de esa campaña. Cabe señalar que las cifras que corresponden a determinados años no representan exactamente la realidad y se deben a ajustes entre campañas. Esto ocurre de forma especial en los años 2007 y 2008, en los que las cifras correspondientes responden a un cambio normativo en el régimen de ayudas al olivar. Debido también a un desajuste entre campañas, en el caso de los años 2005 y 2006 se ha asignado a cada uno la mitad de los árboles plantados durante esos dos años.

**Tabla 2** Nuevas plantaciones del olivar durante el período 1990-2011.

Año	nº de olivos
1990	38.860
1991	52.807
1992	143.050
1993	428.316
1994	1.404.159
1995	2.807.305
1995-1/05/1998	21.387.919
1/05/1998-1999	3.552.446
2000	1.686.396
2001	2.071.990
2002	1.546.726
2003	1.383.921
2004	844.451
2005	358.999
2006	358.999
2007	11.172.541
2008	7.772.118
2009	951.667
2010	191.933
2011	138.859
<b>TOTAL</b>	<b>58.293.463</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por el FAGA y SIGPAC (Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente).

<sup>2</sup> El valor exacto obtenido es 172,7 árboles/ha, resultado de dividir un total de 57.011.003 olivos entre 330.054 ha.



## 4.2. Delimitación del sistema de estudio: balance de carbono en el olivar

El objetivo del estudio del balance de carbono en un sistema vegetal es establecer la fijación neta, esto es, la diferencia entre las absorciones (fijación bruta) y las emisiones que se producen en el sistema.

La **fijación bruta** comprende el CO<sub>2</sub> atmosférico que absorben los árboles y que fijan en forma de carbono en su biomasa durante su crecimiento. Este carbono se reparte entre la raíz y la biomasa aérea, incluyendo el tronco, las ramas, las hojas y los frutos.

El carbono presente en los frutos se considera una salida del sistema, ya que éstos se retiran en la cosecha<sup>3</sup>. Debido a que el modelo empleado para estimar la biomasa arbórea no considera el fruto, en este estudio no se ha contabilizado este carbono ni como entrada ni como salida, por lo que no tiene efectos en el balance de carbono realizado.

Por otra parte, en las labores de poda se generan restos procedentes de la biomasa aérea, cuyo destino determinará si su carbono permanece fijado o supone una salida del sistema. Así, su quema supone una emisión directa de CO<sub>2</sub> y, por tanto una salida. Por el contrario, su incorporación directa al suelo, empleo como cubierta vegetal inerte<sup>4</sup> o para la fabricación de compost, implican su integración en la materia orgánica del suelo y, por tanto, un tiempo de permanencia suficientemente elevado para considerarlo que se mantiene fijado. El uso de la poda como biocombustible, aunque tiene un tiempo de permanencia bajo, supone una reducción de las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles, por lo que podría contabilizarse en el balance. Todos estos usos distintos a la quema han crecido significativamente en los últimos años, mejorando la capacidad sumidero de los olivares.

La **fijación neta** comprende tanto el carbono presente en la biomasa arbórea, después de extraer el contenido en el fruto y la poda, como en la materia orgánica del suelo constituida por restos de poda. El carbono de la biomasa arbórea que no se retira en la cosecha y la poda, se mantiene fijado durante largos períodos, hasta la muerte o eliminación por restitución de los árboles y su descomposición posterior<sup>5</sup>. Igualmente, el carbono presente en la materia orgánica

---

<sup>3</sup> Cabe señalar que la mayor parte de los subproductos de la industria del olivar (alperujo, orujillo y hueso de aceituna) se emplea como biocombustible o para la fabricación de compost, por lo que el carbono presente en estos subproductos podría tenerse en cuenta en el balance global como una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de combustibles fósiles (biocombustible) o una fijación neta de carbono (compost). Esto no se ha tenido en cuenta en el estudio debido a la complejidad que requiere establecer la cantidad destinada a los diferentes usos para todo el período de estudio al no haber datos disponibles.

<sup>4</sup> Práctica de agricultura de conservación que consiste en esparcir los restos de poda triturados dejándolos en superficie. La función de las cubiertas es interceptar las gotas de lluvia para disminuir la fuerza del impacto de las mismas sobre el terreno, lo que reduce su efecto disgregador y, por tanto, la pérdida de suelo. Además, los restos de poda aumentan de la materia orgánica en las capas superficiales del suelo, incrementan el contenido de agua en el suelo y mejoran la estructura del perfil del suelo en sus primeros centímetros.

<sup>5</sup> Esto no se produce en el período de estudio teniendo en cuenta el ciclo de vida de los olivares. Además, en el ámbito de las políticas ante el cambio climático se considera que existe un efecto sumidero, con acumulación neta de carbono, ya que las nuevas plantaciones representan un cambio de uso del suelo de cultivo anual a no anual.

del suelo constituida por restos de poda, se mantiene fijado hasta su mineralización y descomposición final, primero, en forma de materia orgánica activa, y segundo, una parte, en forma de materia orgánica estable.

En este estudio no ha sido posible establecer una fijación neta que tenga en cuenta el carbono presente en la materia orgánica del suelo constituida por restos de poda debido a que no hay datos disponibles que permitan estimar la cantidad de poda incorporada al suelo para todo el periodo de estudio.

