

•
•
•
•
•
•
•

Evaluación de la producción de los subproductos agroindustriales en Andalucía

Junio 2015

Versión 1



JUNTA DE ANDALUCÍA

DEPARTAMENTO DE PROSPECTIVA



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.

Evaluación de la producción de los subproductos agroindustriales en Andalucía

Índice de Contenidos

Resumen 3

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 4 |
| 2. Metodología | 5 |
| 2.1 Caracterización geográfica | 5 |
| 2.2 Asignación de la materia prima o producto a nivel de agroindustria..... | 6 |
| 2.3 Índices de producción de subproductos | 8 |
| 2.4 Potencial energético | 8 |
| 2.5 Ahorro de emisiones de GEI..... | 9 |
| 3. Resultados | 10 |
| 3.1 Producción de subproductos agroindustriales..... | 10 |
| 3.2 Potencial energético | 11 |
| 3.3 Potencial de ahorro de emisiones | 12 |
| 3.4 Caracterización geográfica de la producción de los subproductos | 13 |
| 4. Conclusiones | 17 |
| Bibliografía | 18 |

Resumen

Los subproductos agroindustriales pueden considerarse como un recurso para su empleo en la obtención de bioproductos de alto valor añadido y bioenergía. La evaluación y caracterización geográfica de la producción de los subproductos agroindustriales constituye la base para la realización de estudios relacionados con el desarrollo de este tipo de usos, ya que permite localizar el emplazamiento más adecuado para la implantación de las instalaciones de aprovechamiento de los mismos.

El objetivo general de este estudio es evaluar y caracterizar geográficamente la producción de los subproductos agroindustriales en Andalucía. Las agroindustrias que se evalúan son las de elaboración de cerveza, zumo, vino y tomate de transformación.

La evaluación y caracterización de la producción de los subproductos se ha realizado mediante una estimación a nivel de agroindustria. La metodología empleada para esta estimación consiste en el empleo de índices que relacionan la cantidad de materia prima procesada o producto obtenido en cada instalación con la producción del subproducto.

Según la metodología empleada, la producción de subproductos en las agroindustrias andaluzas estudiadas es de 452.216 toneladas/año. La mayor parte de esta cantidad corresponde a los restos de la elaboración de zumo, con el 53,8%, y al bagazo de cerveza, con el 30,2%; en conjunto, estos subproductos representan el 84,0% del total. Los restos de tomate de transformación y de orujo y lías de vinificación suponen el 10,0% y el 5,9% respectivamente.

El potencial energético total de los subproductos agroindustriales estudiados, teniendo en cuenta la energía presente en el biogás que se obtendría de ellos, es de 28.484 tep/año. Este potencial energético representa el 0,9% del consumo de energía primaria procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 0,2% del consumo de energía primaria total de la región. En este potencial destaca la aportación de los restos de la elaboración de zumo, con el 67,6% del total, y del bagazo de cerveza, con el 28,8%; en conjunto, estos subproductos representan el 96,4%.

La energía eléctrica que podría generarse a partir del biogás obtenido alcanzaría los 115,9 GWh/año, lo que representa el consumo doméstico de una población de 73.641 habitantes, o de 27.037 hogares. Esta energía eléctrica equivale al 0,9% de la producción bruta de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 0,3% del total de la producción eléctrica de la región.

El aprovechamiento energético del biogás para cogeneración generaría un ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero global de 102.965 toneladas de CO_{2-eq}/año, lo que representa el 0,2% de las emisiones totales anuales de Andalucía.

En cuanto a la caracterización geográfica, tanto la producción de subproductos como el potencial energético se presentan concentrados en los casos de las agroindustrias de elaboración de cerveza, zumo y tomate de transformación, mientras que en el caso del vino lo hacen de una forma distribuida en el territorio.

1. Introducción

Los subproductos agroindustriales constituyen una fuente de recursos biológicos renovables que pueden emplearse para la obtención de bioproductos de alto valor añadido y bioenergía. El desarrollo de las bioindustrias y biorrefinerías para la obtención de bioproductos y bioenergía es una de las prioridades estratégicas de la UE¹ en el marco del uso eficiente de los recursos, la economía verde y circular² y la bioeconomía³, debido a su interés como motores de crecimiento económico, innovación y creación de empleo.

La evaluación y caracterización geográfica de la producción de subproductos agroindustriales constituye la base de conocimiento para la realización de estudios relacionados con el desarrollo de este tipo de usos, ya que permite localizar el emplazamiento más adecuado para la implantación de instalaciones de aprovechamiento de los subproductos.

El objetivo general de este estudio es evaluar y caracterizar geográficamente la producción de subproductos agroindustriales en Andalucía. Las agroindustrias que se evalúan y caracterizan son las de elaboración de cerveza, zumo, vino y tomate de transformación⁴. Como objetivos de carácter específico se incluyen:

- Estimar la producción de los subproductos a nivel de agroindustria y global.
- Caracterizar geográficamente la producción de los subproductos a nivel de agroindustria.
- Estimar el potencial energético de los subproductos considerando su conversión previa en biogás.
- Determinar los resultados ambientales potenciales derivados del uso de estos subproductos en términos de ahorro de emisiones de gases efecto invernadero.

¹ Comunicación de la Comisión Europea “La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa” (COM, 2012).

² 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 estrategias 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).

³ 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.

