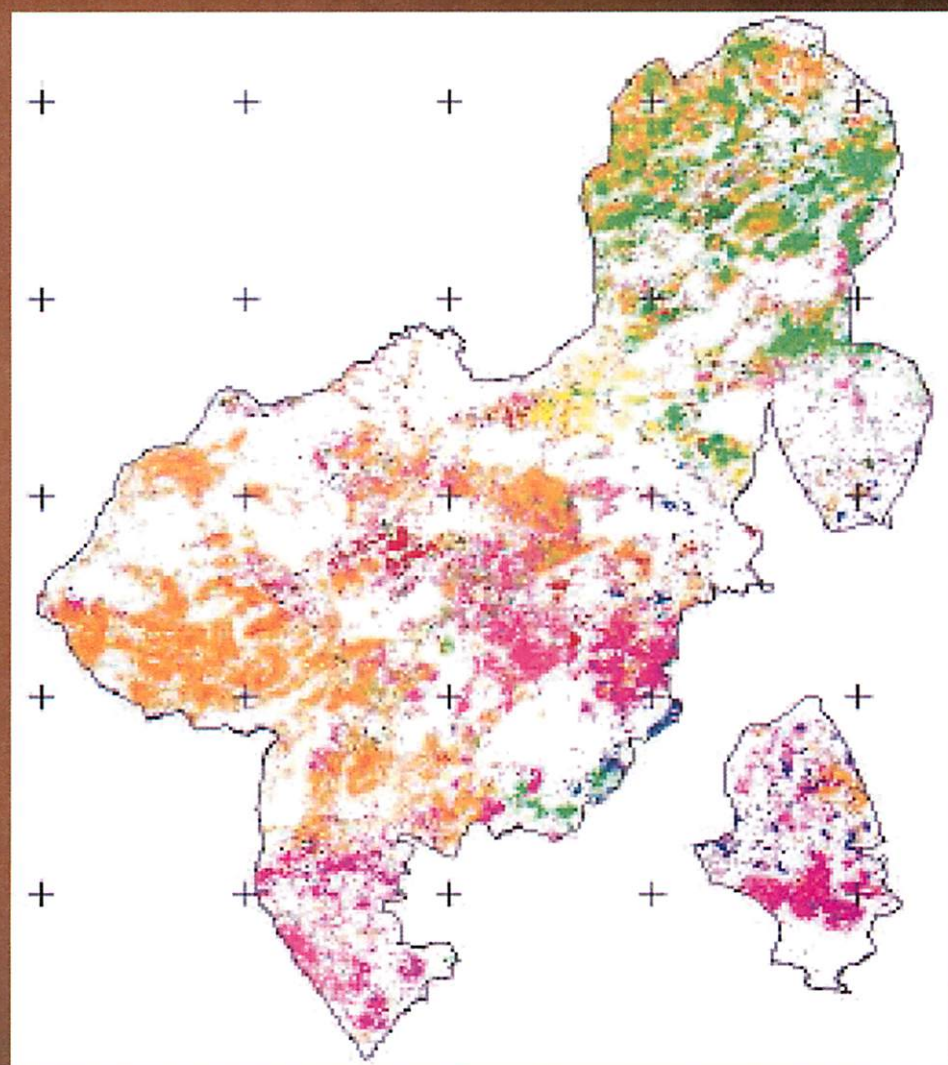


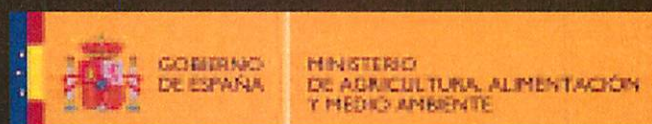
POTENCIALES SUMINISTROS DE BIOMASA SOSTENIBLES Y SUS REPERCUSIONES SOCIOECONÓMICAS



PROYECTO DE COOPERACIÓN INTRARREGIONAL

BIOMASA: Valorización del potencial de la biomasa en áreas rurales

Medida 421. EJE 4 DEL PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL DE LA REGIÓN DE MURCIA 2007/2013





Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en zonas rurales



POTENCIALES SUMINISTROS DE BIOMASA SOSTENIBLES Y SUS REPERCUSIONES SOCIOECONÓMICAS

PROYECTO DE COOPERACIÓN INTRARREGIONAL

BIOMASA: Valorización del potencial de la biomasa en áreas rurales

**Medida 421. EJE 4 DEL PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL DE LA REGIÓN DE
MURCIA 2007/2013**

2014

Grupos participantes:

Asociación para el Desarrollo Comarcal del Nordeste de la Región de Murcia

(Avda. Pablo Picasso, 103 – bajo, C.P. 30510, Yecla) (www.adcnordeste.es)

Asociación para el Desarrollo Rural CAMPODER

(C/ José Balsalobre, 9, C.P. 30331, Lobosillo-Murcia)

Asociación para el Desarrollo Rural Integrado de los Municipios de la Vega del Segura

(Avda. Mario Spreáfico, s/n, Castillo D. Mario, C.P. 30600, Archena)

Asociación Integral, Sociedad para el Desarrollo Rural

(Paraje de la Rafa, s/n, Apdo. de Correos 23, C.P. 30180, Bullas)



Fondos cofinanciadores:

Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER)



“Europa invierte en las zonas rurales”

Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en zonas rurales

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM)



Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente



El equipo investigador que ha llevado a cabo la realización de este proyecto de Cooperación Intrarregional es el siguiente:

- Ángel Faz Cano (Dirección del proyecto)
- María Dolores de Miguel Gómez
- María Dolores Gómez López
- Francisco José Alcón Provencio
- Silvia Martínez Martínez
- José Alberto Acosta Avilés



Universidad
Politécnica
de Cartagena

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Conceptos previos sobre la biomasa	5
2. OBJETIVO DEL CONTRATO	7
3. METODOLOGÍA	8
4. ANÁLISIS DE LAS FUENTES POTENCIALES DE OBTENCIÓN DE MATERIAS	
PRIMAS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	12
4.1. Biomasa residual agrícola	12
4.2. Biomasa residual forestal	36
4.3. Biomasa residual de la industria de los transformados vegetales	47
4.4. Biomasa residual ganadera	50
5. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA DE BIOMASA EN LA REGIÓN.....	56
6. COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LA BIOMASA.....	71
6.1. Costes de producción de biomasa a partir de residuos agrarios	73
6.2. Costes de producción de biomasa a partir de residuos ganaderos	74
6.3. Costes de producción de biomasa forestal	76
7. COSTES DE TRANSFORMACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA USO	
RESIDENCIAL, AGRÍCOLA E INDUSTRIAL	79
7.1. Industria de pellets.....	79
7.2. Industria de astillas	83
7.3. Producción de biogás	83
8. AHORRO PARA EL USUARIO FINAL, DEL COSTE ENERGÉTICO DE LA	
EN RELACIÓN CON OTROS COMBUSTIBLES	84
9. REPERCUSIONES EN LAS ECONOMÍAS LOCALES: CREACIÓN DE RIQUEZA	
Y DE PUESTOS DE TRABAJO	88
10. REPERCUSIONES MEDIOAMBIENTALES	90
11. HERRAMIENTA DE TOMA DE DECISIÓN.....	91
11.1. Antecedentes	91
11.2. Definición del modelo.....	95
12. CONCLUSIONES.....	97
13. BIBLIOGRAFIA	99

1. INTRODUCCIÓN

Al igual que las demás actividades humanas, la actividad agraria genera en su proceso productivo, restos y residuos. Si bien anteriormente la agricultura y ganadería se complementaban y no los generaban, esta situación cambió con la intensificación de la actividad, a partir de la revolución verde. Los cambios socioeconómicos de las últimas décadas, el desarrollo de la industria agroalimentaria y sobre todo, la intensificación de las explotaciones agropecuarias han propiciado la producción de ingentes cantidades de residuos que ocasionan graves problemas medioambientales. En pleno inicio de una nueva década marcada por los desastres naturales ocasionados, en su mayor medida, por un importante cambio en el clima mundial, es de vital importancia el consumo de fuentes renovables de energía para intentar minimizar el impacto ambiental y conseguir una mejor conservación del medio natural con efectos positivos sobre la economía mundial, la salud y el bienestar social. El cambio climático es una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible y presenta uno de los mayores retos ambientales en la actualidad para países como España y, concretamente, para la Región de Murcia.

La heterogeneidad de los recursos aprovechables es una característica intrínseca de los sistemas de producción de energía asociados a la biomasa. Esta situación aumenta su complejidad ya que cada proyecto necesita análisis específicos de disponibilidad, extracción, transporte y distribución. De hecho, la forma de extraer y utilizar como combustible los restos de una actividad forestal es distinta al uso de los residuos de una industria forestal o al aprovechamiento energético de los residuos agrícolas.

Respecto a la biomasa forestal, ha sido utilizada tradicionalmente en el sector doméstico mediante sistemas poco eficientes, algo que está cambiando debido a la llegada al mercado de sistemas de calefacción y agua caliente modernos, de alta eficiencia y comodidad para el usuario. Todavía no se ha generalizado el uso de residuos agrícolas como biomasa, aunque existen algunos proyectos con paja o podas de olivo, mientras que los desarrollos en cultivos energéticos no han alcanzado el nivel comercial.

La Región de Murcia, considerada como una de las regiones más importantes en el sector agrícola español, va a generar gran cantidad de residuos agrarios que suponen uno de los mayores potenciales en energías renovables cuyo aprovechamiento viene condicionado por las superficies de cultivo, considerando los residuos forestales y agrícolas.

El actual Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 se aprobó por acuerdo del Consejo de Ministros en noviembre de 2011, estableciendo objetivos de acuerdo con la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, y atendiendo al Real Decreto-ley 9/2013 (deroga a R.D. 661/2007) y a la Ley 2/2011 de Economía Sostenible. Dicha Directiva fija como objetivos generales para España (mismo objetivo que para la media de la UE): conseguir una cuota del 20,0 % de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto. Con esta propuesta se plantea el empleo de nuevas tecnologías, como las calderas de biomasa

que pueden proveer a los edificios de calefacción y agua caliente, equiparables en su funcionamiento a las habituales de gasóleo C o gas natural, y como una mejora de dicha propuesta se plantea la biodigestión para la producción de biogás, utilizando biomasa de distinta naturaleza compuesta por diferentes residuos procedentes del sector agropecuario.

Las calderas de biomasa son aquellas que utilizan combustibles naturales provenientes de fuentes renovables para su funcionamiento. Los pellets de madera, procedentes de residuos forestales o de los excedentes de industrias madereras, huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos, leña etc. son las fuentes de energía natural que emplean las calderas de biomasa. El biocombustible del que se alimentan las calderas de biomasa, resulta más económico que los combustibles tradicionales (gasóleo, propano, etc...), siendo su precio, además, más estable a través del tiempo, ya que no depende de los precios que fijan otros países. Su alto poder calorífico por unidad de peso, (alcanza las 4.200 kcal/kg) hace del biocombustible una forma de energía rentable y renovable y aporta a la caldera de biomasa unos rendimientos caloríficos que casi alcanzan el 100%. Además, su caracterización como fuente energía renovable, hace que eventualmente algunas Administraciones subvencionen su uso.

Paralelamente a los beneficios medioambientales derivados de las tecnologías que mejoran la gestión de estos residuos, existen una serie de beneficios económicos y sociales que redundan en la mejora de los niveles de vida de los habitantes de las zonas rurales en las que se emplea esta tecnología, a través de la producción de energía, la valorización agronómica de los productos derivados del proceso de biodigestión y la activación del empleo regional.

Como consecuencia, las intervenciones planteadas supondrán el aumento de los niveles de renta en el sector agropecuario en aquellas zonas de intervención de la Región de Murcia donde se desarrollará esta propuesta, señalando que, con ello, se abarcará gran parte del territorio de la Región.

1.1. Antecedentes

En relación a los residuos procedentes de la agricultura, señalar que con el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector, se produce una modificación del sistema productivo, dando lugar al desarrollo de monocultivos y posteriormente a la agricultura intensiva, que supone una mayor concentración de residuos provocando importantes problemas medioambientales. Los restos vegetales han pasado a constituirse en el principal residuo procedente de la actividad agraria suponiendo un peligro para la propia actividad que los genera tanto en su fase productiva como de transformación. Constituyen uno de los principales vectores de transmisión de plagas y enfermedades a la vez que son una fuente importante de materia orgánica.

Estos residuos son fundamentalmente restos de plantas, pero no sólo esto, sino que incluyen los frutos que por su apariencia o calidad no se pueden comercializarse, son residuos con un alto contenido en humedad. Los principales problemas que plantea la mala gestión de los residuos son:

1. Al amontonarse, debido a la humedad y a las altas temperaturas se transforman en un foco de plagas e insectos que pueden propagarse por los cultivos de alrededor o por las poblaciones cercanas. A esto contribuye el alto contenido en azúcares de algunos de los productos.
2. La incineración incontrolada constituye un foco de contaminación y molestias para las zonas cercanas.
3. Cuando estos residuos se encuentran contaminados por restos de tratamientos fitosanitarios, su incineración puede verter a la atmósfera compuestos peligrosos. También es frecuente que se utilicen estos residuos para alimentar al ganado con el consiguiente peligro para el ganado y los consumidores.

Una forma de evitar los problemas anteriores sería destinar los residuos procedentes de la agricultura junto con los forestales y silvícolas a la producción de biocombustibles que utilizados en calderas proporcionen calefacción y calentamiento de agua en edificios. Las materias más utilizadas para las aplicaciones térmicas de la biomasa son los residuos de las industrias agrícolas (cáscaras de almendras, huesos de aceitunas...) y forestales (astillas, serrines...) y los residuos de actividades silvícolas (podas, claras, limpieza de bosques,...) y de cultivos leñosos (podas, arranques,...). En muchas ocasiones algunos de estos residuos se transforman en pellets y briquetas, astillas molturadas y compactadas que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación pero que requieren de un tratamiento previo encareciendo el producto final.

Dentro del programa Leader no se han desarrollado proyectos relacionados con lo que se plantea en este estudio. En él se incluyen a los cuatro grupos de acción local (GAL) que serán los que obtengan los primeros resultados, siendo beneficioso tanto para agricultores, ganaderos, empresarios del sector forestal e industrial de transformados de vegetales, hortalizas y frutas, así como la población en general por los efectos positivos que se obtendrán para el desarrollo rural y el medio ambiente de las zonas de actuación.

Numerosos estudios relacionados con la temática planteada han sido llevados a cabo por diversos grupos de investigación de todo el mundo:

- Estudio sobre calentamiento a partir de Biomasa: cultivo de madera para producción de energía en Lusatia (Alemania). Región de Brandeburgo. http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/bioenergy_anaerobic_en.htm.
- Optimisation of the energy valorisation of agricultural biomass matter according to the philosophy of a natural park. Attert. Belgium (2005).
- Demonstration of an optimised production system for biogas from biological waste and agricultural feedstock. Sweden (2006). www.vafabmiljo.se
- Enhanced production of methane from anaerobic digestion with pre-processed solid waste for renewable (2005).
- Co-Digestion and Energy Production from Waste. Denmark (2001).
- Biogas Plant for the Treatment of Organic Waste and Cattle Slurry in Aalborg Municipality. Denmark (1999).

- Estudio sobre la caracterización parcial de la carga contaminante del purín de cerdo tratado con un sistema integrado de biodigestión. Departamentos de Ingeniería Rural y de Medicina Preventiva y Reproducción Animal de la Universidad de Sao Paulo, Jaboticabal (Brasil) (2003).
- Estudio sobre la recuperación del efluente del biogás del purín de cerdo a través de un aparato de acero inoxidable bajo condiciones de pH constante. Facultad Medioambiental y Ciencias en Recursos. Universidad de Zhejiang, (China) (2009).
- Estudio sobre la eliminación de nitrógeno en purines de cerdo depurados usando biogás mediante un reactor semidividido. Instituto Nacional de Ciencia del Ganado y Dehesas. Tsukuba, Ibaraki, (Japón) (2007).
- Estudio sobre el tratamiento de residuo y calidad de biogás en digestores a pequeña escala en la agricultura. Departamento de Ingeniería de los Alimentos, Agricultura y Biología de la Universidad del Estado de Ohio, Columbus, (Estados Unidos), Universidad de la Tierra, San José (Costa Rica) (2007).
- Estudio sobre un efectivo almacenamiento y pretratamiento de bio-reducción en tanques para cadáveres de ganado. Escuela de Medioambiente y Fuentes Naturales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Bangor (Reino Unido) (2009).
- Estudio sobre la generación de biogás a partir de pulpa de manzana. Instituto Politécnico de Ingeniería, Universidad de Oviedo, (España) (2009).
- Estudio sobre la producción de biogás a partir del agua residual de aceite de almazara, mediante co-digestión con estiércol de ave diluido, Instituto de Educación Tecnológica de Atenas, (Grecia), Universidad de Agricultura de Atenas, (Grecia) e Instituto de Medioambiente y Recursos DTU, Universidad de Dinamarca (2007).
- Investigación para el autoabastecimiento energético en instalaciones agropecuarias., Subdirección General de Conservación de Recursos y Alimentación Animal. Dirección General de Recursos Agrarios y Ganaderos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural, (España) (1980- 1986).
- Estudio sobre la cuantificación de electricidad generada y transformaciones de residuo en un sistema de digestión anaeróbico a bajo coste. Departamento de Ingeniería de los Alimentos, Agricultura y Biología de la Universidad del Estado de Ohio, Columbus, (Estados Unidos), Universidad de la Tierra, San José (Costa Rica) (2008).
- Estudio sobre una estimación del potencial de energía eléctrica generada a partir de diferentes fuentes de biogás en Brasil. Universidad Federal de Itajuba´, (Brasil) (2009).
- Análisis de la energía y económico del biogás de las explotaciones climatizadas de ganado. Departamento de Ingeniería en Agricultura, Universidad de Agricultura de Atenas, (Grecia) (2002).

- Promoción de la Biomasa Forestal en el Mediterráneo (PROFORBIOMED). Consejería de Presidencia. Murcia (2007-2012).
- Contribución de la biomasa forestal generada en la prevención de incendios forestales a la estrategia energética de la UE. Project LIFE+ (2010-2014). Socios participantes: AMUFLOR, Ayuntamiento de Moixent, AVEBIOM, Iberdrola, Eléctricas La Enguerina.
- Integrated Pilot Plant for complete energy recovery of different municipal and livestock waste materials and by-products (METABIORESOR) (2010-2014). Proyecto LIFE+. Socios participantes: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Institut du Porc (IFIP), Ayuntamiento de Lorca, Alia e Interprofession Nationale Porcine (INAPORC).
- AGROWASTE. Proyecto LIFE+ (2012-2014). Socios participantes: CEBAS-CSIC, CTC Y AGRUPAL.

1.2. Conceptos previos sobre la biomasa

En la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación) se define la «biomasa» como cualquiera de los siguientes productos:

- a) los productos compuestos por una materia vegetal de origen agrícola o forestal que puedan ser utilizados como combustible para valorizar su contenido energético;
- b) los siguientes residuos:
 1. residuos vegetales de origen agrícola y forestal,
 2. residuos vegetales procedentes de la industria de elaboración de alimentos, si se recupera el calor generado,
 3. residuos vegetales fibrosos procedentes de la producción de pulpa virgen y de la producción de papel a partir de la pulpa, si se coincineran en el lugar de producción y se recupera el calor generado,
 4. residuos de corcho,
 5. residuos de madera, con excepción de aquellos que puedan contener compuestos organohalogenados o metales pesados como consecuencia de algún tipo de tratamiento con sustancias protectoras de la madera o de revestimiento y que incluye, en particular, los residuos de madera procedentes de residuos de la construcción y derribos.

En la definición anterior no se consideran los residuos ganaderos como los purines, sin embargo en la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables aparece la definición de biomasa previamente contemplada en la Directiva 2003/54/CE: “la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico

procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”.

A pesar de no estar incluidos los purines en la Directiva 2010/75/UE se van a considerar en este Proyecto de Cooperación Intrarregional como una mejora del proyecto mediante su utilización en procesos de biodigestión. No hay que olvidar que en la Región de Murcia, debido al gran número de explotaciones ganaderas, se producen enormes cantidades de estiércol; según los datos de la Consejería de Agricultura y Agua (Estadística Agraria Regional), en 2009, en la Región de Murcia se produjeron 2 352 000 toneladas de estiércol. De manera que el potencial de biomasa procedente de este tipo de residuo para la obtención de energía resulta ser bastante interesante.

A continuación se definen los diferentes tipos de residuos vegetales que se pueden utilizar en la industria de transformación de biomasa para la producción de energía:

- a) Residuos agrícolas leñosos. Las podas de olivos, viñedos y árboles frutales constituyen su principal fuente de suministro. Es necesario realizar un astillado o empacado previo a su transporte que unido a la estacionalidad de los cultivos aconseja la existencia de centros de acopio de biomasa donde centralizar su distribución.
- b) Residuos agrícolas herbáceos. Se obtienen durante la cosecha de algunos cultivos, como los de cereales (paja) o maíz (cañote). También en este caso la disponibilidad del recurso depende de la época de recolección y de la variación de la producción agrícola.

La biomasa procedente de los dos tipos de residuos anteriores se caracteriza por su producción dispersa en el territorio y su baja densidad, que provoca elevados costes en la logística de su aprovisionamiento. El pretratamiento para su densificación (empacado, astillado, etc.) supone un coste adicional pero consigue un transporte más económico. Estas dos características son los obstáculos más importantes para lograr la viabilidad técnica y económica de su aprovechamiento energético.

- c) Residuos forestales. Se originan en los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, tanto para la defensa y mejora de éstas como para la obtención de materias primas para el sector forestal (madera, resinas, etc.). Los residuos generados en las operaciones de limpieza, poda, corta de los montes pueden utilizarse para usos energéticos dadas sus excelentes características como combustibles. Con la maquinaria apropiada se puede astillar o empacar para mejorar las condiciones económicas del transporte al obtener un producto más manejable y de tamaño homogéneo. En la actualidad, los inconvenientes asociados a estos residuos, como la dispersión, la ubicación en terrenos de difícil accesibilidad, la variedad de tamaños y composición, el aprovechamiento para otros, las impurezas o el elevado grado de humedad han impedido su utilización generalizada como biocombustibles sólidos.

- d) Residuos de industrias forestales y agrícolas. Las astillas, las cortezas o el serrín de las industrias de primera y segunda transformación de la madera y los huesos, cáscaras y otros residuos de la industria agroalimentaria (aceite de oliva, conservera, frutos secos...) son parte de los biocombustibles sólidos industriales. En estos casos la estacionalidad se debe a las variaciones de la actividad industrial que los genera.
- e) Cultivos energéticos. Son cultivos de especies vegetales destinados específicamente a la producción de biomasa para uso energético. En España, aunque existen experiencias en diversos lugares asociadas a distintos proyectos, aún no han pasado del campo de la experimentación. Entre las distintas especies agrícolas herbáceas susceptibles de convertirse en cultivos energéticos destacan el cardo, el sorgo y la colza etíope. Además también pueden utilizarse especies forestales leñosas, como los chopos, en zonas de regadío, y los eucaliptos, en terrenos de secano.