En consecuencia, en el estudio realizado se ha estimado, por un lado, la **fijación bruta**, es decir, el CO<sub>2</sub> total absorbido por los árboles en su crecimiento, y por otro, la **fijación neta considerando la eliminación total de la poda**, esto es, la fijación bruta menos el CO<sub>2</sub> emitido de nuevo a la atmósfera en el supuesto de que la poda se elimine en su totalidad. Ésta última constituye la situación **más desfavorable**, ya que como se ha indicado antes, gran parte de los restos de poda se destina a usos que suponen una acumulación neta de CO<sub>2</sub> (incorporación directa al suelo, cubierta vegetal, compost) o una reducción de emisiones (biocombustible).

## 4.3. Estimación de la fijación bruta

La estimación de la fijación bruta de CO<sub>2</sub> se ha realizado calculando la cantidad de carbono que habría en la biomasa de los árboles de forma natural si no realizara labor alguna de poda. La fijación total de las nuevas plantaciones se obtiene multiplicando el carbono presente en un árbol de una determinada edad, por el número total de olivos de esa edad.

Para estimar la biomasa de un olivo en función de la edad se ha empleado el modelo de estimación de biomasa del acebuche (*Olea europaea* var. *silvestris*) (INIA-EGMASA, 2005), ya que como se ha mencionado anteriormente, no se dispone de un modelo específico para el olivo. Este modelo permite estimar la cantidad de biomasa seca de un árbol de esta especie, distinguiendo entre sus diferentes partes, a partir del diámetro del fuste. El modelo se expresa de la siguiente forma:

$$\ln(Y) = a + b \times \ln(X)$$

Donde Y es la biomasa de cada fracción, en kg de materia seca; X es el diámetro normal, en cm; y a y b son parámetros de regresión que varían en función de la parte del árbol (Tabla 3).

**Tabla 3** Parámetros del modelo de regresión y coeficientes de determinación ajustado (R<sup>2</sup>adj) de *Olea europaea* L.

Y (Biomasa en kg de materia seca)	Parámetros		R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
	a	b	
<b>Aérea</b>	-0.943709	1.94124	0.927
<i>Fuste</i>	-1.0421	1.60779	0.837
<i>Ramas de diámetro mayor de 7 cm</i>	-4.65302	2.68734	0.732
<i>Ramas de diámetro entre 2 y 7 cm</i>	-1.43802	1.59553	0.720
<i>Ramas de diámetro menor de 2 cm</i>	-1.56349	1.53326	0.779
<i>Hojas</i>	-3.52781	1.53326	0.779
<b>Radical</b>	-0.275834	0.947281	0.995

Fuente: INIA-EGMASA, 2005.

Los valores de diámetro normal en función de las diferentes edades se han establecido considerando una evolución media anual elaborada a partir de la consulta a expertos debido a la ausencia de estudios experimentales (Tabla 4).

**Tabla 4** Diámetro del fuste del olivo según la edad.

<b>Edad (años)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Diámetro fuste (cm)	2	3	5	7	10	11,5	13	14,5	16	17,5	19
<b>Edad (años)</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	
Diámetro fuste (cm)	20,5	22	23,5	25	26,5	28	29,5	31	32,5	34	

Se muestra la evolución de los árboles hasta 21 años correspondiente al período de estudio 1990-2011.

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del carbono presente en la biomasa se calcula considerando un contenido de carbono en la biomasa en materia seca del 47,35% (Ibáñez, 2001). El CO<sub>2</sub> se calcula aplicando la relación existente entre los pesos atómicos del carbono y de la molécula de CO<sub>2</sub> (44/12=3,67).

En la Tabla 5 se muestra el carbono y el CO<sub>2</sub> fijados brutos, por olivo y por superficie, en función de la edad de los árboles, obtenidos como resultado de aplicar la metodología descrita. Los valores por superficie se han obtenido considerando una densidad media de plantación de 170 árboles/ha<sup>6</sup>. De este modo, un olivo por ejemplo de 15 años ha absorbido durante toda su vida un total de 377,67 kg de CO<sub>2</sub> (102,91 kg de carbono). La tasa de fijación anual bruta de un olivo de esa edad es de 41,18 kg de CO<sub>2</sub>/árbol.año (11,22 kgC/año). Los olivares de esta edad han absorbido 64,20 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha (17,49 t C/ha), alcanzando una tasa de fijación superficial anual bruta de 7,00 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha.año (1,91 tC/ha.año)<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Esta densidad media se ha obtenido como resultado de dividir el número total de árboles plantados durante el periodo 1990-2008, entre la superficie de nuevas plantaciones del mismo periodo (ver apartado 4.1.).

<sup>7</sup> Cabe señalar que los valores por superficie mostrados difieren de los obtenidos en los resultados del estudio para el total de las nuevas plantaciones, excepto en el primer año, debido a que cada año se plantan nuevos olivares, aumentando la superficie con una tasa de fijación menor. De este modo, las tasas de fijación para cada año del período están ponderadas por la superficie en relación a la edad de las plantaciones.

**Tabla 5** Carbono y CO<sub>2</sub> fijados brutos, por olivo y por superficie, en función de la edad de los árboles (acumulado y anual).