⁴ En un estudio anterior relacionado se evaluaron las agroindustrias del sector del olivar, en el que se incluyen a las almazaras, extractoras y entamadoras (CAPDR, 2015).

2. Metodología

La evaluación y caracterización de la producción de los subproductos agroindustriales se ha realizado mediante una estimación a nivel de agroindustria a partir de la información sobre la cantidad de materia prima procesada o producto obtenido en cada instalación. La metodología empleada para la estimación consiste en el empleo de índices que relacionan esta cantidad de materia prima procesada o producto obtenido con la producción del subproducto. Los índices utilizados se han establecido para cada tipo de agroindustria y subproducto a partir de información obtenida de la bibliografía. El balance global se obtiene como resultado de la agregación de la información calculada a nivel de la agroindustria.

La estimación a nivel de agroindustria permite realizar la caracterización geográfica de la producción de los subproductos a este nivel de detalle. La caracterización geográfica se ha realizado empleando las herramientas que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica.

La información sobre las industrias existentes, y en concreto, localización geográfica de las mismas para la caracterización geográfica, se ha obtenido de la base de datos del Registro de Industrias Agroalimentarias de Andalucía (RIA)⁵. En concreto, a partir de ella se ha obtenido información sobre el número RIA, municipio, tipo de agroindustria y coordenadas geográficas.

2.1 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 esta caracterización geográfica es un modelo ráster cuya unidad mínima de información espacial es un píxel de 1 km × 1 km (100 ha)⁶. Se ha seleccionado un modelo ráster debido a que este tipo de modelos permite integrar, en una misma unidad espacial, información de subproductos de diferentes orígenes para la realización de análisis agregados. El objetivo por tanto es integrar información sobre la producción de los subproductos de los sectores de estudio en este modelo ráster, en el que puedan incorporarse resultados también de otros sectores.

La integración de los sectores de estudio en el modelo consiste en asignar cada una de las agroindustrias, y la información generada sobre ellas (producción de subproductos, potencial energético, etc.), 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 1).

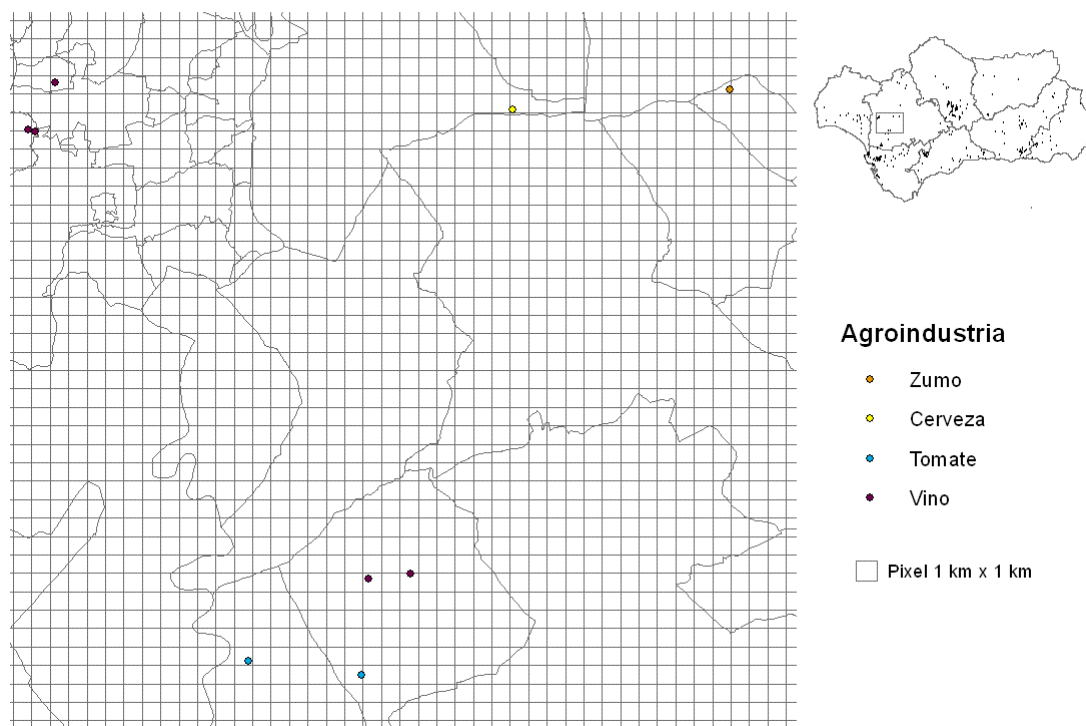
⁵ Base de datos gestionada por la Dirección General de Calidad, Industrias Agroalimentarias y Producción Ecológica de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

⁶ 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.

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

Figura 1 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.

Imagen parcial de la capa generada de píxel 1 km x 1 km sobre capa de agroindustrias y límites municipales



Fuente: Elaboración propia.

2.2 Asignación de la materia prima o producto a nivel de agroindustria

La asignación de la entrada de materias primas o salida de productos a nivel de agroindustria se ha realizado de forma diferenciada según el nivel de detalle de la información disponible para cada tipo de agroindustria (Tabla 1).

En el caso de las agroindustrias de elaboración de cerveza se disponía de información reciente de producción a nivel de instalación, por lo que la asignación de este parámetro a las mismas se ha realizado de forma directa.