Por su parte, la biomasa procedente de los residuos ganaderos englobaría a todo residuo biodegradable procedente de la actividad ganadera, y se puede clasificar en estiércol, compuesto por la mezcla de las deyecciones y el material de la cama del ganado; purines, mezcla de deyecciones y el agua de limpieza y arrastre; aguas sucias procedentes del lavado, desperdicios de abrevaderos y deyecciones diluidas; y animales muertos. Se pueden transformar en biogás mediante digestión anaerobia, o bien secar y utilizar directamente como combustible. Se encuentran concentrados en las instalaciones donde se generan y son muy contaminantes debido a su elevada carga orgánica. La producción de biogás a partir de residuos ganaderos sólo es posible tecnológicamente cuando existe una elevada concentración de cabezas de ganado en explotaciones intensivas (IDAE, 2005).

Finalmente, mencionar que el primer estudio que se llevó a cabo en la Región sobre esta temática titulado "Estudio de viabilidad técnico-económica para el tratamiento de residuos agroalimentarios en la Región de Murcia" fue financiado por la Dirección General de Medio Ambiente. La información de dicho estudio junto con los resultados de los proyectos que actualmente están funcionando como METABIORESOR, PROFORBIOMED Y AGROWASTE se tendrá en cuenta a la hora de la realización de dicho contrato.

2. OBJETIVO DEL CONTRATO

Con la realización de este contrato se pretende por un lado localizar y evaluar los recursos susceptibles de utilización como materia prima para la fabricación de biomasa y por otro, analizar los efectos económicos, sociales y ambientales que el desarrollo industrial de la biomasa puede tener en los cuatro territorios Leader que participan en el Proyecto (GAL-Nordeste; GAL-Integral; GAL-Campoder; GAL-Vega del Segura) (Mapa 3.1).

3. METODOLOGÍA

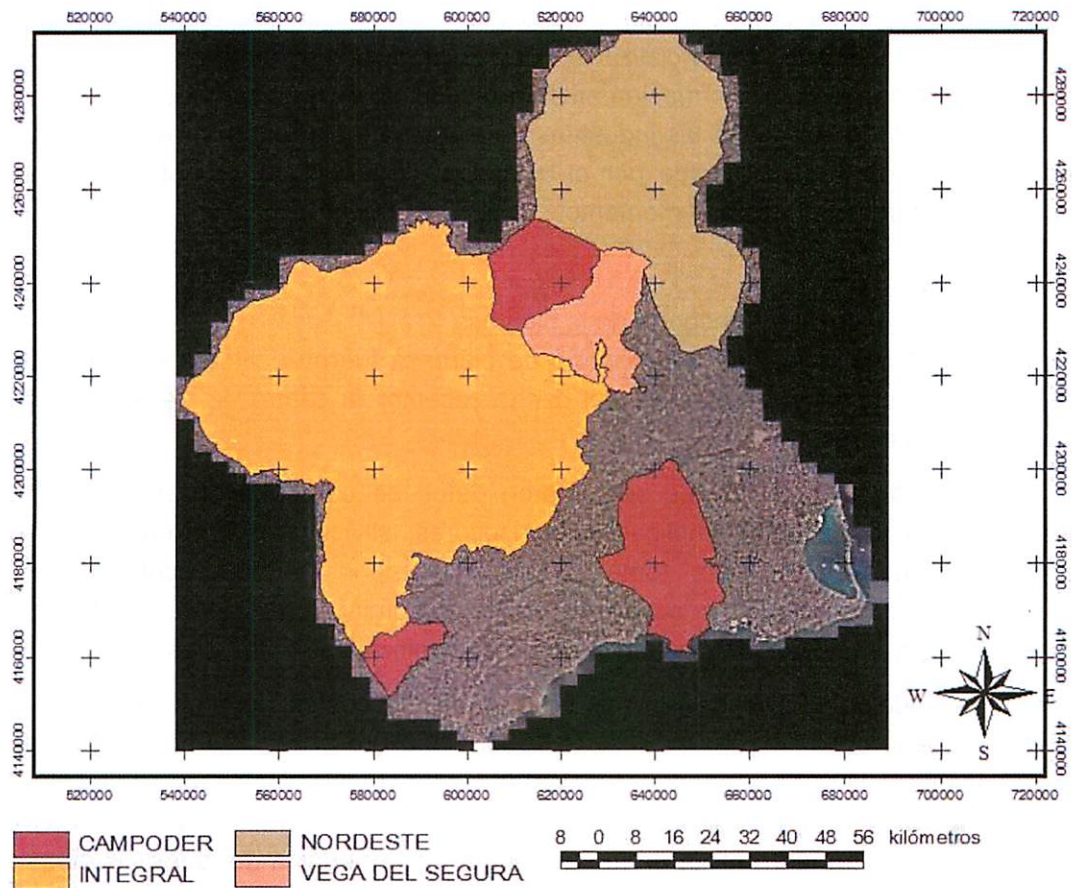
A continuación se comenta la metodología utilizada en cada línea planteada en el contrato:

a) Análisis de las fuentes potenciales de obtención de materias primas y su distribución geográfica

En relación a las fuentes potenciales de obtención de materias primas comentar que la estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y forestal se ha abordado desde un análisis territorial, siendo la superficie de cultivo y la forestal los parámetros básicos con los que se han iniciado los cálculos. Sin embargo, en el caso de la biomasa ganadera, como es de suponer, se ha tenido en cuenta el número de cabezas de ganado.

Para llevar a cabo la determinación de las fuentes potenciales de obtención de materias primas (forestal, agrícola, agroindustrial, etc.), en primer lugar, se utilizaron los mapas de usos y coberturas vegetales del suelo de los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia que participan en el Proyecto. En relación a esto último señalar que el grupo de investigación GARSA de la UPCT disponía de mapas y fotografías aéreas, así como de Mapas de Usos y Aprovechamientos a escala 1:50.000 y Mapas de Suelos y de Evaluación agrícola de suelos a escala 1:50.000 que se realizaron con el proyecto LUCDEME, financiado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Además, se realizaron numerosas visitas a cada una de los municipios incluidos en los cuatro territorios GAL para la recopilación de datos referentes a las características y volumen actual y potencial de los diferentes tipos de materias primas destinadas a la producción de biomasa. Concretamente los municipios incluidos en estos GAL son (Mapa 3.1):

1. *GAL-Nordeste*: Abanilla, Fortuna, Jumilla y Yecla.
2. *GAL-Integral*: Albudeite, Aledo, Bullas, Calasparra, Campos del Río, Caravaca de la Cruz, Cehegín, Moratalla, Mula, Pliego, y parte de Alhama de Murcia, Lorca y Totana.
3. *GAL-Campoder*. Cieza, Fuente Álamo, Puerto Lumbreras y parte de Cartagena y Murcia.
4. *GAL-Vega del Segura*: Abarán, Archena, Blanca, Ceutí, Lorquí, Ojós, Ricote, Ulea y Villanueva del Río Segura.



Mapa 3.1. Localización de los cuatro territorios Leader participantes en el proyecto.

Igualmente, se han utilizado otras fuentes de información bibliográfica y estudios diversos de los que se han extraído datos referentes a:

- Coeficientes para la estimación de la biomasa residual.
- Poder calorífico y humedad media para cada tipo de biomasa residual.

Además, con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se elaboraron mapas para visualizar la localización de las fuentes potenciales de obtención de biomasa agrícola y forestal en cada uno de los GAL, así como la densidad energética superficial que se obtendría en cada uno de ellos.

En el apartado 4 se muestra con más detalle la metodología utilizada en la estimación de la cantidad de biomasa y el potencial energético total que se podría obtener a partir de los distintos tipos de residuos.

b) Análisis de la industria de biomasa en la región

El primer paso de este análisis consistió en la realización de numerosas visitas a las empresas para conocer toda la información referente a su localización, origen de las materias primas utilizadas en sus procesos industriales, tipo de producto que elaboran,

destino de estos residuos, capacidad instalada, volumen total de producción según la estacionalidad del año, comercialización de los productos/subproductos que generan, etc. Una vez con toda la información anterior disponible y organizada por municipios, se elaboró un listado con todas las industrias de biomasa, generadoras y/o consumidoras, para que pueda ser consultada por el ciudadano, además de ayudarnos de toda la información publicada hasta el momento.

c) Costes de recogida y transporte de la biomasa

Los costes de recogida y transporte de biomasa fueron estimados en función del origen de la misma y la distancia del centro receptor al centro de transformación de biomasa más cercano.

Para el análisis de costes se tomaron datos de campo en base a entrevistas personales a los agentes implicados (agricultores, silvicultores, serrerías, empresas agroalimentarias, etc.). Esta toma de datos primaria permitió confeccionar una estructura de costes particular para cada fuente de suministro de biomasa y desglosada por materias primas cuando existían diferencias significativas entre ellas.

La metodología utilizada para el análisis de los costes de producción es la de costes totales de producción (Ballesteros 1990, Caballero *et al.*, 1992), configurada por los costes variables, generados en función de los inputs utilizados y los costes fijos que ha de soportar el empresario, independientemente del nivel de producción. Esta metodología es la más realista dado que permite la retribución de todos los elementos integrantes en el proceso de producción, y por lo tanto la capitalización del empresario agrario. Además, se considerarán los costes de oportunidad, dependiendo estos últimos del estudio de alternativas de uso de la materia prima.

Los costes fijos están constituidos por el conjunto de factores que no se agotan en un solo proceso productivo y pueden ser utilizados en los periodos siguientes. Este concepto engloba los costes de maquinaria, la amortización e intereses de las instalaciones.

Los costes variables comprenden los costes de los factores de producción utilizados o destruidos durante el proceso productivo de duración anual. Este concepto engloba materias, los costes variables de la maquinaria propia y el coste de la maquinaria alquilada y la mano de obra propia y ajena utilizada.

El coste de oportunidad estaría definido como el valor de la mejor opción no realizada.

d) Costes de transformación de elementos combustibles para uso residencial, agrícola e industrial

Para la estimación de los costes de transformación de los diferentes productos derivados de la biomasa se utilizó información primaria derivada de la actividad industrial establecida. Se utilizó la metodología descrita en el "subapartado c)" para la estructura de los costes de producción. Los precios de venta de los diferentes productos obtenidos se obtuvieron del mercado actual. Con esta información se aplicó el análisis

de la viabilidad y rentabilidad de la industria de transformación, bajo diferentes escenarios de producción, utilizando para ello la metodología de análisis de inversiones (Romero, 2002). Este análisis permitió estimar el umbral de rentabilidad de los diferentes productos obtenidos, nos determinó el precio mínimo al que se puede poner en venta los productos derivados de la biomasa para usos agrícola, industrial o residencial, e identificar el atractivo económico-financiero de la actividad de transformación.

e) Ahorro para el usuario final, del coste energético de la biomasa en relación con otros combustibles.

En la estimación del posible ahorro asociado al uso de energía procedente de la biomasa se realizó un análisis de alternativas energéticas acorde con las fuentes disponibles en cada zona de estudio.

Además, fue necesario conocer el tipo de usuario final en cada una de las zonas de estudio dado que, sus características, y las de las fuentes de producción de energía alternativas, condicionan el diseño y la dimensión de las instalaciones. Por ejemplo, un ganadero puede utilizar biomasa para calentar una instalación pequeña y aislada, o un grupo de ganaderos con explotaciones cercanas pueden utilizar de forma conjunta un sistema energético para la calefacción de todas sus instalaciones. Igualmente, la instalación de biomasa puede utilizarse para suministrar energía al sistema de calefacción de un lugar de la tercera edad para 100 personas o para 1000, siendo evidente la existencia de economías de escala.

Por todo ello, fue necesario realizar un estudio zonal del potencial de uso de las instalaciones de biomasa, u otros combustibles alternativos. Para ello se tuvo que realizar una entrevista a los agentes implicados, lo que permitió conocer el tipo de instalaciones más apropiadas para cada zona y el uso que se les dará a las mismas.

Una vez identificadas las dimensiones apropiadas de las instalaciones de biomasa y las alternativas energéticas se realizó análisis comparativos de las mismas utilizando para ello indicadores financieros derivados de la aplicación de la metodología de análisis de inversiones.

f) Repercusiones en las economías locales: creación de riqueza y de puestos de trabajo

Para la evaluación de los efectos del desarrollo del sector de la biomasa en las distintas fases de la cadena de producción, fue necesario conocer el tipo de instalaciones más apropiadas a cada una de las zonas de estudio identificadas en el subapartado anterior y el origen de la materia prima para cada una de estas zonas. Así, las características de las zonas definieron a los agentes asociados en la cadena de producción y su análisis fue individualizado.

Una vez identificadas las características de cada cadena de producción se estimó la riqueza y el empleo asociado al productor y al transformador de la materia prima acorde con la estructura de costes identificada en los puntos anteriores c) y d).

g) Repercusiones medioambientales

Las instalaciones de biomasa, como todas las actividades industriales, generan externalidades ambientales que deben ser cuantificadas e internalizadas para alcanzar un uso sostenible de los recursos naturales.

Por ello, en este apartado se identificaron las externalidades positivas y negativas asociadas a la actividad de producción de biomasa. Estas externalidades afectan de forma directa a las áreas agrícolas y forestales. Una vez identificadas, se estimó su valor utilizando metodologías de evaluación de los recursos naturales. Las externalidades positivas más importantes asociadas a las instalaciones de biomasa son: la producción de energía renovable, la eliminación de residuos y la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. El valor económico de estas externalidades pudo ser estimado en base a métodos directos, como el método de mercado (Riera et al., 2008).

La estimación de estos valores permitió valorar los efectos del desarrollo del sector de la biomasa en las zonas permitiendo a los encargados de la gestión de los recursos naturales tomar decisiones con un mayor nivel de información.

Los impactos negativos son generales a los de cualquier otra industria. Pero al tratarse de materias de origen orgánico, la acumulación de residuos vegetales genera olores, se emiten lixiviados líquidos que pueden acabar contaminando acuíferos, en estas zonas proliferan moscas, ratas y otros parásitos que buscan alimentarse de ellos, etc. Todo esto genera un entorno insalubre y por lo tanto es rechazado por la población que habita en la cercanía de dichas industrias, convirtiéndose en un motivo de conflictos sociales.

4. ANÁLISIS DE LAS FUENTES POTENCIALES DE OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

4.1. Biomasa residual agrícola

En la Región de Murcia las difíciles condiciones para el cultivo en un clima mediterráneo semiárido, caracterizado por escasas lluvias y por tanto, mínimos recursos hídricos, unido a la mala calidad de las aguas y suelos pobres en nutrientes, han dado lugar a una apuesta constante por la innovación tecnológica dirigida a encontrar soluciones efectivas para obtener la más alta rentabilidad y productos de primera calidad. Esto ha permitido que actualmente nuestra región sea una de las agriculturas más avanzadas del mundo, a pesar de consumir solo el 3% de los recursos hídricos de España.

En conjunto, según los datos proporcionados por el Anuario Estadístico de la Región de Murcia (cosecha 2013) los cultivos leñosos superan a los herbáceos en unas 81.874 hectáreas, proporcionando a amplios sectores de la Región un paisaje insólito en fuerte contraste con la escasa y rala vegetación de los espacios no cultivados. Es,

sin embargo, el complejo de los cultivos hortofrutícolas el que resulta más representativo, tanto por su extensión como por el valor de la producción y el empleo que generan, de manera que los mayores incrementos en superficie ocupada y producción durante el último decenio del siglo XX, lo experimentaron las hortalizas seguidas de los frutales cítricos.

La distribución sobre el territorio regional de grandes masas de cultivo está básicamente en relación con las condiciones ambientales, pero ampliamente matizadas por rasgos socioeconómicos y de experiencia y tradición (Gil, 1999). Según Calvo (2007) en líneas generales, la altitud determina una barrera para los cultivos de agrios, que no suelen superar los 300 m, a partir de los cuales se sustituyen por frutales de hueso, en tanto que la arboricultura de secano es prácticamente homogénea en toda la Región. Así, en el cuadrante nororiental (Jumilla-Yecla), escasamente dotado para el riego, predominan los cultivos leñosos de secano, básicamente viñedo pero también almendro y olivar con sectores de regadío dedicados a frutales, uva de mesa y viñedo en riego expandido en los últimos años (Foto 4.1).

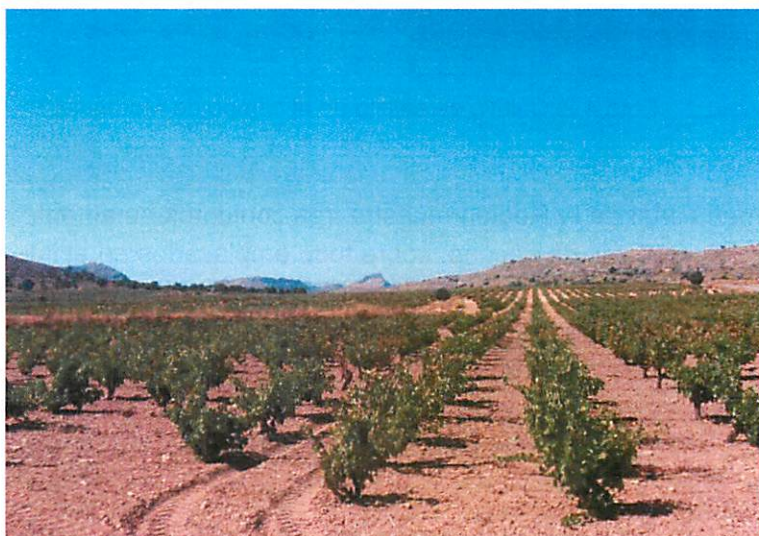


Foto 4.1. Superficie agrícola ocupada por viñedo en una finca de Jumilla.

En la Cuenca de Fortuna-Abanilla, son los frutales cítricos los que caracterizan el regadío en tanto que almendro y olivo se extienden en el secano. En el Noroeste regional, que incluye los municipios de Moratalla, Caravaca, Bullas y Cehegín, el secano es básicamente cerealista (Foto 4.2) y, en riego, junto a los frutales de hueso se expanden las hortalizas. La Cuenca de Mula dedica sus áreas regadas a frutales de hueso y cítricos, con almendro y cereales en el secano.

Desde Calasparra hasta Beniel, a lo largo del eje del Río Segura, se extienden la mayor parte de las huertas tradicionales de la Región de Murcia, ampliadas progresivamente fuera del valle fluvial con caudales subterráneos o trasvasados desde el Tajo, a lo largo del siglo XX. Frutales de hueso, uva de mesa y frutales cítricos son, en la actualidad, los cultivos predominantes desde el inicio, donde se ubica un pequeño

pero interesante sector de arrozal, próximo a la confluencia de los ríos Segura y Mundo, hasta el límite provincial con Alicante.

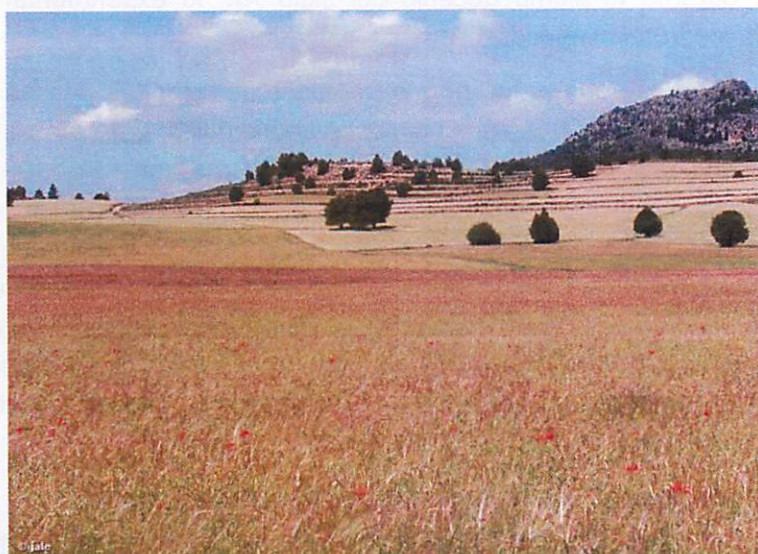


Foto 4.2. Cultivo cerealista en el campo de Moratalla.

El sector meridional de la Región muestra tres conjuntos netamente diferentes. Por una parte, amplios sectores de secano, sobre todo emplazados en el interior, dedicados a cereal y almendro de forma básica; la amplia Depresión del Guadalentín donde los regadíos con aguas procedentes del Tajo se dedican a hortalizas, cultivos industriales y frutales, en particular cítricos. Por último, en el litoral, se localizan los amplios sectores regables del Trasvase en el Campo de Cartagena y los más reducidos de las llanuras litorales de Mazarrón y águilas dedicados a hortalizas y, en menor medida, a frutales cítricos.

En los secanos murcianos (Gil, 1991), predomina ampliamente la arboricultura de almendro y olivo junto al viñedo, apareciendo los aprovechamientos de cebada, avena y trigo en orden decreciente de importancia. Se manifiesta así una adaptación a condiciones climáticas próximas a la aridez, ya que las plantas leñosas citadas están bien adaptadas para aprovechar los escasos recursos hídricos almacenados en el suelo, cuando se disponen en marcos de plantación muy amplios. Sin embargo, sus rendimientos aumentan extraordinariamente aportándoles agua, de manera que cada vez resulta más frecuente encontrar plantaciones de estos símbolos del secano murciano con instalaciones de riego por goteo. Por su parte, el cultivo cerealista demanda precipitaciones aportadas con mayor regularidad, con lo que su ámbito preferente son las tierras altas interiores, donde aumentan éstas ligeramente a la vez que las temperaturas más bajas disminuyen la evapotranspiración.

La superficie destinada a producción de frutas, superior a las 180.000 hectáreas, permite que la Región de Murcia sea una de las principales zonas de producción de cítricos y de frutas de hueso básicamente limón, albaricoque y melocotón, siendo más

reciente el desarrollo de superficies de producción de uva para consumo en fresco. Respecto a los cultivos leñosos de secano, destaca la producción de almendra, ligada a la agricultura del interior de la Región que, frente a la horticultura del litoral, pone de manifiesto el carácter dual de la agricultura.

Los principales espacios dedicados a cereal se localizan en los municipios de Caravaca, Moratalla, sector interior de Lorca, Calasparra y Jumilla, pero también se extienden, a veces en riego, por otros sectores más bajos con importante actividad ganadera, como es el caso de los municipios de Alhama, Totana o del Campo de Cartagena, aunque con superficies menores. Bastante más sensible que la arboricultura a los periodos de sequía, la superficie destinada a cereal oscila de un año para otro pero, en cualquier caso, la cebada es el aprovechamiento más extendido duplicando con ventaja a trigo y avena juntos. Sus menores exigencias respecto al trigo y mayor utilidad frente a la avena explican su claro predominio.

Respecto a olivo, almendro y viñedo, destacar que ocupan conjuntamente algo más de 125 mil hectáreas en la Región de Murcia, los dos primeros están presentes prácticamente en todos los campos murcianos. Por el contrario, en el caso de la vid aparece una clara concentración del cultivo en Jumilla y en Yecla, aunque también en Bullas y Ricote.