Edad (años)	Por árbol				Por superficie			
	Acumulado		Anual		Acumulado		Anual	
	kgC/árbol	kgCO <sub>2</sub> /árbol	kgC/árbol.año	kgCO <sub>2</sub> /árbol.año	tC/ha	tCO <sub>2</sub> /ha	tC/ha.año	tCO <sub>2</sub> /ha.año
1	1,40	5,14	1,40	5,14	0,24	0,87	0,24	0,87
2	2,57	9,44	1,17	4,30	0,44	1,60	0,20	0,73
3	5,84	21,44	3,27	12,00	0,99	3,64	0,56	2,04
4	10,32	37,89	4,48	16,45	1,76	6,44	0,76	2,80
5	19,28	70,75	8,95	32,86	3,28	12,03	1,52	5,59
6	24,75	90,82	5,47	20,07	4,21	15,44	0,93	3,41
7	30,87	113,28	6,12	22,46	5,25	19,26	1,04	3,82
8	37,64	138,12	6,77	24,84	6,40	23,48	1,15	4,22
9	45,05	165,34	7,41	27,21	7,66	28,11	1,26	4,63
10	53,11	194,90	8,06	29,57	9,03	33,13	1,37	5,03
11	61,80	226,81	8,69	31,91	10,51	38,56	1,48	5,42
12	71,13	261,05	9,33	34,24	12,09	44,38	1,59	5,82
13	81,09	297,61	9,96	36,56	13,79	50,59	1,69	6,22
14	91,69	336,49	10,59	38,88	15,59	57,20	1,80	6,61
15	102,91	377,67	11,22	41,18	17,49	64,20	1,91	7,00
16	114,75	421,15	11,85	43,48	19,51	71,59	2,01	7,39
17	127,22	466,91	12,47	45,76	21,63	79,37	2,12	7,78
18	140,32	514,96	13,09	48,05	23,85	87,54	2,23	8,17
19	154,03	565,28	13,71	50,32	26,18	96,10	2,33	8,55
20	168,36	617,87	14,33	52,59	28,62	105,04	2,44	8,94
21	183,30	672,72	14,95	54,85	31,16	114,36	2,54	9,32

Se muestra la evolución de los árboles hasta 21 años correspondiente al período de estudio 1990-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de estimación de biomasa de INIA-EGMASA, 2005, considerando diámetros de fuste estimados en función de la edad de los olivos.

## 4.4. Estimación de la fijación neta (con eliminación total de la poda)

Como se ha indicado antes, la fijación neta estimada en este estudio comprende la diferencia entre el CO<sub>2</sub> total absorbido (fijación bruta) menos el que se extrae considerando que la poda se elimina en su totalidad. Por tanto, para el cálculo de la fijación neta, en primer lugar se ha estimado la cantidad de biomasa que se produce en la poda para cada edad, ya que el CO<sub>2</sub> emitido se calcula a partir del contenido en carbono presente en esta biomasa.

La estimación de la cantidad de biomasa que se produce en la poda se ha realizado en base a la relación biomasa de la hoja/biomasa de la madera, ya que la intensidad de la poda está relacionada con esta proporción. De este modo, en el olivo existe una relación óptima entre la superficie total de hoja y la cantidad de madera, siendo el objetivo de la poda mantener esta relación en valores altos cercanos al óptimo (Pastor, 1996).

Dada la falta de información en cuanto a los valores óptimos de la relación hoja/madera en función de las distintas edades, éstos se han estimado considerando la relación que adquiere *Olea europaea* de forma natural, obtenida mediante el modelo de estimación de biomasa descrito antes, aumentada por un porcentaje constante, lo que se fundamenta en que mediante la poda se mejora esta relación natural con objetivos productivos.

La expresión empleada para estimar la cantidad de biomasa extraída por la poda en cada edad es la siguiente<sup>8</sup>:

$$Bex = (Bm - (Bh / Ri)) / (Pm - (Ph / Ri))$$

$$\text{siendo } Ph = Rn / 2 \text{ y } Pm = 1 - (Rn / 2)$$

$$\text{y } Ri = Rn * (1 + (\Delta Rn / 100))$$

Donde *Bex* es la biomasa seca total extraída de un árbol por la poda en función de la edad; *Bm* y *Bh* son la biomasa de la madera y la hoja que habría respectivamente en un árbol de forma natural (sin poda) en función de la edad; *Ph* y *Pm* son las proporciones de la biomasa de la hoja y de la madera en la biomasa extraída en tanto por uno, respectivamente; *Rn* es la relación biomasa hoja/madera natural (sin poda) en función de la edad; *Ri* es la relación biomasa hoja/madera del árbol tras la poda en función de la edad; y  $\Delta Rn$  es el incremento porcentual de la relación hoja/madera natural que se realiza con objetivos productivos.

La biomasa de la madera (*Bm*) y de la hoja (*Bh*) se calculan mediante el modelo de estimación de la biomasa de *Olea europaea* descrito anteriormente, empleando los parámetros de regresión correspondientes a estas partes del árbol (Tabla 3). En el caso de la biomasa de la madera se han considerado las ramas, o lo que es lo mismo, la biomasa aérea menos la hoja y el fuste. La relación biomasa hoja/madera natural (*Rn*) se calcula como el cociente entre las dos anteriores.

La relación biomasa hoja/biomasa tras la poda (*Ri*) es igual a la relación natural de cada edad aumentada en un porcentaje fijo ( $\Delta Rn$ ), ya que como se ha indicado antes, mediante la poda se aumenta la relación hoja/madera con fines productivos. El porcentaje ( $\Delta Rn$ ) aplicado ha sido del 34%, obtenido considerando un valor medio de poda en el olivar de 1,58 t de biomasa/ha.año (peso húmedo) (CMA, 2007<sup>9</sup>), en olivos de edades comprendidas entre 12 y 20 años (ver Anexo I).