En las agroindustrias de elaboración de zumos, la información más reciente con este nivel de detalle correspondía las campañas 2004/05 y 2005/06, por lo que se ha realizado una estimación para actualizar dicha información. Esta estimación, en concreto el cálculo de la cantidad de materia prima procesada a nivel de agroindustria, se ha realizado ponderando la

cantidad total de cítricos destinados a transformación a nivel autonómico (del periodo 2009-2012), por la cantidad de cítricos que se procesaron en cada instalación en las citadas campañas 2004/05 y 2005/06.

En los sectores de tomate y vino no se disponía de información a nivel de agroindustria por lo que los valores a este nivel de detalle se han estimado ponderando datos de consumo de materias primas o producción de productos a nivel regional o provincial por la capacidad de producción de las instalaciones. La capacidad de producción de estas agroindustrias se ha obtenido, en el caso del tomate, a partir de un estudio previo (CAP, 2007), y en el del vino, del Registro de Industrias Agroalimentarias de Andalucía (RIA).

En la siguiente tabla se detalla la metodología, fuentes de información y periodo de referencia de esta información, que se han empleado para la asignación de la entrada de materias primas o salidas de productos a nivel de agroindustria.

Tabla 1 Metodología de asignación de la cantidad de materias primas o productos elaborados a nivel de agroindustria, fuentes de información y periodo de referencia.

| Sector | Parámetro asignado | Tipo de información | Fuente de la información de partida | Nivel de detalle de la información de partida empleado | Periodo de la información de partida | Tipo de ponderación para la estimación |
|---------|--|--|---|--|--------------------------------------|---|
| Cerveza | Producción de cerveza | Directa | Declaraciones anuales de actividad del RIA* | Instalación | 2010-2013 | - |
| Zumo | Entrada de naranja, mandarina y otros cítricos | Estimada a partir de la información sobre cítricos totales destinados a transformación | Anuarios de estadísticas agrarias y pesqueras | Regional | 2009-2012 | Por cantidad de cítricos procesados a nivel de instalación en las campañas 2004/05 y 2005/06** |
| Tomate | Entrada de tomate | Estimada a partir de la información sobre tomate total destinado a transformación | Anuarios de estadísticas agrarias y pesqueras | Regional | 2009-2012 | Por la capacidad de producción a nivel de instalación obtenida de un estudio previo del sector (CAP, 2007). |
| Vino | Producción de vino | Estimada a partir de la información sobre la producción total de vino | Declaraciones anuales de producción de vinos* | Provincial | 2011-2013 | Por la capacidad de producción a nivel de instalación según el RIA |

* Dirección General de Calidad, Industrias Agroalimentarias y Producción Ecológicas de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Índices de producción de subproductos

Como se ha indicado antes, la metodología para estimar la producción de los subproductos se basa en el empleo de índices que relacionan la cantidad de materia prima procesada o de producto elaborado en cada instalación con la producción del subproducto. Para ello se emplea la siguiente expresión:

$$[SUBPRODUCTO] (t) = I_p (t/t \text{ o } t/HL) \times [MATERIA_PRIMA_o_PRODUCTO] (t \text{ o } HL)$$

donde:

$[SUBPRODUCTO]$ = cantidad de subproducto generada.

I_p = Índice de producción del subproducto.

$[MATERIA_PRIMA_o_PRODUCTO]$ = cantidad de materia prima procesada o de producto elaborado.

En la Tabla 2 se muestran los índices de producción de subproductos que se han empleado en función del tipo de agroindustria y subproducto.

Tabla 2 Índices de producción de subproductos y humedad de referencia.

| Sector | Parámetro de entrada | Subproducto | I_p | Unidad | Humedad (%) |
|-----------------|--|-----------------------------------|-----------------------|--------|-------------|
| Cerveza | Producción de cerveza | Bagazo | 0,02 | t/HL | 75,8 |
| Zumos | Entrada de naranja, mandarina y otros cítricos | Restos (piel, corteza y semillas) | 0,63 (naranja) | t/t | 72,2 |
| | | | 0,43 (mandarina) | t/t | |
| | | | 0,68 (otros cítricos) | t/t | |
| Tomate conserva | Entrada de tomate | Restos (piel, pepitas y destriño) | 0,15 | t/t | 94,5 |
| Vino | Producción de vino | Lías | 0,0078* | t/HL | 94,0 |
| | | Orujo | 0,0156* | t/HL | 86,6 |

Fuente: PROBIOGAS⁷, 2010.

2.4 Potencial energético

El potencial energético total⁸ de los subproductos se ha calculado considerando su transformación previa en biogás, ya que se considera una de las formas más adecuadas de

⁷ Proyecto conjunto en el que han participado varios centros de investigación y empresas, cuyo objetivo ha sido desarrollar sistemas sostenibles de producción y uso de biogás en entornos agroindustriales, así como demostrar su viabilidad y promoción en España. Los índices indicados se recopilaban de la Guía de mejores técnicas disponibles en España para el sector de los transformados vegetales (MARM, 2006).

aprovechamiento de los subproductos estudiados según sus características físico-químicas. Los parámetros que se han empleado para el cálculo de la producción de biogás se indican en la Tabla 3.