Foto 4.3. Cultivo del almendro en Fuente Álamo.

La indigencia pluviométrica del sector meridional de la Región localiza el olivo preferentemente en vaguadas y sectores de piedemonte, donde pueden llegar mayores aportaciones de la escorrentía superficial. Es por tanto en el sector septentrional donde aparece mejor representado, acondicionándose con frecuencia el terreno para abastecer en lo posible sus necesidades hídricas reteniendo la escorrentía superficial mediante abancalamientos en las laderas, separados por pedrizas con sangradores. También, en las inmediaciones de ramblas y ramblizos se derivaban tradicionalmente sus aportaciones esporádicas mediante sistemas de boqueras que distribuyen las aguas de avenida, hoy prácticamente abandonados y desorganizados. El viñedo es otro

cultivo con una importancia creciente en la Región, que en la actualidad cuenta con 31.000 hectáreas aproximadamente.

En el caso de la determinación de la cantidad de biomasa residual agrícola, se han seleccionado los tres tipos de cultivo predominantes en cada territorio GAL en función de la superficie ocupada por cada uno de ellos.

En la Tabla 4.1 y Mapa 4.1 se observa que en el caso del GAL-Nordeste predominan el viñedo, el almendro y cereales, en el GAL-Campoder almendro, melocotonero y olivar (Mapa 4.2), en el GAL-Vega del Segura cítricos, albaricoquero y melocotonero (Mapa 4.3) y finalmente, en el GAL-Integral cereales, almendro y olivar (Mapa 4.4).

Una vez obtenidas las superficies de los distintos cultivos por GAL, el potencial de biomasa residual se estima utilizando un índice de producción de residuo específico de cada cultivo. El índice de residuo (IR) relaciona la producción de residuos con el rendimiento productivo del cultivo (kg de residuo/kg de producto) o con la superficie (kg de residuo/ha y año). Concretamente, para el cálculo de la biomasa residual se ha utilizado una de las siguientes expresiones, según se utilice un IR basado en el rendimiento (1) o en la superficie (2):

$$(1) \text{ Biomasa residual [kg/año]} = S(\text{ha}) \times \eta \text{ (kg producto/ha x año)} \times \text{IR (kg residuo/ kg producto)}$$

$$(2) \text{ Biomasa residual [kg/año]} = S(\text{ha}) \times \text{IR (kg /ha x año)}$$

donde:

S= superficie asignada al píxel de un cultivo determinado.

η = rendimiento en producto del cultivo (ver Tabla 4.2).

IR = índice de residuo específico de cada cultivo.

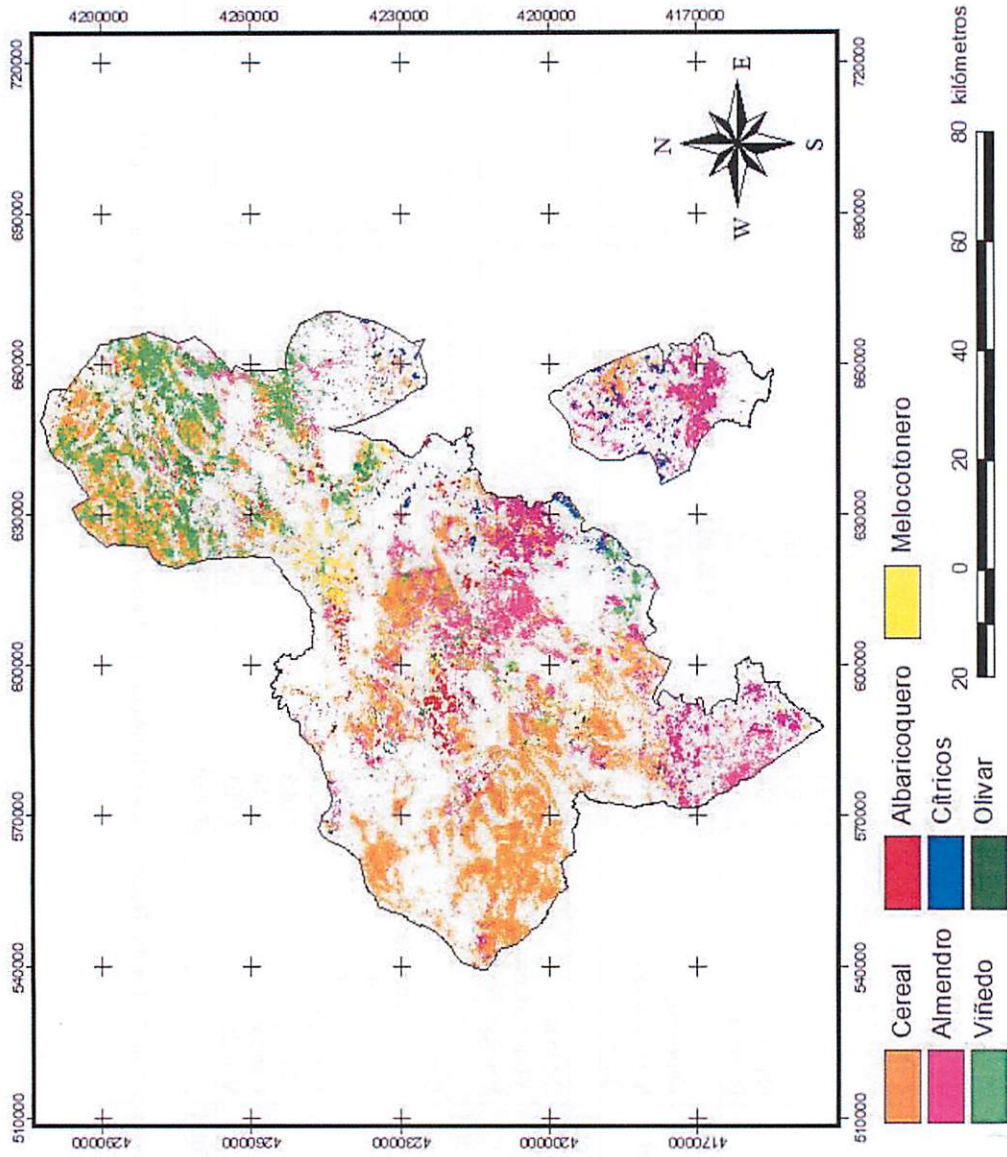
En el caso de los cultivos leñosos se ha recurrido a índices de producción de biomasa residual por unidad de superficie al no haber sido posible encontrar una relación entre la cantidad de residuos generada y la producción. Estos índices (Tablas 4.3 y 4.4) tienen la limitación de no diferenciar entre los sistemas de explotación, las condiciones agroclimáticas y el estado en que se encuentran los cultivos plurianuales leñosos.

Hay que tener en cuenta que los índices de residuos utilizados en los cálculos vienen expresados en función del porcentaje de humedad que presenta la biomasa residual cuando se retira del campo. De este modo, se ha considerado una humedad del 12% para los residuos de cultivo del trigo, cebada y avena. En el caso de los cultivos leñosos se ha considerado un grado de humedad del 20%, valor medio para este tipo de biomasa si se mide la humedad un tiempo después de realizarse la poda.

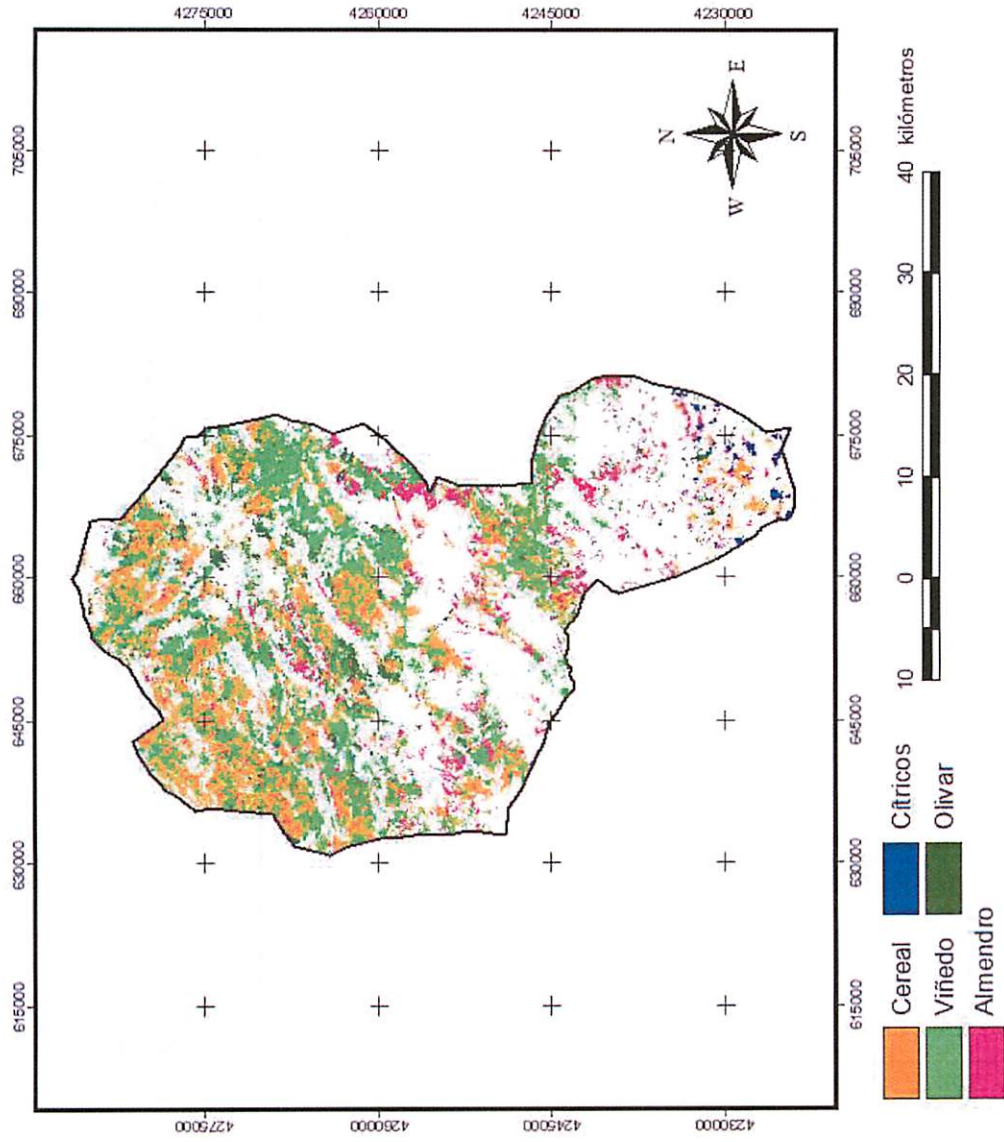
Tabla 4.1. Potencial de producción de biomasa residual y potencial energético de los residuos de los principales cultivos agrícolas.

GAL	Cultivo*	Superficie* (ha)	Producción potencial de biomasa residual (t/año)	Rendimiento medio biomasa residual (t/ha x año)	Potencial energético (tep/año)
Nordeste	Viñedo	22.813	79.846	3,5	26.189
	Almendra	12.294	15.982	1,3	4.798
	Cereales:				
	- Cebada	2.312	3.956	1,7	1.469
	- Avena	4.784	8.459	1,8	3.158
	- Trigo	2.196	6.366	2,9	2.357
	Olivar	7.984	13.573	1,7	4.330
Cítricos	2.810	5.620	2,0	1.687	
Total		55.193	133.802		43.988
Campoder	Almendra	6.363	8.272	1,3	2.483
	Melocotonero	5.707	19.975	3,5	5.996
	Olivar	1.561	2.654	1,7	847
Total		13.631	30.900		9.326
Vega del Segura	Cítricos	2.161	4.322	2,0	1.298
	Albaricoquero	2.011	7.039	3,5	2.113
	Melocotonero	1.945	6.808	3,5	2.044
Total		6.117	18.168		5.454
Integral	Cereales:				
	- Cebada	22.758	38.943	1,7	14.464
	- Avena	10.518	18.597	1,8	6.942
	- Trigo	4.182	12.123	2,9	4.488
	Almendra	34.076	44.299	1,3	13.298
	Olivar	7.083	12.041	1,7	3.841
	Cítricos	6.712	13.424	2,0	4.030
Viñedo	4.551	15.926	3,5	5.225	
Total		89.880	155.353		52.288

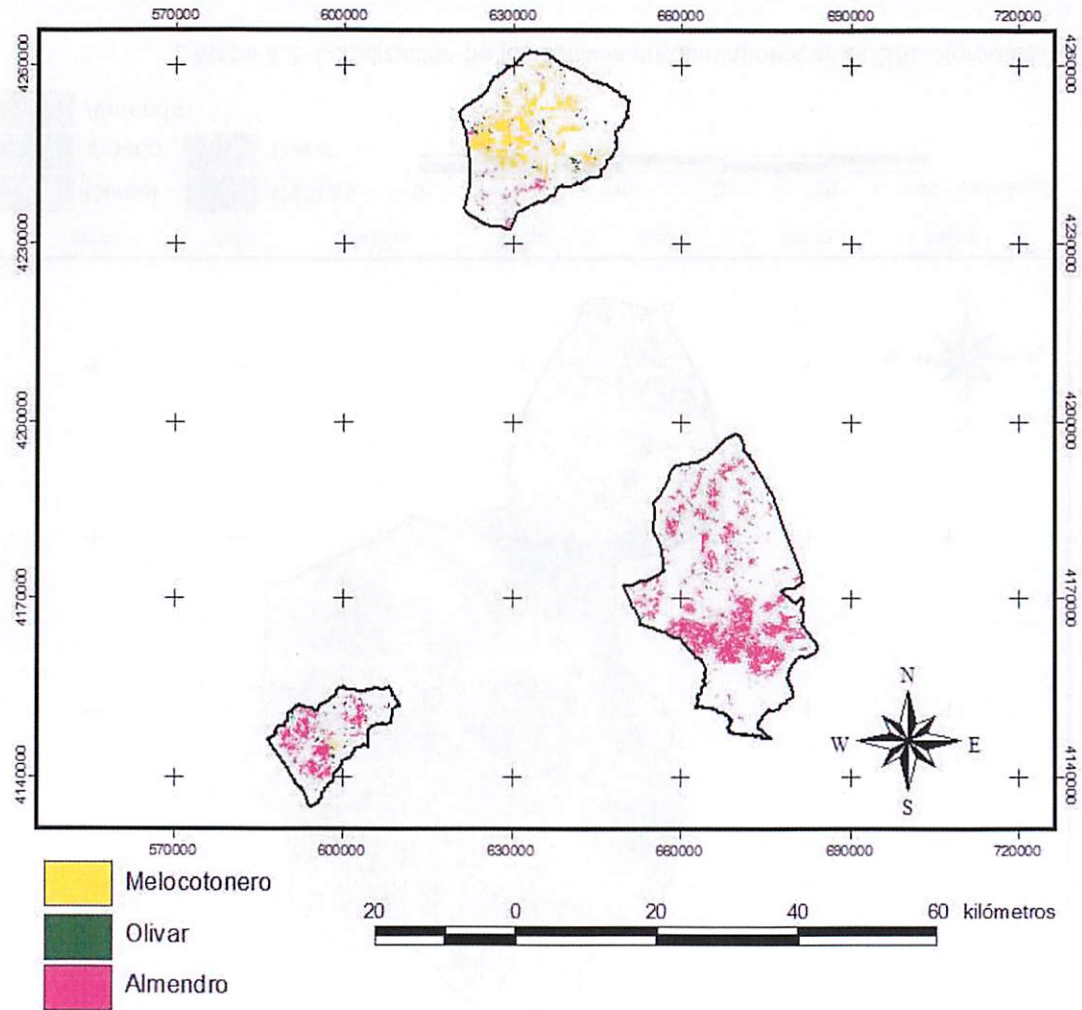
* Información recopilada del Centro Regional de Estadística de Murcia (2014) correspondiente a la cosecha 2013.



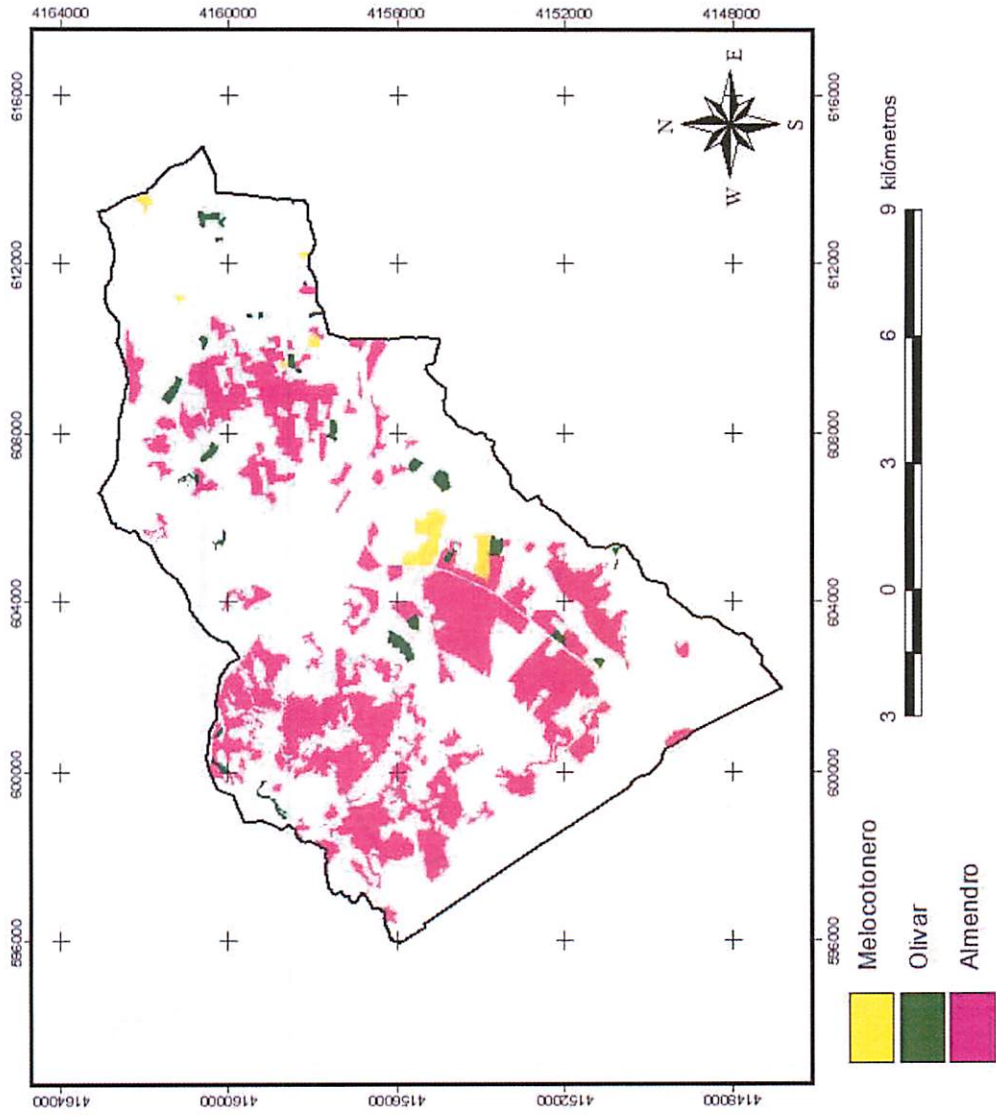
Mapa 4.1. Localización de los cultivos predominantes en los cuatro territorios GAL contemplados en el estudio.



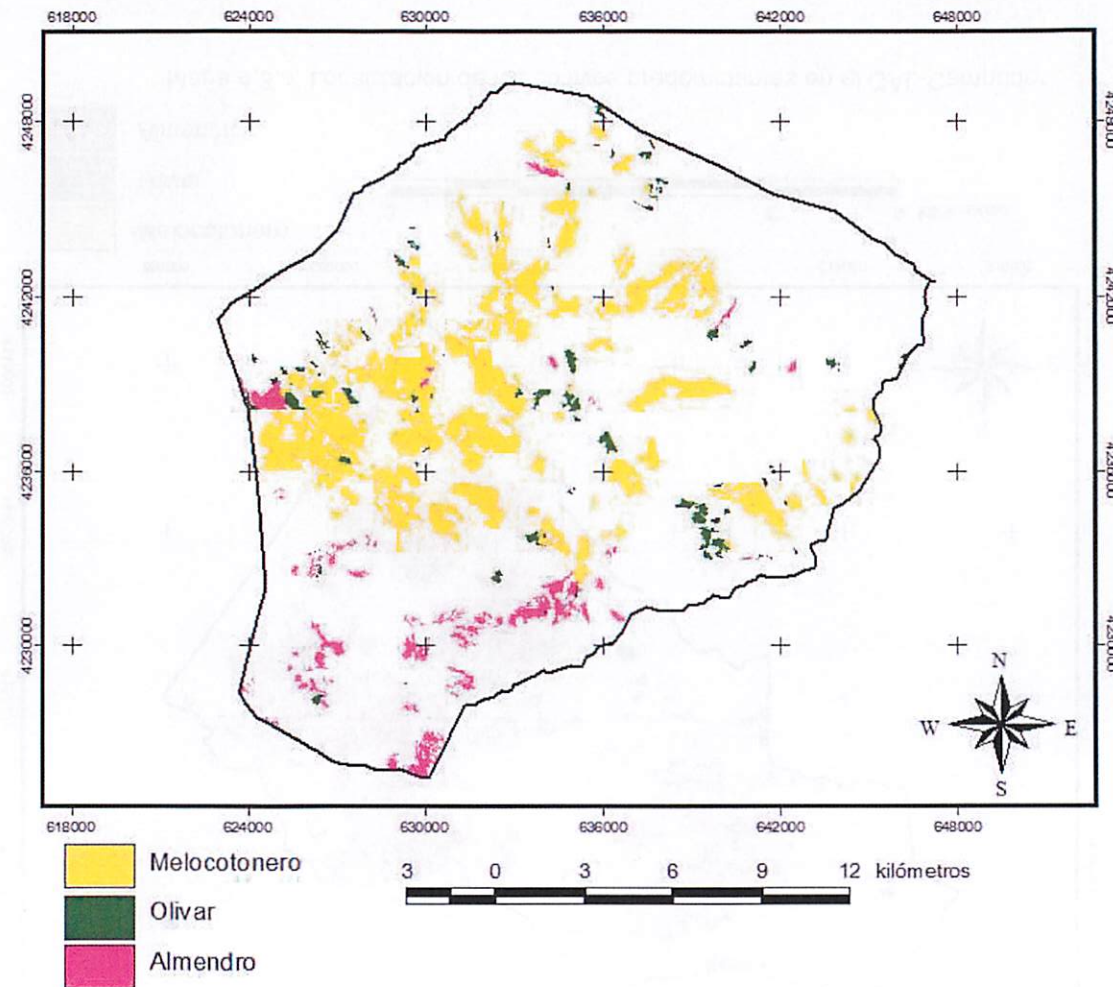
Mapa 4.2. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Nordeste.



