



Evaluación de la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía



Mayo 2015

Versión 1



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural

DEPARTAMENTO DE PROSPECTIVA



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural



Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

El Servicio de Estudios y Estadísticas, de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, ha sido el encargado de la coordinación y la dirección facultativa del presente estudio.

José Antonio Callejo López, Teresa Parra Heras y Trinidad Manrique Gordillo, del Departamento de Prospectiva de la Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía, se han encargado de su elaboración.



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural



Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

Evaluación de la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía



Índice de Contenidos

Resumen 2

1. Introducción y objetivos	4
2. Sistema de estudio	5
3. Metodología	8
3.1 Fuentes de información	9
3.2 Caracterización geográfica	13
3.3 Estimación del balance de la producción y usos de los subproductos	14
3.4 Estimación del ahorro de emisiones de GEI	20
4. Resultados y discusión	27
4.1 Resultados de las encuestas al sector	27
4.2 Balance de la producción y usos de los subproductos	35
4.3 Consumo y potencial energéticos	39
4.4 Ahorro de emisiones de GEI.....	41
4.5 Caracterización geográfica de la producción de los subproductos	45
5. Conclusiones	53
Bibliografía	55
ANEXO I	57



Resumen

El modelo actual de usos que caracteriza el sector agroindustrial del olivar en Andalucía puede considerarse como un ejemplo de utilización en cascada eficiente de los recursos o de economía circular, en el que se realiza un aprovechamiento de todos los flujos de subproductos. Algunos de estos usos representan una importante fuente de ingresos y de generación empleo en el ámbito rural andaluz, con un impacto positivo en la lucha contra el cambio climático.

Andalucía es una de las principales regiones productoras de productos del olivar a nivel mundial, contando con un entramado agroindustrial compuesto por 830 almazaras, 211 entamadoras y 38 extractoras de aceite de orujo. Como consecuencia de la actividad de este sector se genera una cantidad elevada de subproductos. Estos subproductos comprenden principalmente el hojín, el alperujo, el hueso de aceituna y el orujillo.

Los subproductos de las agroindustrias del olivar tienen una amplia variedad de usos. Estos usos incluyen la alimentación animal, la incorporación directa al suelo, el compostaje y la producción de bioenergía. Entre las industrias en las que se aprovechan o transforman estos subproductos en Andalucía se contabilizan 24 plantas de compostaje de alperujo, 20 plantas de generación eléctrica con biomasa, además de numerosos consumidores finales como industrias, explotaciones ganaderas, así como de los sectores terciario y doméstico.

El objetivo general de este estudio es evaluar la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía, desde el punto de vista de un modelo de economía circular, así como caracterizar geográficamente la generación de sus subproductos.

Esta evaluación se ha realizado mediante la estimación de la producción y usos de los subproductos a nivel de agroindustria, a partir de la información sobre la materia prima que se procesa en cada instalación. La metodología empleada para esta estimación se basa en el empleo de índices que relacionan la cantidad de materia prima de entrada con la cantidad de subproducto generada y empleada en los distintos usos. Los índices utilizados se han elaborado para cada tipo de agroindustria y subproducto a partir de la información obtenida en encuestas al sector. El balance global se obtiene como resultado de la agregación de la información calculada a nivel de la agroindustria. El periodo de referencia del estudio comprende las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14.

Según los resultados obtenidos en dicha estimación, a partir de las 5.834.128 toneladas de aceituna que se procesan de media anualmente en las agroindustrias del olivar, se producen como subproductos 514.345 toneladas de hojín (37,46% de humedad), 4.340.360 toneladas de alperujo (65,0%), 515.705 toneladas de hueso de aceituna (13,0%) y 912.857 toneladas de orujillo (10,0%), estos dos últimos obtenidos a partir del alperujo.

Los principales usos de estos subproductos son los energéticos; en concreto, el 47,0% de la cantidad total generada de los mismos se emplea para generación eléctrica o cogeneración, y el 32,9% para usos térmicos (en conjunto los usos energéticos suponen el 79,9%). La incorporación como materia orgánica del suelo representa el 14,3%, y el resto de usos como la alimentación animal, gestión como residuo, etc. suponen el 5,9%.



Los usos energéticos de los subproductos de las agroindustrias del sector del olivar suponen una aportación a la estructura de consumo de energía primaria de 598.236 tep/año, lo que representa el 19,3% del consumo de energía primaria procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 3,2% del consumo de energía primaria total de la región. Este aprovechamiento alcanza el 86,0% del potencial energético total de estos subproductos, que es de 695.655 tep/año. La energía eléctrica generada a partir de estos subproductos alcanza de media los 809,0 GWh/año, lo que equivale al consumo doméstico de una población de 513.921 habitantes, o de 188.685 hogares.

Los distintos usos de los subproductos agroindustriales del olivar generan un ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero global de 1.665.146 toneladas de CO_{2-eq}/año, lo que representa el 3,1% de las emisiones totales anuales de Andalucía. La mayor contribución a este ahorro global de emisiones se produce por los usos energéticos, que representan el 81,4%, mientras que la incorporación de materia orgánica al suelo supone el 17,6%.

En cuanto a la caracterización geográfica, existe una amplia distribución de la generación de estos subproductos en todo el territorio andaluz, especialmente en el caso de los subproductos de las almazaras, con una mayor concentración en el área representativa de cultivo del olivar.



1. Introducción y objetivos

Durante las últimas décadas el sector del olivar ha ido ampliando su función tradicional alimentaria hasta convertirse en la actualidad en proveedor de otros productos de alto valor añadido obtenidos a partir de sus subproductos. El modelo de usos actual que caracteriza este sector en Andalucía puede considerarse como un ejemplo de utilización en cascada eficiente de los recursos o de economía circular¹, en el que se realiza un aprovechamiento de todos los flujos de los subproductos. Algunos de estos usos, que surgieron inicialmente como una solución a los problemas ambientales causados por los residuos agroindustriales, representan en la actualidad una importante fuente de ingresos y de generación empleo en el ámbito rural andaluz, así como un impacto positivo muy significativo en la lucha contra el cambio climático.

Andalucía es una de las principales regiones productoras de productos del olivar a nivel mundial. El olivar, con en torno a 1.500.000 ha, es el principal cultivo de la región, representando cerca de la mitad de la superficie cultivada. En concreto en la región se produce alrededor del 30% del aceite de oliva y el 20% de la aceituna de mesa del mundo. En total se procesan actualmente en torno a 5.800.000 toneladas de aceitunas al año². Este procesamiento se realiza de forma distribuida en el territorio a través de un entramado agroindustrial compuesto por 830 almazaras, 211 entamadoras y 38 extractoras de aceite de orujo.

La importante actividad de este sector tiene como consecuencia la generación de una cantidad elevada de subproductos. Estos subproductos tienen en la actualidad una amplia variedad de usos, entre los que se incluyen la alimentación animal, la incorporación como materia orgánica del suelo y la producción de bioenergía. Entre las industrias en las que se aprovechan o transforman estos subproductos en Andalucía se contabilizan 24 plantas de compostaje de alperujo, 20 plantas de generación eléctrica de biomasa, además de numerosos consumidores finales como industrias, explotaciones ganaderas, así como de los sectores terciario y doméstico.

La evaluación del flujo de materias primas y subproductos que se produce como resultado de los usos existentes constituye la base de conocimiento que puede permitir mejorar aún más la eficiencia del modelo de utilización en cascada actual, en el que todavía existen opciones para la obtención de nuevos bioproductos de alto valor añadido a partir de estos subproductos, como biomoléculas, bioplásticos, biocombustibles avanzados, etc³. Asimismo esta

¹ La economía circular es un concepto económico que se incluye en el marco del desarrollo sostenible y cuyo objetivo es la producción de bienes y servicios al tiempo que reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía (www.economiacircular.com). Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía. La economía circular se enmarca dentro de las estrategia europeas “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa” (COM, 2014) y “Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos” (COM, 2011).

² Como media de las campañas 2011/12, 2012/13 y 2014.

³ Existen diversas experiencias en investigación y desarrollo relacionadas con el aprovechamiento avanzado de los subproductos de la agroindustria del olivar, como la obtención de biopolímeros a partir de alperujo (Cerrote, 2011), biocarburantes de segunda generación a partir de orujillo (planta experimental en Cañete de las Torres, Córdoba) y de



caracterización permite determinar los beneficios ambientales que se generan en este sector desde una perspectiva global.

Por otra parte, la realización de esta evaluación desde un punto de vista geográfico permite elaborar la información necesaria para la localización del emplazamiento más adecuado para nuevos aprovechamientos relacionados con la obtención de bioproductos de alto valor añadido y bioenergía. El desarrollo de las bioindustrias y biorrefinerías para la obtención de bioproductos y bioenergía constituye una de las prioridades estratégicas de la UE⁴ en el marco del uso eficiente de los recursos, la economía verde y circular y la bioeconomía⁵, debido al interés que tienen en la actualidad como motores de desarrollo y creación de empleo. El sector agrario representa un papel clave en este ámbito debido a que se trata de uno de los principales proveedores potenciales de recursos biológicos renovables, tanto de productos agrícolas como de subproductos con un uso potencial posterior.

El objetivo general de este estudio es evaluar la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía, desde el punto de vista de un modelo de economía circular, así como caracterizar geográficamente la generación de sus subproductos. Como objetivos de carácter específico se incluyen:

- Evaluar los resultados obtenidos en las encuestas al sector sobre la producción y usos de los subproductos.
- Analizar la evolución que se ha producido en estos usos en los últimos años⁶.
- Estimar la producción y usos de los subproductos a nivel de agroindustria y global.
- Definir el flujo global de materias primas, productos finales y subproductos del modelo de utilización en cascada o economía circular existente.
- Determinar los resultados ambientales de este modelo en términos de ahorro de emisiones de gases efecto invernadero.

2. Sistema de estudio

El sistema del estudio se ha definido para su evaluación como un modelo de utilización en cascada o economía circular, en el que se parte de unas materias primas, en este caso la aceituna, que se transforma en diferentes productos a través de distintos tipos de agroindustrias. En estas agroindustrias, como resultado del proceso productivo, se generan una serie de subproductos que tienen unos usos posteriores, tanto de forma directa como indirecta después de una transformación en otras industrias.

biocompuestos y bioetanol a partir de la poda de olivar (que podría aplicarse al hojín) (Proyecto BIOPOL del CIEMAT), entre otras.

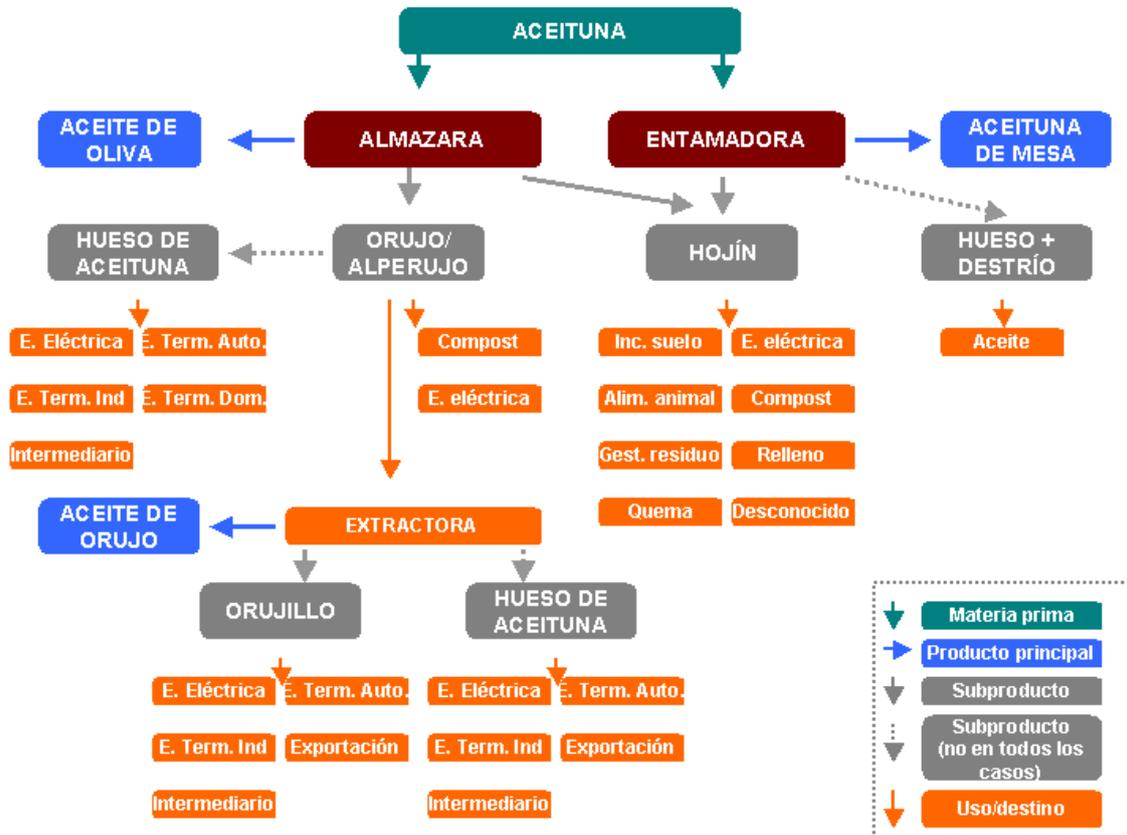
⁴ Comunicación de la Comisión Europea “La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa” (COM, 2012).

⁵ La bioeconomía engloba la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y de los flujos de residuos en productos de alto valor añadido o bioproductos, como alimentos, piensos, biomateriales, y bioenergía.

⁶ En el análisis de los resultados de las encuestas se comparan los resultados con los obtenidos en el estudio “Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía” (CAP, 2010), en el que se evaluaron los destinos de estos subproductos en las campañas 2006/07 y 2007/08.

El modelo de economía circular o de utilización en cascada del sector de la agroindustria del olivar se puede subdividir en dos líneas según el producto principal sea aceite de oliva o aceituna de mesa⁷ (Figura 1).

Figura 1 Modelo de utilización en cascada o economía circular de la agroindustria del olivar.



Fuente: Elaboración propia.

➤ *Aceite de oliva – almazaras*

La primera línea de transformación, y más importante en Andalucía por volumen de producción, es la de obtención de aceite de oliva, en la que se procesa en torno al 90% del total de la aceituna que se transforma en la región. La obtención del aceite de oliva se realiza mediante procesos físicos en las almazaras. Los subproductos que se generan en estas agroindustrias son hojín, alperujo y hueso de aceituna.

El hojín se compone de los restos de hojas y ramas finas que se generan en la limpieza de la aceituna antes de su procesado. Los usos o destinos principales de este subproducto son la incorporación directa al suelo por los propios agricultores, la generación eléctrica o

⁷ Para una descripción más detallada del proceso de producción que se realiza en estas agroindustrias y sobre los subproductos y sus características ver el estudio indicado antes “Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía” (CAP, 2010).



cogeneración⁸, la alimentación animal (caprino y ovino principalmente), el compostaje, la gestión como un residuo⁹ y el relleno de surcos producidos por la erosión.

El alperujo es el subproducto que se genera debido al proceso productivo de obtención de aceite de oliva. Constituye la pasta de la aceituna triturada a la que se le ha extraído el aceite. Se caracteriza por poseer un elevado contenido en humedad (60-65%). El alperujo se emplea mayoritariamente para la obtención de aceite de orujo en las extractoras, y en menor medida para la obtención de compost y la generación eléctrica o cogeneración¹⁰.

El hueso de aceituna es un componente del alperujo que se extrae del mismo mediante un procedimiento físico en gran parte de las almazaras por su interés como biocombustible. Éste se emplea para obtener calor de proceso en la misma almazara (autoconsumo), y el excedente, se vende para generación eléctrica o cogeneración en plantas de biomasa, aplicaciones térmicas en industrias o calefacción doméstica, y a intermediarios o transformadores que lo distribuyen y/o transforman. En este último caso, la transformación consiste en separar la pulpa del hueso para obtener un biocombustible de mayor calidad para su empleo principalmente en calefacción doméstica. La pulpa separada tiene posibles usos en alimentación animal.

➤ *Aceite de orujo de oliva – extractoras*

Como se ha indicado antes, el alperujo generado en las almazaras se destina mayoritariamente para la obtención de aceite de orujo, proceso que se realiza en las extractoras u orujeras. Los subproductos que se generan en estas agroindustrias incluyen el hueso de aceituna y el orujillo, aunque la producción de éstos depende del tipo de extractora, que varía en función de los procesos de extracción que se realiza en ellas (físico y/o químico) (ver apartado 3.3.2).

El hueso de aceituna en las extractoras se obtiene del mismo modo que en las almazaras, es decir, mediante un proceso físico a partir del alperujo, previamente a su procesado para la obtención de aceite de orujo. El hueso extraído se emplea en las mismas extractoras para el secado del alperujo, y/o se vende para usos térmicos en industrias, generación eléctrica o cogeneración, intermediarios y exportación.

Por su parte, el orujillo es el subproducto del proceso de obtención de aceite de orujo mediante un proceso químico (empleando hexano como solvente). Para este tipo de extracción es necesario el secado previo del alperujo hasta una humedad del 10%. El orujillo se emplea para la obtención de calor de proceso en las mismas extractoras para el secado del alperujo, y/o se vende para la generación eléctrica o cogeneración en plantas de biomasa, aplicaciones térmicas en industrias, intermediarios y exportación.

⁸ Producción simultánea de electricidad y calor.

⁹ La gestión del hojín como un residuo comprende generalmente su tratamiento como un residuo asimilable a urbano para su depósito en vertederos controlados.

¹⁰ El empleo de alperujo de forma “directa” para la generación eléctrica se realiza en una planta de biomasa existente en Palenciana (Córdoba) que utiliza una tecnología de caldera de lecho fluido que puede funcionar con combustibles con una humedad mayor, previo repasado (extracción física de aceite de orujo) y secado hasta una humedad en torno al 50%.



➤ *Aceituna de mesa – entamadoras*

La segunda línea de aprovechamiento agroindustrial del olivar está representada por el sector de elaboración de la aceituna de mesa, producto que se elabora en las entamadoras mediante procesos de fermentación o salazón. Los subproductos que se generan en estas agroindustrias incluyen el hojín y el hueso de aceituna.

El hojín de las entamadoras se produce, como en el caso de las almazaras, en el proceso de la limpieza de la aceituna antes de su procesado. La cantidad de hojín que se genera en las entamadoras es menor que en las almazaras debido a que la recolección de la aceituna se realiza de forma manual, mientras que la recolección de la aceituna para aceite se realiza mediante vareo o vibradoras mecánicas que producen una mayor cantidad de hojín. Los usos del hojín en este caso son similares a los procedentes de las almazaras que se han indicado antes.