Tabla 3 Parámetros de cálculo de la producción de biogás a partir de los subproductos agroindustriales.

| Sector | Parámetro de entrada: subproducto en base húmeda (t) | Sólidos totales (ST ⁹) (%) [*] | Sólidos volátiles (SV ¹⁰) (%) [*] | Rendimiento biogás (m ³ /kgSV) ^{**} |
|-----------------|--|---|--|---|
| Cerveza | Bagazo | 24,2 | 95,9 | 0,55 |
| Zumo | Restos (piel, corteza y semillas) ^{***} | 27,8 | 92,9 | 0,65 |
| Tomate conserva | Restos (piel, pepitas y destrijo) | 5,5 | 91,5 | 0,35 |
| Vino | Lías | 6,0 | 78,7 | 0,55 |
| | Orujo | 13,4 | 85,5 | 0,55 |

Fuente: ^{*} PROBIOGAS, 2010 (valor medio del rango). ^{**} Zupancic, 2012¹¹ (valor medio del rango). ^{***} Valores correspondientes para los subproductos del procesado de naranja.

El potencial energético en tep¹² del biogás se ha calculado teniendo en cuenta los siguientes factores de conversión:

- Porcentaje de metano en el biogás: 55%.
- Poder Calorífico Inferior (PCI) del metano¹³: 9,96 kWh/Nm³CH₄.
- 1 kWh = 0,000086 tep.

2.5 Ahorro de emisiones de GEI

En el cálculo del ahorro de emisiones de gases efecto invernadero se ha considerado el ahorro que se produciría como resultado del uso energético del biogás generado a partir de los

⁸ Incluye toda la energía que podría generarse sin tener en cuenta los aprovechamientos que puedan realizarse actualmente. El potencial energético estudiado se expresa en términos de energía primaria, es decir, la energía que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión y se encuentra en su forma natural.

⁹ Sólidos totales (ST): cantidad de materia que resulta después del secado o evaporación a 105 °C.

¹⁰ Sólidos volátiles (SV): parte de los sólidos totales que constituye la materia orgánica o volátil, medida mediante combustión a una temperatura de 550 °C (que transforma la materia orgánica en CO₂ y H₂O).

¹¹ Valores de referencia señalados en Mesas, 2014, en el marco del Proyecto BIOGAS³. Este proyecto tiene como objetivo fomentar la producción sostenible de energía renovable a pequeña escala a partir del biogás obtenido de residuos agrícolas y de la industria de alimentación y bebidas (residuos agro-alimentarios) para lograr la autosuficiencia energética. En el mismo se ha desarrollado una aplicación web que permite analizar la viabilidad técnica, económica y medioambiental de plantas de biogás a pequeña escala. Es un proyecto cofinanciado a través del Programa Energía Inteligente en Europa de la Unión Europea.

¹² tep: tonelada equivalente de petróleo. Unidad de energía equivalente a 10⁷ kcal.

¹³ Nm³: volumen referido a condiciones estándar de 0 °C y un bar de presión.

subproductos. Para la estimación de este ahorro se ha empleado la herramienta BioGrace-II¹⁴, 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.

Los supuestos que se han tenido en cuenta para realizar los cálculos en la herramienta son los siguientes:

- El aprovechamiento del biogás tiene como objetivo la cogeneración.
- Eficiencia energética:
 - Eléctrica: 35%.
 - Térmica: 45%.
- Tipo de digestor: cerrado.
- La electricidad y el calor necesarios para el funcionamiento del digestor se obtienen de la propia cogeneración.
- El biogás se produce en las mismas instalaciones donde se genera el subproducto, por lo que no se producen emisiones debidas al transporte.

Según los supuestos indicados antes, los coeficientes de ahorro obtenidos, en comparación con las emisiones de referencia de los combustibles fósiles¹⁵, son de 159,9 gCO_{2-eq}/MJ eléctrico y 67,5 gCO_{2-eq}/MJ térmico.

3. Resultados

3.1 Producción de subproductos agroindustriales

La producción de subproductos en las agroindustrias andaluzas estudiadas es de 452.216 toneladas/año (Tabla 4). La mayor parte de esta cantidad corresponde a los restos de la elaboración de zumo, con el 53,8%, y al bagazo de cerveza, con el 30,2%. En conjunto, estos subproductos representan el 84,0% del total.

A nivel provincial destacan las provincias de Sevilla y Córdoba, que juntas suponen el 66,0% del total. La provincia de Córdoba destaca por la producción de restos de la elaboración de zumo, así como de orujo y lías de vinificación, mientras que la de Sevilla lo hace por la producción de bagazo de cerveza, restos de la elaboración de zumo y restos de tomate.

¹⁴ Esta herramienta se ha desarrollado en el proyecto BioGrace II, cuyo como objetivo es armonizar los cálculos de la 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.

¹⁵ Las emisiones de referencia de los combustibles fósiles son 186 gCO_{2-eq}/MJ eléctrico y 80 gCO_{2-eq}/MJ térmico.