En la Tabla 6 se muestra el carbono y el CO<sub>2</sub> fijados netos por olivo y por superficie, considerando la eliminación total de la poda, en función de la edad de los árboles. Como en el caso anterior, los valores por superficie se han obtenido teniendo en cuenta una densidad media de plantación de 170 árboles/ha. A modo de ejemplo, un olivo de 15 años ha fijado durante toda su vida un total de 280,46 kg de CO<sub>2</sub> netos (76,42 kg de carbono), un 25,7% menos que si los restos de poda no se hubieran eliminado en su totalidad. La tasa de fijación anual de un olivo de esa edad es de 29,36 kg de CO<sub>2</sub>/árbol.año (8,00 kgC/árbol.año), un 28,7% menor que sin la eliminación total de la poda. Los olivares de esta edad han fijado por hectárea 47,68 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha (12,99 t C/ha), alcanzando una tasa de fijación superficial anual de 4,99 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha.año (1,36 tC/ha.año).

<sup>8</sup> En el Anexo I se muestra la metodología seguida para obtener la expresión.

<sup>9</sup> Este valor medio se obtuvo a partir de los resultados de las experiencias realizadas por SODEAN en la recogida de poda de olivar (SODEAN, 2003).

**Tabla 6** Carbono y CO<sub>2</sub> fijados netos (con eliminación total de la poda), por olivo y por superficie, en función de la edad de los árboles (acumulado y anual).

Edad (años)	Por árbol				Por superficie			
	Acumulado		Anual		Acumulado		Anual	
	kgC/árbol	KgCO <sub>2</sub> /árbol	KgC/árbol.año	KgCO <sub>2</sub> /árbol.año	tC/ha	tCO <sub>2</sub> /ha	tC/ha.año	tCO <sub>2</sub> /ha.año
1	1,32	4,85	1,32	4,85	0,22	0,82	0,22	0,82
2	2,34	8,59	1,02	3,75	0,40	1,46	0,17	0,64
3	5,05	18,55	2,71	9,95	0,86	3,15	0,46	1,69
4	8,63	31,66	3,57	13,11	1,47	5,38	0,61	2,23
5	15,54	57,02	6,91	25,36	2,64	9,69	1,17	4,31
6	19,67	72,19	4,14	15,18	3,34	12,27	0,70	2,58
7	24,25	89,00	4,58	16,81	4,12	15,13	0,78	2,86
8	29,27	107,43	5,02	18,43	4,98	18,26	0,85	3,13
9	34,73	127,46	5,46	20,03	5,90	21,67	0,93	3,40
10	40,62	149,07	5,89	21,61	6,91	25,34	1,00	3,67
11	46,93	172,25	6,32	23,18	7,98	29,28	1,07	3,94
12	53,68	196,99	6,74	24,74	9,12	33,49	1,15	4,21
13	60,84	223,28	7,16	26,29	10,34	37,96	1,22	4,47
14	68,42	251,11	7,58	27,83	11,63	42,69	1,29	4,73
15	76,42	280,46	8,00	29,36	12,99	47,68	1,36	4,99
16	84,83	311,34	8,41	30,88	14,42	52,93	1,43	5,25
17	93,66	343,73	8,83	32,39	15,92	58,43	1,50	5,51
18	102,90	377,63	9,24	33,90	17,49	64,20	1,57	5,76
19	112,54	413,02	9,64	35,39	19,13	70,21	1,64	6,02
20	122,59	449,91	10,05	36,89	20,84	76,48	1,71	6,27
21	133,05	488,28	10,46	38,37	22,62	83,01	1,78	6,52

Se muestra la evolución de los árboles hasta 21 años correspondiente al período de estudio 1990-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de estimación de biomasa de INIA-EGMASA, 2005, considerando diámetros de fuste estimados en función de la edad de los olivos.

## 5. Resultados

### 5.1. Fijación bruta

Durante el período 1990-2011, las nuevas plantaciones de olivar han absorbido un total de 13,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Tabla 7). En 2011, la tasa de fijación anual bruta de estas nuevas plantaciones alcanzó la cifra de 1,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>/año, lo que supone el 3,1% de las emisiones totales de Andalucía<sup>10</sup>. En ese año, la tasa de fijación superficial anual bruta se situó en 5,09 tCO<sub>2</sub>/ha.año.