El hueso de aceituna en el caso de las entamadoras se genera en el deshuesado que se realiza para la elaboración de aceituna de mesa sin hueso. La mayor parte de este hueso se destina a las almazaras, junto con la aceituna de destrío¹¹, integrándose en la línea de obtención de aceite de oliva.

3. Metodología

La metodología para estimar el balance de la producción y usos de los subproductos se basa en el empleo de unos índices que relacionan la cantidad de materia prima de entrada con la cantidad de subproducto generada y empleada en los distintos usos. Los índices utilizados se han elaborado a partir de la información obtenida en las encuestas que se han realizado a las agroindustrias del sector.

La metodología se ha desarrollado teniendo en cuenta como nivel de detalle la agroindustria, partiendo de la información de la materia prima que se procesa en cada instalación. Los resultados globales se obtienen por la agregación de la información calculada a nivel de agroindustria.

Esta metodología permite realizar una caracterización geográfica de la producción de los subproductos a nivel agroindustria. La caracterización geográfica se ha realizado empleando las herramientas que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica. La información de partida empleada se encuentra disponible cada campaña, lo que permite la actualización de los resultados en el tiempo.

¹¹ Aceituna que se descarta del proceso de transformación por no cumplir con determinadas características físicas como tamaño, aspecto, etc.



3.1 Fuentes de información

3.1.1. Entrada de materias primas y salida de productos

La información sobre la entrada de materias primas y salida de productos a nivel de agroindustria, necesaria para estimar el balance del sector, se ha obtenido de la Agencia de Información y Control Alimentarios (AICA)¹². En concreto, se ha recopilado la siguiente información de las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14:

- Almazaras:
 - Entrada de aceituna.
 - Salida de aceite de oliva.
- Extractoras:
 - Entrada de orujo graso húmedo.
 - Entrada de orujo graso seco.
 - Orujo seco salida a extracción.
 - Salida de aceite de orujo de oliva.
- Entamadoras:
 - Entrada de aceituna cruda.
 - Salida de aceituna transformada.

En todos los casos la identificación de cada agroindustria se realiza por el Número de Registro Industrial (RIA), que permite el cruce de información con otras bases de datos.

3.1.2. Localización geográfica

La localización geográfica a nivel de agroindustria para la caracterización territorial se ha obtenido de la base de datos del Registro de Industrias Agroalimentarias de Andalucía (RIA)¹³. En concreto, a partir de ella se ha obtenido información sobre el número RIA, municipio, tipo de agroindustria y coordenadas geográficas.

¹² La AICA, anteriormente Agencia para el Aceite de Oliva (AAO), es un organismo autónomo adscrito al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

¹³ Base de datos gestionada por la Dirección General de Calidad, Industrias Agroalimentarias y Producción Ecológica de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.



3.1.3. Índices de producción y usos de los subproductos

Como se ha indicado antes, los índices de producción y usos de los subproductos se han elaborado a partir de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas al sector (apartado 4.1). El objetivo de estas encuestas era obtener la información sobre la producción y destinos de los subproductos, así como de otro tipo de datos de interés como la humedad y los precios de venta de los mismos.

Para la realización de las encuestas se han elaborado cuestionarios específicos para cada tipo de agroindustria (almazara, extractora y entamadora) (Anexo I). El principal medio que se ha empleado para contactar con las empresas y realizar las encuestas ha sido el correo electrónico. Los cuestionarios cumplimentados se han recibido mayoritariamente por correo electrónico, y en menor medida por fax. Asimismo, se han cumplimentado cuestionarios telefónicamente en los casos que ha sido necesario completar el tamaño de muestra representativo, como en el de las extractoras y entamadoras.

En cuanto al periodo de referencia de las encuestas, se han considerado representativas de las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14, a efectos del análisis y estimación realizados, teniendo en cuenta que en ellas se solicitaba información media de las últimas campañas, y éstas se realizaron entre mayo y julio de 2014.

➤ *Almazaras*

En el caso de las almazaras se han obtenido un total de 121 cuestionarios cumplimentados, lo que representa una presión de muestreo del 14,6%, teniendo en cuenta que el número total de almazaras en producción es de 830 según el RIA (Tabla 1). El número de encuestas ha sido superior al requerido para que la muestra sea representativa con un nivel de confianza del 0,05 ($n = 87$). El total de almazaras contactadas ha sido de 188, por lo que se ha tenido un porcentaje de respuesta del 64,4%.

**Tabla 1** Número de almazaras contactadas, encuestas respondidas y porcentajes de respuesta sobre el total de almazaras contactadas y sobre el total de almazaras andaluzas.

		Número o porcentaje	
Número de almazaras contactadas		188	
Número de respuestas obtenidas	e-mail	114	
	fax	7	
	Total	121	
Porcentaje de respuesta	Sobre el total de almazaras contactadas	e-mail	60,6%
		fax	3,7%
		Total	64,4%
	Sobre el total de almazaras andaluzas	e-mail	13,7%
		fax	0,8%
		Total	14,6%
Número total de almazaras en Andalucía		830	

Fuente: Elaboración propia.

➤ Extractoras

En el caso de las extractoras se han obtenido un total de 11 cuestionarios cumplimentados, lo que representa una presión de muestreo del 28,9%, teniendo en cuenta que el número total de extractoras en producción es de 38 según el RIA (Tabla 2). El número total de extractoras contactadas ha sido de 26, de modo que el porcentaje de respuesta ha sido del 42,3%.

El número de cuestionarios cumplimentados en este caso ha sido inferior al número de muestra representativo ($n = 28$), debido a la dificultad conseguir respuesta de muchas empresas de este sector. Se ha considerado válida la cifra alcanzada debido a que se ha logrado una elevada presión de muestreo, cercana al 30%, y a que las extractoras encuestadas son representativas del sector. Aún así debe tenerse en cuenta este factor como una limitación a la hora de interpretar los resultados obtenidos en el caso de las extractoras.

**Tabla 2** Número de extractoras contactadas, encuestas respondidas y porcentajes de respuesta sobre el total de extractoras contactadas y sobre el total de extractoras andaluzas.

		Número o porcentaje	
Número de extractoras contactadas		26	
Número de respuestas obtenidas	teléfono	6	
	e-mail	3	
	fax	2	
	Total	11	
Porcentaje de respuesta	Sobre el total de extractoras contactadas	teléfono	23,1%
		e-mail	11,5%
		fax	7,7%
		Total	42,3%
	Sobre el total de extractoras andaluzas	teléfono	15,8%
		e-mail	7,9%
		fax	5,3%
		Total	28,9%
Número total de extractoras en Andalucía		38	

Fuente: Elaboración propia.

➤ Entamadoras

En el caso de las entamadoras se han obtenido un total de 67 cuestionarios cumplimentados, lo que representa una presión de muestreo del 31,8%, teniendo en cuenta que el número total de entamadoras en producción es de 211 según el RIA (Tabla 3). Este número de encuestas cumplimentadas constituye el tamaño de muestra representativo con un nivel de confianza del 0,05 ($n = 67$). El total de entamadoras contactadas ha sido de 101, por lo que se ha tenido un porcentaje de respuesta del 66,3%.



Tabla 3 Número de entamadoras contactadas, encuestas respondidas y porcentajes de respuesta sobre el total de entamadoras contactadas y sobre el total de entamadoras andaluzas.

		Número o porcentaje	
Número de entamadoras contactadas		101	
Número de respuestas obtenidas	teléfono	29	
	e-mail	23	
	fax	15	
	Total	67	
Porcentaje de respuesta	Sobre el total de entamadoras contactadas	teléfono	31,7%
		e-mail	22,8%
		fax	11,9%
		Total	66,3%
	Sobre el total de entamadoras andaluzas	teléfono	15,2%
		e-mail	10,9%
		fax	5,7%
		Total	31,8%
Número total de entamadoras en Andalucía		211	

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Caracterización geográfica

La caracterización geográfica de la producción de los subproductos se ha realizado empleando las herramientas que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG permiten la integración, almacenamiento, manipulación, análisis y representación de información referenciada geográficamente.

El modelo que se ha empleado para la caracterización geográfica es un modelo ráster cuya unidad mínima de información espacial es un píxel de 1 km × 1 km (100 ha)¹⁴. Se ha seleccionado un modelo ráster debido a que permite integrar información variada para la realización de análisis agregados de generación de biomasa agraria y agroindustrial de diferentes orígenes. El objetivo por tanto es integrar información sobre la producción de los subproductos del sector de estudio en este modelo ráster, en el que puedan incorporarse resultados de otros sectores agroindustriales, u otro tipo de biomasa, en estudios posteriores.

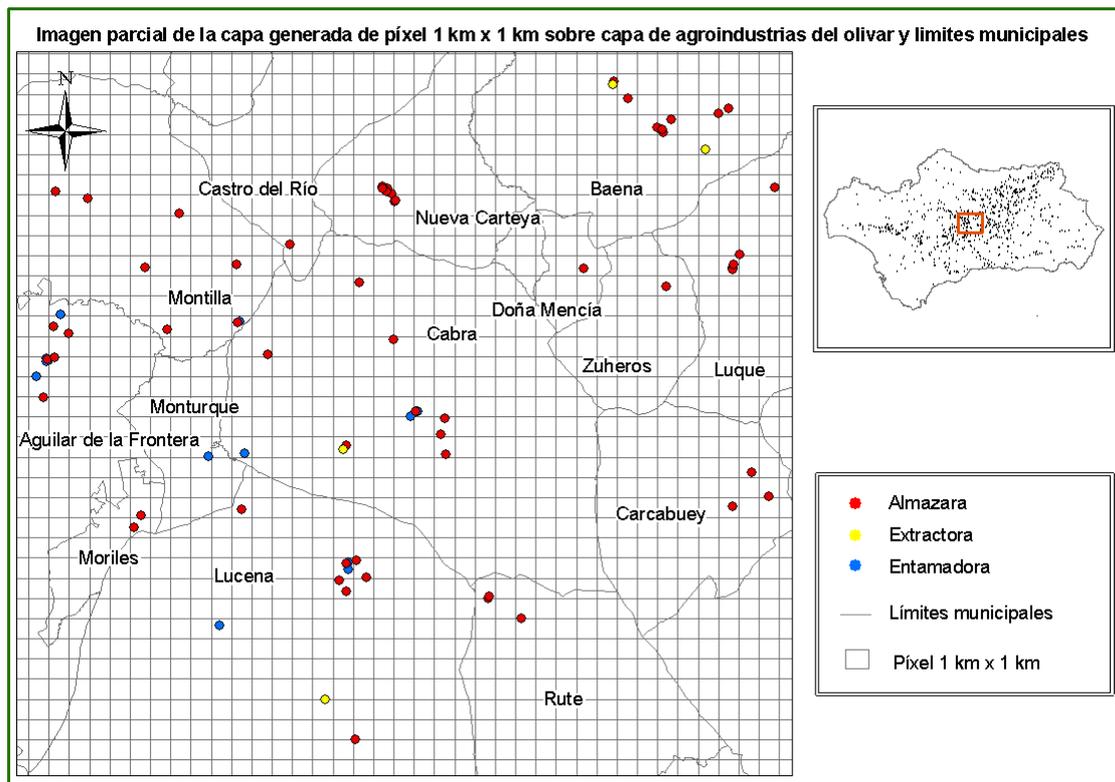
En el modelo cada píxel tiene asignado un código municipal único que permite obtener resultados y realizar análisis a niveles de agregación superiores como el municipal, comarcal o provincial. El código municipal de cada píxel corresponde al municipio en el que se localiza, en el caso de que toda la superficie del mismo se encuentre dentro de ese municipio, o al que

¹⁴ Este modelo se creó para un estudio dirigido a la estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía (CAP, 2008), con el carácter de herramienta básica para la realización de estudios relacionados con la biomasa agraria y en el que se pudiese agregar información variada relacionada con este sector.

contiene una mayor superficie del mismo, en el caso de los píxeles con superficie en más de un municipio.

La integración del sector de estudio en el modelo consiste en asignar cada una de las agroindustrias, y la información generada sobre ellas (producción de subproductos), a un píxel determinado. Para ello se realiza una unión entre la capa de píxeles y la capa de puntos de las agroindustrias (geográficamente cada agroindustria es un punto georreferenciado) (Figura 2).

Figura 2 Imagen parcial de la capa generada para la representación geográfica (píxel de 1 km x 1 km) sobre la capa de puntos de agroindustrias y de límites municipales.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Estimación del balance de la producción y usos de los subproductos

Como se ha indicado antes, la metodología para estimar el balance de la producción y usos de los subproductos se basa en el empleo de índices que relacionan la cantidad de materia prima de entrada con la cantidad de subproducto generada y empleada en los distintos usos. Estos índices se han elaborado para cada tipo de agroindustria y subproducto a partir de los resultados obtenidos en las encuestas al sector (apartado 4.1). El cálculo se realiza a nivel de agroindustria a partir de la información de entrada de materia prima que se procesa en cada instalación (obtenida de la AICA). El balance global se obtiene como resultado de la agregación de la información calculada a nivel de la agroindustria.

La estimación de la producción de subproductos a nivel de agroindustria se realiza mediante la siguiente expresión:

$$(1) \quad \text{SUBPRODUCTO}_{i,t} = I_p \left(\frac{t}{t} \right) \times \text{ENTRADA_MATERIA_PRIMA}_{i,t}$$

donde:

$\text{SUBPRODUCTO}_{i,t}$ = cantidad de subproducto generada.

I_p = Índice de producción del subproducto.

$\text{ENTRADA_MATERIA_PRIMA}_{i,t}$ = cantidad de materia prima de entrada.

El índice de producción del subproducto, específico de cada subproducto y agroindustria, se ha calculado como la relación entre la producción del mismo y la cantidad de materia prima de entrada que se ha obtenido como media en las encuestas.

El cálculo de la cantidad dedicada a cada uso se calcula mediante la siguiente expresión a partir de la cantidad de subproducto obtenida con la expresión anterior.

$$(2) \quad \text{SUBPRODUCTO_USO}_{i,t} = I_u \left(\frac{t}{t} \right) \times \text{SUBPRODUCTO}_{i,t}$$

donde:

$\text{SUBPRODUCTO_USO}_{i,t}$ = cantidad de subproducto dedicada a un uso en concreto.

I_u = Índice de uso del subproducto.

$\text{SUBPRODUCTO}_{i,t}$ = cantidad de subproducto generada.

El índice de cada uso es la proporción que constituye ese uso en concreto sobre el total de usos, en tanto por uno, que se ha obtenido como media en las encuestas.

El periodo de referencia que representan estos índices, y por tanto, el de este estudio, corresponde a las campañas de referencia de las encuestas, es decir, 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014.

A continuación se indican los índices utilizados en función del tipo de subproducto y agroindustria.

3.3.1. Almazaras

Para la estimación del balance que se produce en las almazaras se han empleado como datos de partida los valores de entrada de aceituna a nivel de agroindustria.

➤ *Hojín*

El cálculo de la producción de hojín se ha realizado empleando un índice de producción de 0,094 (Tabla 4). La cantidad de hojín dedicada a cada uso se ha calculado mediante índices diferenciados en función del tipo de almazara, según si realiza o no compostaje en sus



instalaciones, ya que los destinos del hojín varían considerablemente entre estos dos tipos de almazaras (ver apartado 4.1). Para tener en cuenta esta diferenciación a nivel de agroindustria se han identificado las almazaras que realizan compostaje, 24 en total (CAPDR, 2013).

Tabla 4 Índices de producción y usos del hojín de las almazaras (humedad del 37,46%).

Parámetro de entrada	I _P	Tipo	I _U								
			Incorp. directa suelo	Gen. eléctrica / cogen.	Alim. animal	Compost	Gestión como residuo	Relleno surcos	Quema	Des-conocido	
Entrada de aceituna	0,094	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hojín	-	Sin compostaje	0,405	0,335	0,208	-	0,029	0,006	0,004	0,013	-
		Con compostaje	0,076	-	0,257	0,667	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

➤ Alperujo

En la elaboración del índice de producción del alperujo se ha tenido en cuenta la diferencia que existe entre su peso antes y después de extraer parte del hueso de aceituna que contiene en las mismas almazaras, ya que éste representa una parte significativa del mismo. De este modo, el índice de producción de alperujo que se ha considerado, una vez extraído el hueso, es de 0,713, que se obtiene como la diferencia entre el índice de producción de alperujo sin extraer el hueso (0,805) y el índice de producción de hueso (0,092) que se indica más adelante. Como en el caso del hojín, en los índices de usos se ha diferenciado entre las almazaras que realizan compostaje de las que no lo hacen.

Tabla 5 Índices de producción y usos del alperujo de las almazaras (humedad del 65,0%).

Parámetro de entrada	I _P	Tipo	I _U	
			Aceite de orujo (extractoras)	Compostaje
Entrada de aceituna	0,713	-	-	-
Alperujo	-	Sin compostaje	1,000	-
		Con compostaje	0,170	0,830

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en el balance global del alperujo, obtenido de la agregación de los resultados a nivel de agroindustria, se ha considerado la parte que se dedica de forma directa a generación eléctrica en la planta de lecho fluido existente (previo repasado y secado al 50,0%). Esta cantidad de alperujo que se destina a generación eléctrica se ha estimado en base a la información sobre la producción de electricidad de dicha planta, obtenida de las estadísticas de generación eléctrica en régimen especial de la Comisión Nacional de Energía (CNE)¹⁵.

¹⁵ La cantidad se ha calculado teniendo en cuenta una producción eléctrica media de dicha planta de 76,9 GWh/año correspondiente a los últimos años completos disponibles (2011 y 2012), un poder calorífico del alperujo de 2.018 kcal/kg al 50,0% de humedad, dato proporcionado por Oleícola El Tejar (Torrecilla, 2001), y un factor de conversión de 0,3982 tep/MWh.

➤ *Hueso de aceituna*

Para el hueso de aceituna obtenido en las almazaras se han utilizado los índices que se indican en la Tabla 6. En este caso no se diferencia según los dos tipos de almazaras considerados antes.

Tabla 6 Índices de producción y usos del hueso de aceituna de las almazaras (humedad del 20,3%*).