Tabla 4 Producción de subproductos agroindustriales en Andalucía (toneladas)*.

| | Bagazo de cerveza | Restos de zumo | Restos de tomate | Orujo y lías vinificación | Total | % |
|--------------|-------------------|----------------|------------------|---------------------------|----------------|------|
| Almería | 0 | 35.442 | 1.779 | 197 | 37.418 | 8,3 |
| Cádiz | 0 | 0 | 5.233 | 11.033 | 16.266 | 3,6 |
| Córdoba | 825 | 109.739 | 0 | 8.733 | 119.297 | 26,4 |
| Granada | 5.478 | 0 | 0 | 594 | 6.072 | 1,3 |
| Huelva | 0 | 36.606 | 0 | 4.807 | 41.413 | 9,2 |
| Jaén | 17.463 | 0 | 0 | 132 | 17.594 | 3,9 |
| Málaga | 33.714 | 0 | 0 | 1.220 | 34.934 | 7,7 |
| Sevilla | 79.164 | 61.712 | 38.201 | 144 | 179.222 | 39,6 |
| Total | 136.644 | 243.498 | 45.214 | 26.860 | 452.216 | |
| % | 30,2 | 53,8 | 10,0 | 5,9 | | |

* A la humedad de referencia del bagazo de cerveza del 75,8%, restos de zumo del 72,2%, restos de tomate del 94,5%, orujo del 86,6% y lías del 94,0%.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Potencial energético

El potencial energético total de los subproductos agroindustriales estudiados, teniendo en cuenta la energía presente en el biogás que se obtendría de ellos, es de 28.484 tep/año (Tabla 5). Este potencial energético representa el 0,9% del consumo de energía primaria procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 0,2% del consumo de energía primaria total de la región¹⁶.

Destaca la aportación de los restos de la elaboración de zumo, con el 67,6% del total, y del bagazo de cerveza, con el 28,8%; en conjunto, estos subproductos representan el 96,4%. A nivel provincial destacan las provincias de Sevilla y Córdoba, que juntas suponen el 66,4% del total.

Tabla 5 Potencial energético de los subproductos agroindustriales en Andalucía (tep)*.

| | Bagazo de cerveza | Restos de zumo | Restos de tomate | Orujo y lías vinificación | Total | % |
|---------|-------------------|----------------|------------------|---------------------------|--------------|------|
| Almería | 0 | 2.802 | 15 | 5 | 2.821 | 9,9 |
| Cádiz | 0 | 0 | 43 | 263 | 307 | 1,1 |
| Córdoba | 50 | 8.676 | 0 | 209 | 8.934 | 31,4 |
| Granada | 329 | 0 | 0 | 14 | 344 | 1,2 |
| Huelva | 0 | 2.894 | 0 | 115 | 3.009 | 10,6 |
| Jaén | 1.050 | 0 | 0 | 3 | 1.053 | 3,7 |

¹⁶ Respecto a un consumo de energía primaria a partir de fuentes de energía renovables de 3.104.767 tep, y total de 18.455.967, correspondiente a los valores medios de los años 2011, 2012 y 2013 (AAE, 2014).

| | | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|------------|------------|---------------|------|
| Málaga | 2.027 | 0 | 0 | 29 | 2.056 | 7,2 |
| Sevilla | 4.760 | 4.879 | 317 | 3 | 9.960 | 35,0 |
| Total | 8.217 | 19.251 | 375 | 641 | 28.484 | |
| % | 28,8 | 67,6 | 1,3 | 2,3 | | |

* Considerando la conversión energética de producción de biogás.

Fuente: Elaboración propia.

La energía eléctrica que podría generarse a partir del biogás obtenido de estos subproductos alcanzaría los 115,9 GWh/año, lo que representa el consumo doméstico de una población de 73.641 habitantes, o de 27.037 hogares¹⁷. Esta energía eléctrica equivale al 0,9% de la producción bruta de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 0,3% del total de la producción eléctrica de la región.

3.3 Potencial de ahorro de emisiones

El aprovechamiento energético del biogás obtenido a partir de estos subproductos para cogeneración generaría un ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero global de 102.965 toneladas de CO_{2-eq}/año, lo que representa el 0,2% de las emisiones totales anuales de Andalucía¹⁸ (Tabla 6).

La mayor parte de este ahorro se produciría a partir del aprovechamiento de los restos de la elaboración de zumo y del bagazo de cerveza (en los mismos porcentajes a los indicados antes para el potencial energético). El mayor ratio de ahorro por tonelada de biomasa se produce en el caso de los restos de la elaboración de zumo, con una relación de 0,29 tCO_{2-eq}/t de biomasa, seguido del bagazo de cerveza, con 0,22 tCO_{2-eq}/t de biomasa.

Tabla 6 Ahorro de emisiones de gases efecto invernadero que se derivarían del aprovechamiento energético de los subproductos agroindustriales*.

| | Ahorro de tCO _{2-eq} /año | | | Ratio tCO _{2-eq} / t de biomasa** |
|---------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------|--|
| | Electricidad | Calor | Total cogeneración | |
| Bagazo de cerveza | 19.253 | 10.450 | 29.703 | 0,22 |
| Restos de zumo | 45.107 | 24.482 | 69.588 | 0,29 |
| Restos de tomate | 879 | 477 | 1.356 | 0,03 |
| Orujo y lías vinificación | 1.503 | 816 | 2.318 | 0,09 |
| Total | 66.742 | 36.224 | 102.965 | 0,23 |

* Considerando la transformación en biogás y su empleo para cogeneración. **A la humedad de referencia del bagazo de cerveza del 75,8%, restos de zumo del 72,2%, restos de tomate del 94,5%, orujo del 86,6% y lías del 94,0%.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁷ 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).

¹⁸ Respecto a unas emisiones totales de 54.163.600 toneladas de CO₂, media del periodo 2008-2012 (MARM, 2012).