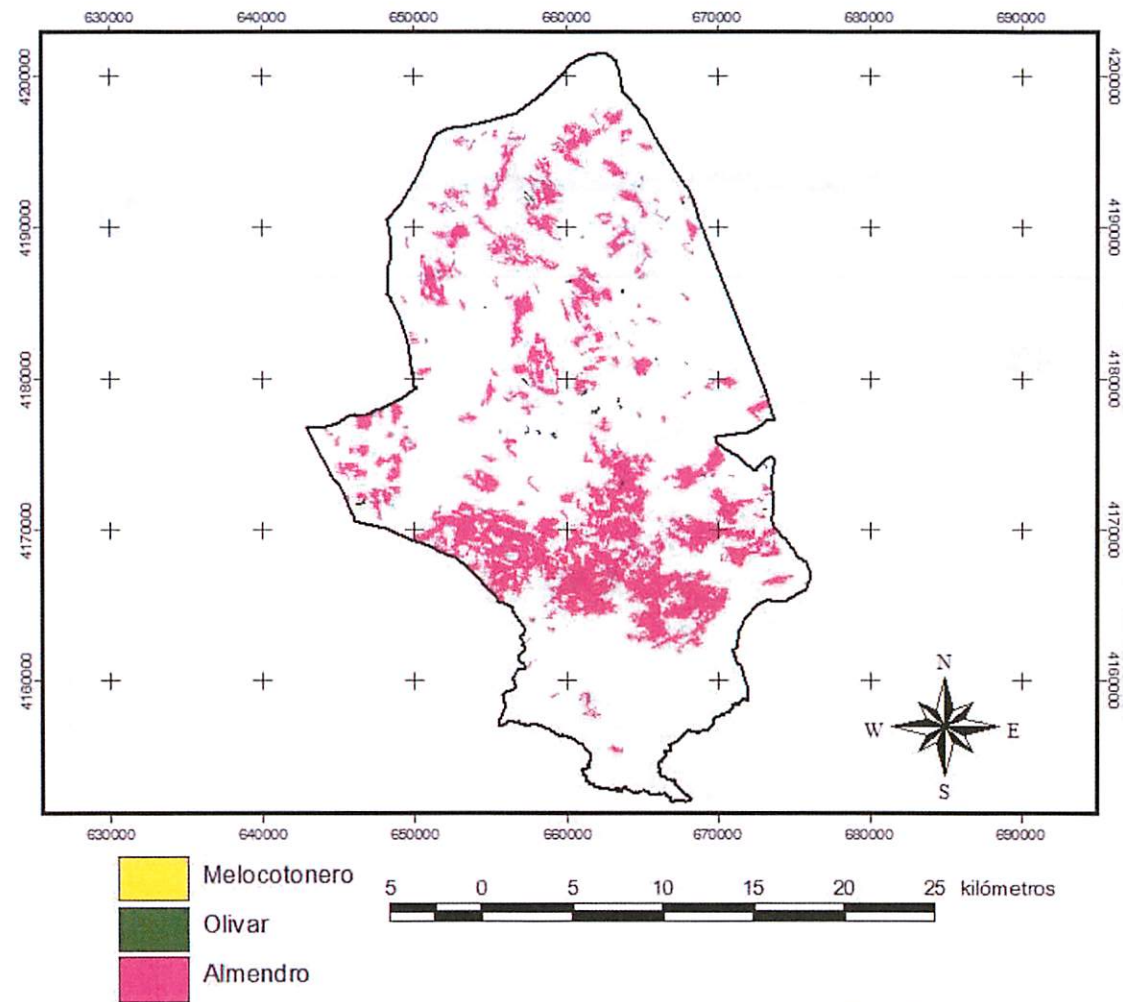
Mapa 4.3. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder.



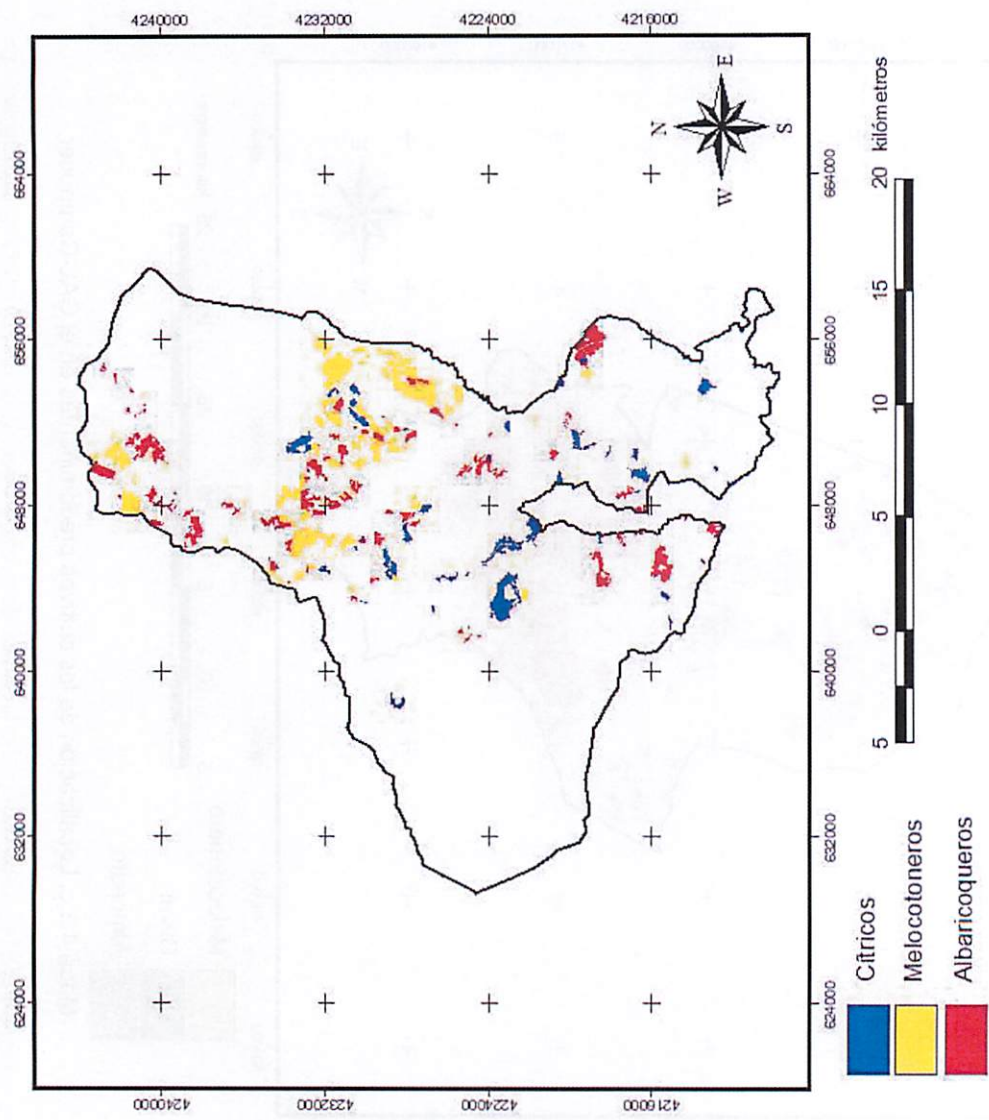
Mapa 4.3.a. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder.



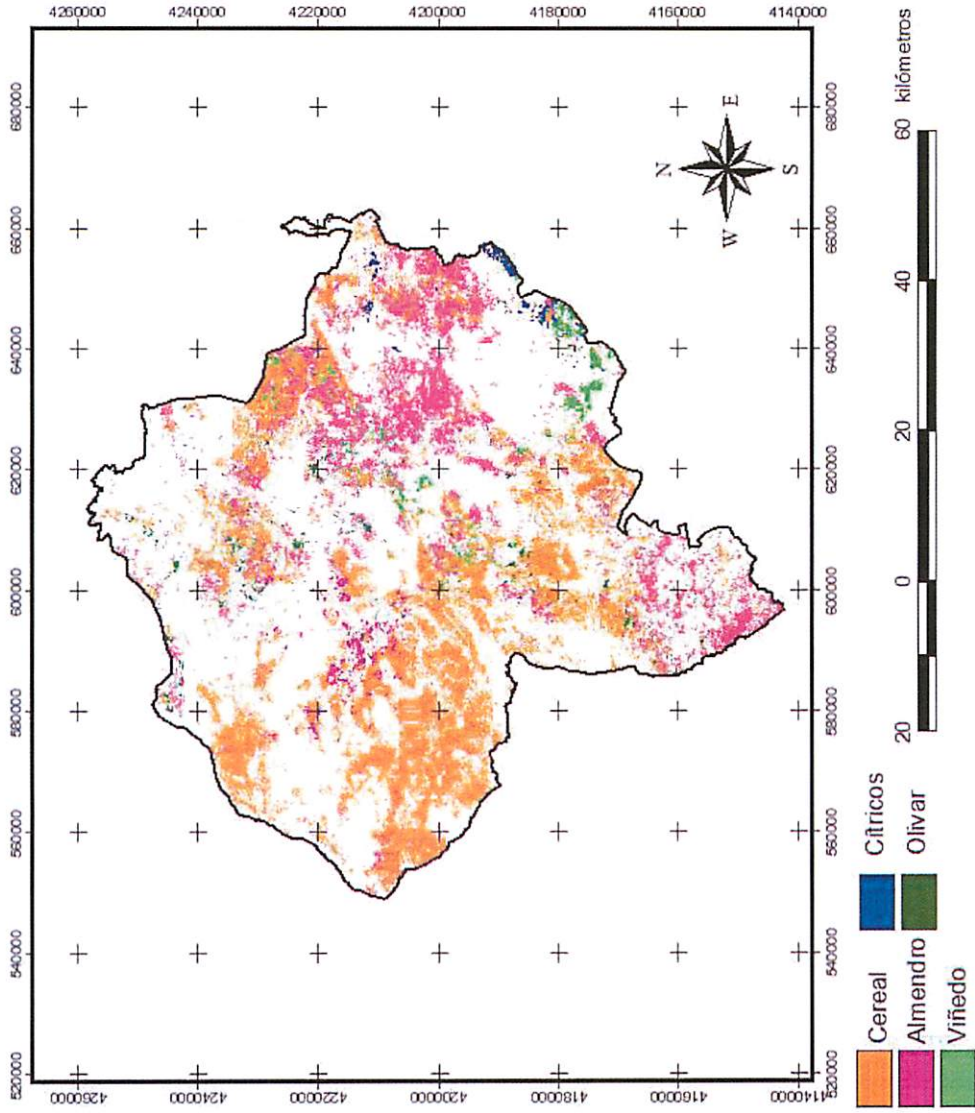
Mapa 4.3.b. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder.



Mapa 4.3.c. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder.



Mapa 4.4. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Vega del Segura.



Mapa 4.5. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Integral.

Tabla 4.2. Rendimientos en producto del cultivo (kg/ha x año).

Cultivo	Cebada	Avena	Trigo
Rendimiento (kg /ha x año)	1.326	1.360	2.416

Fuente: Elaboración propia a partir de la información sobre nº has y producción del cultivo de la cosecha 2013 de la Región de Murcia recopilada en el Anuario estadístico.

Tabla 4.3. Índices de residuo utilizados para los cereales (kg de residuo/kg de producto).

Cultivo	Cebada	Avena	Trigo
Índice de residuo (kg de residuo/kg producto)	1,3	1,3	1,3

Fuente: Domínguez *et al.* (2003).

Tabla 4.4. Índices de residuo utilizados para los cultivos leñosos (kg de residuo/ha y año).

Cultivo	Olivar	Viñedo	Cítricos	Almendo
Índice de residuo (kg de residuo/kg producto)	1.700	3.500	2.000	1.300

Fuente: Fernández (2003).

Los resultados sobre la estimación del potencial de biomasa residual agraria en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia muestran que en los Grupos de Acción Local Integral y Nordeste se obtendrían mayores cantidades de biomasa siendo de 155.353 y 133.802 t/año, respectivamente. Sin embargo, la producción potencial de biomasa procedente de residuos agrarios sería inferior en los territorios de los GAL-Campoder (30.900 t/ha) y GAL-Vega del Segura (18.168 t/ha).

Una vez conocida la producción de biomasa residual de cada cultivo se puede calcular el potencial energético utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Energía [tep/año]} = \text{Biomasa residual (kg/año)} \times \text{PCI (kcal/kg)} \times 1/10^7 (\text{tep/kcal})$$

Para el cálculo anterior se utiliza un poder calorífico en función del tipo de residuo y en relación a su contenido en humedad. La humedad a la que se expresa el poder calorífico es la que contiene la biomasa producida según el índice de residuo considerado. El poder calorífico (PC) se asigna en función del cultivo en kcal/kg de residuo. El PCI (poder calorífico inferior) es el calor de la combustión que no aprovecha la energía de condensación del agua. En la Tabla 4.5 se muestran los valores de PCI utilizados en este estudio.

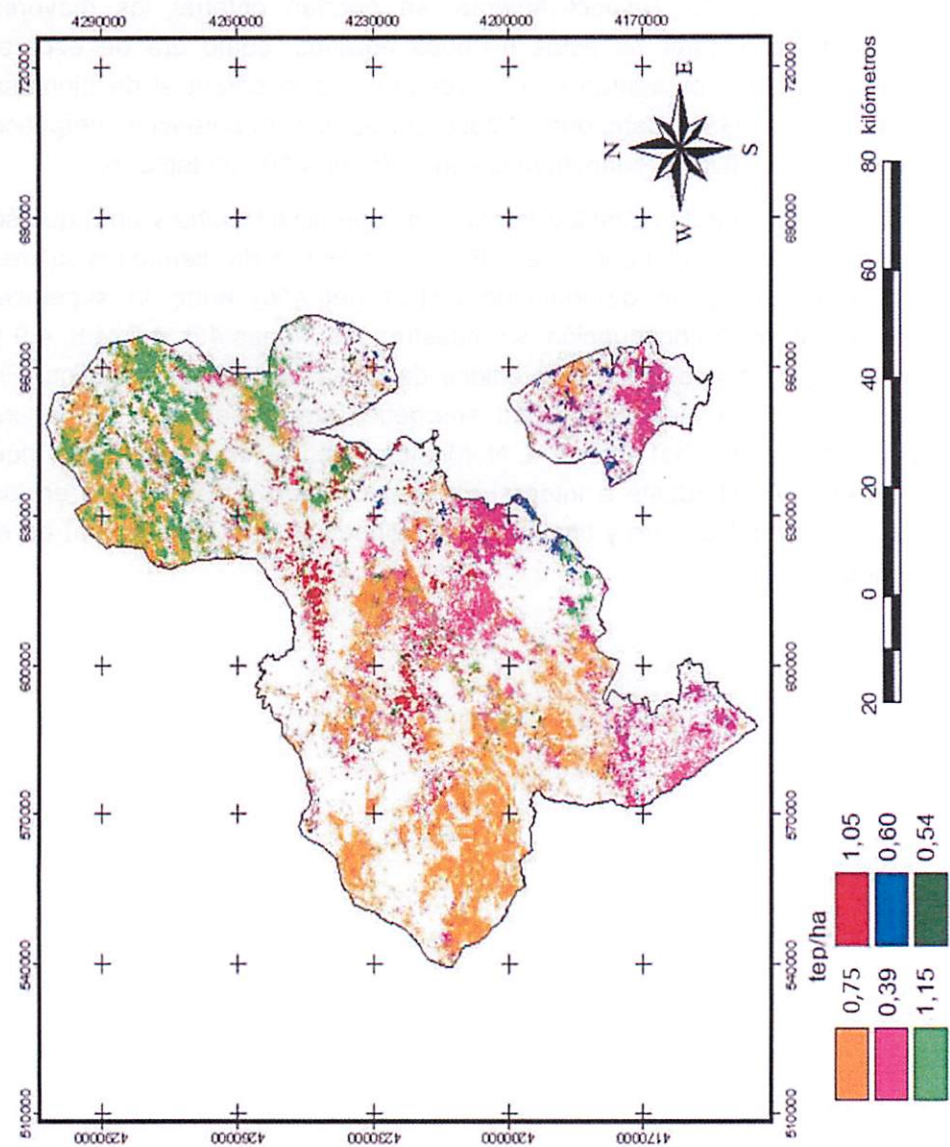
Tabla 4.5. Poder Calorífico Inferior (PCI) de los residuos de los distintos cultivos (kcal/kg).

Cultivo	Cebada	Trigo	Avena	Olivar	Viñedo	Cítricos	Almendro
PCI (kcal/kg)	3.714	3.702	3.733	3.190	3.280	3.002	3.002

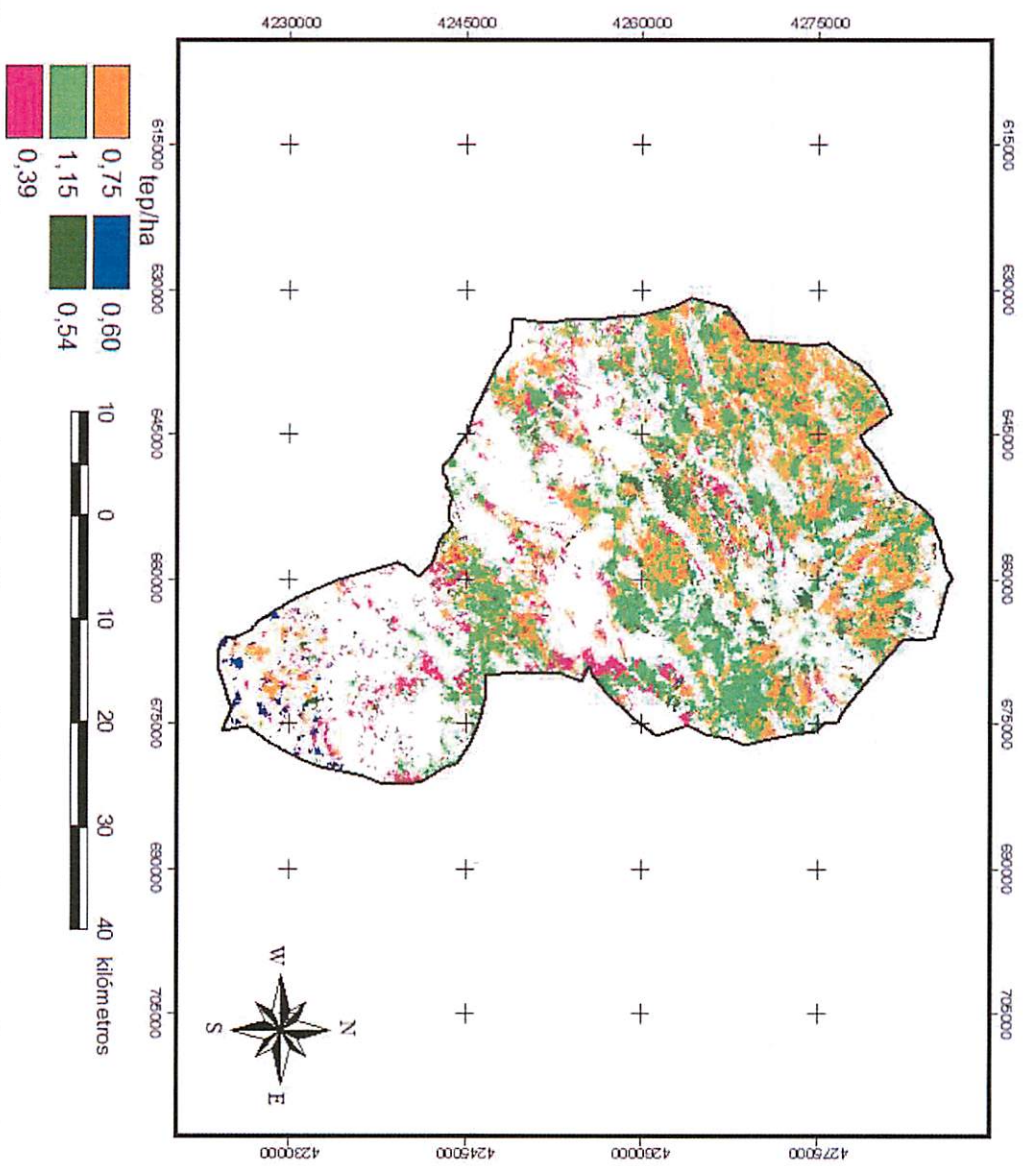
Fuente: - En cereales, almendro y cítricos: CIEMAT; en viñedo y olivar: Fernández (2003).

En la Tabla 4.1 se muestran los valores del potencial energético estimado en cada uno de los GAL, donde se comprueba que en los GAL-Nordeste e Integral con valores de 43.988 y 52.288 tep/año, respectivamente, se podrían obtener los mayores potenciales energéticos a partir de estos residuos agrarios, como era de esperar puesto que estos territorios presentan una mayor producción potencial de biomasa residual. En los otros dos GAL, Campoder y Vega del Segura, el potencial energético estimado a partir de los cultivos predominantes sería inferior a 10.000 tep/año.