Parámetro de entrada	I_P	I_U				
		Térmica autocons.	Gen. eléctrica/cogen.	Térmica industria	Térmica doméstico	Intermediario
Entrada de aceituna	0,092	-	-	-	-	-
Hueso de aceituna	-	0,189	0,410	0,112	0,043	0,246

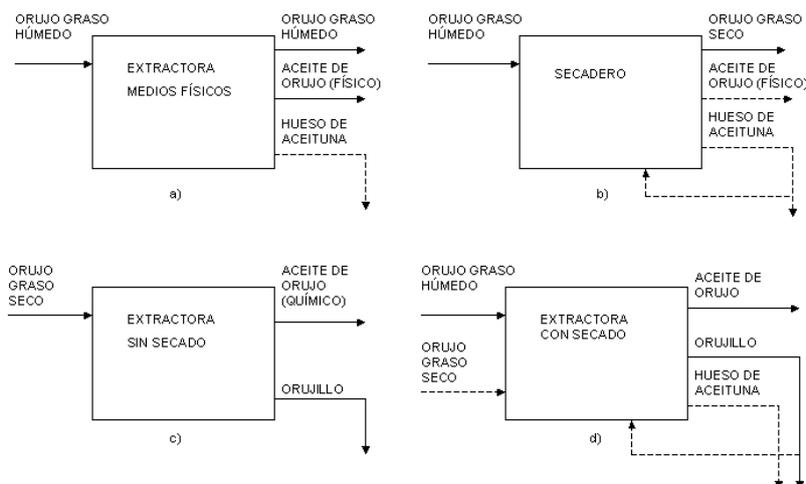
* En los resultados finales se realiza su transformación a una humedad del 13,0%, que alcanza tras su secado de forma natural para su empleo como biocombustible.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Extractoras

En el caso de las extractoras, en la estimación del balance se han tenido en cuenta las particularidades de las instalaciones debido a la variedad de extractoras existente. Para ello se ha realizado una clasificación por tipos según los procesos que realizan y su modo de funcionamiento: extracción física, extracción química, secado de alperujo, autoconsumo de subproductos, etc. (Figura 3)¹⁶.

Figura 3 Tipología de las extractoras de aceite de orujo.



Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ Para una descripción detallada de la tipología de extractoras existente en Andalucía ver el estudio "Potencial energético de los subproductos de la industria oliverera en Andalucía" (CAP, 2010).

La asignación de cada una de las extractoras a los tipos considerados y las particularidades de cada industria, se ha realizado en base a la información obtenida en las encuestas, al estudio previo existente (CAP, 2010) y a la información sobre entrada de materias primas y producción de aceite de orujo físico y químico de la AICA.

➤ *Hueso de aceituna*

El cálculo de la producción y autoconsumo de hueso de aceituna en las extractoras se ha realizado teniendo en cuenta como parámetro de partida la entrada de orujo húmedo a nivel de agroindustria (Tabla 7). La producción de hueso se ha calculado empleando un índice de producción (I_P) de 0,077, aplicado solo a aquellas extractoras que extraen hueso. Por su parte, el autoconsumo se ha calculado empleando un índice de 0,02053¹⁷, en las extractoras que autoconsumen, excepto en un caso en el que se consume todo el hueso que se produce.

Para el cálculo de la cantidad dedicada a los distintos usos se ha empleado como parámetro de entrada el hueso disponible, que se ha obtenido como la diferencia entre el hueso producido menos el hueso autoconsumido. En la siguiente tabla se indican los índices correspondientes a la producción y usos del hueso de aceituna de las extractoras.

Tabla 7 Índices de producción y usos del hueso de aceituna de las extractoras* (humedad del 20,3%**).

Parámetro de entrada	I_P	I_U				
		Térmica autocons.	Gen. eléctrica / cogen.	Térmica industria	Exportación	Intermediario
Entrada de orujo húmedo	0,077	0,02053	-	-	-	-
Hueso disponible***	-	-	0,605	0,069	0,138	0,188

* Solo en los casos en los que se produce hueso de aceituna. ** En los resultados finales se realiza una transformación a una humedad del 13,0%. *** Diferencia entre el hueso producido menos el autoconsumido.

Fuente: Elaboración propia.

➤ *Orujillo*

El cálculo de la producción de orujillo, en las extractoras que producen aceite de orujo mediante procedimientos químicos, se ha realizado mediante un balance de masa en el que se ha considerado como parámetro de partida, el orujo seco destinado a extracción¹⁸, y como salida del balance, la producción de aceite de orujo químico. El cálculo se realiza empleando la siguiente expresión:

$$PRUJILLO \left[\begin{array}{c} \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] = PRUJO_SECO \left[\begin{array}{c} \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] + ACEITE_ORUJO_QUÍMICO \left[\begin{array}{c} \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right]$$

El cálculo del autoconsumo de orujillo se realiza teniendo en cuenta como parámetro de partida la entrada de orujo húmedo en la extractora, ya que éste se estima en base a las necesidades térmicas para su secado. En este caso se emplean dos índices de autoconsumo diferentes

¹⁷ Este índice de autoconsumo se calcula en base a unas necesidades térmicas para el secado del alperujo de entrada de 2.176 MJ o 0,0520 tep por tonelada de alperujo húmedo (Cruz, 2006). Se ha considerado una relación de hueso/orujillo de 0,17 (relación media obtenida en encuestas), y unos poderes caloríficos del hueso de 3.755,20 kcal/kg (humedad del 13,0%) y del orujillo de 3.667,75 kcal/kg (humedad del 10,05%). (CAP, 2010)

¹⁸ En los datos de la AICA corresponde al orujo seco con salida a extracción.



dependiendo de si la extractora emplea solo orujillo ($I_{U1} = 0,14178$), u orujillo y hueso ($I_{U1} = 0,12076$)¹⁹.

Para el cálculo de la cantidad dedicada a los distintos usos se ha empleado como parámetro de entrada el orujillo disponible, calculado como la diferencia entre el orujillo producido menos el orujillo autoconsumido en la propia instalación. En la siguiente tabla se indican los índices correspondientes a los usos del orujillo de las extractoras.

Tabla 8 Índices de usos del orujillo de las extractoras* (humedad del 10,05%).

Parámetro de entrada	I_U				
	Térmica autocons.	Gen. eléctrica / cogen.	Térmica industria	Exportación	Intermediario
Entrada de orujo húmedo	0,14178 (solo orujillo)	-	-	-	-
	0,12076 (orujillo y hueso)	-	-	-	-
Orujillo disponible**	-	0,613	0,289	0,037	0,061

* Solo en los casos en los que se produce orujillo. ** Diferencia entre el orujillo producido menos el autoconsumido.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Entamadoras

➤ Hojín

Al igual que en el caso de las almazaras, el parámetro de entrada que se ha empleado para calcular la producción de hojín en las entamadoras es la entrada de aceituna a nivel de agroindustria. El índice de producción empleado es de 0,017. Los usos del hojín se han calculado a partir de la producción de hojín y los índices que se indican en la Tabla 9.

Tabla 9 Índices de producción y usos del hojín de las entamadoras (humedad del 37,46%).

Parámetro de entrada	I_P	I_U			
		Alim. animal	Gen. Eléctrica / cogen.	Incorp. directa al suelo	Gestión como residuo
Entrada de aceituna	0,017	-	-	-	-
Hojín	-	0,516	0,306	0,147	0,031

Fuente: Elaboración propia.

➤ Hueso de aceituna y destrío

En el balance global de las entamadoras se ha tenido en cuenta el hueso de aceituna que se genera en la elaboración de aceituna sin hueso, así como la aceituna de destrío. Ambos subproductos se destinan prácticamente en su totalidad a la producción de aceite de oliva en las almazaras, de modo que entran a formar parte de la otra línea del balance de estos sectores. El cálculo de estos subproductos se ha realizado restando la salida de aceituna transformada menos la aceituna cruda de entrada.

¹⁹ Ambos índices se han calculado en base a unas necesidades térmicas para el secado del alperujo de entrada de 2.176 MJ o 0,0520 tep por tonelada de alperujo húmedo (Cruz, 2006). En el segundo índice se ha tenido en cuenta una relación de hueso/orujillo de 0,17 (relación media obtenida en encuestas). (CAP, 2010)



3.4 Estimación del ahorro de emisiones de GEI

Los resultados ambientales del modelo actual de aprovechamientos se han evaluado en términos de ahorro de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). En esta evaluación se ha considerado la captura bruta de CO₂ debida a la incorporación de materia orgánica al suelo, el ahorro derivado de la sustitución de combustibles fósiles en los usos energéticos, así como las emisiones producidas por destinos como la quema y la gestión como residuos.

A continuación se describe la metodología que se ha empleado para estimar el ahorro de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en términos de CO_{2-eq}, que se derivan de la utilización de los subproductos de las agroindustrias del sector olivar.

➤ *Captura bruta por la incorporación de materia orgánica al suelo (directa o previo compostaje)*

La incorporación de los subproductos al suelo, ya sea de forma directa o previo compostaje de los mismos, tiene como objetivo aumentar su contenido en materia orgánica para mejorar sus características fisicoquímicas y contribuir como abono orgánico. Mediante esta práctica se produce la fijación por un periodo del carbono presente en la materia orgánica, que previamente ha sido absorbido de la atmósfera en forma de CO₂. Este carbono tiene un tiempo de permanencia determinado hasta que vuelve a la atmósfera de nuevo como consecuencia de la descomposición que realizan los microorganismos del suelo. El tiempo de permanencia del carbono en el suelo varía según la forma que quede fijado en la materia orgánica, desde décadas en su forma activa, a siglos o milenios en su forma estable.

En el caso de la incorporación directa al suelo (del hojín²⁰) y el compostaje (del hojín y el alperujo) se ha considerado la captura bruta de CO₂, es decir, el CO₂ que se ha absorbido y capturado en la biomasa durante su formación en forma de carbono, sin tener en cuenta la descomposición biológica que se produce con el tiempo de esa misma biomasa tras su incorporación al suelo.

Se ha considerado la captura en términos brutos debido a que la aportación de esta biomasa al suelo se realiza anualmente, lo que compensaría las emisiones derivadas de su descomposición, y a que el carbono de la materia orgánica del suelo tiene un tiempo de permanencia elevado.

El carbono presente en la biomasa se ha calculado considerando un contenido de carbono en la biomasa en materia seca del 47,35% en el hojín (Ibáñez, 2001) y del 47,03% en el alperujo (SODEAN, 2003). La humedad considerada ha sido del 37,46% para el hojín y del 65,0% para el alperujo. El CO₂ capturado se calcula aplicando la relación existente entre los pesos atómicos del carbono y de la molécula de CO₂ (44/12=3,664).

²⁰ También para el hojín destinado al relleno de surcos.

➤ *Emisiones derivadas de la quema y la gestión como residuo del hojín*

En el caso de la quema del hojín se han considerado las emisiones de CO₂ que se producen en la combustión calculadas a partir del carbono presente en la biomasa. Para ello se han considerado los mismos factores de conversión citados en el apartado anterior sobre contenido en carbono, humedad y relación carbono/CO₂.

En el caso de la gestión del hojín como residuo se ha considerado la misma metodología ya que representa la situación más desfavorable. De esta forma se integra el impacto negativo que resulta de esta práctica que incluiría las emisiones derivadas del transporte y el depósito del hojín en un vertedero controlado sin ningún tipo de aprovechamiento.

➤ *Ahorro de emisiones derivado del uso del hojín en alimentación animal*

No se ha considerado el ahorro de emisiones derivado del uso del hojín en alimentación animal debido a que se trata de una práctica habitual, de modo que no supone la mejora en la gestión agraria o de los subproductos con una reducción adicional de las emisiones. Se debe tener en cuenta que la sustitución de piensos por subproductos locales tiene un impacto positivo en cuanto a las emisiones de GEI ya que éstos suelen caracterizarse por poseer una elevada huella de carbono.

➤ *Ahorro de emisiones derivado de los usos energéticos*

Para la estimación del ahorro de las emisiones que se produce en los usos energéticos se ha empleado la herramienta BioGrace-II²¹, desarrollada para el cálculo de las emisiones de GEI de la electricidad, calor y frío obtenidos a partir de los biocombustibles sólidos y gaseosos. Esta herramienta integra la metodología de cálculo de emisiones establecida en la Unión Europea para el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad de los biocombustibles.

La metodología de cálculo del ahorro de emisiones se basa en la siguiente fórmula, cuyos términos, expresados de gCO_{2-eq}/MJ, incluyen las distintas fases del proceso de obtención de un biocombustible:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr}$$

Donde:

E = emisiones totales de la producción del biocombustible.

e_{ec} = emisiones de la extracción o del cultivo de las materias primas.

e_l = emisiones anualizadas de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por el cambio en el uso del suelo.

e_p = emisiones del proceso de transformación.

e_{td} = emisiones procedentes del transporte y distribución, tanto de las materias primas como del biocombustible final.

²¹ Esta herramienta se ha desarrollado en el proyecto BioGrace II, cuyo como objetivo es armonizar los cálculos de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) para la electricidad, calor y frío obtenidos a partir de la biomasa. La herramienta sigue la metodología establecida por la Comisión Europea para el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad para la biomasa sólida y gaseosa empleada con estos fines según los informes COM(2010) 11, SWD(2014) 259 y JRC(2014). Este proyecto, cofinanciado a través del Programa Energía Inteligente en Europa de la Unión Europea, se integra en el proyecto global BioGrace que incluye también a los biocarburantes para el transporte.



e_u = emisiones del uso del biocombustible, que comprenden los GEI emitidos durante la combustión del biocombustible sólido o gaseoso.

e_{sca} = ahorro de las emisiones de la acumulación de carbono en suelo mediante una mejora de la gestión agrícola.

e_{ccs} = ahorro de las emisiones de la captura y almacenamiento geológico del carbono.

e_{ccr} = ahorro de emisiones de la captura y sustitución del carbono.

En el caso de estudio se deben tener en cuenta los siguientes aspectos de algunos de los términos de la fórmula:

- e_{ec} y e_i , de la extracción o cultivo de las materias primas y el cambio en el uso del suelo, son nulos debido a que no se aplican en el caso de los subproductos.
- El término e_p , del proceso de transformación, es nulo excepto en los casos en los que se ha considerado el acondicionamiento del subproducto (hueso de aceituna y orujillo con destino a intermediarios o transformación).
- e_{sca} , e_{ccs} , e_{ccr} también son nulos en los subproductos estudiados.

En consecuencia, las principales emisiones en el ámbito de estudio se deben al transporte. Como en la mayoría de los casos se produce un consumo de los biocombustibles en puntos cercanos, los resultados obtenidos que se detallan a continuación proporcionan ahorros de emisiones significativos respecto a los combustibles fósiles.

El ahorro de las emisiones de los usos eléctricos y térmicos se realiza en comparación con las siguientes emisiones de referencia de los combustibles fósiles: 186 gCO_{2-eq}/MJ eléctrico y 80 gCO_{2-eq}/MJ térmico.

Las supuestas que se han tenido en cuenta para realizar los cálculos en la herramienta se han establecido de forma particular para cada subproducto y destino final, como se indica a continuación:

Electricidad y cogeneración

- Factores de eficiencia energética:
 - Generación eléctrica: 21,6% (IDAE, 2005²²).
 - Cogeneración: 21,6% para la electricidad, y 45,0% para el calor (BioGrace, 2015).
- Proporción de subproductos dedicada a generación eléctrica o a cogeneración²³:
 - Generación eléctrica: 75,7%.
 - Cogeneración: 24,3%.
- Transporte:

²² Calculado a partir del factor de conversión de 0,3982 tep/MWh correspondiente a la biomasa empleada para la generación eléctrica (IDAE, 2005).

²³ Estos valores representan la proporción de energía eléctrica generada de estos dos tipos respecto al total obtenido a partir de biomasa en Andalucía, según la información procedente de las estadísticas del régimen especial de producción eléctrica de la Comisión Nacional de Energía (última actualización disponible a fecha de 01/10/2013).



- Distancia media: 100 km. Representa la distancia media por carretera del transporte del hueso de aceituna, hojín y alperujo a las plantas de generación eléctrica o cogeneración, teniendo en cuenta que estas plantas se encuentran localizadas en el área de influencia de las agroindustrias del olivar (ver mapa siguiente). En el caso del orujillo se ha considerado que no se realiza transporte ya que las plantas de generación eléctrica o cogeneración se encuentran en el mismo complejo agroindustrial donde se producen estos subproductos.
- Modo de transporte: La referencia en cuanto a la eficiencia del medio de transporte que se ha tenido en cuenta es la correspondiente a un camión de 40 toneladas.
- Humedad de transporte: 37,46% para el hojín, 13,0% para el hueso y 65,0% para el alperujo.
- Poder calorífico inferior y humedad: Los poderes caloríficos inferiores y contenidos en humedad de los distintos subproductos que se han empleado para el cálculo de la conversión energética se indican en la Tabla 10.

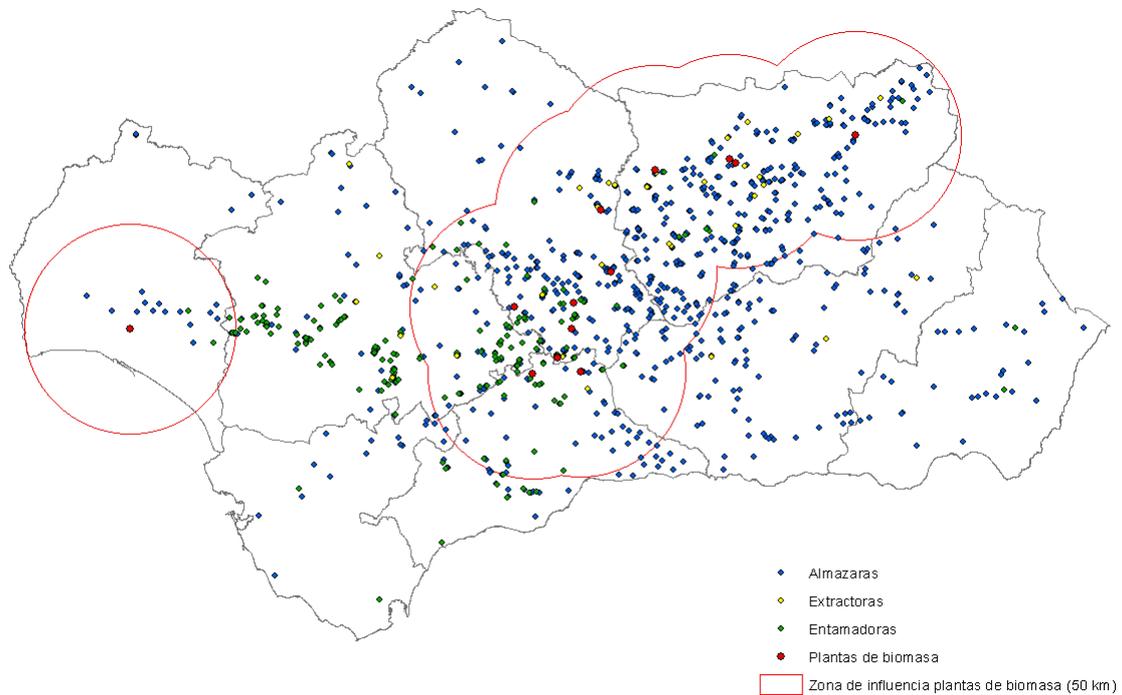
Tabla 10 Poderes caloríficos inferiores y humedades de los subproductos de las agroindustrias del olivar.

Subproducto	H(%)	PCI (kcal/kg)	PCI (MJ/kg)
Hojín ¹	37,46	2.360,0	9,88
Hueso de aceituna ²	13,00	3.755,2	15,72
Orujillo ²	10,05	3.667,8	15,35
Alperujo ¹	50,00	2.018,0	8,45

Fuente: ¹ Datos proporcionados por Oleícola El Tejar Ntra. Sra. de Araceli, SCA (CAP, 2010 y Torrecilla, 2001, respectivamente). ² Calculados a la humedad indicada a partir de Fernández, 2009.