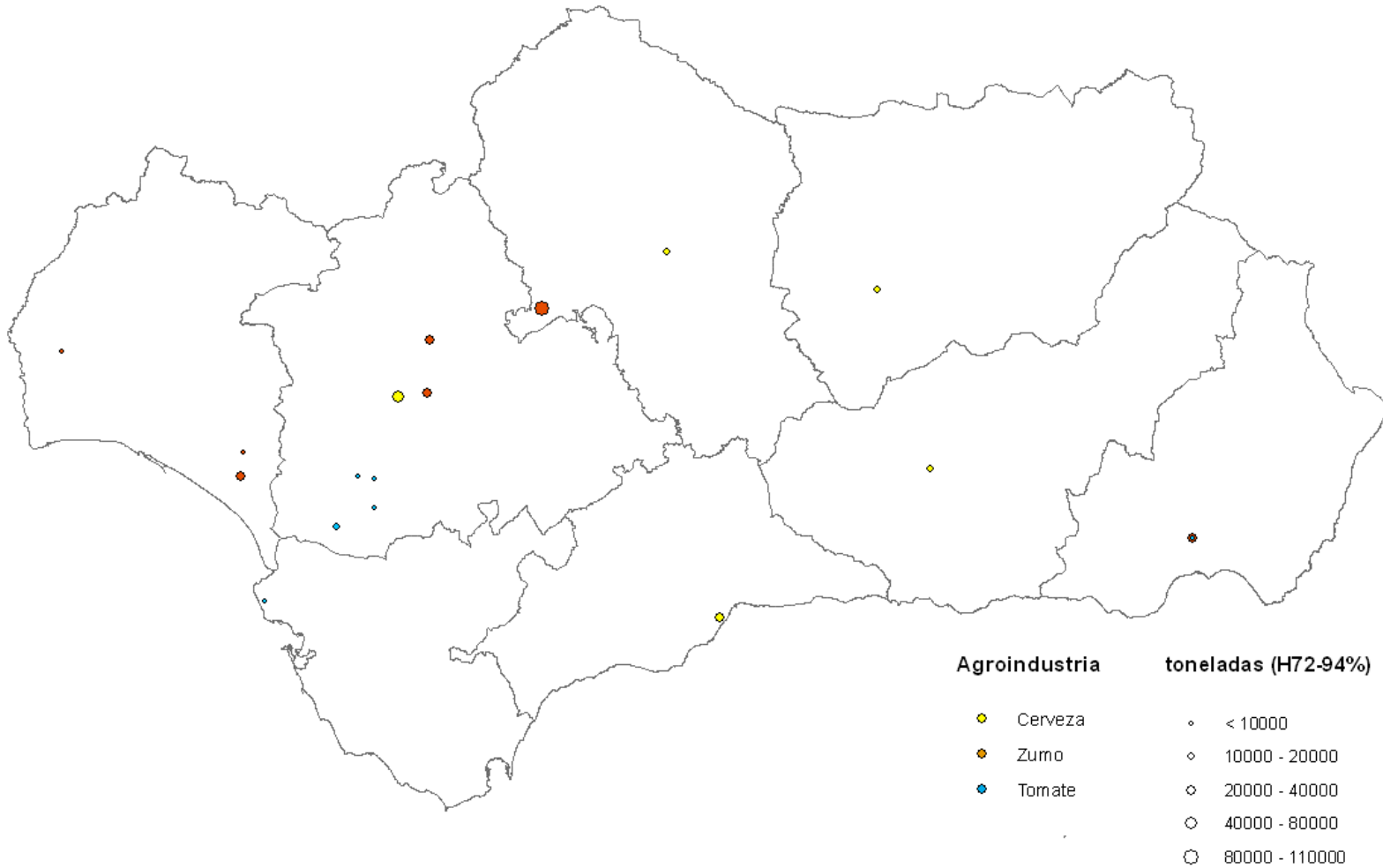
3.4 Caracterización geográfica de la producción de los subproductos

A continuación se muestran los mapas en los que se caracteriza geográficamente la producción de los subproductos de las agroindustrias estudiadas, así como su potencial energético.