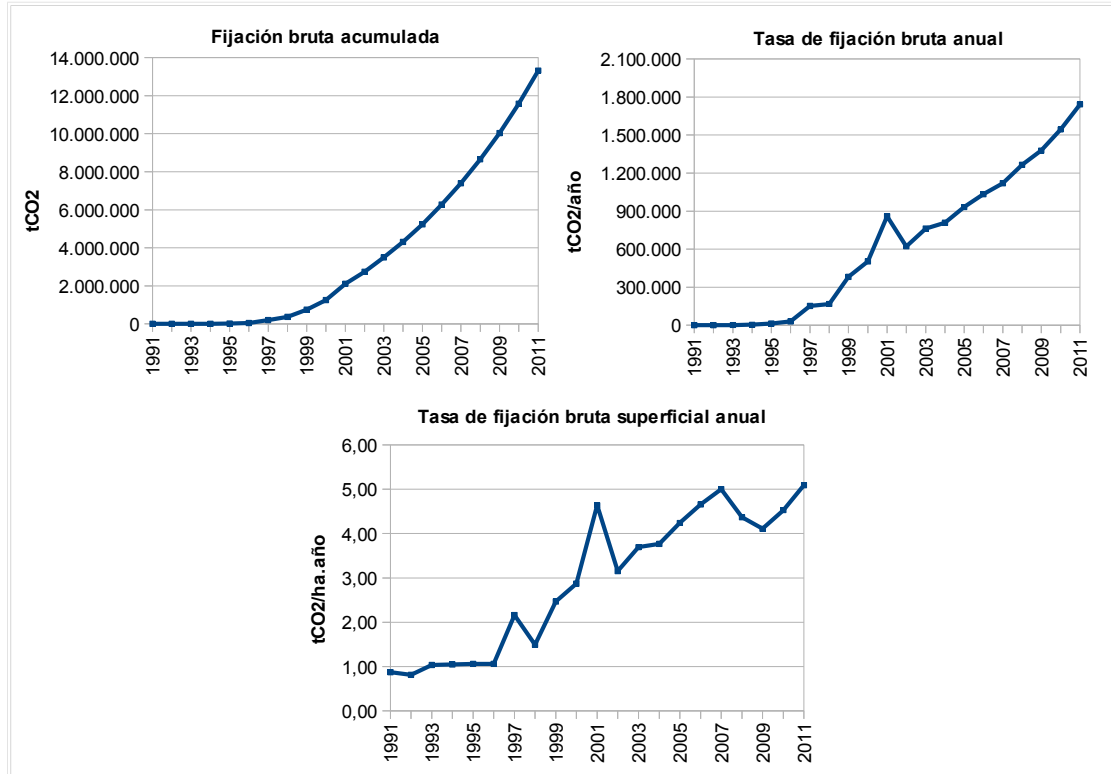
**Tabla 7** Fijación acumulada, tasa de fijación anual y tasa de fijación superficial anual brutas de carbono y CO<sub>2</sub> de las nuevas plantaciones de olivar en Andalucía durante el período 1990-2011.

Año	Fijación acumulada bruta		Tasa de fijación anual bruta		Tasa de fijación superficial anual bruta	
	tC	tCO <sub>2</sub>	tC/año	tCO <sub>2</sub> /año	tC/ha.año	tCO <sub>2</sub> /ha.año
1991	54	200	54	200	0,24	0,87
1992	174	638	119	439	0,22	0,81
1993	563	2.067	389	1.429	0,28	1,03
1994	1.678	6.157	1.114	4.090	0,29	1,05
1995	5.198	19.078	3.521	12.922	0,29	1,06
1996	13.502	49.554	8.304	30.476	0,29	1,06
1997	55.066	202.093	41.564	152.539	0,59	2,16
1998	100.801	369.939	45.735	167.846	0,41	1,49
1999	204.727	751.347	103.926	381.407	0,67	2,47
2000	341.867	1.254.650	137.140	503.303	0,78	2,87
2001	576.025	2.114.012	234.159	859.362	1,26	4,64
2002	745.599	2.736.349	169.574	622.337	0,86	3,15
2003	953.414	3.499.028	207.814	762.679	1,01	3,69
2004	1.173.830	4.307.956	220.416	808.928	1,03	3,77
2005	1.427.646	5.239.461	253.816	931.505	1,16	4,24
2006	1.709.066	6.272.271	281.420	1.032.810	1,27	4,66
2007	2.014.183	7.392.052	305.118	1.119.781	1,36	5,00
2008	2.358.834	8.656.920	344.651	1.264.868	1,19	4,37
2009	2.734.259	10.034.730	375.425	1.377.810	1,12	4,11
2010	3.154.890	11.578.446	420.631	1.543.716	1,23	4,53
2011	3.629.354	13.319.731	474.465	1.741.285	1,39	5,09

Fuente: Elaboración propia.

<sup>10</sup> 55.841.966 tCO<sub>2</sub>-eq. Dato estimado de 2011 facilitado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

**Gráfico 1** Evolución de la fijación acumulada, la tasa de fijación anual y la tasa de fijación bruta superficial anual brutas de CO<sub>2</sub> de las nuevas plantaciones de olivar en Andalucía (1990-2011).



Fuente: Elaboración propia.



## 5.2. Fijación neta (con eliminación total de la poda)

En relación a la fijación neta, considerando la eliminación total de la poda<sup>11</sup>, durante el período 1990-2011, en las nuevas plantaciones de olivar se fijaron cerca de 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Tabla 8), lo que supone un 25,0% menos que sin la eliminación total de la poda. En 2011, la tasa de fijación anual neta alcanzó cerca de 1,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, un 26,8% menor que sin la eliminación total de la poda, lo que supone el 2,3% de las emisiones anuales de Andalucía. En dicho año, la tasa de fijación superficial anual neta de las nuevas plantaciones de olivar se situó en 3,72 tCO<sub>2</sub>/ha.año.