En el siguiente mapa se muestra el área de influencia de las plantas de generación eléctrica o cogeneración a partir de biomasa con respecto a las agroindustrias del olivar teniendo en cuenta una distancia en línea recta de 50 km.

Área de influencia de las plantas de generación eléctrica y cogeneración respecto a las agroindustrias del sector del olivar



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se detallan los valores que se han obtenido de ahorro de emisiones respecto a los combustibles fósiles de referencia, según las consideraciones indicadas antes, en función del tipo de subproducto y uso final. Estos valores se han empleado para estimar del ahorro de emisiones que se deriva de los usos energéticos indicados.



Tabla 11 Ahorro de emisiones que se produce por el uso de los subproductos de las agroindustrias del olivar para electricidad y cogeneración, por MJ y kg de biomasa (a la humedad de referencia).

Tipo	Ahorro de emisiones*				
	gCO ₂ /MJ eléctrico	gCO ₂ /MJ térmico	gCO ₂ /kg biomasa eléctrica	gCO ₂ /kg biomasa térmica	Total gCO ₂ /kg biomasa
Hojín					
Eléctrico	180,6		385,4		385,4
Cogeneración	183,3	78,7	391,1	349,9	741,0
Hueso de aceituna					
Eléctrico	181,3		616,3		616,3
Cogeneración	183,6	78,9	623,7	558,1	1.181,8
Orujillo					
Eléctrico	183,7		609,2		609,2
Cogeneración	184,8	79,4	612,9	548,6	1.161,4
Alperujo					
Eléctrico	178,2		325,1		325,1

* A la humedad de referencia de los subproductos: hojín del 37,46%, hueso de aceituna del 13,0%, orujillo del 10,05% y alperujo del 50,0%.

Fuente: Elaboración propia.

Usos térmicos

- Factor de eficiencia energética: 85% (IDAE, 2008).
- Transporte:
 - Distancia media:
 - Autoconsumo: 0 km.
 - Térmico en industrias: 200 km.
 - Doméstico directo: 100 km.
 - Exportación: 2.500 km marítimo (a la UE) + 500 km carretera (a y desde los puertos de salida y entrada).
 - Intermediario o transformación: 60 km (a punto de transformación) + 500 km (a puntos de consumo).
 - Modo de transporte: La referencia en cuanto a la eficiencia del medio de transporte por carretera que se ha tenido en cuenta es la correspondiente a un camión de 40 toneladas.
 - Humedad de transporte: 13,0% para el hueso y 10,05% para el orujillo sin transformar por un intermediario o transformador, y 10,0% en ambos casos para los productos transformados.
- Proceso de transformación: En los casos del hueso y orujillo destinados a intermediario o transformación se ha tenido en cuenta un proceso de acondicionado de la biomasa para su empleo como biocombustible en calderas domésticas. En el hueso de aceituna



este proceso incluiría la separación de la pulpa y el secado hasta la humedad adecuada, mientras que en el del orujillo comprendería un peletizado. Para el cálculo de las emisiones derivadas del proceso de acondicionado se han empleado los valores por defecto de la herramienta BioGrace-II correspondientes a la producción de pellets a partir de residuos de las industrias madereras, que incluye el secado y peletizado de esta biomasa. En el secado se ha considerado que se emplea una caldera de biomasa en la que se consume parte del hueso que se transforma en la misma planta, ya que se trata de una práctica habitual en el ámbito de estudio.

- Poder calorífico inferior y humedad: Los poderes caloríficos inferiores y contenidos en humedad de los distintos subproductos que se han empleado para el cálculo de la conversión energética son los mismos que los indicados antes para estos subproductos en el caso de la generación eléctrica y cogeneración (Tabla 10).

En la Tabla 12 se detallan los valores que se han obtenido de ahorro de emisiones respecto a los combustibles fósiles de referencia, según las consideraciones indicadas antes, en función del tipo de subproducto y uso final. Estos valores se han empleado para estimar del ahorro de emisiones que se deriva de los usos energéticos indicados.

Tabla 12 Ahorro de emisiones que se produce por el uso de los subproductos de las agroindustrias del olivar para la obtención de calor, por MJ y kg de biomasa (a la humedad de referencia).

Tipo	Ahorro de emisiones*	
	gCO ₂ /MJ térmico	gCO ₂ /kg biomasa
Hueso de aceituna		
Autoconsumo	79,4	1.060,9
Industrias	78,3	1.046,2
Doméstico	78,8	1.052,9
Exportación	72,6	970,0
Intermediario/transformación	67,8	905,9
Orujillo		
Autoconsumo	79,4	1.036,2
Industrias	78,3	1.021,8
Exportación	72,8	950,1
Intermediario/transformación	67,9	886,1

* A la humedad de referencia de los subproductos: hueso de aceituna del 13,0% y orujillo del 10,05%.

Fuente: Elaboración propia.



4. Resultados y discusión

4.1 Resultados de las encuestas al sector

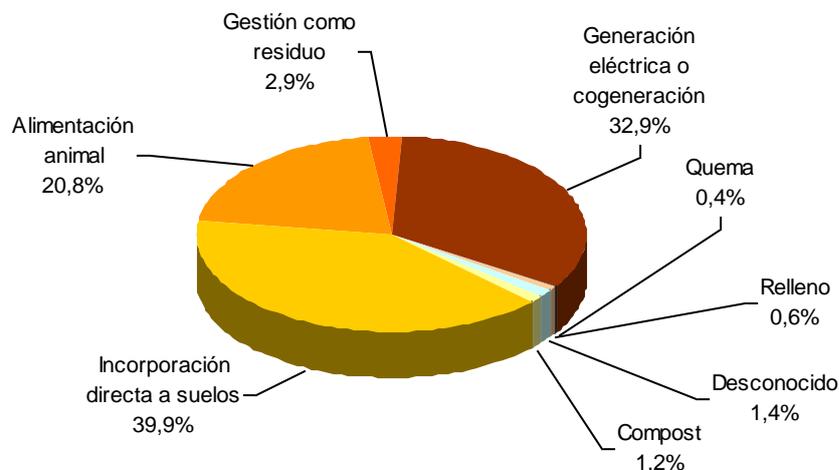
En este apartado se analizan los resultados obtenidos en las encuestas al sector sobre la producción y destinos de los subproductos, cuyo periodo de referencia corresponde a las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14. Asimismo, se realiza un análisis comparativo con los resultados que se obtuvieron en el estudio previo citado anteriormente, cuyo periodo de referencia fueron las campañas 2006/07 y 2007/08 (CAP, 2010).

4.1.1. Almazaras

4.1.1.1. Hojín

Según las encuestas realizadas, la cantidad de hojín que se produce de media en las almazaras representa el 9,4% de la aceituna de entrada. Los principales usos de este hojín son la incorporación directa en los suelos (39,9%), que se realiza por los mismos agricultores que se llevan parte del material que se produce en las almazaras, la generación eléctrica o cogeneración (32,9%) y la alimentación animal (20,8%). Entre los destinos minoritarios se incluyen la gestión como un residuo para su eliminación (2,9%), la elaboración de compost (1,2%), el relleno de surcos producidos por la erosión (0,6%) y la quema sin aprovechamiento energético (0,4%).

Gráfico 1 Usos del hojín de las almazaras.



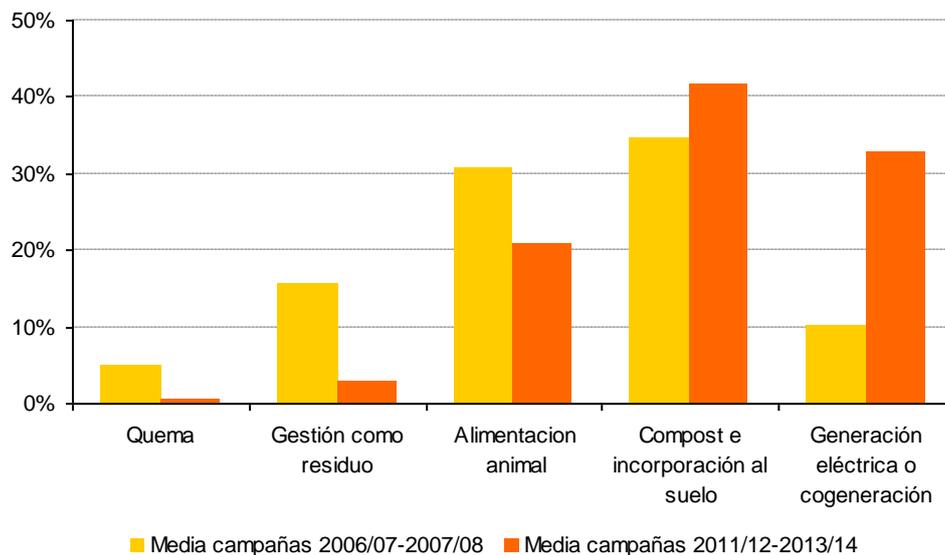
Fuente: Elaboración propia.



Respecto al estudio publicado en 2010, con periodo de referencia de las campañas 2006/07 y 2007/08, destaca el notable crecimiento de la proporción dedicada a generación eléctrica o cogeneración, teniendo en cuenta que en aquel periodo este destino representaba el 10,1% (Gráfico 2). Este crecimiento se debe a que las almazaras perciben ingresos por este destino, al contrario que por el resto. El precio medio percibido por las almazaras por el hojín para generación eléctrica ha sido de 16,61 €/t (impuestos no incluidos).

En contraste, han disminuido considerablemente los destinos de gestión como residuo, quema sin aprovechamiento energético y alimentación animal, mientras que los usos para producción de compost y la incorporación directa a los suelos han aumentado ligeramente. Aunque el hojín ha tenido tradicionalmente un aprovechamiento, ya sea para alimentación animal, incorporación a los suelos, etc., la tendencia descendente de su tratamiento como un residuo para su eliminación o quema muestra que ha aumentado su importancia como subproducto con un uso posterior.

Gráfico 2 Evolución de los usos del hojín de las almazaras.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar, que esta distribución de los destinos del hojín varía considerablemente en las almazaras en las que se elabora compost a partir de alperujo y hojín. En la mayoría de éstas se emplea todo el hojín para la elaboración del compost; en concreto esto ocurre en 6 de las 8 almazaras encuestadas que realizan compostaje. Considerando las 8 en total, el hojín empleado para compostaje representa el 66,7%, siendo el resto, para alimentación animal (25,7%) y la incorporación directa al suelo (7,7%).

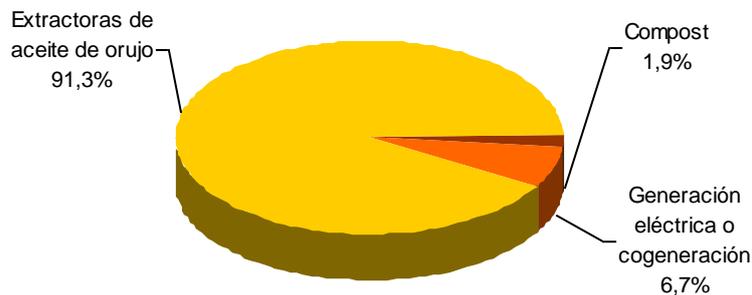
Algo similar ocurre cuando se consideran de forma aislada las almazaras en las que se destina hojín a generación eléctrica o cogeneración (27 en total de las 121 encuestadas). En alrededor de la mitad de ellas (13), se destina todo el hojín a la generación eléctrica o cogeneración. Considerando a las 27, este uso es mayoritario, representando el 88,6%.



4.1.1.2. Alperujo

La cantidad de alperujo que se produce de media en las almazaras representa el 80,5% de la aceituna de entrada. El uso mayoritario del alperujo es la obtención de aceite de orujo en extractoras u orujeras; concretamente este uso representa el 91,3%. El resto se destina a generación eléctrica o cogeneración²⁴ (6,7%) y fabricación de compost (1,9%).

Gráfico 3 Usos del alperujo de las almazaras.



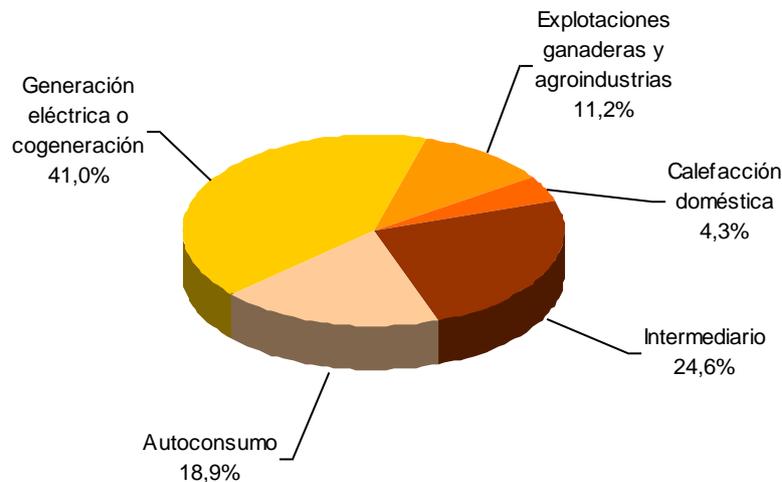
Fuente: Elaboración propia.

Como en el caso del hojín, esta distribución de los destinos del alperujo varía notablemente en las almazaras en las que se realiza compostaje. De este modo, de las 8 almazaras encuestadas en las que se elabora compost, en 5 se emplea el todo el alperujo con este fin. Teniendo en cuenta al conjunto de todas ellas, el alperujo para compostaje alcanza el 83,0%, siendo el resto (17,0%) destinado a la extracción de aceite de orujo en extractoras u orujeras.

4.1.1.3. Hueso de aceituna

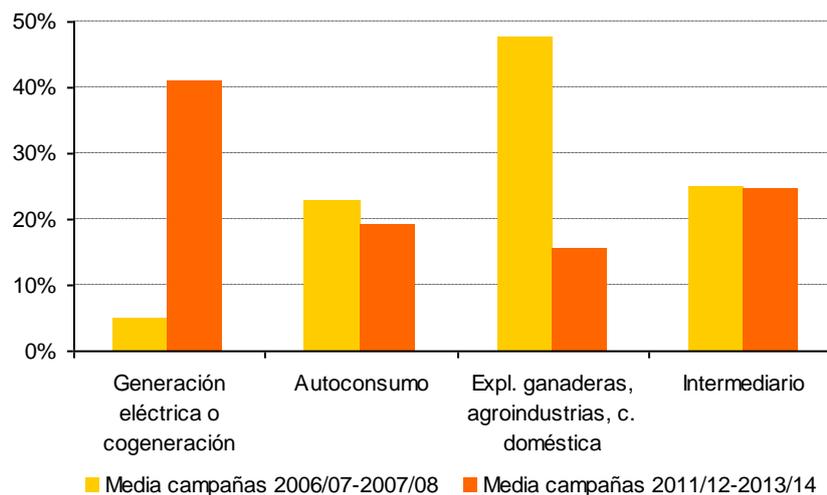
La cantidad de hueso que se produce de media en las almazaras, en las que se extrae el hueso a partir del alperujo, representa el 9,2% de la aceituna de entrada, siendo su humedad media del 20,3%. El 18,9% de este hueso se autoconsume en las mismas almazaras, siendo el resto vendido para su uso en aplicaciones eléctricas y/o térmicas (Gráfico 4). En cuanto a las ventas destacan las realizadas a plantas de generación eléctrica o cogeneración, destino que representa el 41,0% del total, y a intermediarios o transformadores (24,6%).

²⁴ Como se ha indicado antes, el alperujo dedicado a generación eléctrica o cogeneración se destina a una planta existente en Palenciana (Córdoba).

Gráfico 4 Usos del hueso de aceituna de las almazaras.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al estudio publicado en 2010, con periodo de referencia de las campañas 2006/07 y 2007/08, destaca el aumento significativo que se ha producido en la proporción de hueso destinada a generación eléctrica o cogeneración, teniendo en cuenta que en aquel periodo representaba el 5,0%. Por el contrario, ha disminuido considerablemente la proporción destinada a ventas directas para usos térmicos en explotaciones ganaderas, agroindustrias y calefacción doméstica, que en el periodo anterior representaban el 47,5%. Por su parte, los usos autoconsumo y venta a intermediarios se mantienen prácticamente constantes.

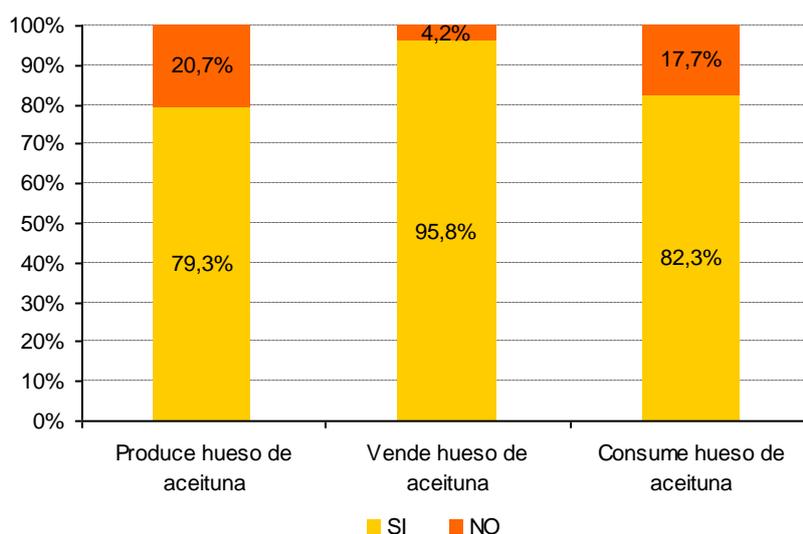
Gráfico 5 Evolución de los usos del hueso de aceituna de las almazaras.

Fuente: Elaboración propia.

La extracción de hueso de aceituna se realiza en la mayor parte de las almazaras, en concreto, en el 79,3% de las almazaras encuestadas (Gráfico 6). Este porcentaje no ha aumentado respecto al periodo 2006/07 – 2007/08 (CAP, 2010). La mayor parte de las almazaras vende parte del hueso de aceituna que produce, en concreto el 95,8%, de modo que se puede considerar que el hueso constituye un co-producto de este sector. De hecho, este porcentaje

ha aumentado respecto al periodo anterior, en el que las almazaras que vendían hueso representaban el 69,0%. El autoconsumo de hueso para la obtención de calor de proceso se realiza en el 82,3% de las almazaras encuestadas.

Gráfico 6 Proporción de almazaras en las que se produce, vende y consume hueso de aceituna.