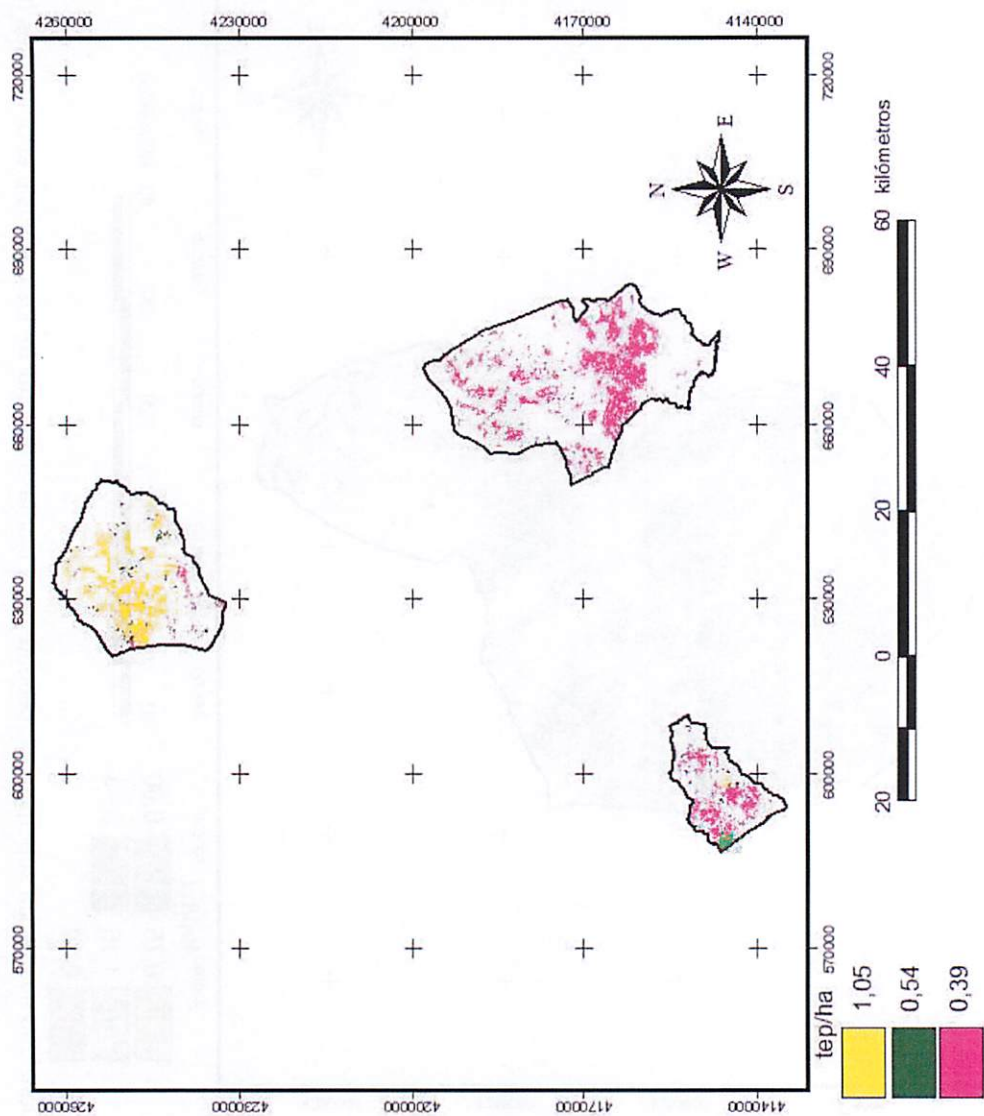
Además, se ha calculado la densidad energética superficial (tep/ha y año) que se obtendría en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia dividiendo los valores del potencial energético de un determinado cultivo (tep/año) entre la superficie ocupada por dicho cultivo. A continuación, se muestran los Mapas 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10 donde se pueden ver los valores obtenidos de dicha densidad energética. En ellos se comprueba que la mayor densidad energética superficial (≈ 1 tep/ha) se obtendría del viñedo (1,15 tep/ha) en el GAL-Nordeste e Integral, de los restos de trigo (1,07 tep/ha) en los GAL-Nordeste e Integral, de melocotonero (1,05 tep/ha) en los GAL-Campoder y Vega del Segura y finalmente, de albaricoquero (1,05 tep/ha) en el GAL-Vega del Segura.



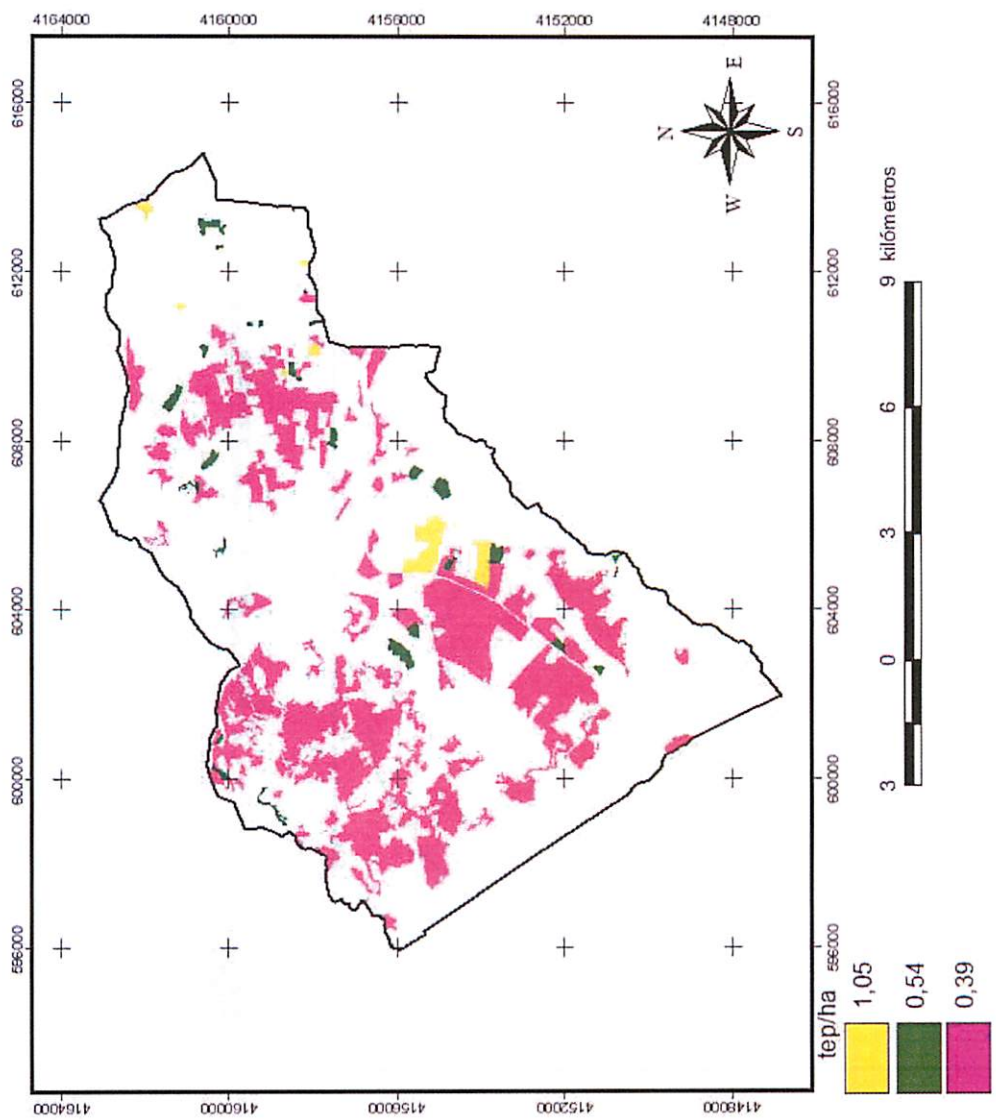
Mapa 4.6. Densidad energética superficial de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia



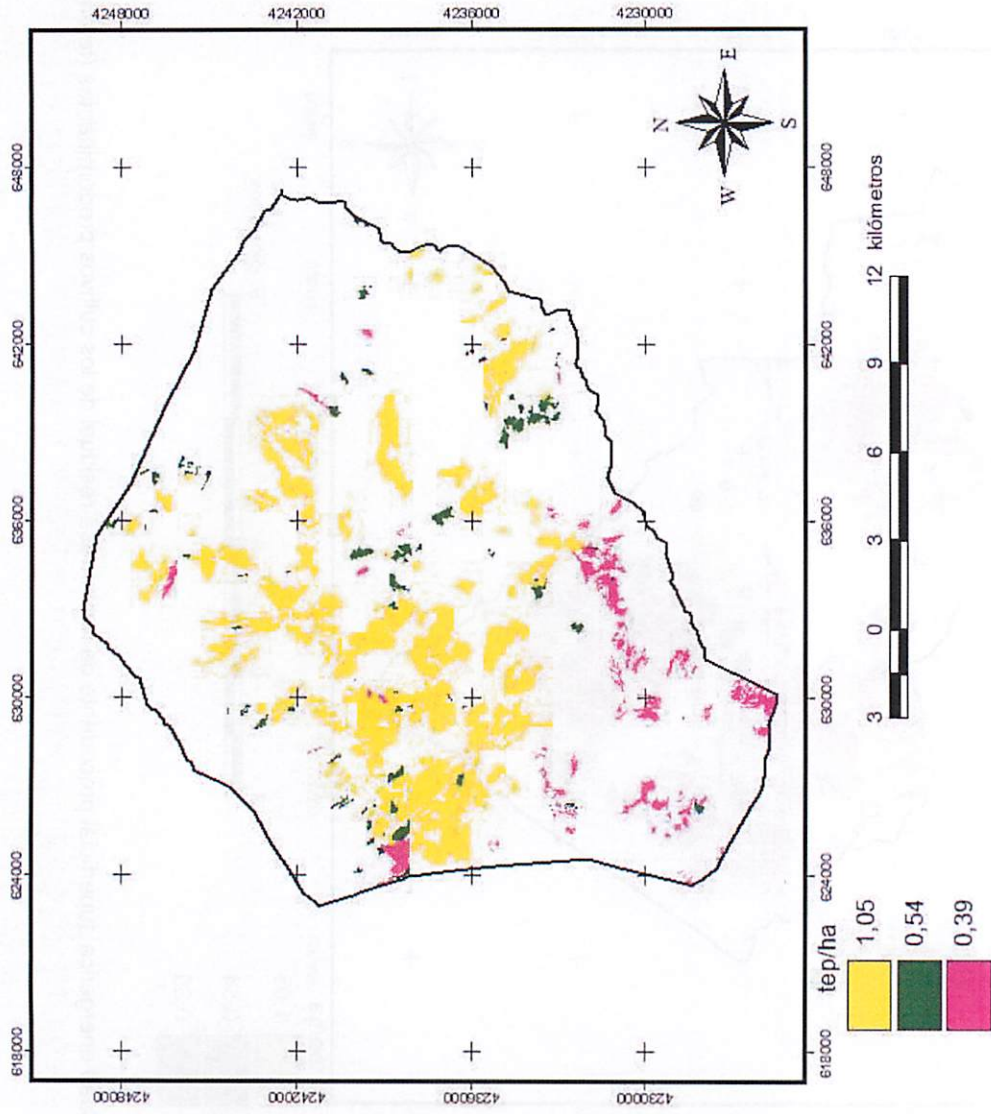
Mapa 4.7. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Nordeste.



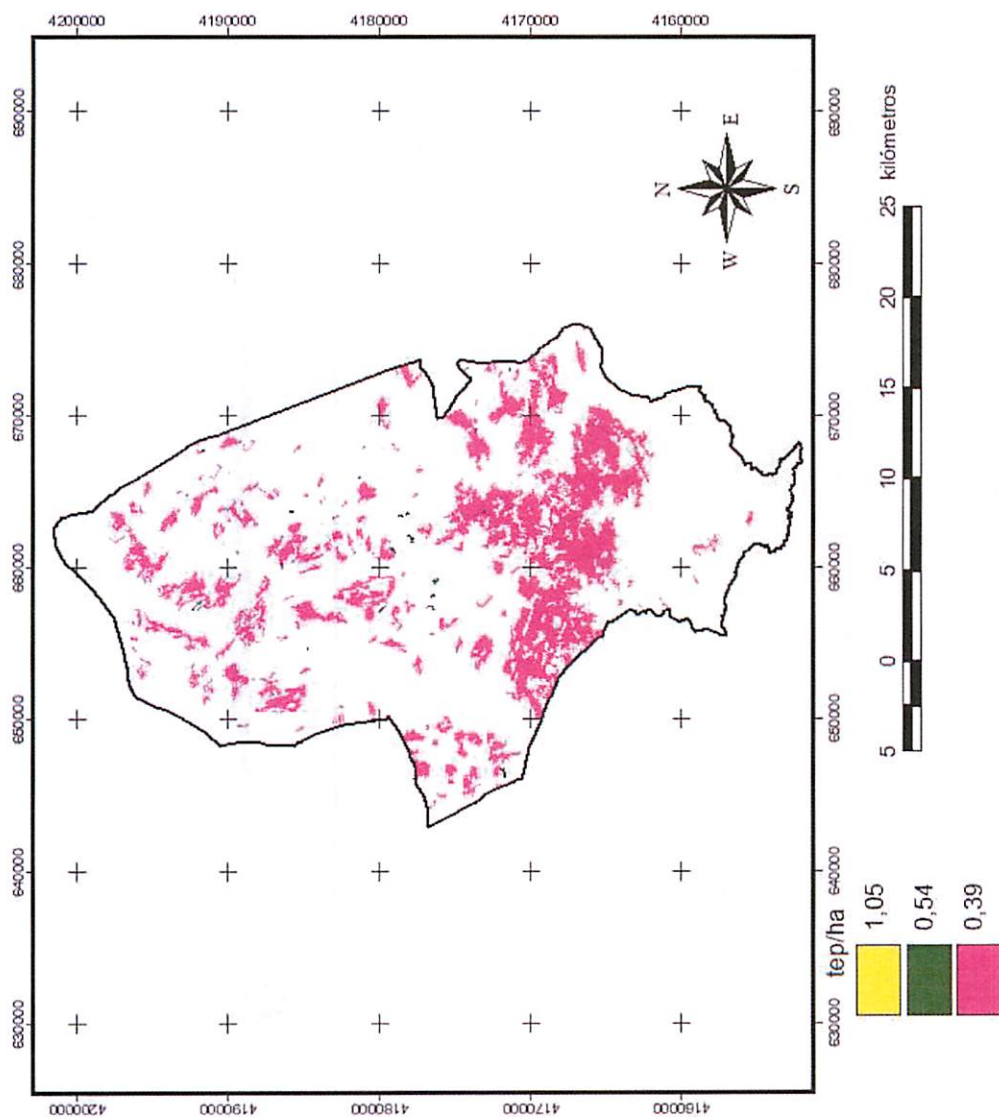
Mapa 4.8. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Campoder.



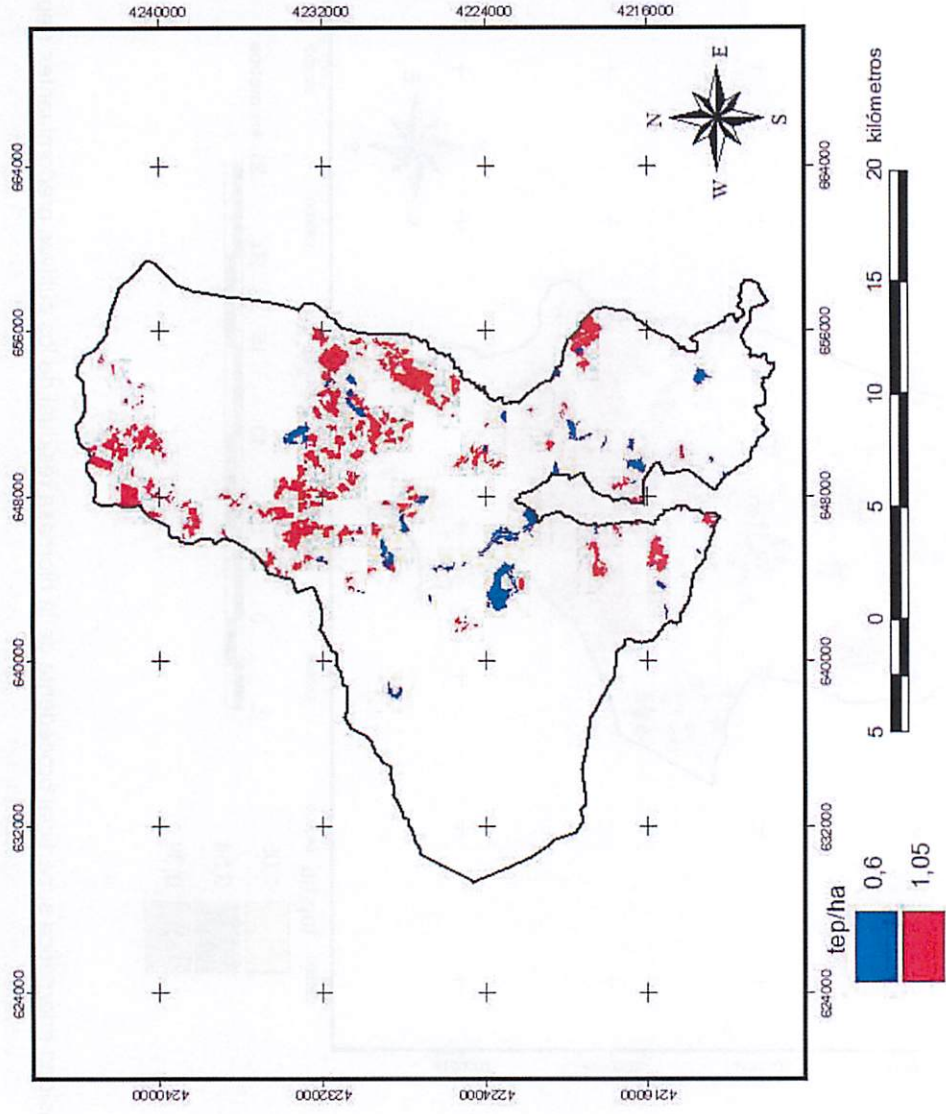
Mapa 4.8-a. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Campoder.



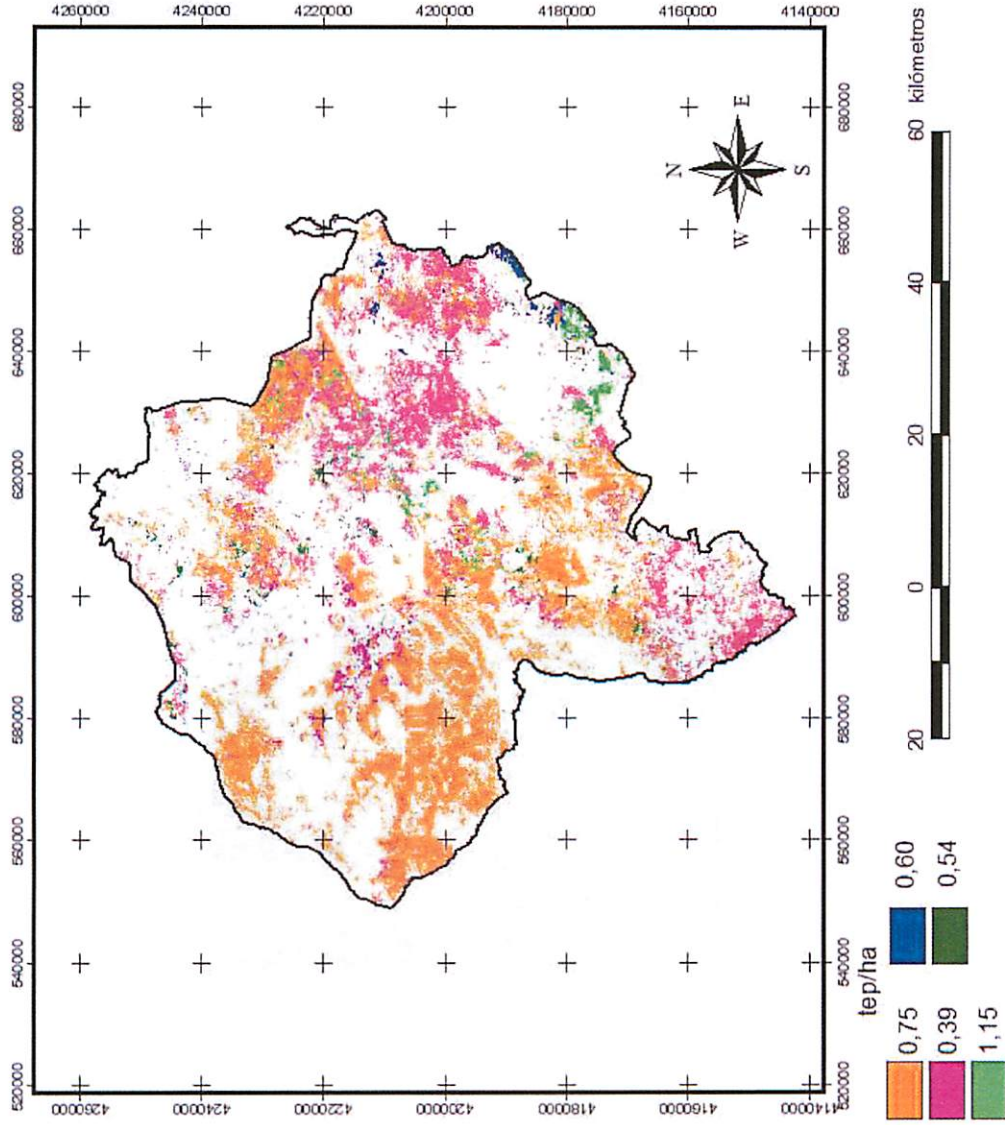
Mapa 4.8-b. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Campoder.



Mapa 4.8-c. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Campoder.



Mapa 4.9. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Vega del Segura.



Mapa 4.10. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes (tep/ha) en el GAL-Integral.

4.2. Biomasa residual forestal

Durante los últimos años las aplicaciones energéticas relacionadas con los restos procedentes de tratamientos selvícolas aplicados a las masas forestales han venido suscitando un creciente interés. De cara a un aprovechamiento y logística de esta fracción no maderable, es importante estudiar su potencial. A continuación se detallan los cinco sistemas principales de trabajo (IDAE, 2007) para la obtención de biomasa residual del monte:

1. Saca de pies completos y astillado/triturado. Consiste en el apeo con un cabezal multifunción de árboles de pequeño porte, su recogida en un autocargador y su posterior apilado en cargadero. Lo ideal es que tras su apilado y, por tanto, tras un breve periodo de presecado, se realice el astillado de la madera sobre un contenedor o con una astilladora o trituradora incorporada a un camión. Este sistema de obtención de biomasa puede tener una buena aplicación para resalveos de *Quercus* y clareos de especies comerciales (pinos, hayas...). No es el sistema más barato de extracción de biomasa dado el tamaño del material a manejar.
2. Saca de restos y astillado y triturado fijo (Foto 4.4). Fundamentalmente consiste en la separación de los restos durante el aprovechamiento principal, teniendo cuidado de dejar los residuos concentrados, para abaratar el posterior desembosque a cargadero o borde de pista, para su presecado y astillado fijo sobre camión, o con una astilladora incorporada al camión. La aplicación de este sistema es muy eficiente para cortas realizadas en pinares, eucaliptos y chopos. Este sistema es el más económico en montes grandes y el que mejor se adapta a las condiciones invernales, ya que se pueden sacar los residuos y el material astillado a borde de pista.



Foto 4.4. Camión cargando las astillas apiladas.

3. Astillado móvil en monte. El primer requisito es apilar el material residual del aprovechamiento, lo más concentrado posible en monte. Este residuo se astilla bien con una trituradora remolcada por un tractor, o bien por una trituradora integrada en un autocargador, y su posterior desembosque. Las aplicaciones de este sistema son: cortas hechas en pinares o eucaliptos, ambas en montes

pequeños, con el inconveniente de la dificultad de encontrar cargaderos y el consiguiente aumento del coste del transporte de las máquinas.



Foto 4.5. Maquinaria astilladora de restos forestales.

4. Empacado en monte y astillado en fábrica. Es el planteamiento más adecuado para grandes cantidades de biomasa, y grandes distancias desde el monte hasta el lugar de utilización energética. Es admisible que se transporten piedras y otras impurezas porque:

- En destino, es fácil que haya instalaciones de separación y triturado.
- Los costes de transporte se reducen sensiblemente debido a la compactación.

Una de las ventajas es que emplea los mismos métodos y maquinaria que para el aprovechamiento de la madera (trituradoras/astilladoras, camiones, autocargadores) reduciendo problemas logísticos. Este sistema tiene una buena aplicación para cortas en pinares o en eucaliptos, en fincas pequeñas con accesos complejos, siempre y cuando el consumidor sea de tamaño medio o grande con radio de abastecimiento amplio.