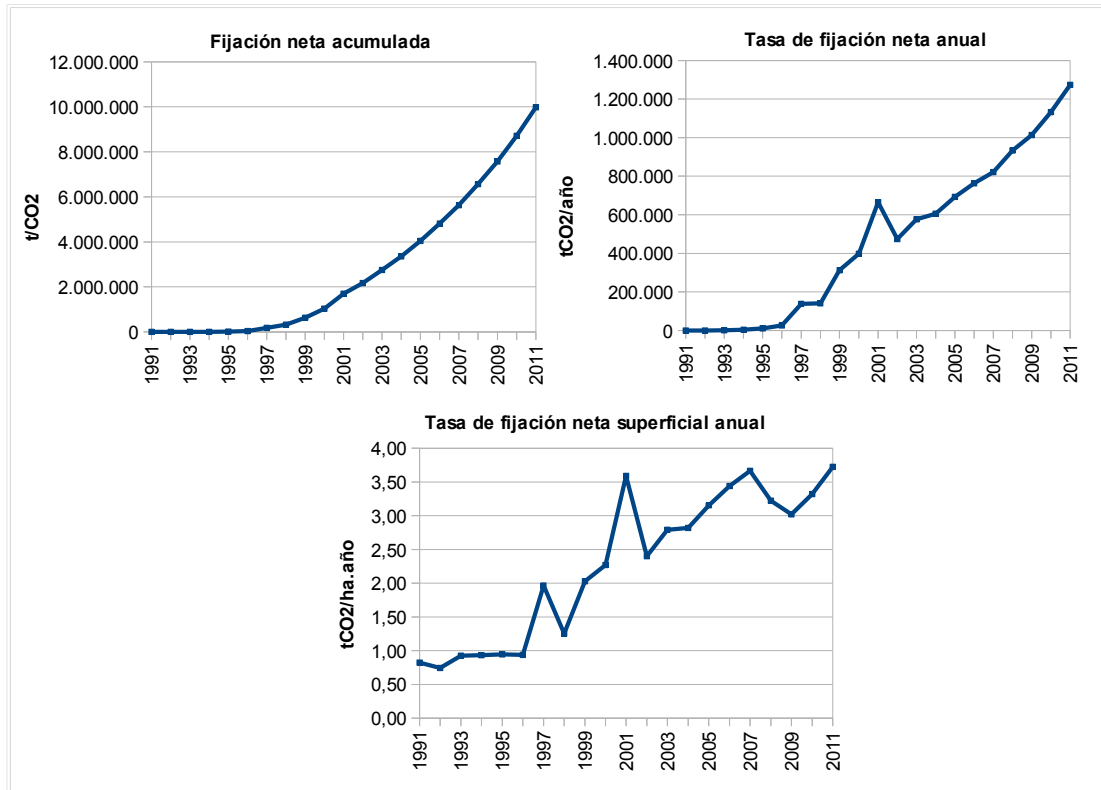
**Tabla 8** Fijación acumulada, tasa de fijación anual y tasa de fijación superficial anual netas de carbono y CO<sub>2</sub> de las nuevas plantaciones de olivar en Andalucía durante el período 1990-2011, considerando la eliminación total de la poda.

Año	Fijación acumulada neta		Tasa de fijación anual neta		Tasa de fijación superficial anual neta	
	tC	tCO <sub>2</sub>	tC/año	tCO <sub>2</sub> /año	tC/ha.año	tCO <sub>2</sub> /ha.año
1991	51	188	51	188	0,22	0,82
1992	161	590	109	401	0,20	0,74
1993	509	1.868	348	1.278	0,25	0,93
1994	1.502	5.514	994	3.646	0,25	0,93
1995	4.639	17.024	3.136	11.510	0,26	0,95
1996	11.977	43.955	7.338	26.931	0,26	0,94
1997	49.803	182.777	37.826	138.822	0,54	1,97
1998	88.258	323.908	38.455	141.131	0,34	1,25
1999	173.597	637.099	85.338	313.191	0,55	2,03
2000	282.025	1.035.031	108.428	397.931	0,62	2,27
2001	463.203	1.699.955	181.178	664.925	0,98	3,59
2002	592.485	2.174.421	129.282	474.465	0,65	2,40
2003	749.556	2.750.872	157.071	576.451	0,76	2,79
2004	914.617	3.356.643	165.060	605.772	0,77	2,82
2005	1.103.398	4.049.470	188.781	692.826	0,86	3,15
2006	1.311.181	4.812.035	207.784	762.566	0,94	3,44
2007	1.534.881	5.633.012	223.699	820.977	1,00	3,67
2008	1.789.218	6.566.431	254.337	933.418	0,88	3,22
2009	2.065.285	7.579.595	276.067	1.013.164	0,82	3,02
2010	2.373.772	8.711.744	308.487	1.132.149	0,90	3,32
2011	2.720.882	9.985.635	347.109	1.273.891	1,01	3,72

Fuente: Elaboración propia.

<sup>11</sup> Cabe recordar, como se ha indicado antes, que la poda no se contabilizaría en su totalidad como emisiones debido a que gran parte de ésta se incorpora al suelo, se emplea como cubierta vegetal y para la fabricación de compost, usos que representan una fijación neta de CO<sub>2</sub>, así como para biocombustible, lo que supone una reducción de las emisiones procedente de combustibles fósiles.

**Gráfico 2** Evolución de la fijación acumulada, la tasa de fijación anual y la tasa de fijación superficial anual netas de CO<sub>2</sub> de las nuevas plantaciones de olivar en Andalucía (1990-2011).



Fuente: Elaboración propia.