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la totalidad de almazaras encuestadas (incluyendo las que no extraen hueso), la producción media de hueso respecto al total de aceituna procesada es del 8,1%. En el periodo 2006/07 – 2007/08 este porcentaje se encontraba en el 5,2%, lo que indica que ha aumentado el interés por la extracción del hueso de aceituna en las almazaras.

El precio medio percibido por la venta de hueso de aceituna ha sido de 73,16 €/t (impuestos no incluidos). El precio percibido varía en función del tipo de venta, siendo superior en la venta directa (76,92 €/t) que en la venta a intermediarios (64,35 €/t). El precio medio ha aumentado notablemente respecto al periodo 2006/07 – 2007/08, en el que éste se situaba en 51,70 €/t, lo que supone un incremento del 41,5%.

4.1.2. Extractoras

4.1.2.1. Hueso de aceituna

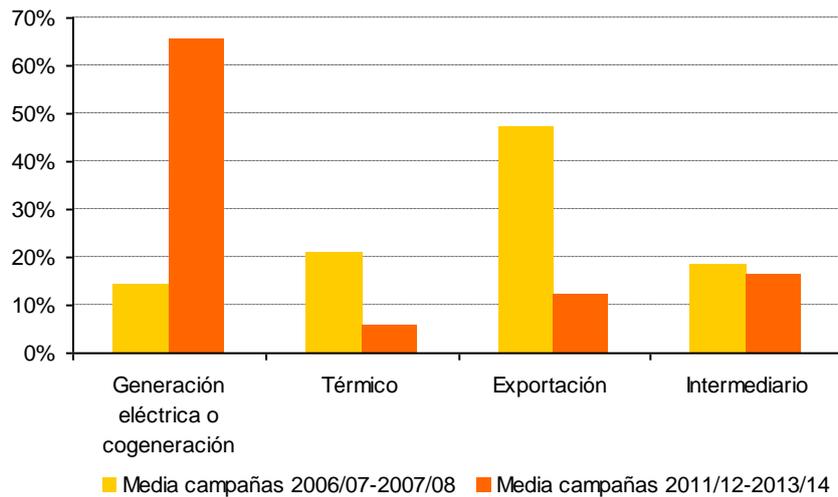
En algunas extractoras se extrae el hueso de aceituna del alperujo antes de su procesado, con el objetivo de emplearlo como biocombustible para calor de proceso y vender el excedente, concretamente, en el 23,7% del total.

Los principales destinos del hueso de aceituna que no se autoconsume en las mismas extractoras son las plantas de generación eléctrica o cogeneración (65,5%), intermediarios (16,4%), exportación (12,1%) e instalaciones industriales, explotaciones ganaderas y calefacción doméstica (6,0%) (Gráfico 7).



Respecto al periodo anterior 2006/07-2007/08, destaca el aumento considerable de la proporción destinada a generación eléctrica, teniendo en cuenta que en ese periodo representaba el 14,0% (Gráfico 7). En contraste, han descendido de forma notable las exportaciones y los destinos térmicos en explotaciones agroindustriales, ganaderas y calefacción doméstica, mientras que las ventas a intermediarios se mantienen.

Gráfico 7 Evolución de los usos del hueso de aceituna no autoconsumido de las extractoras.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2. Orujillo

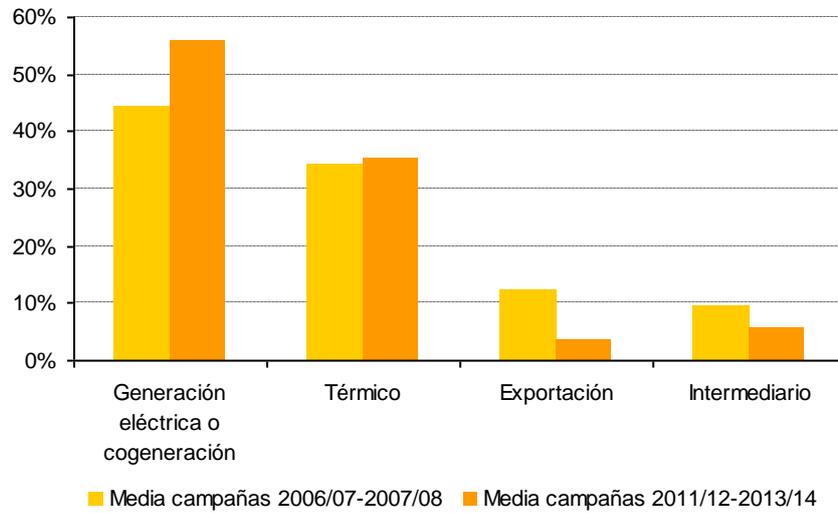
El número de extractoras que generan orujillo en Andalucía es de 19, la mitad de las existentes en la región²⁵. En parte de estas extractoras se autoconsume orujillo para el secado del alperujo en función de las necesidades térmicas. El orujillo que no se autoconsume en las extractoras se vende a plantas de generación eléctrica o cogeneración (55,7%), instalaciones industriales para su empleo con fines térmicos (35,3%), intermediarios (5,6%) y exportación (3,5%) (Gráfico 8).

Como en los casos anteriores, el porcentaje de orujillo destinado a generación eléctrica ha aumentado respecto al periodo 2006/07-2007/08, en el que este destino representaba el 44,3%. En contraste han disminuido las exportaciones y las ventas a intermediarios, mientras que las ventas directas para usos industriales se mantienen respecto al periodo anterior.

²⁵ Como se ha indicado antes, solo se produce orujillo en las extractoras que extraen aceite de orujo mediante procedimientos químicos (previo secado del alperujo); en el resto de plantas se extrae con métodos físicos y/o se realiza el secado de alperujo para su traspaso a otra extractora (secadero) (ver Figura 3 del apartado 3.3.2).



Gráfico 8 Evolución de los usos del orujillo de las extractoras no autoconsumido.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Entamadoras

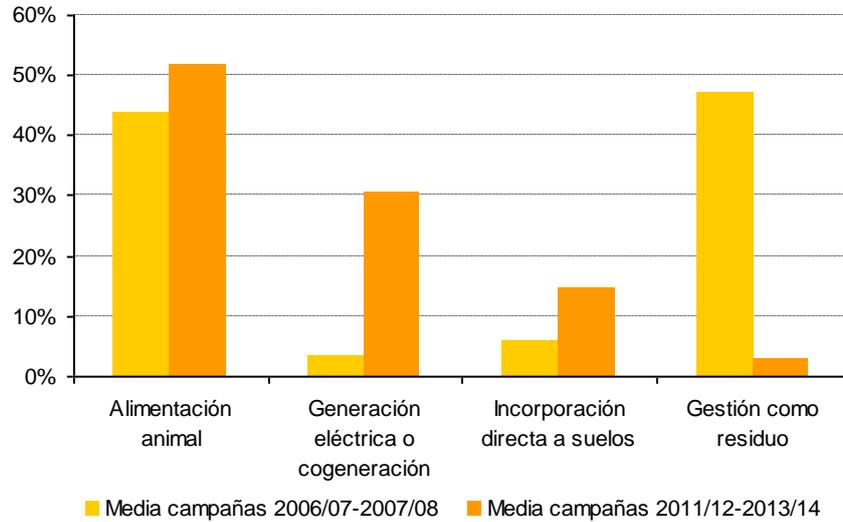
4.1.3.1. Hojín

La cantidad de hojín que se produce de media en las entamadoras representa el 1,7% de la aceituna procesada en las mismas. Entre los usos de este hojín destacan la alimentación animal (51,6%), la generación eléctrica o cogeneración en plantas de biomasa (30,6%) y la incorporación directa a los suelos por los agricultores (14,7%) (Gráfico 9).

Como en los casos anteriores, destaca el crecimiento que ha experimentado la proporción destinada a generación eléctrica respecto al periodo 2006/07-2007/08, en el que este destino representaba el 5,8%. Aumenta también el porcentaje destinado a alimentación animal y a incorporación directa a los suelos. En contraste, se reduce de forma muy notable la gestión como un residuo, lo que indica que el hojín de las entamadoras se ha convertido prácticamente en su totalidad en un subproducto con un uso posterior.



Gráfico 9 Evolución de los usos del hojín de las entamadoras.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Hueso de aceituna

De las entamadoras encuestadas, el 21,7% elaboran aceituna sin hueso, generando hueso de aceituna, el cual prácticamente en su totalidad²⁶ se destina, junto con la aceituna de destrío, a la obtención de aceite oliva en las almazaras.

²⁶ Con carácter excepcional, se ha encontrado una entamadora en la que se emplea el hueso de aceituna para la obtención de calor de proceso mediante una caldera de biomasa.



4.2 Balance de la producción y usos de los subproductos

En la Figura 4 se representa el balance estimado de la producción y usos de los subproductos de la agroindustria del olivar en Andalucía que se ha obtenido según la metodología descrita anteriormente. Este balance corresponde a la media de las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14.

En estas campañas se procesaron de media en Andalucía 5.834.128 toneladas de aceitunas anuales. Como se ha indicado antes, la mayor parte de esta aceituna se destina a la obtención de aceite de oliva, en concreto el 92,4%. El 7,6% restante se dedica a la obtención de aceituna de mesa en las entamadoras.

En las almazaras se producen 1.103.256 toneladas de aceite de oliva, con un rendimiento del 20,3% respecto a la aceituna de entrada. Como subproducto del proceso de obtención de aceite de oliva se generan 4.340.360 toneladas de alperujo (65,0% de humedad), además de 506.825 toneladas de hojín (37,45% de humedad) procedente de la limpieza de la aceituna antes de su procesado.

A partir de este alperujo se extraen en las mismas almazaras 496.041 toneladas de hueso de aceituna, con una humedad media del 20,3%. Este hueso equivale a un peso final de 454.419 toneladas al 13,0% de humedad.

La cantidad de alperujo que resulta tras la extracción de parte del hueso de aceituna que contiene en las almazaras es de 3.844.319 toneladas. Éste se destina mayoritariamente a las extractoras para la obtención de aceite de orujo de oliva (91,6%), y el resto, a generación eléctrica o cogeneración (5,6%) y fabricación de compost (2,8%).

En las extractoras, a partir de este alperujo, se obtienen 95.432 toneladas de aceite de orujo, tanto mediante procesos físicos como químicos, lo que supone un rendimiento del 2,7% respecto al alperujo de entrada. Además se extraen 66.899 toneladas de hueso de aceituna. En las extractoras que en las que se realiza la extracción química de aceite de orujo se generan 912.857 toneladas de orujillo (10,05% de humedad), lo que representa el 25,9% del alperujo de entrada.

Por su parte, en las entamadoras se producen 417.808 toneladas de aceituna de mesa de media, lo que constituye el 94,4% de la aceituna que se procesa en las mismas. El resto, 24.569 toneladas (5,6%), corresponde a aceituna de destrío y hueso de aceituna procedente de la elaboración de aceituna sin hueso, que se destina prácticamente en su totalidad a la obtención de aceite de oliva en las almazaras.

La producción total de hojín generado tanto en las almazaras como en las entamadoras alcanza 514.345 toneladas al año (37,46% de humedad). Este hojín se emplea principalmente para su incorporación directa a los suelos (39,0%), generación eléctrica o cogeneración (32,3%) y alimentación animal (21,4%).



Unión Europea

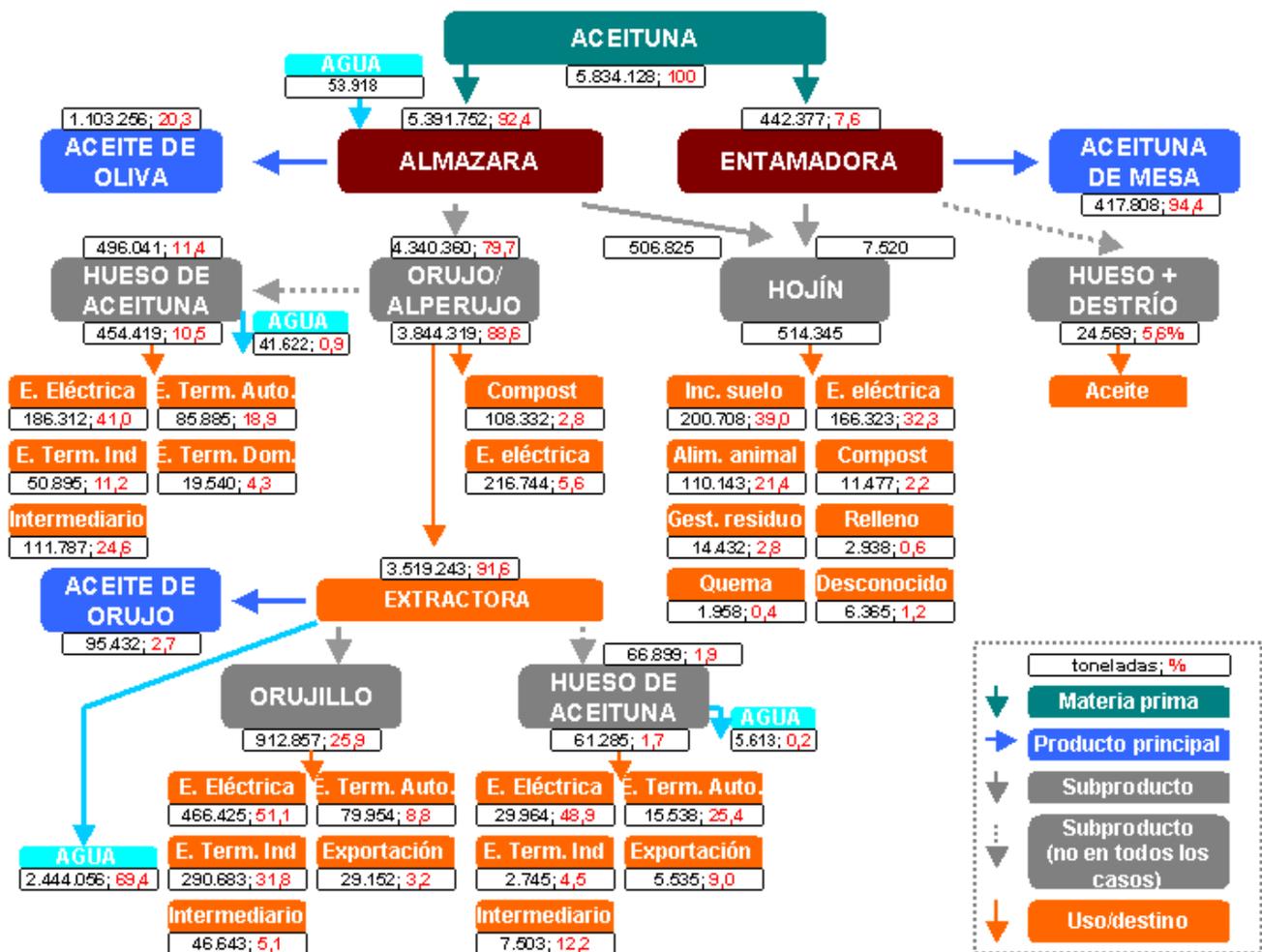
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural



Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

Figura 4 Balance de la producción y usos de los productos y subproductos de las agroindustrias del olivar andaluzas.



Fuente: Elaboración propia.

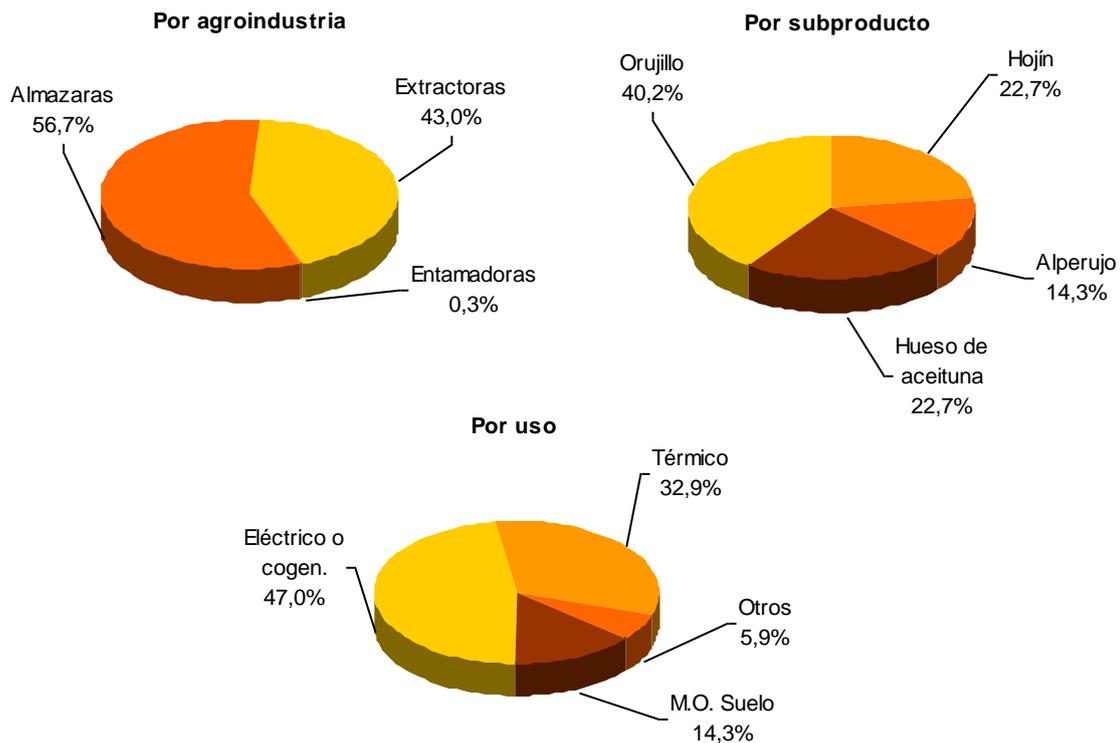


Globalmente, por tipo de agroindustria la mayor contribución a la producción de subproductos con un uso final²⁷ corresponde a las almazaras, con el 56,7% de la cantidad total de los subproductos generada, seguida de las extractoras, con el 43,0% (Gráfico 10). Las entamadoras contribuyen tan solo con el 0,3%.

Por subproductos, el orujillo es el principal subproducto en peso de biomasa de todo el sector en términos de usos finales, contribuyendo con el 40,2%, seguido del hueso de aceituna y el hojín, que contribuyen en la misma proporción, del 22,7%. El alperujo con un uso final representa el 14,3%.

Por usos, la generación eléctrica y cogeneración constituye el principal destino, representando el 47,0% del total, seguida de los usos térmicos, que contribuyen con el 32,9%, y el destino para materia orgánica del suelo, que representa el 14,3%. El resto de usos como la alimentación animal, gestión como residuo, etc. suponen el 5,9% restante. Por tanto, los usos energéticos, tanto eléctricos como térmicos, constituyen el principal destino de los subproductos de las agroindustrias del olivar, representando el 79,9% del total.

Gráfico 10 Distribución de la producción de subproductos agroindustriales del olivar con un uso final directo por tipo de agroindustria, subproducto y uso.