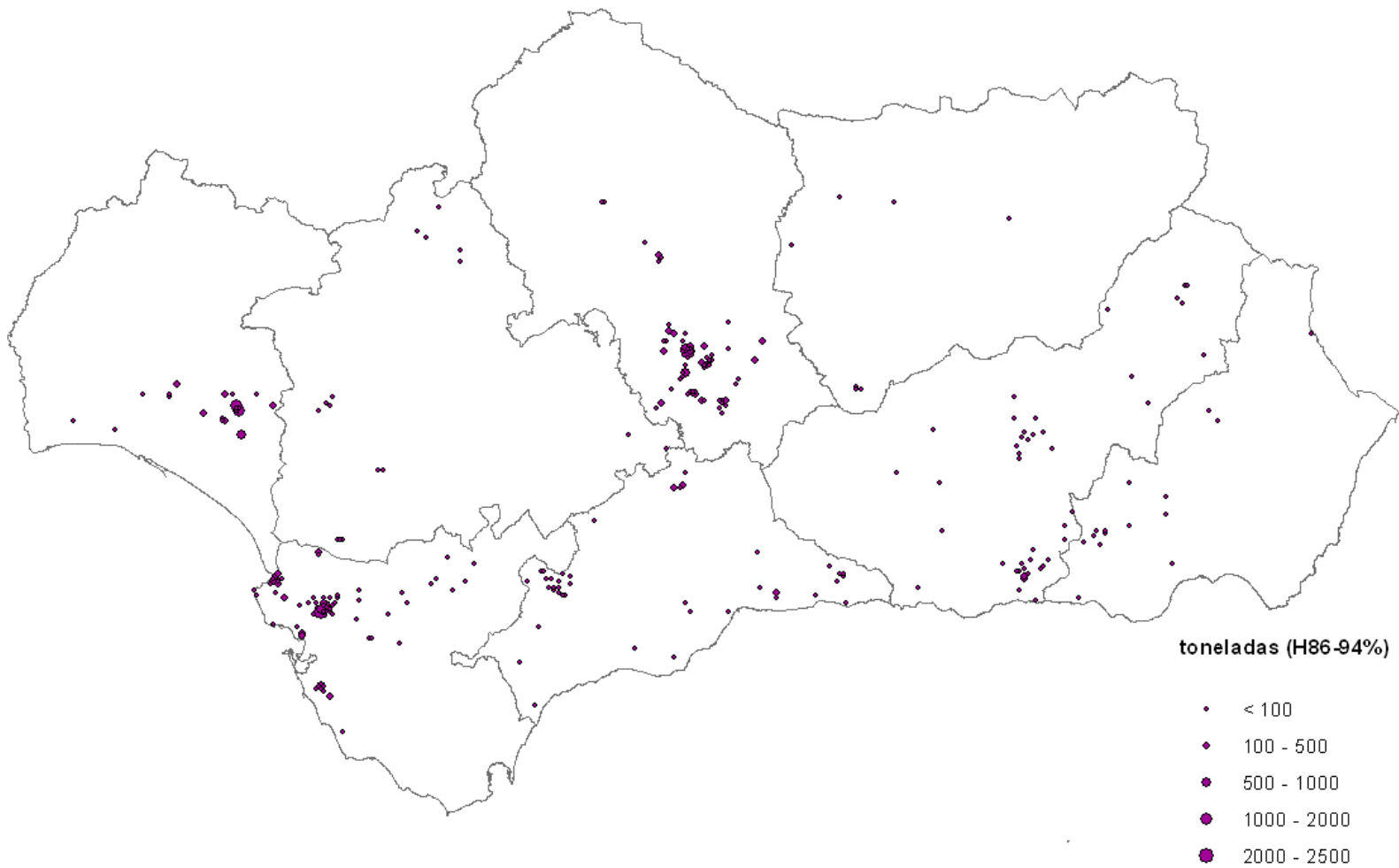
Por un lado, se muestra la producción por tipo de agroindustria y subproducto a la humedad indicada. En este caso los valores se representan mediante símbolos graduados, cuyo tamaño es proporcional a las clases consideradas. Por otro lado, se muestra de forma agregada el potencial energético de los subproductos, mediante colores graduados en función de los rangos de valores considerados.

Como se puede observar, tanto la producción de subproductos como el potencial energético se presentan concentrados en los casos de las agroindustrias de elaboración de cerveza, zumo y tomate de transformación, mientras que en el caso del vino lo hacen de una forma distribuida en el territorio.

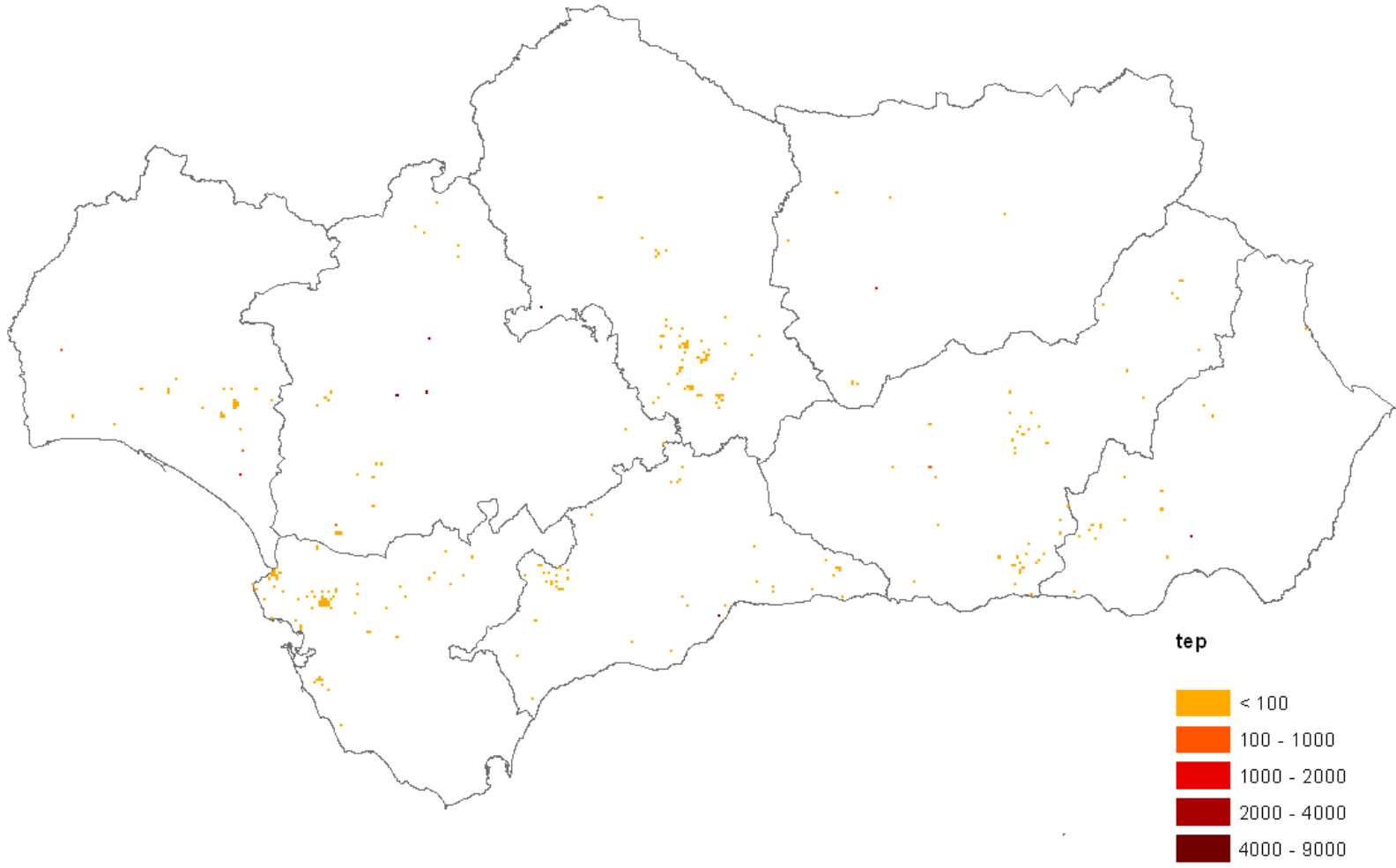
Producción de subproductos de las agroindustrias de elaboración de cerveza, zumo y tomate de transformación