## 6. Conclusiones

El aumento que ha experimentado la superficie de olivar en Andalucía en las últimas décadas ha tenido un efecto muy notable en cuanto a la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico, uno de los principales responsables del calentamiento global, lo que le reporta al olivar andaluz una función destacada en la lucha contra el cambio climático. Así, en el año 2011 las nuevas plantaciones de olivar alcanzaron una tasa de fijación anual bruta de 1,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>/año, lo que supone el 3,2% de las emisiones totales anuales de Andalucía.

Esta capacidad de fijación es muy elevada aún considerando la eliminación de la totalidad de los restos de la poda, lo que representa la situación más desfavorable, ya que gran parte de los restos de poda se destina a usos que representan una fijación neta de CO<sub>2</sub> (incorporación directa al suelo, compost, etc.), o suponen una reducción de las emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles (biocombustible). Así, considerando la eliminación de los restos de poda, en 2011 la tasa de fijación anual neta alcanzó cerca de 1,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que supone el 2,3% de las emisiones anuales de Andalucía.

A pesar de ello, no debe obviarse los efectos negativos de la eliminación de la poda, ya que ésta tiene efectos considerables en términos absolutos. De este modo, en el supuesto de eliminación total de la poda la tasa de fijación anual se reduce en un 26,8% (467.394 toneladas de CO<sub>2</sub>/año). Durante todo el periodo (1990-2011) la reducción de la fijación total es del 25% (3.334.095 toneladas de CO<sub>2</sub>).

Debido a ello, resulta de gran importancia promover las prácticas y usos de la poda que aumenten la fijación neta de los olivares, como su incorporación al suelo, empleo como cubiertas vegetales, para la fabricación de compost, y en última instancia, debido a su menor tiempo de permanencia, como biocombustible, evitando en todo caso su quema en campo, que supone una emisión directa.

## 7. Anexo I. Metodología de obtención del modelo de estimación de la biomasa extraída en la poda

La metodología empleada para obtener la expresión para estimar la biomasa extraída en la poda se basa en el supuesto de que mediante la poda se mejora la relación natural hoja/madera de *Olea Europaea* con fines productivos, aumentándola.

De este modo, se parte de la relación natural hoja/madera de *Olea Europaea* ( $R_n$ ), que se expresa de la siguiente forma:

$$R_n = B_h / B_m \quad (1)$$

Donde  $B_h$  y  $B_m$  son el peso seco de la biomasa de la hoja y la madera respectivamente. Estos parámetros se pueden calcular para cada edad (según los diámetros de fuste estimados para cada edad) a partir del modelo de estimación de biomasa de *Olea Europaea* (INIA-EGMASA), empleando los parámetros de regresión correspondientes a estas partes del árbol.

La nueva relación que tiene el árbol tras la poda ( $R_i$ ) se puede expresar de la siguiente forma, en la que se tiene en cuenta tanto la extracción de la hoja como de la madera:

$$R_i = (B_h - B_{h.ex}) / (B_m - B_{m.ex}) \quad (2)$$

$$\text{siendo } B_{ex} = B_{h.ex} + B_{m.ex} \quad (3)$$

Donde  $R_i$  es la nueva relación biomasa hoja/biomasa de la madera que tiene el árbol después de la poda;  $B_{h.ex}$  y  $B_{m.ex}$  son la biomasa de hoja y biomasa de madera extraídas respectivamente; y  $B_{ex}$  es la biomasa total extraída por la poda.

Por otra parte, la biomasa de la hoja y de la madera extraídas son una proporción de la biomasa total extraída, lo que se expresa de la siguiente forma:

$$B_{h.ex} = P_h * B_{ex} \quad (4) \text{ y } B_{m.ex} = P_m * B_{ex} \quad (5)$$

$$\text{siendo } P_m + P_h = 1 \quad (6)$$

Donde  $P_h$  y  $P_m$  son las proporciones de la biomasa de la hoja y la madera sobre el total de la biomasa extraída en tanto por uno, respectivamente.

A partir de las expresiones 2, 4 y 5, se obtiene la ecuación que permite estimar la biomasa total extraída:

$$B_{ex} = (B_m - (B_h / R_i)) / (P_m - (P_h / R_i)) \quad (7)$$

Para obtener las proporciones de hoja ( $P_h$ ) y madera ( $P_m$ ) de la biomasa extraída, se ha considerado que la proporción de la hoja en la biomasa extraída es la mitad que la que tiene el árbol de forma natural ( $R_n$ ), debido a que no se dispone de información cuantitativa en este

sentido. De este modo, en la poda debe eliminarse más madera en relación a la hoja para mejorar la relación hoja/madera natural del árbol, por lo que la biomasa extraída debe tener una proporción hoja/madera inferior a ésta (si se extrae en una relación igual o superior, la relación hoja/madera del árbol no aumentaría tras la poda). Por tanto,  $Ph$  y  $Pm$  son:

$$Ph = Rn/2 \quad (8) \quad \text{y} \quad Pm = 1 - (Rn/2) \quad (9)$$

Para obtener  $Ri$  se ha considerado que la poda incrementa la relación natural ( $Rn$ ) en un porcentaje fijo para todas las edades, lo que se expresa de la siguiente forma:

$$Ri = Rn * (1 + (\Delta Rn / 100)) \quad (10)$$

Donde  $\Delta Rn$  es el incremento porcentual de la relación hoja/madera natural que se realiza con objetivos productivos.