Fuente: Elaboración propia.

²⁷ Se entiende como uso final del subproducto al último de la cadena de aprovechamientos. El análisis se realiza en términos de usos finales con el objetivo de evitar la duplicidad en la contabilización en el balance de masa. De este modo, en el caso del alperujo se considera como usos finales el compostaje y la generación eléctrica, y no el destino a la obtención de aceite de orujo en las extractoras, ya que en este caso se contabilizan los usos finales del orujillo y el hueso de aceituna que se obtienen del mismo. En el caso del hueso de aceituna se tiene en cuenta a la humedad final del 13,0%, y no a la humedad que posee en el momento en el que se produce (20,3%).



4.3 Consumo y potencial energéticos

Los usos energéticos de los subproductos de las agroindustrias del olivar indicados antes suponen una aportación a la estructura de consumo de energía primaria²⁸ de 598.236 tep²⁹/año, lo que representa el 19,3% del consumo de energía primaria procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 3,2% del consumo de energía primaria total de la región (Tabla 13).

Este aprovechamiento supone el 86,0% del potencial energético de estos subproductos, que es de 695.655 tep/año³⁰ (el 3,8% del total de consumo de energía primaria de la región). En concreto, se realiza un aprovechamiento energético del 100% del potencial del hueso de aceituna y el orujillo, del 66,7% del alperujo (con un uso final) y del 32,3% del hojín. El menor aprovechamiento del potencial de este último se debe a que, como se ha visto antes, existe una mayor variedad de usos distintos al energético.

En términos de energía final³¹ (no incluye la energía eléctrica ya que ésta se contabiliza en el término de consumo final de energía eléctrica), el uso de los subproductos de las agroindustrias del olivar alcanza las 266.591 tep/año, lo que supone el 29,4% de la energía final procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 2,1% del consumo de energía final de la región.

Por su parte, la energía eléctrica generada a partir de estos subproductos alcanza de media los 809,0 GWh/año, lo que representa el 6,6% de la producción bruta de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en Andalucía, y el 2,1% del total de la producción eléctrica de la región. Esta energía eléctrica equivale al consumo doméstico de una población de 513.921 habitantes, o de 188.685 hogares³².

²⁸ Energía primaria: energía que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión y se encuentra en su forma natural.

²⁹ tep: tonelada equivalente de petróleo. Unidad de energía equivalente a 10^7 kcal.

³⁰ El potencial estimado es un 22,5% superior al obtenido en el estudio anterior (CAP, 2010), en el que se estimó en 567.702 tep/año. Esto se debe principalmente al aumento de la aceituna procesada, que se ha incrementado en un 24,1% (en aquel momento se procesaban de media 4.700.000 toneladas de aceituna).

³¹ Energía final: energía procedente de las fuentes de energía primaria por transformación de éstas en combustibles líquidos, combustibles gaseosos, electricidad, etc., para ser consumida.

³² Valores calculados en base a un consumo de 1.574 kWh/hab.año y de 4.288 kWh/hogar.año respectivamente, obtenidos a partir del consumo de energía eléctrica del sector residencial medio en Andalucía de los años 2011, 2012 y 2013 (13.283 GWh; AAE, 2014) y de la población y número de hogares medios de dichos años (8.438.129 habitantes y 3.098.033 hogares, según datos del Instituto de Estadística de Andalucía).

**Tabla 13** Consumo y potencial estimados en términos de energía primaria y final, y producción de energía eléctrica estimada, de los subproductos de las agroindustrias del sector del olivar.

Subproducto	Energía primaria (tep)			Energía final (tep)	Producción bruta de E. Eléctrica (GWh)
	Consumo estimado	Potencial estimado	% uso energético	Consumo estimado	
Hojín	39.245	121.364	32,3%	4.292	98,6
Alperujo	30.612	45.912	66,7%	0	76,9
Hueso de aceituna	193.624	193.624	100,0%	104.439	204,0
Orujillo	334.755	334.755	100,0%	157.860	429,6
Total subproductos	598.236	695.655	86,0%	266.591	809,0
Total de renovables en Andalucía	3.104.767			907.933	12.326
% sobre el total de renovables	19,3%	22,4%		29,4%	6,6%
Total de Andalucía	18.455.967			12.648.400	38.738
% sobre el total de Andalucía	3,2%	3,8%		2,1%	2,1%
% energías renovables sobre el total	16,8%			7,2%	31,8%

Nota: Los datos totales de Andalucía corresponden a los valores medios de los años 2011, 2012 y 2013 (AAE, 2014).

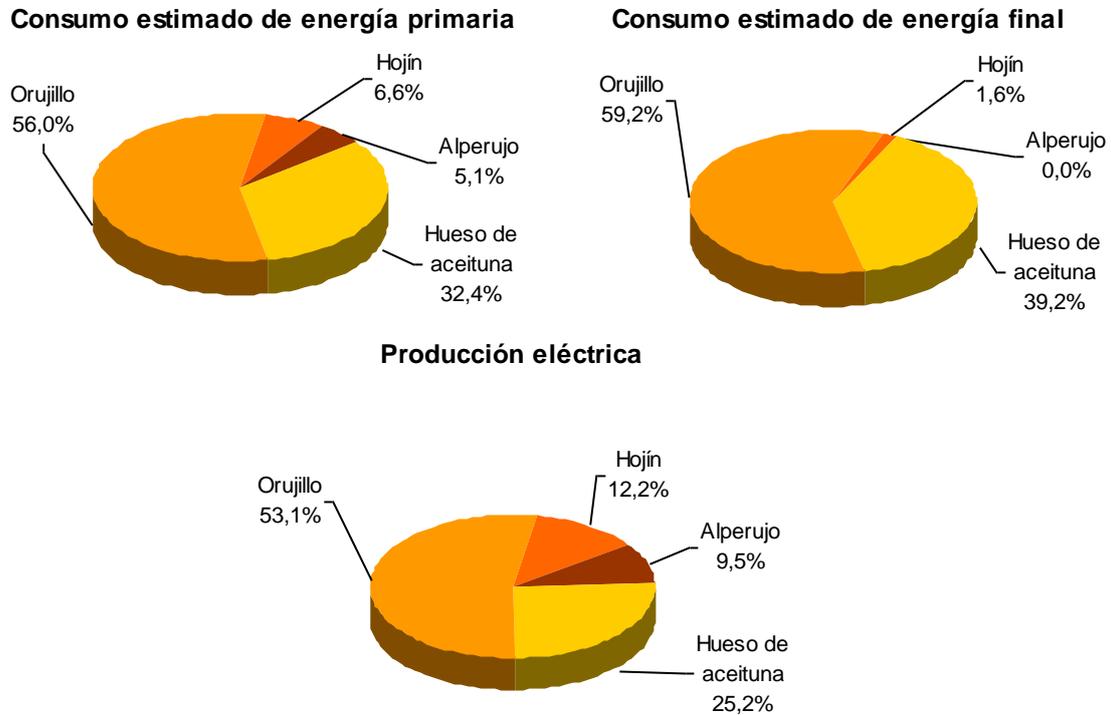
Fuente: Elaboración propia.

Por subproductos, la mayor aportación al consumo de energía primaria corresponde al orujillo (56,0%), seguido del hueso de aceituna (32,4%), contribuyendo en conjunto con el 88,4% (Gráfico 11). En el consumo de energía final ambos representan el 98,4%, debido a que en este caso solo se contabiliza el uso final como energía térmica. La aportación del hojín del 1,6% corresponde al calor aprovechado en las plantas de cogeneración con biomasa.

En cuanto a la producción de energía eléctrica destaca la aportación del orujillo, que contribuye con más de la mitad del total (53,1%), seguido del hueso de aceituna, que representa el 25,2%, el hojín, con el 12,2%, y el alperujo, con el 9,5%.



Gráfico 11 Distribución de la aportación de los distintos subproductos al consumo de energía primaria y final estimados y a la producción bruta de electricidad.



Fuente: Elaboración propia.

4.4 Ahorro de emisiones de GEI

Los usos de los subproductos agroindustriales del olivar suponen un ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero global de 1.665.146 toneladas de CO_{2-eg}/año, lo que representa el 3,1% de las emisiones totales anuales de Andalucía³³. La mayor parte de este ahorro se produce en la línea de obtención de aceite de oliva, con el 99,9%.

Por agroindustrias, el mayor ahorro de emisiones se produce en las extractoras (51,1%), aunque con un valor muy cercano al que se obtiene en las almazaras (48,8%), siendo el restante (0,1%) aportado por las entamadoras (Gráfico 12 y Figura 5). Esto se debe a la contribución del orujillo empleado con fines energéticos, cuya aportación al global de ahorro de emisiones es del 47,8%. Le siguen en importancia el hueso para usos energéticos, que contribuye con el 27,7%, y el hojín, con el 17,7%, en este caso debido principalmente a su empleo como materia orgánica para el suelo. El alperujo para generación eléctrica y compostaje contribuye con el 6,9%.

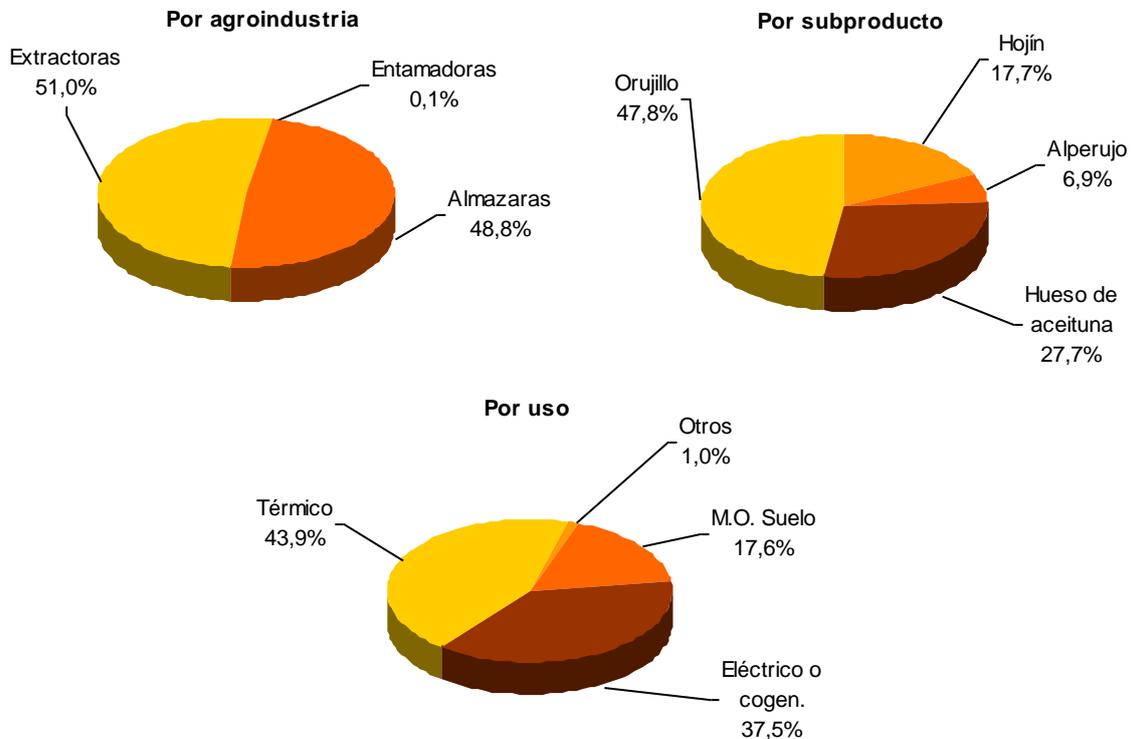
Por usos, la mayor contribución al ahorro de emisiones corresponde a los usos térmicos (43,9%), seguido de cerca por el uso en generación eléctrica y cogeneración (37,5%), y la incorporación de materia orgánica del suelo (17,6%). En conjunto, los usos energéticos

³³ Respecto a unas emisiones totales de 54.163.600 toneladas de CO₂, media del periodo 2008-2012 (MARM, 2012).



contribuyen con el 81,4% del ahorro global de emisiones que se produce como resultado de los distintos usos de los subproductos.

Gráfico 12 Contribución al ahorro de emisiones debido al uso de los subproductos agroindustriales del olivar en Andalucía por tipo de agroindustria, subproducto y uso.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la relación entre la cantidad de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ ahorrada en un uso concreto y la biomasa destinada a dicho uso, se puede obtener un indicador de su eficiencia en el ahorro de emisiones. Como se puede observar en la Tabla 14, los usos térmicos son los más eficientes en cuanto al ahorro de emisiones, con un ratio de 1,00 toneladas de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ por tonelada de biomasa, aunque la aportación de materia orgánica al suelo tiene un ratio cercano de 0,92³⁴. El ratio de la generación eléctrica o cogeneración es de 0,60, por lo que sería el uso menos eficiente, aunque este ratio aumentaría si incrementara la tasa de cogeneración con respecto al de generación exclusiva de electricidad.

³⁴ Se debe tener en cuenta que en este caso se ha tenido en cuenta la absorción bruta de carbono en la biomasa sin considerar la descomposición de la materia orgánica una vez incorporada en el suelo, por lo que el ratio de este concepto sería menor si se contabilizara en términos netos.



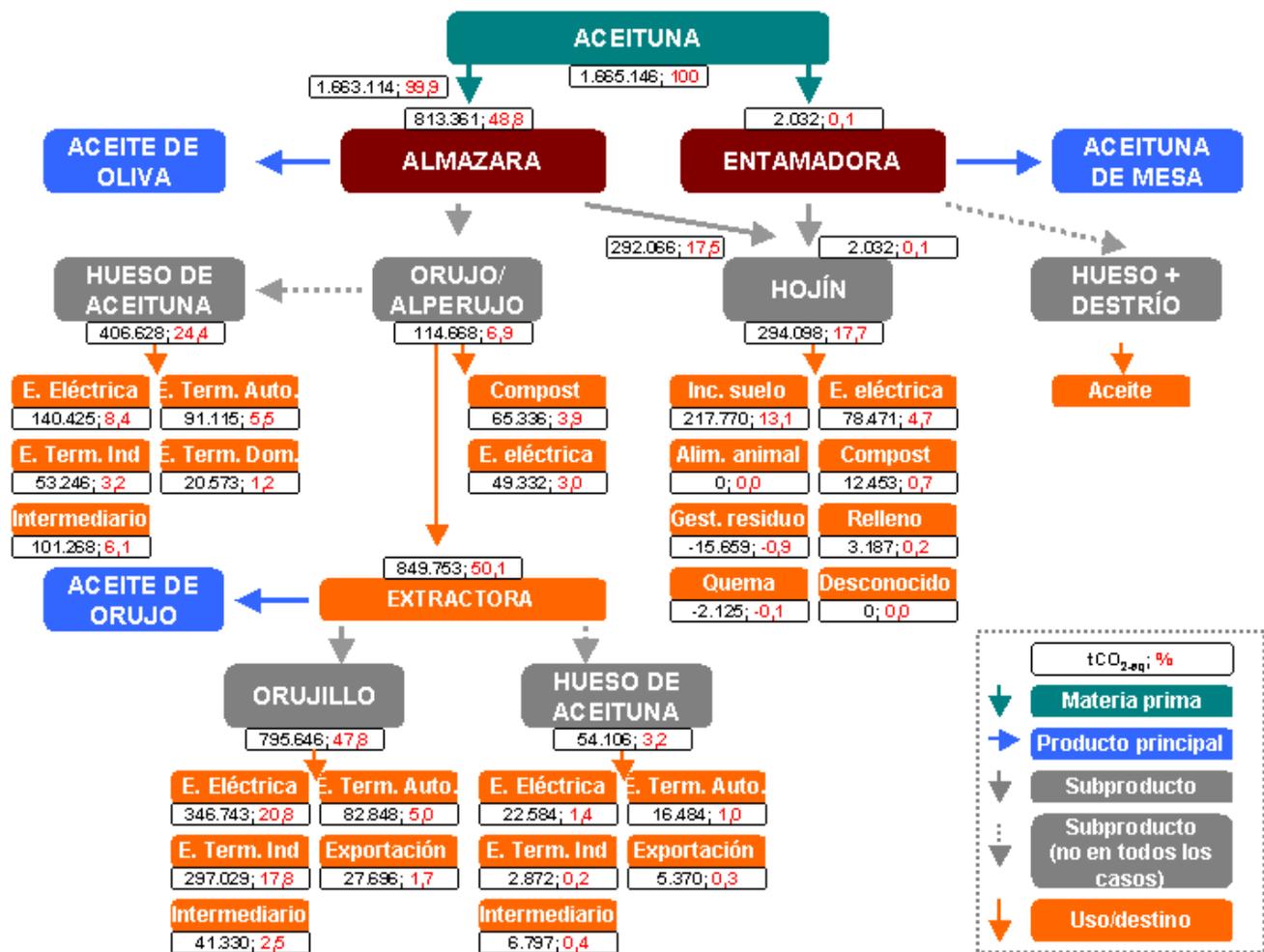
Tabla 14 Ratio de ahorro de emisiones de GEI por tonelada de biomasa en función de los usos (a la humedad de referencia).

Uso	tCO ₂ -eq/ t biomasa*
Incorporación de materia orgánica al suelo	0,92
Eléctrico o cogeneración	0,60
Térmico	1,00

* A la humedad de referencia de los subproductos: hojín del 37,46%, hueso de aceituna del 13,0%, orujillo del 10,05% y alperujo del 65,0%.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Ahorro de emisiones debido a los usos de los subproductos agroindustriales del olivar, en tCO_{2-eq} y porcentaje sobre el ahorro global.



Fuente: Elaboración propia.



4.5 Caracterización geográfica de la producción de los subproductos

A continuación se muestran los mapas en los que se caracteriza geográficamente la producción de subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía. Los valores representados corresponden a la media de las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14.

En los primeros mapas se muestra la producción por tipo de agroindustria y subproducto a la humedad indicada. Los valores se representan mediante símbolos graduados, cuyo tamaño es proporcional a las clases consideradas.

En el último de los mapas se muestra de forma agregada el potencial energético de los subproductos de las agroindustrias del olivar (hojín, hueso de aceituna y orujillo³⁵), mediante colores graduados en función de los rangos de valores considerados.

Como se puede observar, existe una amplia distribución de la producción de estos subproductos en todo el territorio andaluz, especialmente en el caso de los subproductos de las almazaras, con una mayor concentración en el área representativa de cultivo del olivar.

³⁵ Como en casos anteriores, para evitar la duplicidad en la contabilización no se incluye el alperujo, ya que a partir del mismo se produce el hueso de aceituna y el orujillo.