5. Extracción y aprovechamiento de tocones. Es el sistema más caro, pero su uso se está extendiendo por la gran demanda de los países nórdicos (IDAE, 2007). La operación de destocoado consiste en extraer los tocones enteros del suelo. Posteriormente se lleva a cabo el desembosque de los tocones enteros hasta el punto de acopio. Para ello se utiliza en ocasiones un autocargador adaptado con planchas laterales para adecuarlo al uso de esta materia prima. Una vez en el punto de acopio se procede al cizallado de los mismos. Para ello se emplea una retroexcavadora con una cizalla acoplada. Esta operación cumple una doble función: por un lado disminuye el volumen de los tocones (al trocear los mismos en pedazos de no más de 70 cm en su mayor dimensión), y por otro separa la

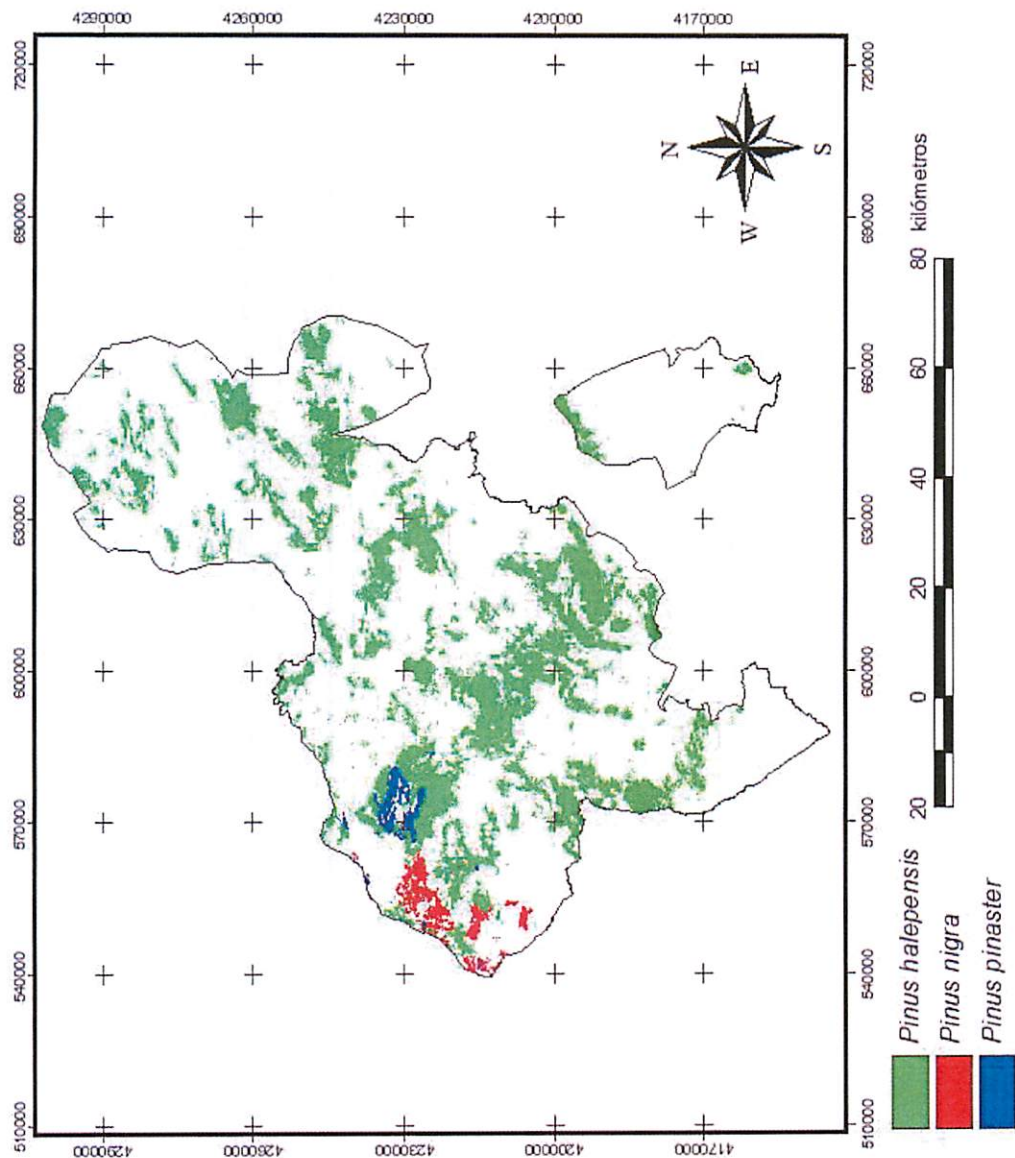
tierra que queda en los mismos tras el destocoado, que en ocasiones puede suponer una gran parte del peso total del tocón (Tolosana *et al.*, 2009). Para reducir el tamaño de los tocones se utiliza una pretrituradora.

En la Región de Murcia la superficie forestal es de 511.364 ha (45% de la superficie total) según el Informe sobre el Estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España realizado en el año 2012, de las cuales 308.244 ha corresponderían a superficie arbolada y 203.119 ha a desarbolada. Entre las formaciones arbóreas se distinguen:

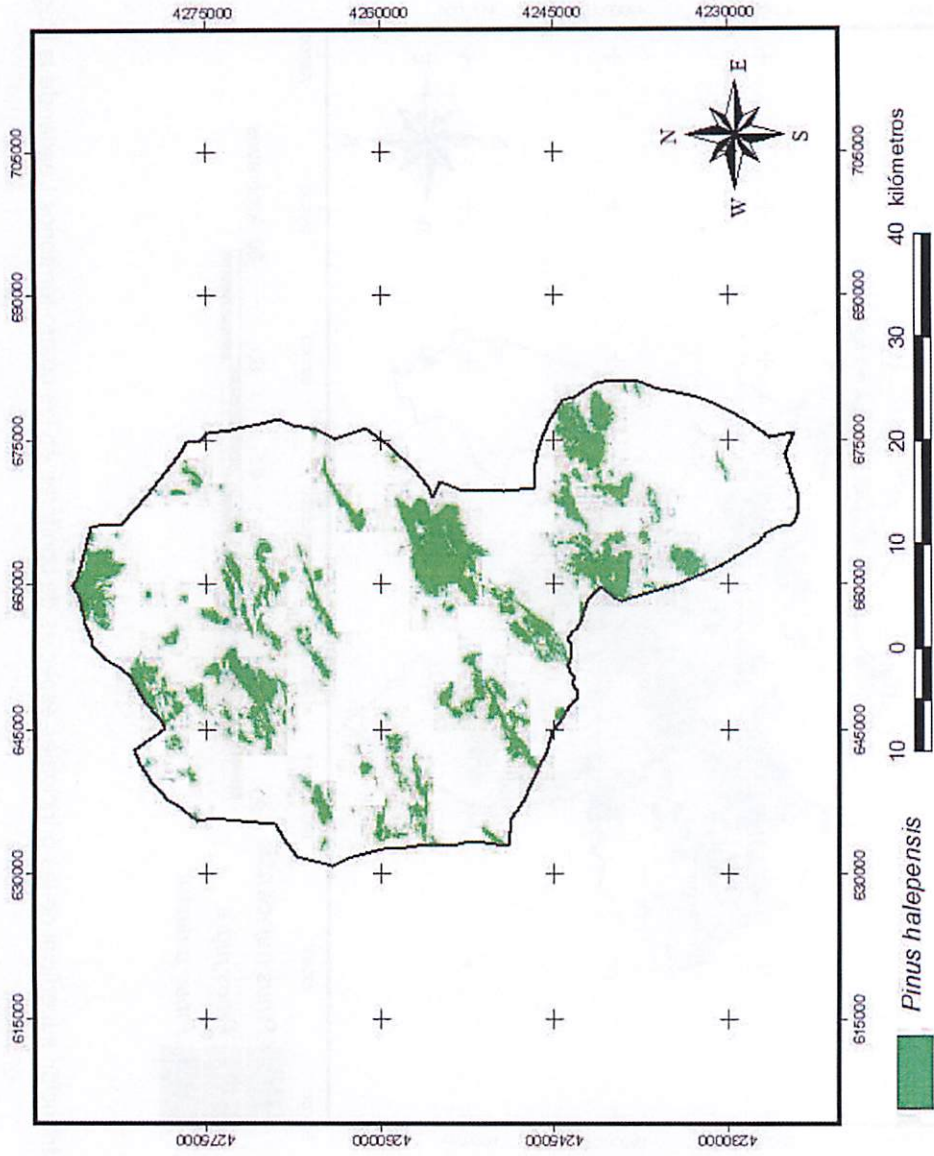
- Especies frugales, especialmente pinos, tanto los naturales como los procedentes de la repoblación.
- Sabinares y quercíneas xerófilas (encina y coscoja).

En los montes arbolados la distribución de estas formaciones son: 96% coníferas y el 4% frondosas.

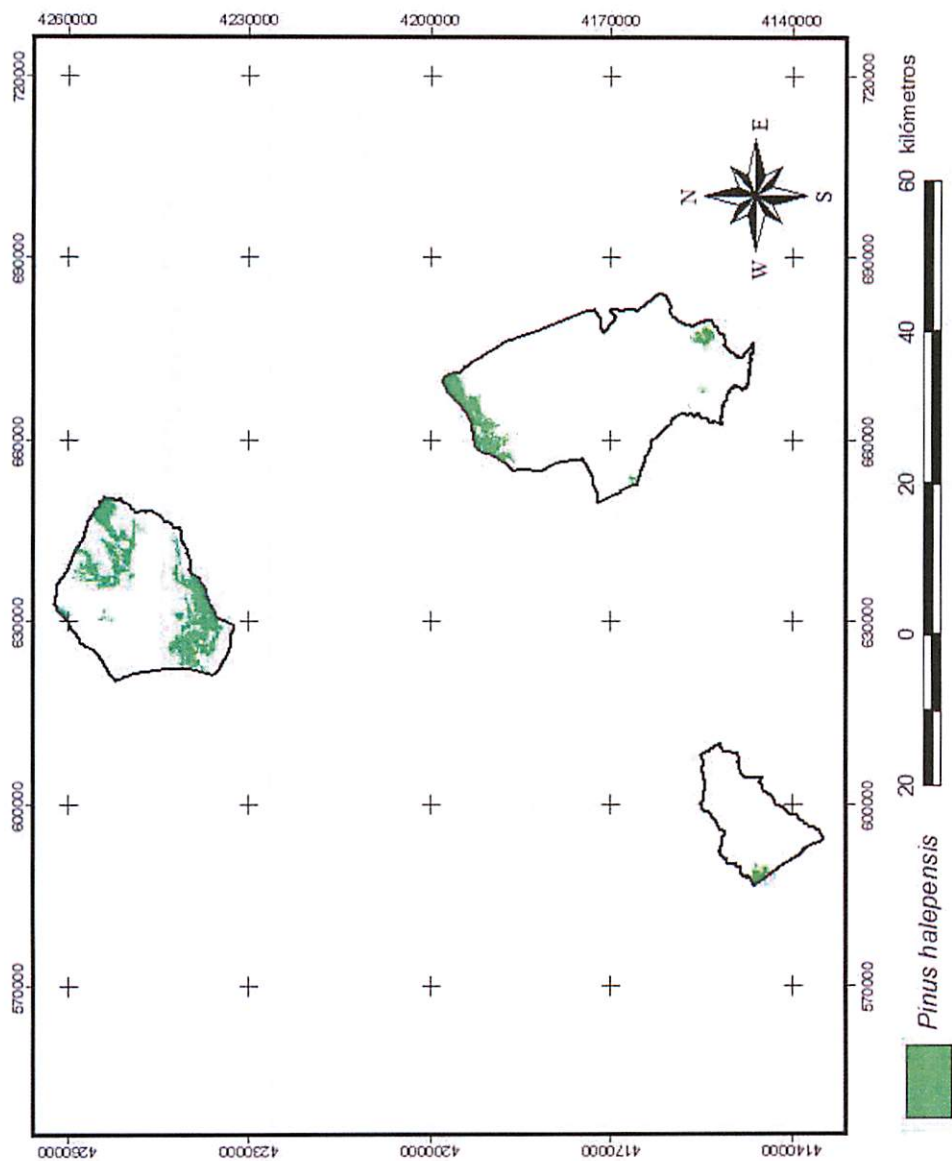
Las especies forestales en este estudio se han seleccionado en base a dos aspectos: la extensión de su distribución regional y la viabilidad tecnológica de su aprovechamiento. Teniendo en cuenta lo anterior sólo vamos a contemplar el potencial energético que se podría obtener en la Región de Murcia a partir de las coníferas que se distribuyen en los montes arbolados en un 96 % de la superficie forestal, como se ha mencionado anteriormente, predominando *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* y *Pinus pinaster* (ver Mapas 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15). Según el Tercer Inventario Forestal Nacional la especie predominante dentro de los pinares autóctonos de la Región de Murcia es el *Pinus halepensis* que ocupa un extensión de 232.401 ha, le sigue el *Pinus nigra* que se extiende sobre una superficie de 14.095 ha y a continuación estaría el *Pinus pinaster* ocupando una superficie de 13.047 ha.



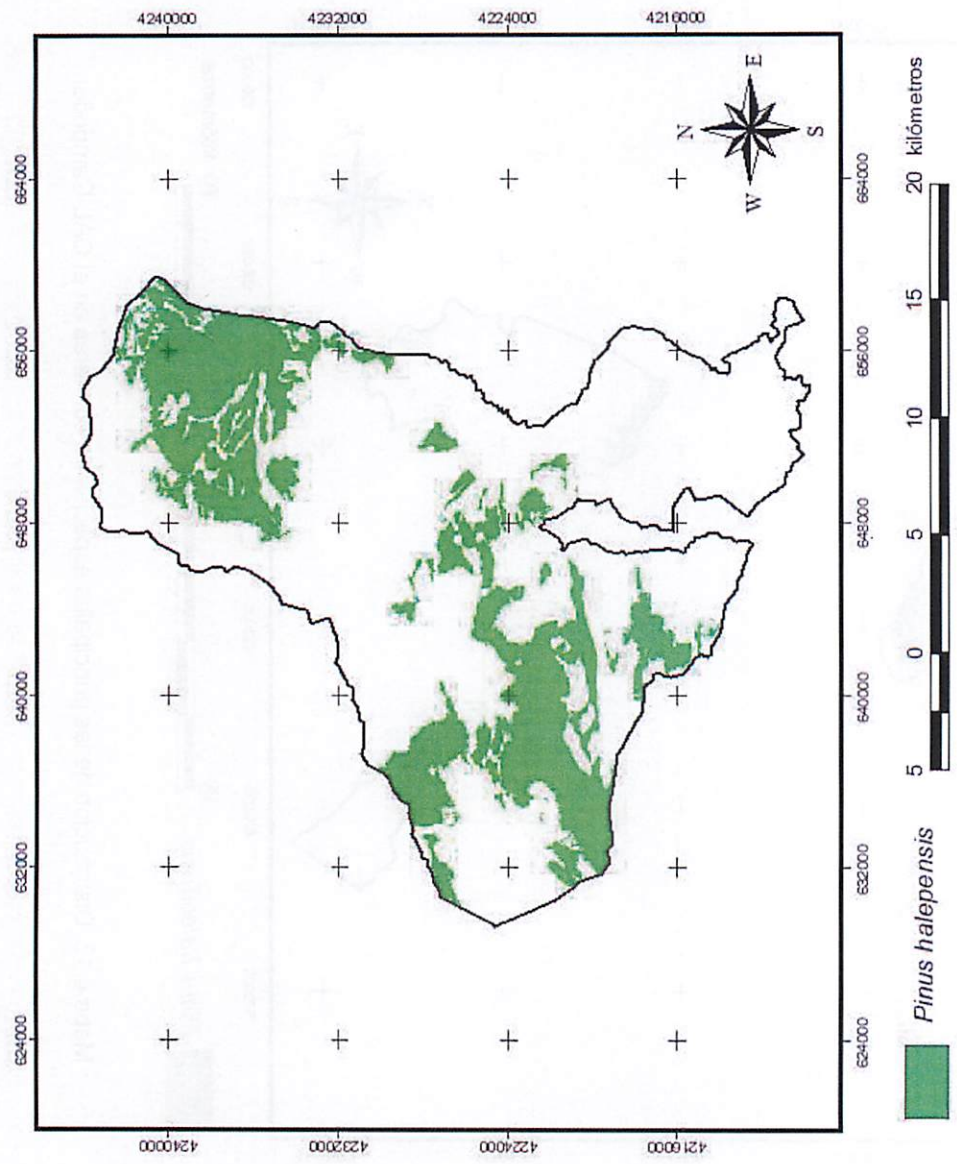
Mapa 4.11. Distribución superficial de las principales especies de coníferas en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia.



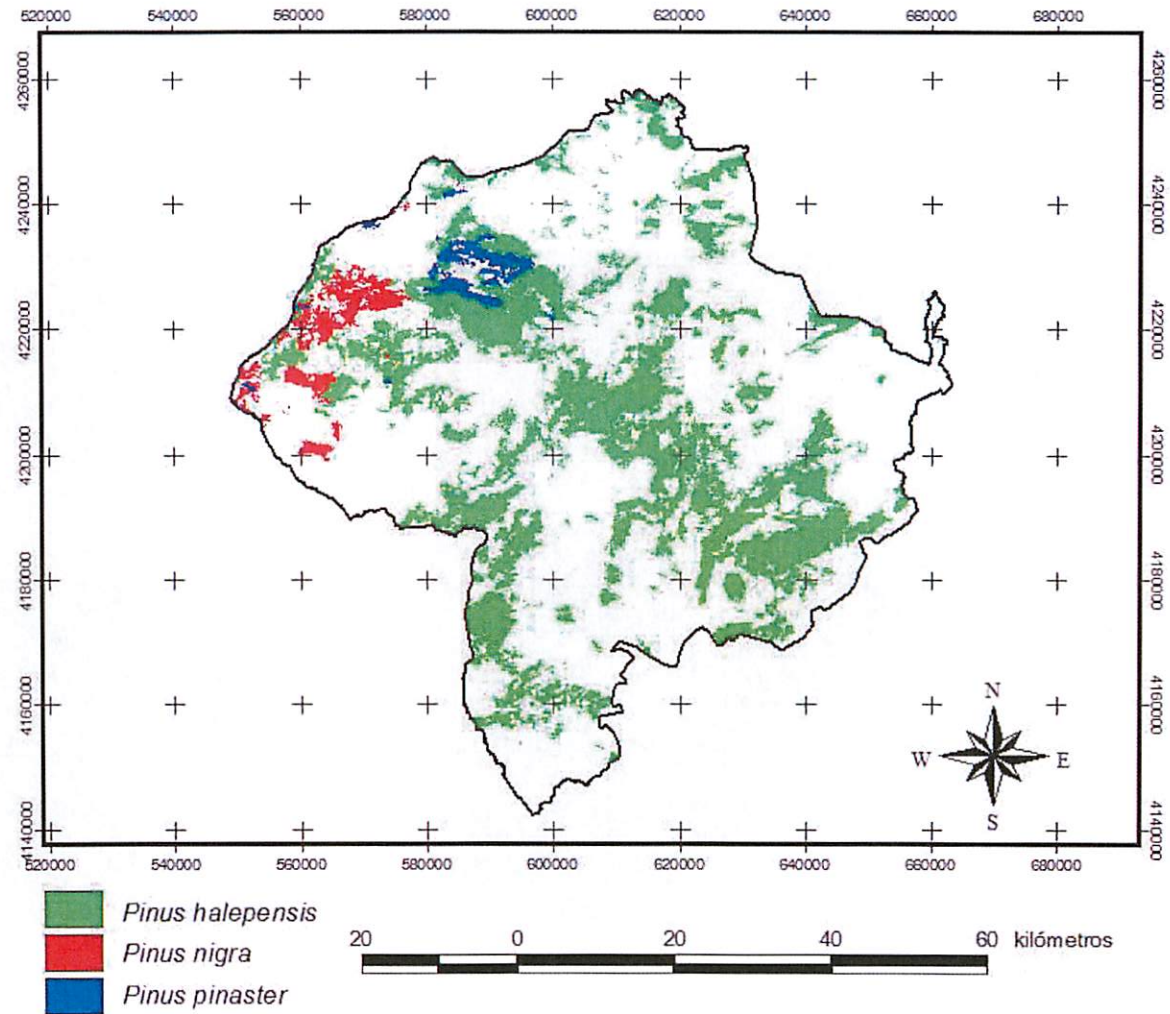
Mapa 4.12. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Nordeste.



Mapa 4.13. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Campoder.



n de las principales especies de coníferas en el GAL-Vega del Segura.



Las principales especies de coníferas en el GAL-Integral

Por lo tanto, se comprueba que destacan por su extensión, los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) (Foto 4.5), árbol que se desarrolla bien en zonas que superan los 300-350 litros de precipitación anual. El pino blanco (*Pinus nigra*) (Foto 4.6) sustituye a las masas de pino carrasco por encima de las 1100 m en las zonas montañosas del Noroeste y de forma puntual en la Sierra del Carche. En formaciones densas es particularmente abundante en el noroeste provincial, donde puede compartir la dominancia arbórea con la sabina albar y la carrasca. En suelos margosos y en arenas dolomíticas parece constituir el bosque potencial, más o menos abierto, dentro del noroeste de Murcia, mientras que sus representaciones en España y, sobre todo, El Carche son ya terminales, testigos posiblemente de un área mayor de la subespecie bajo condiciones climáticas más lluviosas que las actuales.



Foto 4.5. Ejemplos de *Pinus halepensis*.



Foto 4.6. Ejemplos de *Pinus nigra*.

Por su parte el pino negral (*Pinus pinaster*) (Foto 4.7) requiere de mayores precipitaciones que aparece en zonas umbrosas de las Sierras de Carrascoy, Espuña y Pedro Ponce, siendo más generalizada su presencia en el noroeste provincial, generalmente por encima de 800 m de altitud. Constituye bosques extensos, sustituyendo y mezclándose con el pino carrasco, sobre todo en las sierras con régimen de poniente y también bajo la influencia de los temporales de levante y tormentas tardo-estivales (La Muela, Los Álamos, El Buitre, etc.); podemos verlo repoblado en la umbria de Peña Apartada (Sierra Espuña). Explotado antaño por su madera y para la extracción de resina, fue favorecido en muchas zonas siempre que fueran lo suficientemente lluviosas.



Foto 4.7. Ejemplos de *Pinus pinaster*.

Otro pino, que aparece de forma más puntual, es el piñonero (*Pinus pinea*), asociado a terrenos sueltos, arenosos, de naturaleza silíceo. Podemos observarlo, por ejemplo, en el cauce alto del río Pliego, cerca de Casas Nuevas (Mula), y en diversos arenales de interior por el Altiplano y Calasparra, etc. De este, se ha discutido si su presencia es completamente natural o resultado de reintroducciones.

No se han considerado en este estudio las superficies de matorral puesto que su extensión es menor, tiene además una baja productividad y gran dispersión, y presenta dificultades logísticas en la recogida. Teniendo en cuenta todas estas limitaciones aconsejan que no sean consideradas.