Producción de orujo y lías de las agroindustrias de elaboración de vino



Potencial energético de los subproductos de las agroindustrias de elaboración de cerveza, zumo, tomate y vino



4. Conclusiones

En Andalucía se produce una elevada cantidad de subproductos agroindustriales como consecuencia de la importancia que posee el sector agroalimentario en la región. En concreto, en las agroindustrias estudiadas se generan 452.216 toneladas de subproductos de media al año.

La mayor parte de estos subproductos corresponde a los restos de la elaboración de zumo y al bagazo de cerveza, que en conjunto representan el 84,0% del total. Los restos de orujo y lías de vinificación y de tomate de transformación tienen una representación significativamente inferior, del 10,0% y el 5,9%, respectivamente.

El potencial energético total de los subproductos agroindustriales estudiados es considerable. En concreto, teniendo en cuenta la energía presente en el biogás que se obtendría de ellos, este potencial es de 28.484 tep/año, lo que representa el 0,9% del consumo de energía primaria procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 0,2% del consumo de energía primaria total de la región. En este potencial destaca la aportación de los restos de la elaboración de zumo y del bagazo de cerveza, que en conjunto representan el 96,4%.

La energía eléctrica que podría generarse a partir del biogás obtenido de estos subproductos también puede considerarse apreciable. Esta alcanzaría los 115,9 GWh/año, lo que representa el consumo doméstico de una población de 73.641 habitantes, o de 27.037 hogares. Esta cantidad equivale al 0,9% de la producción bruta de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en Andalucía, o el 0,3% del total de la producción eléctrica de la región.

Por otra parte, cabe destacar el ahorro de emisiones que se produciría como resultado del aprovechamiento energético del biogás obtenido a partir de estos subproductos para cogeneración. Este ahorro alcanzaría 102.965 toneladas de CO₂-eq/año, lo que representa el 0,2% de las emisiones totales anuales de Andalucía. La mayor parte de este ahorro se produciría a partir del aprovechamiento de los restos de la elaboración de zumo y del bagazo de cerveza. El mayor ratio de ahorro por tonelada de biomasa se produce en el caso de los restos de la elaboración de zumo, con una relación de 0,29 tCO₂-eq/t de biomasa, seguido del bagazo de cerveza, con 0,22 tCO₂-eq/t de biomasa.

En cuanto a la caracterización geográfica, tanto la producción de subproductos como el potencial energético se presentan concentrados en los casos de las agroindustrias de elaboración de cerveza, zumo y tomate de transformación, mientras que en el caso del vino lo hacen de una forma distribuida en el territorio.

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, 2007. *El sector del tomate de industria en Andalucía. Características y evolución del cultivo. Industria asociada*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

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.

CAPDR, 2015. *Evaluación de la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía.

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.

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, 2006. *Guía de mejores técnicas disponibles en España para el sector de los transformados vegetales*. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Gobierno de España.

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.

Mesas, M., Morais, F., 2014. *Small-scale AD in agro-food companies: potential and barriers. BIOGAS³ Sustainable small-scale biogas production from agro-food waste for energy self-sufficiency*. Co-funded by Intelligent Energy Europe (IEE) – ALTENER Program of the European Union.

PROBIOGAS, 2010. *Cuantificación de materias primas de origen vegetal*. Proyecto PSE PROBIOGAS. Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España. IIE-UPV y AINIA.

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.

Zupancic, G.D., Grilc, V., 2012. *Anaerobic Treatment and Biogas Production from Organic Waste, Management of Organic Waste*. Dr. Sunil Kumar (Ed.).