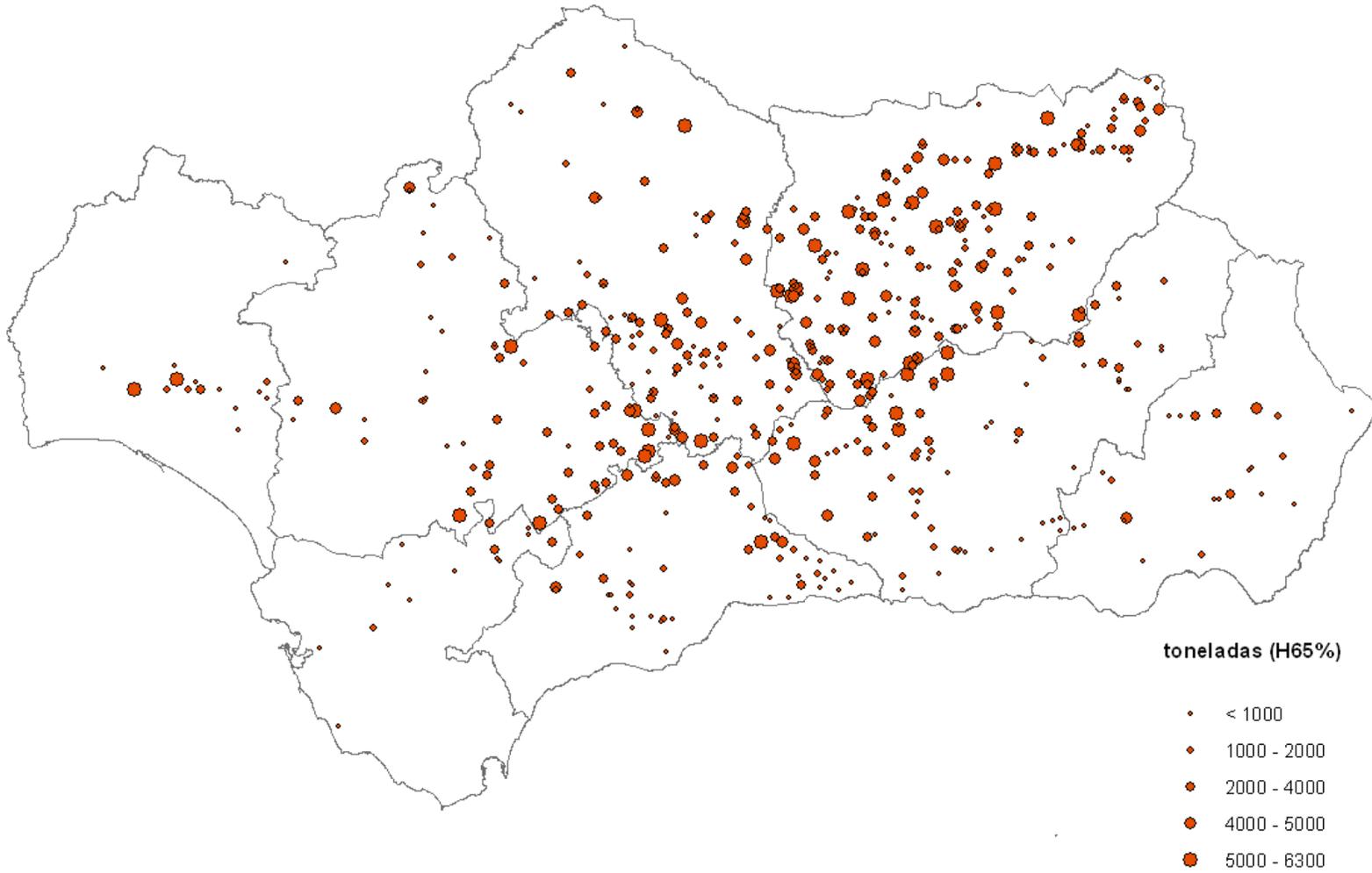


Producción de hojín de las almazaras



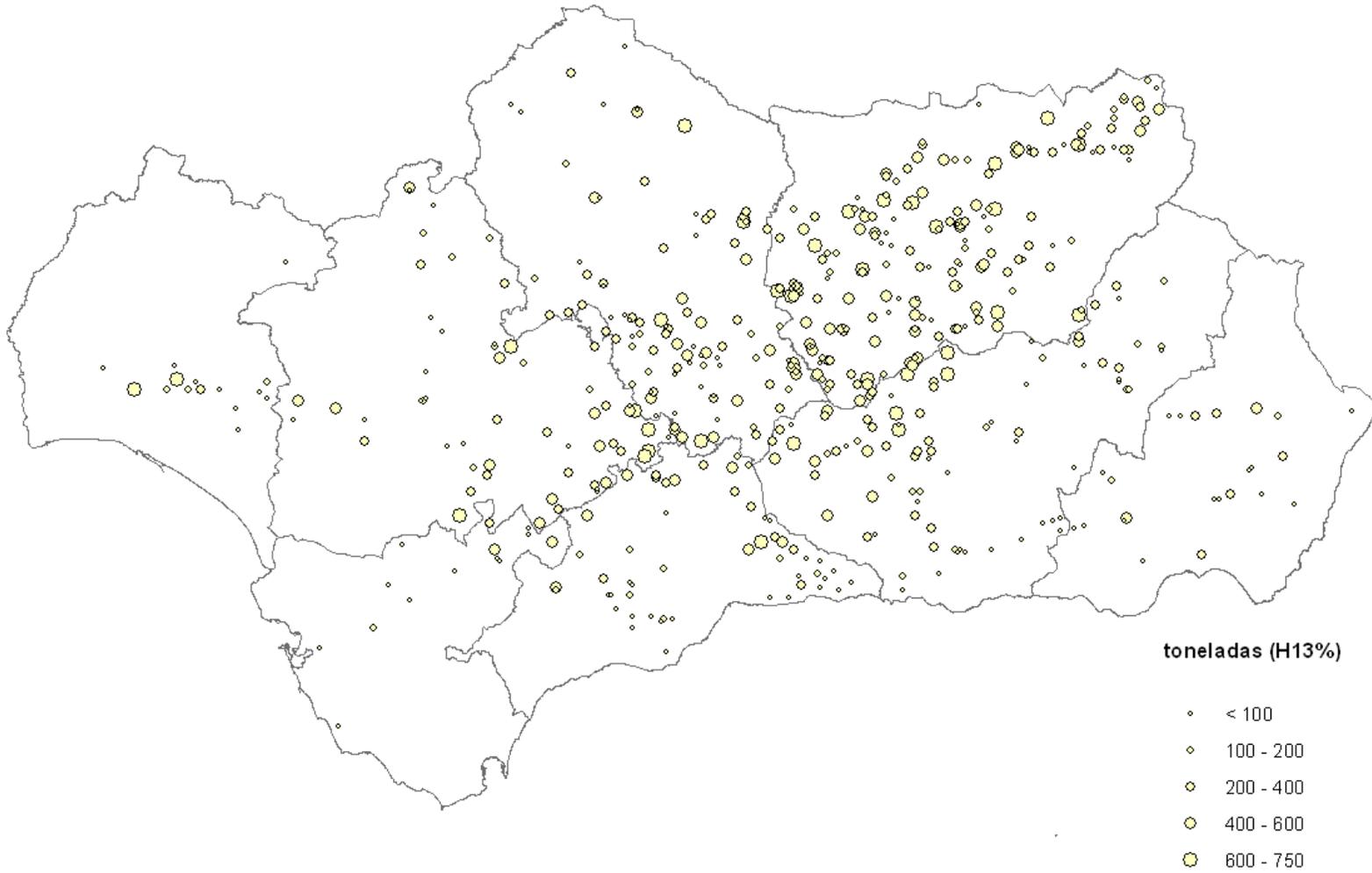


Producción de alperujo de las almazaras



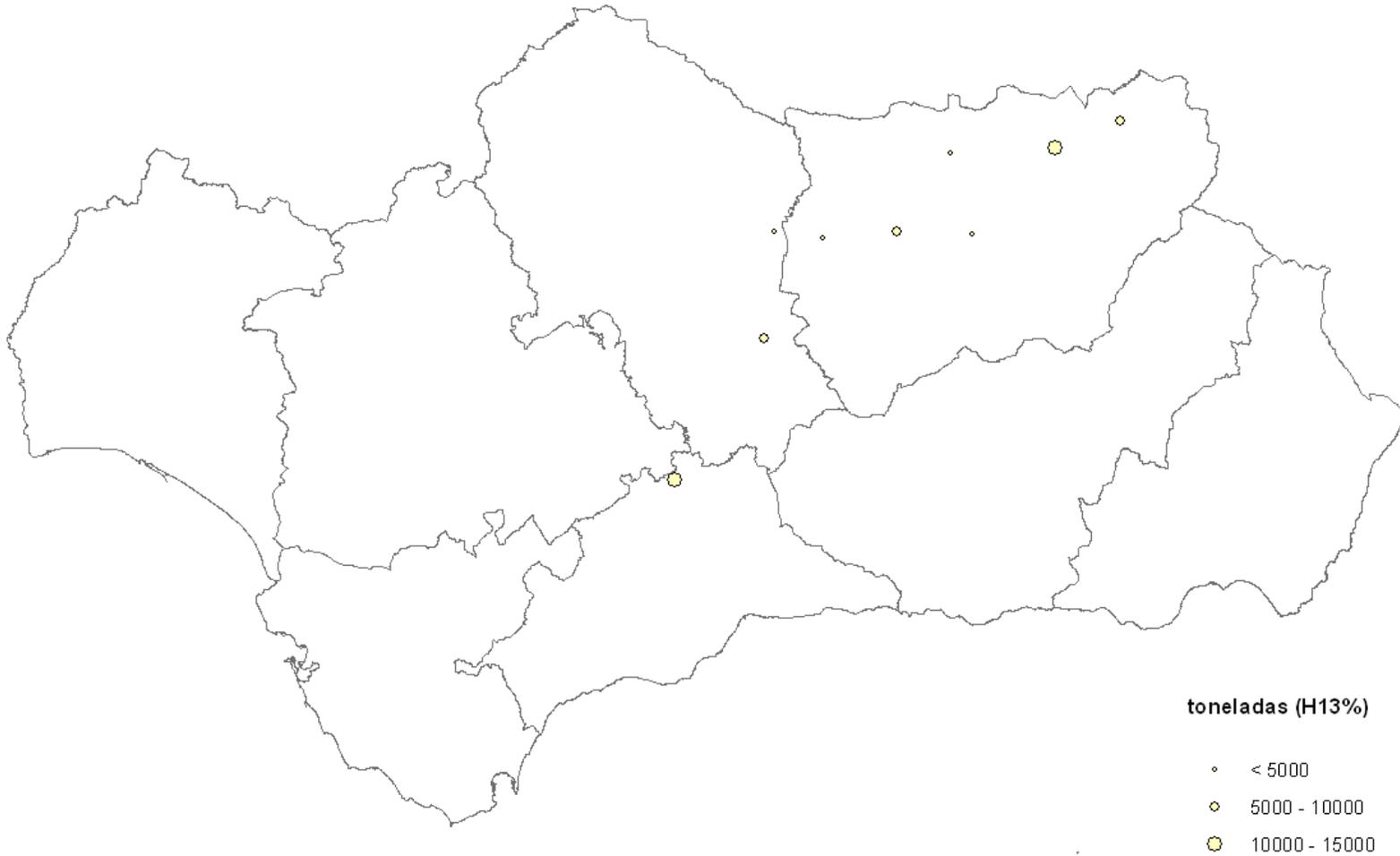


Producción de hueso de aceituna de las almazaras



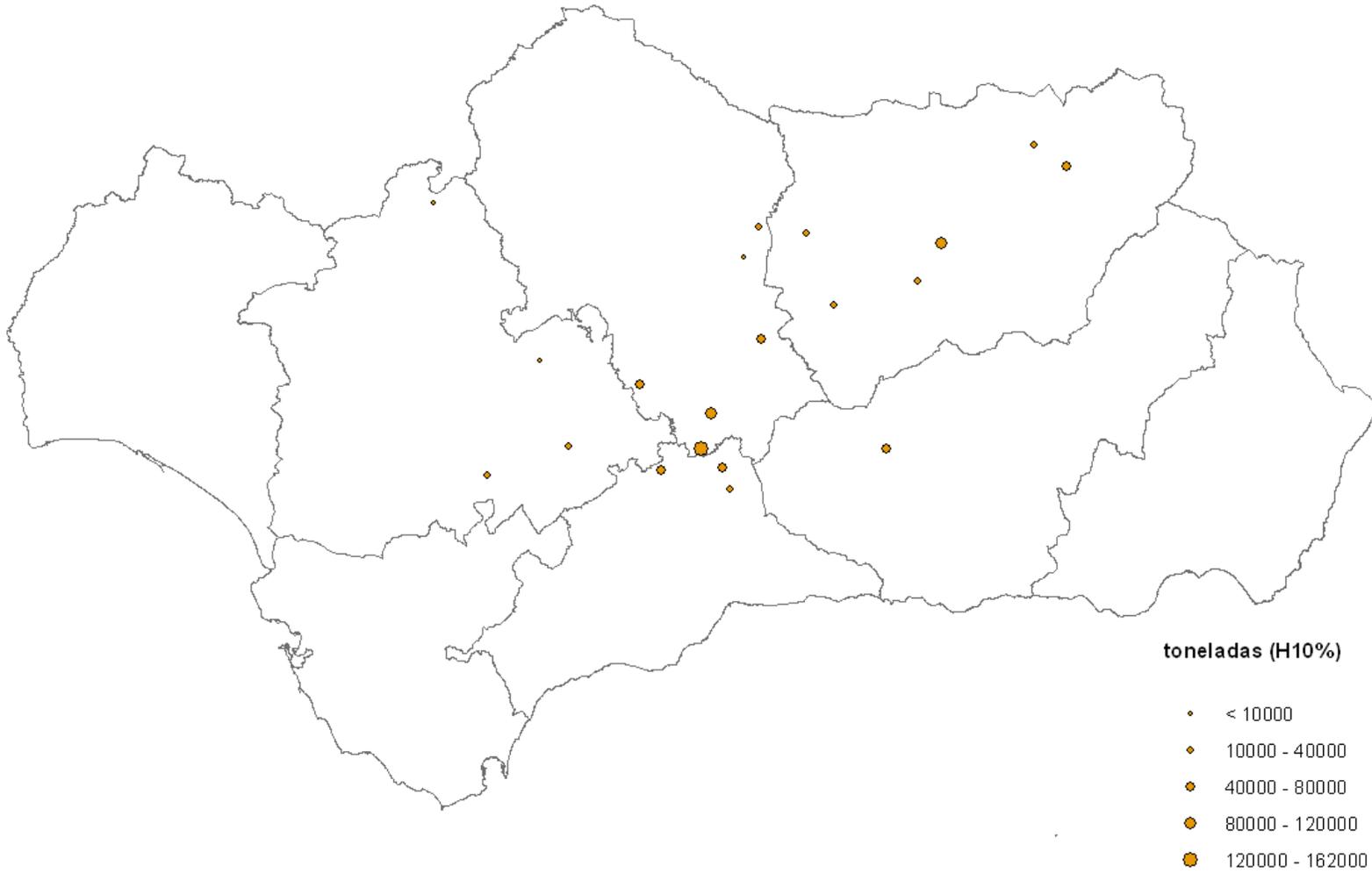


Producción de hueso de aceituna de las extractoras



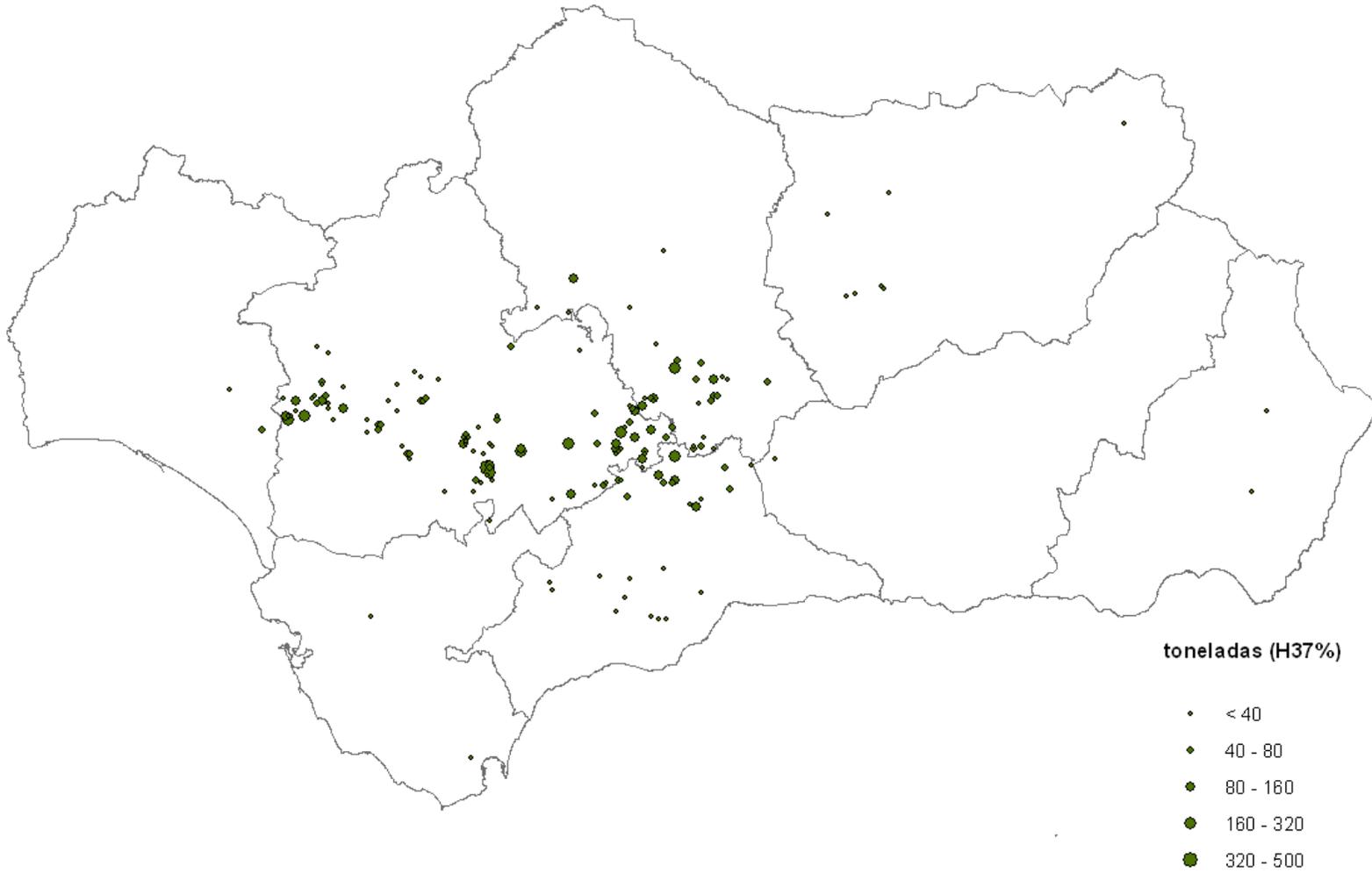


Producción de orujillo de las extractoras



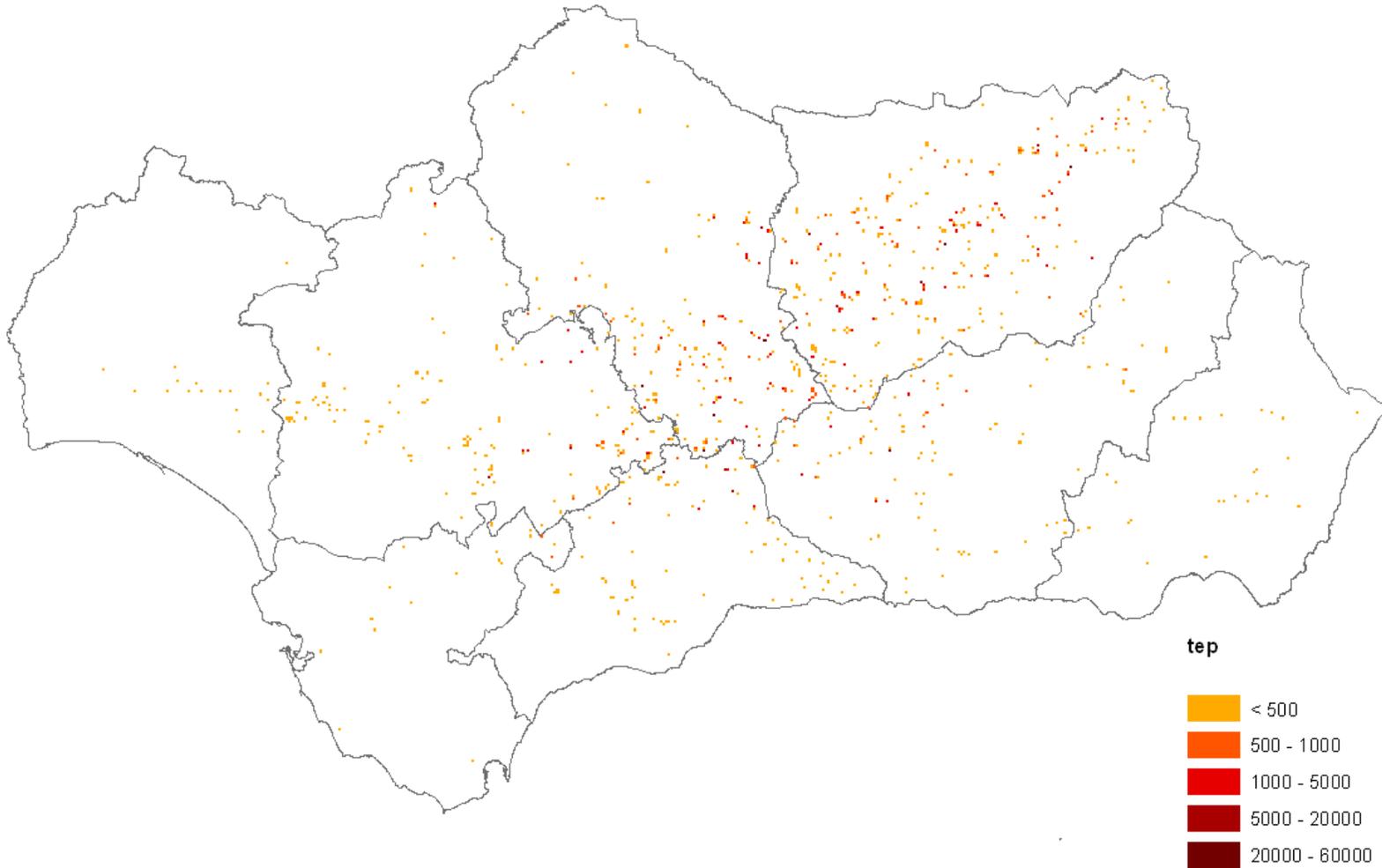


Producción de hojín de las entamadoras





Potencial energético de los subproductos de las agroindustrias del olivar



5. Conclusiones

Del análisis realizado se puede concluir que el modelo de usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar constituye un ejemplo de utilización en cascada eficiente de los recursos con un impacto positivo muy significativo en términos ambientales.

Prácticamente la totalidad de los subproductos de estas agroindustrias tienen un uso posterior; tan solo se ha contabilizado un 0,7% sin uso, concretamente de hojín que se quema o se gestiona como un residuo. Entre los distintos usos de los subproductos se incluyen la alimentación animal, la incorporación directa al suelo, el compostaje y la producción de energía, destacando ésta última.

De las 2.267.982 toneladas de subproductos que se producen en estas agroindustrias con un uso final, 1.811.629 toneladas se destinan a la producción de energía, lo que representa el 79,9% del total, correspondiendo el 47,0% a aplicaciones eléctricas o cogeneración y el 32,9% a usos térmicos. En los últimos años se ha producido un aumento destacable de los usos energéticos para generación eléctrica o cogeneración.

Esta importancia de los usos energéticos se debe principalmente a la importancia en volumen de producción del orujillo y hueso de aceituna, que representan el 40,2% y el 22,7% de la producción total, y cuyos destinos son prácticamente la producción de energía exclusivamente. Asimismo, contribuye el hojín, que ha aumentado su empleo para este destino.

El uso energético de los subproductos de las agroindustrias del sector del olivar (598.236 tep/año), alcanza el 86,0% de su potencial energético total (695.655 tep/año). En concreto, se realiza un aprovechamiento energético del 100% del potencial del hueso de aceituna y el orujillo, del 66,7% del alperujo (con un uso final) y del 32,3% del hojín. El menor aprovechamiento del potencial de este último se debe a que posee una mayor variedad de usos distintos al energético.

Los subproductos de las agroindustrias del olivar tienen una importancia considerable en el aporte de energía primaria procedente de fuentes renovables en Andalucía, representando el 19,3%, así como en el consumo de energía primaria total de la región, contribuyendo con el 3,2%.

En cuanto a la energía eléctrica generada a partir de estos subproductos, ésta alcanza de media los 809,0 GWh/año, lo que representa el 6,6% de la producción bruta de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en Andalucía, y el 2,1% del total de la producción eléctrica de la región. Esta energía eléctrica equivale al consumo doméstico de una población de 513.921 habitantes, o de 188.685 hogares.

Por otra parte, cabe destacar el empleo del hojín y el alperujo para su incorporación al suelo como materia orgánica, destino que ha aumentado en los últimos años, ya sea de forma directa (hojín) o después de su transformación en compost (alperujo y hojín). En concreto, este uso alcanza las 323.455 toneladas al año, lo que representa el 14,3% de la producción total de subproductos del sector.

El hojín generado en las almazaras y entamadoras representa el subproducto con unos usos más variados, entre los que se incluyen principalmente la incorporación directa al suelo (39,0%), la generación eléctrica o cogeneración (32,3%), la alimentación animal (21,4%) y el compostaje (2,2%).

El impacto ambiental positivo que se produce como resultado del uso de los subproductos de las agroindustrias del olivar es considerable, poniendo de manifiesto un uso en cascada eficiente de los recursos, si bien éste podría mejorarse a través de la obtención de otros bioproductos de alto valor añadido.

De este modo, debido a los distintos usos de estos subproductos se produce un ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero global de 1.665.146 toneladas de CO_{2-eq}/año, lo que representa el 3,1% de las emisiones totales anuales de Andalucía. La mayor parte de este ahorro se produce en la línea de obtención de aceite de oliva, que representa el 99,9%.

La mayor contribución al ahorro de emisiones corresponde a los usos energéticos, que contribuyen con el 81,4% del ahorro global de emisiones, de los que el 43,9% corresponde a usos térmicos y el 37,5% a generación eléctrica o cogeneración. Los resultados en cuanto al ahorro de emisiones derivado a estos usos son muy positivos debido al carácter de subproductos y el consumo de proximidad que caracterizan a la biomasa estudiada. Por su parte, la incorporación de materia orgánica al suelo representa el 17,6%, lo que supone una proporción considerable (en términos absolutos corresponde a 298.747 tCO_{2-eq}).

Los usos térmicos son los más eficientes en cuanto al ahorro de emisiones, con un ratio de ahorro de emisiones de 1,00 tonelada de CO_{2-eq} por tonelada de biomasa, aunque la aportación de materia orgánica al suelo tiene un ratio cercano de 0,92. El ratio obtenido para la generación eléctrica y cogeneración es de 0,60, por lo que sería el uso menos eficiente, aunque éste aumentaría si incrementara la tasa de cogeneración con respecto al de generación exclusiva de electricidad.

En cuanto a la caracterización geográfica de la generación de los subproductos, existe una amplia distribución de los mismos en todo el territorio andaluz, especialmente en el caso de los subproductos de las almazaras, con una mayor concentración en el área representativa de cultivo del olivar.

Bibliografía

AAE, 2014. *Datos energéticos de Andalucía 2013*. Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía.

BioGrace, 2015. *User manual for the BioGrace greenhouse gas calculation tool for electricity, heating and cooling*. Version 2. January 2015. BioGrace II. Harmonised Greenhouse Gas Calculations for Electricity, Heating and Cooling from Biomass. Supported by Intelligent Energy Europe.

CAP, 2008. *Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. DL: SE-3339-2008.

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.

CAPDR, 2013. *Cultivo ecológico del olivar*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. DL: SE 2559-2013.

Cerrote, F. 2011. *Producción de poliésteres biopoliméricos (PHAs) desde alperujo por medio de bacterias fijadoras de nitrógeno*. Universidad de Granada. DL: GR 1872-2011. ISBN: 978-84-694-1297-8.

COM, 2010. *REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling*. European Commission. COM(2010)11 final. SEC(2010) 65 final.

COM, 2011. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy*. European Commission. COM(2011) 21.

COM, 2012. *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa*. European Commission. COM(2012) 60 final. SWD(2012) 11 final.

COM, 2014. *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa*. Comisión Europea. COM(2014) 398 final/2. SWD(2014) 206 final. SWD(2014) 211 final.

Cruz, F., Palomar, J.M., Ortega, A. 2006. *Ciclo energético integral del sector oleícola en la provincia de Jaén (España)*. Grasas y Aceites. Abril – Junio, 219-228. ISSN. 0017-3495.

Fernández, J. 2009. *Biocombustibles sólidos modernos: producción y aplicaciones*. Hojas divulgadoras Núm. 2128 HD. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España.

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

IDAE, 2005. *Plan de Energías Renovables, 2005-2010*. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la energía (IDAE). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España.

IDAE, 2008. *Biomasa. Industria*. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la energía (IDAE). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España. DL: M-27146-2008. ISBN: 978-84-96680-31-9.