Conocida la distribución espacial de las diferentes especies forestales seleccionadas es necesario calcular qué cantidad de biomasa residual generarían para posteriormente calcular el potencial energético de este tipo de residuos.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de biomasa forestal que se podría obtener de las especies de coníferas comentadas anteriormente.

Tabla 4.6. Cantidad de productos forestales madereros.

Región de Murcia	
Cortas (m³ c.c.)	
Coníferas	1.338
Leñas (tn)	
Coníferas	264.041

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anuario de Estadísticas Forestales 2012.

La determinación del potencial energético que se puede obtener de la biomasa forestal residual es función de la producción potencial de dicha biomasa por el poder calorífico inferior definido para cada una de las especies:

$$P_{av} = Q_{av} \times PCI \quad [1]$$

donde:

P_{av} : Potencial energético disponible

Q_{av} : Cantidades anuales de materia seca disponible (t)

PCI: Poder Calorífico Inferior (tep/t)

El contenido en humedad de la biomasa es muy variable. En los residuos forestales recién cortados supera el 50% sobre base húmeda, disminuyendo si se almacenan a la intemperie, procurando así el secado natural. La madera cortada durante el invierno o principios de primavera, si se deja en el monte apilada en lugares protegidos para que no sean un factor de riesgo de incendios, al final del verano alcanza un contenido de humedad próximo al 30-35%. En este cálculo se asume que la utilización normal de la biomasa de las especies forestales tiene un factor de humedad entorno al 30%.



Foto 4.8. Leña apilada en el monte.



Foto 4.9. Transporte de biomasa forestal.

Para saber la cantidad de calor que se desprende de la combustión de un residuo hace falta conocer su poder calorífico, que a su vez depende de la composición química y cantidad de agua que contiene como se comentó en el caso de la biomasa agraria. En el caso de las coníferas se han tomado los valores de PCI en base seca propuestos por Pérez *et al.* (2011) que establecen para restos de pinos un valor de 18,6 MJ/kg (=0,445 tep/t).

Por lo tanto, en la Región de Murcia si la cantidad de leñas procedentes de coníferas se destinara a uso energético se obtendrían 117,5 ktep/año. Si nos centramos en los cuatro territorios Leader contemplados en este estudio, y teniendo en cuenta la superficie forestal total de cada uno de ellos calculada como el sumatorio de la superficies forestales de los municipios que los integran se podría obtener el potencial energético que aparece en la Tabla 4.7. En esta tabla se observa con claridad que el mayor potencial energético procedente de la biomasa forestal se obtendría en el GAL-Integral, siendo de 54 ktep/año, y por su parte, el menor valor de este potencial energético se registraría en el GAL-Vega del Segura (~3 ktep/año).

Tabla 4.7. Potencial energético de la biomasa forestal.

GAL	Superficie forestal (ha)	Estimación superficie arbolada ¹ (ha)	Estimación superficie coníferas ² (ha)	Estimación toneladas de leñas (t)	Potencial energético (tep/año)
Nordeste	59.900	35.940	34.502	30.786	13.700
Integral	235.006	141.004	135.364	120.783	53.749
Campoder	40.673	24.404	23.428	20.904	9.302
Vega del Segura	13.885	8.331	7.998	7.137	3.176

¹60% de la superficie forestal está arbolada.

²96% de la superficie forestal arbolada está ocupada por coníferas.

4.3. Biomasa residual de la industria de los transformados vegetales

Dentro del sector de transformados vegetales se agrupan las industrias que procesan materia prima vegetal mediante cualquier técnica de conservación: esterilización por calor, congelación, desecación, refrigeración, atmósferas modificadas, etc.

Las principales actividades que se incluyen dentro del sector son la fabricación de: 1. conservas de frutas y hortalizas; 2. congelados de frutas y hortalizas; 3. zumos, concentrados y néctares de frutas y hortalizas. Este sector de transformados vegetales es uno de los más dinámicos dentro de la industria agroalimentaria y representa aproximadamente un 7% de la producción total.

En la Tabla 4.8 se muestra el número de empresas que se dedica a la fabricación de conservas vegetales y a la elaboración de zumos y cremogenados en cada uno de los GAL contemplados en este estudio. Esta tabla se ha elaborado a partir de la información recopilada en las diferentes visitas a los municipios y cuya información ha

sido contrastada con el registro de empresas del sector de los transformados de frutas y hortalizas facilitado por la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia en julio de 2014.

Tabla 4.8. Fábricas de conservas vegetales y de zumos y cremogenados en la Región de Murcia.

GAL	Fábricas de conservas vegetales	Fábricas de elaboración de zumos y cremogenados
Nordeste	1	2
Integral	18	5
Camponer	2	0
Vega del Segura	17	3

La producción industrial de este tipo de empresas está relacionada con la producción agrícola y su estacionalidad, con los recursos naturales, el clima y la situación geográfica de la producción, adaptándose a los ciclos y procesos de la producción agraria que proporciona la materia prima.

Según el equipo investigador del Proyecto Agrowaste llevado a cabo en la Región de Murcia, la actividad generada en esta industria de los transformados de frutas y hortalizas genera cantidades muy importantes de subproductos orgánicos, restos de la materia tratada, y en los últimos años, fruto de la progresiva instalación de depuradoras de aguas residuales, también lodos de depuradora en cantidades notables. Es necesario identificar y gestionar estos residuos y subproductos orgánicos de una manera adecuada y sostenible, con el fin de que su manejo no suponga un coste añadido, y si es posible, que su gestión pueda generar un beneficio económico lo suficientemente interesante como para plantearse la realización de las inversiones necesarias para poder aplicar las tecnologías de gestión propuestas. La generación de restos sólidos en el subsector de transformados vegetales es importante sobre todo en cuanto a su volumen o cantidad, diferenciándose los residuos generados entre orgánicos, inertes y peligrosos.

De los datos obtenidos del sector se puede concluir que el 83% de los residuos generados corresponde a los orgánicos (procedentes de operaciones de corte, troceado, pelado, etc.). Dentro de los restos sólidos orgánicos que genera la industria de transformados vegetales podemos hacer una distinción clara entre residuos y subproductos. Por una parte se considera subproducto a todos los restos vegetales que se derivan de la materia prima de frutas y hortalizas procesada. Esto es así porque es un resto resultante del proceso de producción al que se le da un uso posterior como alimentación animal, que se realiza de forma directa sin ser sometido a ningún tipo de transformación y sin generar impactos adversos para la salud o el medio ambiente. Por otra parte, como residuo orgánico más común y generado en cantidades notables de la industria de transformados vegetales están los lodos de depuración. A este residuo, hasta la fecha, no se le da ningún tipo de tratamiento y lo habitual es su eliminación mediante gestores de residuos autorizados.

El porcentaje de restos orgánicos generados en la elaboración de transformados vegetales es muy variable, ya que está determinado principalmente por la materia prima a procesar (tamaño, forma, partes aprovechables...) y su proceso de transformación, lo que implica que los niveles de residuos sean distintos en cada caso.

Como ya hemos comentado, los restos vegetales obtenidos son considerados como subproductos y su principal destino es la alimentación animal aprovechando su gran valor nutritivo. Sin embargo, es necesario tener en cuenta varios factores; por un lado la utilización de los restos vegetales como alimento animal a veces puede resultar costoso, ya que los costes de gestión se ven incrementados por el transporte, al no estar el ganado cerca de las industrias. Además, sin duda, en muchos casos se produce una pérdida de oportunidad económica al desaprovechar otras capacidades más interesantes de estos restos (altos contenidos en compuestos de interés, potencial energético, potencial como enmendante orgánico agrícola...).

Por otro lado, la disposición en vertedero de los residuos orgánicos, considerando estos tanto los lodos de depuradora como los restos orgánicos, es cada día más costosa y problemática debido a la normativa europea (Directiva Europea 99/31/CE), que limita la entrada de materiales orgánicos.

Otra posible vía de salida a los restos o subproductos orgánicos procedentes de este tipo de industrias es la aplicación energética como obtención de biogás. De manera que los restos procedentes de la industria de los transformados de frutas y hortalizas pueden ser utilizados como biomasa para convertirse en energía en forma de biogás (mezcla de CH₄ y CO₂) mediante digestión anaerobia mediada por microorganismos. Este proceso está muy estudiado y se desarrolla en cuatro pasos principales: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Demirel y Scherer, 2008). El biogás puede ser utilizado para generar electricidad o combustible para motores de gasolina, o después de un tratamiento de purificación incorporarlo a la red de gas natural. Sin duda esta es una de las tecnologías más utilizadas en otros países para rentabilizar los residuos orgánicos. En España esta tecnología todavía no está muy desarrollada, sin embargo en los últimos años se están promoviendo proyectos empresariales en esta línea en consonancia con el gran desarrollo que esta tecnología tiene en otros países europeos tales como Dinamarca, Alemania, Suecia, Italia o Austria.

Otros países como Francia también empiezan en estos últimos años a desarrollar proyecto de biometanización de residuos agroalimentarios. Ello demuestra que en condiciones técnicas, logísticas y administrativas adecuadas, esta es una vía muy interesante de valorización de los residuos orgánicos.

El volumen de biogás que se genera depende de la cantidad y calidad del material de partida y de parámetros de explotación tales como la temperatura, pH, alcalinidad, materia seca, sólidos volátiles, relación C/N, etc. Es importante señalar que la producción de biogás mediante codigestión anaerobia de residuos agroindustriales incrementa el rendimiento del proceso (Gomez *et al.*, 2006). Mediante la codigestión podemos mejorar la composición, adecuar las características del sustrato a la digestión anaerobia e incrementar significativamente el potencial energético de los residuos orgánicos.

El sector de transformados vegetales tiene una diversidad de residuos y subproductos orgánicos con un potencial energético muy interesante y con unas características de composición adecuadas para la codigestión anaerobia, y generados en cantidades que hacen viable la aplicación de esta tecnología para su valorización.

En la Tabla 4.9 se muestra el potencial energético que se podría obtener de los diferentes tipos de residuos de la industria de los transformados vegetales en la Región de Murcia que estaría en torno a 60 ktep/año. De todos los resultados mostrados destacan los valores registrados para el tomate (28.928 tep/año), melocotón (9.475 tep/año) y alcachofa (7.592 tep/año).

Tabla 4.9. Potencial energético de los restos procedentes de la industria de los transformados vegetales (2011) en la Región de Murcia.

Materia Prima	Tipo de restos*	% restos total*	Toneladas de residuos (t)	Potencial energético (tep/año)
Tomate	Piel ,pepita, podridos	15	161.994	28.928
Pimiento piquillo	Corazones, piel	53	14.305	2.554
Pimiento morrón	Corazones, piel	50-60	1.600	286
Espárrago	Pieles, trozos	51	39	7
Alcachofa	Brácteas, tallos	60-65	42.517	7.592
Judía verde	Puntas	28	144	26
Puerro	Hojas, raíces	47	152	27
Brotos de ajo	Partes blancas	17	400	71
Cardo	Penca, hoja, corazón	65	62	11
Acelga	Pencas, hojas	48	154	27
Melocotón	Pieles, huesos	22-28	53.061	9.475
Ciruela	Pieles, huesos	10-25	9.979	1.782
Albaricoque	Pieles, huesos	10-25	16.594	2.963
Naranja	Piel, corteza y semillas	40-65	26.225	4.683
Mandarina	Piel, corteza y semillas	40-65	8.314	1.485
Total			335.540	59.918

* Datos tomados del proyecto PROFORBIOMED.

4.4. Biomasa residual ganadera

Desde hace siglos la ganadería ha tenido un papel muy importante en la actividad económica de la Región de Murcia. A lo largo de la historia se han ido seleccionando las especies autóctonas, y en las últimas décadas se han introducido razas importadas, todo ello con el fin de obtener los rendimientos necesarios para hacer viable económicamente la crianza de animales. La ganadería murciana ha sufrido una serie de importantes transformaciones, tanto cualitativas como cuantitativas, motivadas por el proceso de urbanización e industrialización que ha vivido nuestro país. El ganado ha pasado de estar presente en todas las explotaciones agrarias, a una explotación más intensiva e industrializada. Desde hace décadas se han

expandido las granjas a lo largo del territorio murciano por razones sanitarias y medioambientales, derivadas de la abundancia de purines que generan.

Las especies ganaderas autóctonas murcianas han corrido distinta suerte, en función de su capacidad de dar respuesta a las demandas de los mercados. Mientras que el cerdo chato murciano y la vaca murciana han desaparecido, la oveja Segureña y la cabra murciano-granadina han tenido un desarrollo espectacular.

El modelo tradicional de explotación ganadera extensiva en el que los animales pastaban en amplios prados, se ha ido abandonando progresivamente para dar paso a la ganadería intensiva, que obtiene mayores rendimientos.

El abandono del binomio tierra-ganado ha dado lugar a la aparición del problema de la contaminación originada por los residuos ganaderos al albergar en un espacio reducido mayor número de animales. Tradicionalmente, los estiércoles juegan un papel fundamental en la fertilización de los suelos, complementándose con otras técnicas (barbecho, abono verde, etc.), cuyo objetivo es garantizar el mantenimiento de la fertilidad y el rendimiento de los cultivos. Actualmente, los excedentes de deyecciones del ganado se han convertido en un problema cada vez más agudo, tanto en España como en el resto de la UE, pudiendo generar importantes problemas medioambientales en suelo, agua y aire de ciertas zonas geográficas si no se resuelve la problemática asociada con su gestión:

- A) En suelo. El suelo puede ser seriamente afectado por el estiércol si contiene concentraciones altas de nutrientes (nitrógeno, fósforo), microorganismos patógenos (*E. coli*), antibióticos, y compuestos que interactúen con el sistema endócrino (hormonas esteroidales, fitoestrógenos, plaguicidas y herbicidas) (Powers, 2009). En países donde las regulaciones ambientales son laxas o no existen, el estiércol se aplica al suelo continuamente, excediendo la capacidad de captación de nutrientes por los cultivos (Dietz y Hoogervorst, 1991). Esta sobrecarga de nutrientes en el suelo ocasiona su infiltración por escurrimiento y lixiviación en aguas superficiales y subterráneas (Miner *et al.*, 2000). Por ejemplo, las excretas bovinas frescas esparcidas en áreas de cultivo contienen nitrógeno en forma de nitratos y nitritos; la forma de acumulación de estos compuestos oxidados en el cultivo puede causar intoxicación en el ganado que los consume (Nicholson, 2007).
- B) En agua. El agua es contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo (EPA, 2006). El nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través del suelo, mientras que el fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales (Miller, 2001; Reddy *et al.*, 1999). Debido a que el fósforo en el agua no se considera directamente tóxico, no se han establecido niveles estándares en el agua potable. Sin embargo, el fósforo tiene un impacto ambiental importante en los recursos hídricos porque vertido directamente en las corrientes o aplicado en dosis excesivas en el suelo, estimula el proceso de eutrofización el cual aumenta las plantas acuáticas,

disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH, afectando así la calidad del agua (EPA, 2000). Aunque no se ha reportado la concentración de nitrógeno y fósforo en los distintos cuerpos de agua, la cantidad de ellos lixiviados o arrastrados a mantos acuíferos depende de la precipitación (duración), la percolación (los suelos arenosos presentan altas tasas de percolación) y la pendiente del suelo por donde se desplazan las escorrentías (Nelson, 1999).

- C) En el aire. Las descargas a la atmósfera provenientes del estiércol incluyen polvo, olores y gases producto de la digestión anaeróbica y descomposición aeróbica. El polvo se presenta principalmente en operaciones ganaderas en confinamiento en zonas áridas. Cuando la vegetación es completamente removida, se forma una capa de estiércol y el movimiento del ganado produce enormes nubes de polvo. El olor no presenta riesgos a la salud, pero la mayoría de la gente encuentra inaceptable los olores emitidos por el estiércol en zonas urbanas (Miner *et al.*, 2000). Entre los contaminantes liberadas por el estiércol hacia la atmósfera destaca el amoníaco, así como otros gases de efecto invernadero (GEI) que incluyen metano y óxido nitroso. Las emisiones globales de metano entérico, metano de estiércol y de óxido nitroso son 113, 40 y 10 TgCO₂Eq (EPA, 2005). El metano es un GEI 23 veces más potente que el CO₂, y el estiércol contribuye con 16 % de las emisiones globales (IPCC, 2006). El metano emitido por el estiércol proviene del metano de la fermentación entérica capturado en las heces, y de la digestión anaeróbica de la materia orgánica del estiércol (De Klein *et al.*, 2008). El estiércol contribuye con 50 % del total de emisiones de amoníaco hacia la atmósfera, porque su tasa de volatilización es mayor a 23 % (BANR-BEST, 2003). El óxido nitroso es 296 veces más potente que el CO₂, y México contribuye con 0,7 % de emisiones de este gas por actividades pecuarias en el mundo. El estiércol aporta cerca del 25 % de las emisiones antropogénicas de óxido nitroso (IPCC, 2006), el cual se genera durante los procesos de nitrificación (oxidación biológica de amonio a nitrito y nitrato) y desnitrificación (reducción de nitrato a nitrógeno gaseoso), donde el intermediario es el óxido nitroso (Stevens y Laughlin, 1998).

Todo esto hace peligrar el equilibrio medioambiental de estas zonas. Por todo ello, parece cada vez más necesario encontrar soluciones y tecnologías alternativas que gestionen el problema de generación de residuos que el sector ganadero lleva asociado, estos nuevos sistemas han de ser sostenibles económica y ambientalmente. Por lo tanto una posible alternativa para dar solución a este problema sería la generación de gas natural mediante equipos digestores.

En la Tabla 4.10 aparece reflejado el potencial energético total que se obtendría a partir de los residuos del ganado porcino, ovino, caprino y aviar procedentes de los cuatro territorios GAL que sería de 137,2 ktep/año, concretamente serían: 5,5 ktep/año en el GAL-Nordeste; 48,1 ktep/año en el GAL-Campoder; 49,5 tep/año en el GAL-Vega del Segura y 83,5 ktep/año en el GAL Integral. Además, se comprueba que en el GAL Integral y Campoder, sobre todo en los municipios de Lorca, Fuente Álamo, Puerto Lumbreras, Totana, Caravaca de la Cruz y Alhama de Murcia, el potencial energético que se obtendría a partir del estiércol porcino sería mayor que con el resto

debido a que en estas comarcas el censo de ganado porcino es muy elevado y por lo tanto, el volumen de estiércol que se genera es muy importante.

Tabla 4.10. Potencial energético total que se podría obtener del residuo procedente del sector ganadero.

GAL	Especie ganadera predominante*	Nº cabezas*	Potencial energético (tep/año)
Nordeste	Porcino	40.157	3.991
	Avícola	611.249	1.448
	Caprino	23.950	33,5
Total		675.356	5.473
Campoder	Porcino	463.471	46.065
	Avícola	826.540	1.958
	Ovino	74.547	124,1
Total		1.364.558	48.147
Vega del Segura	Avícola	15.354	36,4
	Ovino	5.203	8,7
	Caprino	3.110	4,4
Total		23.667	49,5
Integral	Porcino	782.914	77.815
	Avícola	2.257.773	5.348
	Ovino	225.789	376,0
Total		3.266.476	83.539

* Información recopilada del Centro Regional de Estadística de Murcia (2014) correspondiente al año 2013.

Para el cálculo del potencial energético de la biomasa ganadera se ha utilizado la siguiente expresión:

$$\text{Pot. energético [Kcal/año]}: N \times \text{IPM (kg CH}_4\text{/cabezas ó UGM)} \times \text{PCM (Kcal/kg CH}_4\text{)}$$

donde:

- N (cabezas ó UGM) = Número de Unidad Ganadera Mayor (UGM) en ovino y caprino; número de cabezas de ganado en porcino; y número de animales en avícola. Para la determinación del número de UGM en caprino y ovino se ha tenido en cuenta el Boletín Oficial de la Región de Murcia, 23 de abril de 2008.
- IPM (kg CH₄/cabezas ó UGM) = Índice de Producción de Metano específico de cada especie ganadera y/o de subespecie o categoría edad. Para este estudio se han tomado los valores propuestos por la Junta de Andalucía (2008).
- PCM (Kcal/kg CH₄) = Poder calorífico del metano: 13.187.

La explotación del ganado porcino ha tenido y sigue teniendo una gran importancia en la Región de Murcia, donde ocupa el primer lugar entre todas las explotaciones ganaderas.

Antes de la implantación de los nuevos sistemas de explotación industrial la crianza del cerdo se realizaba sobre todo en casas de campo, en donde abundaban las cerdas de vientre y las crías se alimentaban, preferentemente, con productos de la explotación y harina de cebada (Espejo, 2011). Durante los años setenta del siglo pasado se producen importantes transformaciones con la incorporación de nuevas razas y nuevos sistemas de explotación del ganado. Se incrementa la producción de animales, demandados por importantes industrias cárnicas de la Región y de otras provincias, que a su vez abastecen de carne porcina en fresco y de embutidos a gran parte del territorio español. En estos años se produce un espectacular aumento de la demanda de carne por la creciente urbanización e industrialización, y más tarde terciarización de la sociedad española. El cerdo, junto con el pollo, son las únicas especies ganaderas que por su rápido crecimiento pueden satisfacer la fuerte demanda de carne.

Desde mediados de los años sesenta se ha producido un incremento espectacular de la ganadería porcina, ha afectado a la cabaña regional y nacional. Varios factores explican este aumento. Su capacidad para adaptarse a la especialización productiva, sin necesidad de mantener su desarrollo dependiendo del medio biológico. El proceso de urbanización que se da en España a partir de la década de los sesenta y el incremento de la renta disponible, desplaza la demanda de productos tradicionales a otros como frutas y productos cárnicos. Esta nueva demanda urbana provoca modificaciones cualitativas en la producción y distribución de la carne. Se da una mayor tipificación y homogeneización de las carnes y los productos elaborados. A su vez se favorece el desarrollo de un proceso industrial intermedio. Este proceso de intensificación en la producción porcina provoca la desaparición del cerdo chato murciano, obtenido mediante mejoras de las razas autóctonas y sustituido por otras razas blancas mejoradas a través de sucesivos cruces para conseguir ejemplares que se adapten a las exigencias del mercado. En la actualidad la cabaña porcina regional la integran razas híbridas extranjeras.

El ganado porcino experimenta en las últimas décadas un acusado desarrollo, especialmente en lo que se refiere a la producción y consumo industrial basados en sistemas de explotación intensivos con alimentación de piensos compuestos (Espejo, 1996a). Al fomento de la cría industrializada del porcino también han contribuido las empresas integradoras, cuyo origen en la mayoría de los casos son fábricas de piensos, aunque también industrias cárnicas y ganaderos particulares desarrollan la actividad integradora (Espejo, 1999).

En relación al ganado ovino, destacar que su explotación ha ido ligada en la Región de Murcia a la empresa agraria de secano y sobre todo a las explotaciones cerealistas, en donde los rebaños ovinos han jugado un papel importante, por su contribución a la renta agraria de las mismas (Espejo, 1997).