El porcentaje de incremento ( $\Delta Rn$ ) se ha obtenido teniendo en cuenta una producción media de poda de olivar de 1,58 t/ha.año (CMA, 2007<sup>12</sup>) en árboles de edad comprendida entre 12 y 20 años, ya que no se conocen las edades de las plantaciones en las que se realizaron las experiencias para obtener este valor (SODEAN, 2003). Para su obtención se han probado diferentes porcentajes de incremento a árboles de estas edades a los que se le ha aplicado la metodología descrita, hasta obtener esta producción media de 1,58 t/ha.año (Tabla 9).

**Tabla 9** Relación hoja/madera natural ( $Rn$ ) e incrementada en un 34% ( $Ri$ ), y resultados obtenidos sobre biomasa extraída considerando  $Ri$ , por árbol (seca) y por superficie (húmeda).

Edad (años)	Diámetro fuste (cm)	Rn	Ri	Biomasa extraída por árbol (seca)		Biomasa extraída por superficie (húmeda)	
				Acumulada (kg/árbol)	Anual (kg/árbol.año)	Acumulada (t/ha)	Anual (t/ha.año)
1	2	0,2541	0,3405	0,17	0,17	0,04	0,04
2	3	0,1490	0,1997	0,49	0,32	0,11	0,07
3	5	0,0908	0,1217	1,66	1,18	0,36	0,26
4	7	0,0693	0,0929	3,59	1,92	0,78	0,42
5	10	0,0536	0,0719	7,91	4,32	1,72	0,94
6	11,5	0,0488	0,0654	10,72	2,81	2,33	0,61
7	13	0,0451	0,0604	13,97	3,25	3,04	0,71
8	14,5	0,0420	0,0563	17,66	3,69	3,84	0,80
9	16	0,0395	0,0530	21,80	4,13	4,74	0,90
10	17,5	0,0374	0,0501	26,38	4,58	5,74	1,00
11	19	0,0356	0,0477	31,40	5,02	6,83	1,09
12	20,5	0,0340	0,0456	36,86	5,47	8,02	1,19
13	22	0,0326	0,0437	42,78	5,91	9,31	1,29
14	23,5	0,0314	0,0421	49,13	6,36	10,69	1,38
15	25	0,0303	0,0406	55,94	6,80	12,17	1,48
16	26,5	0,0293	0,0393	63,19	7,25	13,75	1,58
17	28	0,0284	0,0381	70,88	7,70	15,42	1,67
18	29,5	0,0276	0,0370	79,03	8,14	17,19	1,77

<sup>12</sup> Este valor medio se calculó a partir de los resultados de las experiencias realizadas por SODEAN en la recogida de poda de olivar (SODEAN, 2003).

Edad (años)	Diámetro fuste (cm)	Rn	Ri	Biomasa extraída por árbol (seca)		Biomasa extraída por superficie (húmeda)	
				Acumulada (kg/árbol)	Anual (kg/árbol.año)	Acumulada (t/ha)	Anual (t/ha.año)
19	31	0,0268	0,0359	87,62	8,59	19,06	1,87
20	32,5	0,0261	0,0350	96,65	9,04	21,02	1,97
21	34	0,0255	0,0342	106,14	9,48	23,09	2,06
<b>Valores promedio del período 12-20 años</b>					<b>7,25</b>		<b>1,58</b>

La transformación de biomasa extraída por árbol a superficie se ha realizado considerando una densidad de plantación de 170 árboles/ha. Para la transformación de biomasa seca a biomasa húmeda se ha considerado un contenido de humedad del 21,85%.

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de estimación de biomasa de INIA-EGMASA, 2005, considerando diámetros de fuste estimados en función de la edad de los olivos.

## Referencias bibliográficas

CMA. 2005. *1er Inventario de sumideros de CO<sub>2</sub> en Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. DL: SE-4311-07. ISBN: 978-84-96776-37-1.

CAP, 2010. *Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. DL: SE-8586-2010.

CAP, 2012. *Identificación, cuantificación, reconocimiento y valoración de las externalidades del cultivo del olivar*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

INIA-EGMASA. 2005. "Cuantificación del CO<sub>2</sub> Fijado por las Principales Especies Forestales Arbóreas en Andalucía". Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Alimentarias (INIA) y Empresa de Gestión Medioambiental (EGMASA). Estudio financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Ibáñez, JJ., Vayreda, J., Gracia, C. 2001. *Metodología complementaria al Inventario Forestal Nacional en Cataluña*. Centre de Recerca Ecològica y Aplicacions Forestals (CREAF).

Molina de la Rosa, JL., Jiménez, B., Ruíz, F., García, F., López, F., Salmerón, E. 2004. *Agronomía y Poda del Olivar*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. DLI: SE-655-04 (3ª Edición). I.S.B.N.: 84-8474-102-8.

Montero, G., Ruiz-Peinado, R., Muñoz, M. 2005. *Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles*. Monografías INIA: Serie Forestal nº. 13. Ministerio de Ciencia e Innovación. Gobierno de España.

Pastor Muñoz-Cobo, M., Humanes Guillén, J. 1996. *La poda del olivo. Moderna olivicultura*. Editorial Agrícola Española, S.A. ISBN: 84-85441-78-8. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. ISBN: 84-8474-181-8. DL: M-334002006.

SODEAN. 2003. *Potencial y aprovechamiento energético de la biomasa del olivar en Andalucía*. Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN, S.A.). Junta de Andalucía.