JRC, 2014. *Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions. Calculated according to the methodology set in COM(2010) 11 and SWD(2014) 259*. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport. European Commission. ISBN 978-92-79-38667-1. doi:10.2790/25820.

MARM, 2012. *Emisiones de GEI por comunidades autónomas a partir del inventario español - serie 1990-2012*. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.

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.

SWD, 2014. *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT State of play on the sustainability of solid and gaseous biomass used for electricity, heating and cooling in the EU*. European Commission. SWD(2014) 259 final.

Torrecilla, J.S. 2001. *Aprovechamiento del alperujo*. Agricultura - Revista agropecuaria. Año LXX Núm. 832. Octubre 2001. 832:734-737. DL: M-183-1958.



ANEXO I

ENCUESTA DIRIGIDA A ALMAZARAS

“Evaluación de la producción de los subproductos de las agroindustrias andaluzas”

DATOS IDENTIFICATIVOS

Nombre de la empresa: _____

Número de registro industrial (RIA): _____

Municipio: _____ Provincia: _____

Nombre de la persona entrevistada: _____

Cargo que ocupa en la empresa: _____ Fecha: _____

CUESTIONARIO

Restos de hojas y ramas finas (hojín)

El hojín es el residuo de ramas finas y hojas de olivo que se produce en limpieza de la aceituna antes de la molturación.

1. ¿Qué cantidad o porcentaje respecto a la aceituna de entrada se produce de media?
_____.

2. ¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)

_____% Fabricación de compost. ¿En la propia almazara?: Sí No

_____% Incorporación directa como materia orgánica en suelos.

_____% Alimentación animal.

_____% Gestión como residuo.

_____% Planta de generación eléctrica con biomasa (precio de venta :___ €/kg IVA incl.)

_____% Se quema en la misma almazara sin aprovechamiento energético.

_____% Se aprovecha junto a otra biomasa en la propia planta para producir calor para el proceso productivo.

_____% Otros _____.

Orujo o alperujo

El orujo o alperujo es el subproducto que se genera tras el proceso de obtención de aceite de oliva.

3. ¿Qué cantidad o porcentaje respecto a la aceituna de entrada se produce de media?
_____.
4. ¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)
- _____% Plantas de extracción de aceite de orujo (extractoras).
- _____% Fabricación de compost. ¿En la propia almazara?: Sí No
- _____% Otros _____.

Hueso de aceituna

El hueso de aceituna es un componente sólido del orujo o alperujo que puede extraerse del mismo mediante procedimientos físicos para su empleo como biocombustible en calderas de biomasa.

5. En el caso de que produzcan hueso de aceituna a partir del orujo o alperujo que se genera en sus instalaciones,
¿qué cantidad o porcentaje respecto a la aceituna de entrada se produce de media?
_____.
- ¿Cuál es su humedad media? _____ (%).
6. En el caso de que vendan todo o parte del hueso de aceituna que producen,
¿Qué porcentaje respecto al total del hueso producido se vende de media? _____ (%).
- ¿Cuál es su precio de venta (IVA incluido)? _____ (€/kg).
- ¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)
- _____% Cliente que lo emplea como biocombustible. ¿Qué tipo?: Almazara, explotación ganadera, industria de cerámica, planta de generación eléctrica con biomasa, calefacción, etc.?: _____.
- _____% Empresa dedicada a su distribución (intermediario).
- _____% Otros _____.



ENCUESTA DIRIGIDA A EXTRACTORAS DE ACEITE DE ORUJO

“Evaluación de la producción de los subproductos de las agroindustrias andaluzas”

DATOS IDENTIFICATIVOS

Nombre de la empresa: _____

Número de registro industrial (RIA): _____

Municipio: _____ Provincia: _____

Nombre de la persona entrevistada: _____

Cargo que ocupa en la empresa: _____ Fecha: _____

CUESTIONARIO

Hueso de aceituna

El hueso de aceituna es un componente sólido del orujo o alperujo que puede extraerse del mismo mediante procedimientos físicos para su empleo como biocombustible en calderas de biomasa.

1. En el caso de que produzcan hueso de aceituna a partir del orujo o alperujo que se procesa en sus instalaciones,

¿Qué cantidad de hueso de aceituna se produce de media? _____.

2. En el caso de que autoconsuman todo o parte del hueso que producen,

¿Qué porcentaje respecto al total del hueso producido se autoconsume de media? _____.

¿Cuál es su destino?

_____ Calor de proceso.

_____ Generación eléctrica o cogeneración.

_____ Otros _____.

3. En el caso de que vendan todo o parte del hueso de aceituna que producen,

¿Qué porcentaje respecto al total del hueso producido se vende de media? _____.

¿Cuál es su precio de venta (IVA incluido)? _____ (€/kg).

¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)



____% Biocombustible para usos térmicos. ¿A qué tipo de cliente?: Almazara, explotación ganadera, industria de cerámica, calefacción, etc.?: _____

____% Planta de generación eléctrica o cogeneración con biomasa.

____% Empresa dedicada a su distribución (intermediario).

____% Exportación.

____% Otros _____

Orujillo

El orujillo es el subproducto que se produce tras el proceso de secado y extracción de aceite de orujo a partir del orujo o alperujo.

4. ¿Qué cantidad de orujillo se produce de media?. _____.

5. En el caso de que autoconsuman todo o parte del orujillo que producen,

¿Qué porcentaje respecto al total del orujillo producido se autoconsume de media? _____

¿Cuál es su destino?

____ Calor de proceso.

____ Generación eléctrica o cogeneración.

____ Otros _____.

6. En el caso de que vendan todo o parte del orujillo que producen,

¿Qué porcentaje respecto al total del orujillo producido se vende de media? _____.

¿Cuál es su precio de venta (IVA incluido)? _____ (€/kg).

¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)

____% Planta de generación eléctrica o cogeneración con biomasa.

____% Biocombustible para usos térmicos. ¿A qué tipo de cliente?: Almazara, explotación ganadera, industria de cerámica, calefacción, etc.?: _____.

____% Empresa dedicada a su distribución (intermediario).

____% Exportación.

____% Otros _____



ENCUESTA DIRIGIDA A ENTAMADORAS

“Evaluación de la producción de los subproductos de las agroindustrias andaluzas”

DATOS IDENTIFICATIVOS

Nombre de la empresa: _____

Número de registro industrial (RIA): _____

Municipio: _____ Provincia: _____

Nombre de la persona entrevistada: _____

Cargo que ocupa en la empresa: _____ Fecha: _____

CUESTIONARIO

Capacidad de procesado de la instalación

1. ¿Qué cantidad de aceituna de entrada se procesan de media anualmente? ____ toneladas.

Restos de hojas y ramas finas (hojín)

El hojín es el residuo de ramas finas y hojas de olivo que se produce en limpieza de la aceituna antes de su procesado.

2. ¿Qué cantidad o porcentaje respecto a la aceituna de entrada se produce de media?
_____.

3. ¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)

____% Gestión como residuo.

____% Incorporación directa como materia orgánica en suelos.

____% Fabricación de compost. ¿En la propia entamadora?: Si No

____% Alimentación animal.

____% Planta de generación eléctrica con biomasa (precio de venta: ____ €/kg IVA incl.).

____% Se quema en la misma entamadora sin aprovechamiento energético.

____% Se aprovecha junto a otra biomasa en la propia planta para producir calor para el proceso productivo.

____% Otros _____.

Hueso de aceituna

El hueso de aceituna es un residuo que se produce en la elaboración de aceituna sin hueso o rellena.

4. En el caso de que produzcan hueso de aceituna por el deshuesado de la aceituna,
¿qué cantidad o porcentaje respecto a la aceituna de entrada se produce de media?
_____.

5. En el caso de que vendan todo o parte del hueso de aceituna que producen,
¿Qué porcentaje respecto al total de hueso producido se vende de media? _____
(%).

¿Cuál es su precio de venta (IVA incluido)? _____ (€/kg).

¿Cuál es su destino? (Indique porcentaje)

____% Almazaras, para la extracción de aceite junto con la aceituna de destrío.

____% Cliente que lo emplea como biocombustible. ¿Qué tipo?: Almazara, explotación ganadera, industria de cerámica, planta de generación eléctrica con biomasa, _____ calefacción, _____ etc.?:

_____.

____% Empresa dedicada a su distribución (intermediario).

____% Otros _____.