Desde tiempo inmemorial el ganado ovino ha tenido mucha importancia en la economía ganadera de Murcia como productor de lana, carne y estiércol. En la actualidad esta especie ganadera se beneficia para su alimentación de una gran cantidad de subproductos procedentes de la industria transformadora y de manipulado de hortalizas, así como de los abundantes restos que quedan en el campo tras la

recolección de las cosechas. También se mantiene la tradición del pastoreo de barbechos y rastrojeras (Espejo, 1996b). Desde mediados de los años sesenta el censo ovino regional se ha cuadruplicado, y este crecimiento se acentúa tras la entrada en 1986 de España en la Comunidad Europea, y las correspondientes ayudas comunitarias. A este crecimiento ha contribuido también la alta calidad de la carne que hace que sea un producto cada vez más demandado.

La raza predominante es la ovina segureña, caracterizada por su elevada rusticidad y los altos niveles productivos. La oveja segureña produce corderos de alta calidad, con elevado rendimiento en matadero y unas excelentes características de la canal. Su carne es muy solicitada por los mercados de Levante y Cataluña (Espejo, 1996a).

Aunque el ganado ovino está presente en todo el territorio regional, el mayor censo se localiza en los Grupos de Acción Local Integral y Campoder (Tabla 1), fundamentalmente en los municipios de Caravaca de la Cruz, Moratalla, Lorca, Totana y Fuente Álamo. En esta tabla se puede comprobar que con los residuos procedentes del ganado ovino en estos territorios Leader de la Región de Murcia se podría obtener un potencial energético de 508,8 tep/año.

Por su parte, la explotación del ganado caprino durante muchos años ha presentado una clara regresión, dedicándose a su cría casi exclusivamente aquellas zonas semiestériles en las que el intensivo seco hacía imposible la explotación de otros rumiantes (Espejo, 1997). En la actualidad la especie caprina ha experimentado un gran crecimiento como consecuencia del desarrollo de las industrias queseras y por la creciente demanda que de ejemplares reproductores se hace desde diversos puntos del país y del extranjero, debido a las características de la cabra autóctona murciana.

La evolución del ganado caprino en Murcia está muy en consonancia con la seguida por el ovino, debido a la complementariedad de ambos en las funciones de la explotación. A partir de la entrada de España en la Comunidad Europea en 1986 se produce un fuerte aumento del censo, debido a varias razones. Por una parte, la subida del precio de la leche de cabra da lugar a que los ganaderos aumenten la dimensión del rebaño y la intensificación de la producción. En segundo lugar, está la aplicación de las primas comunitarias que hace que muchos ganaderos incrementen su número de reses. Otros aspectos que han contribuido al desarrollo reciente de esta especie son la mejora del aspecto sanitario, la proliferación de las industrias queseras y la selección cada vez mayor de la especie caprina autóctona, la cabra murciano-granadina.

En la actualidad, el componente suelo no condiciona demasiado la existencia de la especie caprina, tradicionalmente implantada en zonas donde era posible el pastoreo como resultado de la degradación del espacio agrario así como en áreas más montaraces y desfavorecidas para la actividad agraria. Hoy en día son bastantes las explotaciones que se dedican a la crianza del ganado caprino en régimen de semiestabulación o es tabulación total, por lo que el soporte agrícola de las explotaciones no es imprescindible (Espejo, 1996a).

La cabra murciano-granadina es la especie dominante. Destaca entre otras razas caprinas españolas por su sobriedad, rusticidad, facilidad de explotación, adaptabilidad y sobre todo por su elevada producción lechera. Existe un gran interés por el mantenimiento y fomento de esta raza, y se manifiesta en un cuidado control sanitario, genético, de las instalaciones, etc. (Espejo, 1987).

El ganado caprino, al igual que el ovino, está presente en la totalidad de los municipios murcianos, aunque unos pocos cuentan con un elevado censo de animales, y por tanto con una contribución destacada al conjunto de la cabaña caprina regional. Este es el caso de municipios como Lorca y Mula en el GAL-Integral, Puerto Lumbreras en el GAL-Campoder y Jumilla en el GAL-Nordeste. En esta última comarca el potencial energético que se obtendría a partir del residuo caprino sería de 33,5 tep/año si su totalidad se destinara a la generación de energía.

Por otro lado, la avicultura ha experimentado una transformación que la ha convertido en una gran industria. Antes la avicultura era de tipo extensivo e incluso mixto, ya que en las zonas rurales, que era donde más abundaba, no sólo se alimentaban del grano o residuo que se les echaba, sino que también buscaba libremente su alimentación en el campo. Hoy se explota el ganado avícola de forma totalmente industrializada, encerradas en jaulas las ponedoras, o en grandes naves los pollos, y se alimentan exclusivamente con piensos compuestos.

En la Región de Murcia la explotación del pollo es la que utiliza las técnicas agropecuarias más modernas. En este sector se han producido importantes transformaciones tanto cualitativas como cuantitativas. Ha desaparecido la especie autóctona, la gallina murciana, presente hasta los años setenta, y se han introducido razas importadas especializadas en la producción de carne. Se trata de animales con unos rendimientos elevadísimos, conseguidos mediante un esmerado manejo, unos rígidos programas higiénicos y una alimentación basada en el uso de piensos equilibrados de máxima calidad (Espejo, 1995).

La avicultura de carne durante la década de los ochenta ha tenido un desarrollo espectacular, y las granjas se han instalado en todo tipo de explotaciones agrarias, al margen de su dimensión territorial. Su papel ha sido y es muy importante como aportación de renta en las explotaciones agrarias. Los municipios con mayor presencia de ganado avícola son: Fuente Álamo (GAL-Campoder), Lorca, Totana (GAL-Integral) y Jumilla, Bullas y Caravaca de la cruz (GAL-Integral). Contemplando los cuatro Grupos de Acción Local (Tabla 10) se puede comprobar que el potencial energético total que se obtendría a partir de gallinaza sería de 8,8 ktep/año.

5. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA DE BIOMASA EN LA REGIÓN

La dependencia energética de España se sitúa en el 70,8%, muy por encima de la media de la Unión Europea (53,8%), según los últimos datos publicados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en el Balance Energético 2012. Esto supone que en España, del total de energía consumida, solamente el 29,2% corresponde a energía autóctona. La energía primaria utilizada en España proviene en un 75,3% de

combustibles fósiles altamente contaminantes (petróleo, gas y carbón). Esta característica del suministro energético nos aleja de los compromisos del Protocolo de Kioto (ratificado para el periodo 2013-2020), un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional, que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, como por ejemplo el CO₂. Las energías renovables reducen las emisiones de gases de efecto invernadero al no generar CO₂, a la vez que también garantizan un suministro energético autóctono y seguro, sin dependencia de recursos o tecnologías externos. En este sentido, la Directiva 2009/28/CE dentro del denominado Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático establece las bases para que la UE logre sus objetivos para 2020: un 20 % de mejora de la eficiencia energética, una contribución de las energías renovables del 20 % y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 20 %, aunque esta última reducción podría aumentar en 2020 hasta alcanzar el 30 %.

En nuestro país, la energía procedente de la biomasa alcanza el 45% de la producción de energías renovables, lo que equivale al 2,9% del total de consumo de energía, incluida las convencionales. Y si prestamos atención a la distribución geográfica, veremos que el mayor consumo de biomasa en España se da en Andalucía, Galicia y en Castilla y León. Estas Comunidades son las que cuentan con más industria consumidora de grandes cantidades de biomasa, debidas sobre todo a la existencia de un sector forestal desarrollado. Andalucía es puntera en obtención de energía eléctrica mediante biomasa gracias a la existencia de numerosas y grandes industrias agroalimentarias, y en los últimos años su incremento del uso de biomasa ronda un 10 % anual. Casi el 40% de toda la potencia de biomasa instalada en España está en Andalucía.

A nivel nacional son varias las plantas de biomasa que han abierto sus puertas en los últimos años. Solo inscritas a la Asociación de Productores de Energías Renovables, se cuentan un total de 22 plantas de biomasa repartidas a lo largo de la geografía española. Y en un futuro se espera que el número de empresas dedicadas a este sector se incrementen significativamente.

En la Unión Europea, cinco países aportan el 56,7% de la energía primaria producida con biomasa, Francia, Suecia, Alemania, Finlandia y Polonia. Los principales consumidores de biomasa (consumo per cápita) son los países nórdicos y bálticos, junto con Austria, y encabezados por Finlandia.

Merece la pena destacar que las aplicaciones para calefacción y ACS abastecidas con pellets son una práctica habitual en muchos países europeos. En algunos de ellos, el crecimiento en la instalación de calderas de biomasa ha sido muy significativo desde el año 2004.

En Austria, por ejemplo, se pasó de 28.000 instalaciones con potencias inferiores a 100 kW en 2004, a 47.000 en 2006. Todos estos desarrollos junto con la creciente producción de pellets han dado lugar a un mercado europeo de biomasa; en el que los países con excedente de producción de este tipo de biomasa abastecen a los países consumidores de pellets.

La Región de Murcia es una de las comunidades autónomas españolas que más está apoyando las renovables. Gracias al impulso de la Consejería de Universidades, Empresa e Investigación, se ensayan cultivos energéticos para favorecer un futuro mercado de la biomasa, energía renovable y limpia para usos térmico y eléctrico. Según las estimaciones para el año 2020 establecidas por Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía (2011) el potencial disponible de biomasa de la Región de Murcia será de 1.362.342 t/año y 290.355 tep/año. Estos valores serían superiores a los objetivos establecidos en la Región de Murcia para el año 2016 con el Programa Integral de Ahorro y Eficiencia Energética: A) Biomasa térmica: 44.000 tep, B) Biomasa eléctrica: 6.000 tep.

La biomasa es una de las energías renovables con más perspectivas de futuro. En los últimos años se está incrementando el número de hogares, negocios y edificios públicos que apuestan por la biomasa como forma de obtención de energía, y por consiguiente, aumenta también la instalación de calderas de biomasa pudiendo suponer un ahorro importante, además de contribuir a la sostenibilidad. Todo esto conlleva a que las empresas relacionadas con la producción de energía a partir de la biomasa se estén incrementando en la región.

A continuación se muestran algunas de las empresas dedicadas a la gestión de la biomasa (recogida, transporte y gestión de los residuos hasta su transformación en pellets o astillas para su posterior comercialización), o bien empresas orientadas a la instalación de calderas de biomasa en la Región de Murcia.

A. Recogida, transporte y gestión de residuos:

1. Aprobioma

Dirección: Plaza Santo Domingo, 7, 30008 (Murcia)

Teléfono: + 34 968935656

Página Web: www.aprobioma.com

2. Gestion integral de biomasa y aprovechamientos energéticos

Dirección: C/ Baldomero Ferrer 1 4 C (Murcia)

Teléfono: + 34 968350118

3. Valorización y biomasa del mediterráneo S.L.

Dirección: AV/ Del Golf, 5, 3º B, 30506 - Urb. Altorreal. Molina de Segura (Murcia)

4. General de explotaciones para biomasa S.L.

Dirección: C/ Colon, 74 - Plt 1, 30510 Yecla (Murcia)

5. GEXBIOMA

Dirección: Pol. Ind. Las Tejas - C/ Médico Miguel Lucas, 10. - 30510 Yecla (Murcia)

Teléfono: + 34 660622533

E-mail: gexbioma@compraenyecla.es

Página Web: www.gexbioma.com

B. Fabricantes de pellets:

1. OrtinPellets

Dirección: Calle Tejeras nº 4 (Junto a plaza de toros) 30510 Yecla (Murcia)
Teléfono: + 34 968796800
Página Web: www.ortinpellet.com
E-mail: recuperacionesortin@yahoo.es

2. Biomalor

Dirección: Ctra. Caravaca, 154, 30800, Lorca (Murcia)
Teléfono: + 34 617443602
Página Web: www.biomalor.com/
E-mail: info@biomalor.com

3. Biomasa Totana S.L.

Dirección: Paseo la Cerámica, 1 1 A, Totana (Murcia)
Teléfono: + 34 968425437

4. Biomasa Yeste S.L.

Dirección: Calle Uruguay (Pol. Industrial Oeste), 19 - Piso 1 B, 30169, Murcia

5. Biomasa de Murcia S.L

Dirección: C/ Alcalde Clemente Garcia 10 - Casillas (Murcia)

6. Biomasa del Altiplano S.L.

Dirección: Carretera de Yecla a Pinoso, Km. 4,800 (Junto a Transportes J.M. Ortuño, 30510, Yecla (Murcia).
Teléfono: + 34 968958138
Página Web: biomasadelaltiplano@hotmail.com

7. Biomasa Tecnología S.L.

Dirección: Carretera Fuente Álamo, 35, 30153, Corvera (Murcia)
Teléfono: + 34 968380625
Página Web: www.biomasatecnologia.com

8. Biomasa y combustibles alternativos S.L.

Dirección: Crta. de Alicante (km 61), Santomera (Murcia)

9. Foresta biomasa agroforestal S.L.

Dirección: PL. Circular, 6 7 A. Murcia.
Teléfono: + 34 968826524

10. Roble biomasa S.L.

Dirección: El carril De La Condesa (Ed. Proconsa), 58, 30010, Murcia.

C. Instalación/fabricación de calderas de biomasa:

1. Actyplus

Dirección: Av. Juan Ramón Jiménez, nº12 Bajo Izda, Calasparra (Murcia)
Teléfono: + 34 968954931
Página Web: www.actyplus.com/

2. Ecobiokalor

Dirección: C/Vereda10, 30509, Llano de Molina (Molina del Segura)

Teléfono: +34 633022095

Página Web: www.ecobiokalor.es

E-mail: info@ecobiokalor.com

3. Hermacalor

Dirección: Travesía Santa Catalina, 30012, Murcia

Teléfono: +34 608469750

Página Web: www.calderasenmurcia.es/es/

E-mail: hermacalorcb@gmail.com

4. Selectric Energías

Dirección: Av. Río Buzón, 249, Lorca (Murcia)

Página Web: www.energiasolar365.com/energia-solar-selectric-energias-vsolar-198805.html

5. Marín Bros

Dirección: C/ Serrerías, 13 Bajo. Molina de Segura (Murcia)

Teléfono: + 34 968646094

6. Servicios Frío-calor Climaco

Dirección: C/ Játiva, 5 - Bajo. Yecla (Murcia)

Teléfono: + 34 968792003

7. NoraSolar

Dirección: C/ Molina de Segura 3. Edificio Nelva, 1º F, 30007, Murcia

Teléfono: + 34 968271233

Página Web: www.norasolar.com

E-mail: info@norasolar.es

8. Renovables Online

Dirección: Ctra. Alicante 62b, 30007, Murcia

Teléfono: +34 968 20 53 24

Página Web: www.renovablesonline.es/

9. Enere

Dirección: Avda Pablo Picasso, 93, Yecla (Murcia)

Teléfono: +34 659597569

10. Roble Medioambiente

Dirección: C/ Cuesta de la Plaza, nº2 Bajo, 30400, Caravaca (Murcia)

Teléfono: +34 968 909 779

Página Web: www.roblemedioambiente.com/index.php/nuestra-empresa

E-mail: roble@roblemedioambiente.com

11. TécnicaNogalte

Dirección: Pol. Industrial El Descanso, Puerto Lumbreras - Lorca, 30890, C13 (Murcia)

Teléfono: +34 677242753 - +34 626417263

Página Web: www.tecnicanogalte.com/index.htm

E-mail: tecnicanogalte@tecnicanogalte.com

12. Eimansa

Dirección: C/ Palma de Mallorca, 6 Esc 2, 5º A, 30009, Murcia
Teléfono: +34 968 10 54 07

13. Ecoaporta

Dirección: Edificio CEEIM (Centro Europeo de Empresas e Innovación de Murcia)
Campus Espinardo, 30100, Murcia
Teléfono: +34 868 957531
Página Web: www.ecoaporta.com/

14. Ingeniería aplicada

Dirección: PI España (Base Dos Mil) 20, 30564, Lorquí
Teléfono: +34 968676798
E-mail: iaplicada@terra.com

15. Carrillo Y López Instalaciones

Dirección: Pol. Ind. La Capellania - Vial 5 - Parc. 26, 30600, Archena (Murcia)
Teléfono: +34 968 67 13 71
Página Web: www.carrilloylopez.com/index.asp
E-mail: info@carrilloylopez.com

16. Biomalor

Dirección: Ctra. Caravaca, 154, 30800, Lorca (Murcia)
Teléfono: +34 617443602
Página Web: www.biomalor.com/
E-mail: info@biomalor.com

17. Ecosol Energía Solar

Dirección: C/El Rosal, bajo 1C, 30012, Patiño (Murcia)
Teléfono: + 34 968 342 222 - +34 628 029 300
Página Web: www.ecosoles.com/

18. NaturalFire S.L.

Dirección: Avda. De la Paz, 208, 30510, Yecla (Murcia)
Teléfono: +34 968 01 15 03 - +34 968 79 14 01
Página Web: www.naturalfire.es/home
E-mail: info@naturalfire.es

La utilización de la biomasa vegetal obliga al procesamiento previo de la materia, con el objeto de disponer de partículas pequeñas de tamaño regular, que permita su buen almacenamiento y obtener la máxima eficiencia en el proceso de combustión dentro de una caldera. Gracias a los avances en ingeniería se ha aumentado la eficiencia en la producción de biomasa, reduciendo los costes y provocando un aumento del consumo.

Tipos de biocombustibles

La clasificación de los productos es la siguiente: leña, astillas, pellets de madera, carbón vegetal, briquetas de carbón vegetal, licor negro y otros combustibles de madera.

1) *Leña*. El término leña incluye a toda la madera obtenida de los bosques o de otro origen con su formato original, es la madera en bruto. La leña constituye el combustible más tradicional y se puede obtener a partir de cualquier especie leñosa, tanto forestal como agrícola. Su forma es cilíndrica o cónica, muy heterogénea en cuanto a tamaños y de baja densidad. Se suele cuartear para facilitar su almacenamiento y mejor conservación para adquirir las propiedades ideales de utilización. Para realizar un correcto aprovechamiento energético de la leña hay que secarla correctamente ya que cuanto mayor es el porcentaje de humedad, menor es el poder calorífico de la misma, influyendo también en esta última característica la especie de que se trate. Para evitar los problemas de quemar leña sin secado previo nos debemos situar en contenidos de humedad próximos al 15%, teniendo en cuenta que la leña con alto contenido en humedad ralentiza y dificulta la combustión, produce condensación y alquitrán en los conductos de humo y reduce su poder calorífico.

2) *Astillas*. Las astillas son el resultado de la trituración de la madera forestal o agrícola, dando lugar a trozos pequeños de forma irregular que presentan un espesor de alrededor de 2 cm y tamaños variables que no suelen superar los 10 cm de longitud. La astilla procedente de los aprovechamientos forestales es totalmente natural y no contiene ningún tipo de aditivo, constituyendo un biocombustible limpio de cara a la emisión de gases contaminantes. Tiene una baja densidad y una superficie específica muy superior a la de la leña, lo que disminuye el tiempo de inicio de la combustión. El proceso de secado es caro pero aumenta el poder calorífico. Es un combustible local, respetuoso con el medioambiente, y que no está sujeto a crisis. La producción y gestión de las astillas de madera la llevan a cabo principalmente agricultores locales que se encargan de dejar seca la madera durante unos cuantos meses. Un cuidadoso tratamiento y secado facilitan una óptima capacidad de almacenamiento y una combustión libre de problemas y con una mínima generación de ceniza, así como bajas emisiones (Ver Tabla 5.1).

3) *Pellets*. Son pequeños cilindros de serrín comprimido, proveniente de astillas de madera y serrín seco. Su humedad es muy baja. Necesitan muy poco espacio de almacenamiento. Para producir la misma cantidad de calor, 2 kg de pellets equivalen a 1 litro de gasoil. La calefacción con pellet colabora en la reducción de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La producción de pellets supone la reducción de los residuos de madera al tamaño del serrín, y luego se secan aproximadamente al 12 % de contenido de humedad antes de su extrusión en

molinos agrícolas. A continuación se muestra el proceso de pelletización que comprende los siguientes subsistemas o subprocesos mostrados en la Figura 5.1.

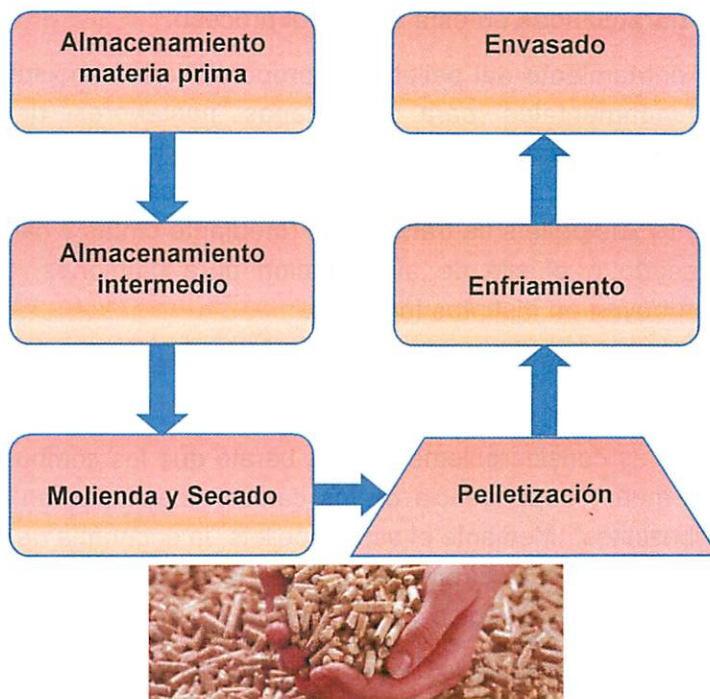


Figura 5.1. Proceso de pelletización. Fuente: Elaboración propia.

El *almacenamiento* de la materia prima se puede realizar en una nave o también a la intemperie con una cubierta para protegerlo de la lluvia. Los camiones que la transportan pesan su mercancía al llegar a la planta y la disponen en parvas o montículos en el parque de almacenamiento para su introducción en la siguiente fase del proceso.

La *molienda* se realiza normalmente mediante un molino de martillos, y su función consiste en reducir el tamaño de la materia prima hasta pocos milímetros (<6 mm). La importancia de esta etapa reside en que una adecuada molienda permite un alto grado de compactación y, al mismo tiempo, reduce la producción de finos.

El serrín húmedo se introduce en el *secadero* por medio de una banda porosa sinfín. El aire caliente se hace circular a través de esta banda y el serrín se va secando. Al final de la banda porosa hay un aspirador que absorbe el serrín con una humedad inferior al 10% y deja pasar el que contenga una humedad superior. El serrín absorbido pasa a la siguiente fase y el serrín húmedo sigue en circulación en la banda porosa hasta que su humedad es inferior al 10%.

El proceso de *pelletización* se basa en la presión ejercida por una serie de rodillos sobre la biomasa, situada sobre una matriz metálica dotada de orificios de

calibre variable. Esta placa matriz puede ser plana o anular, variando la capacidad de producción entre 300 y 5000 kg/h normalmente. La máquina pelletizadora genera pellets de forma cilíndrica con un diámetro variable de 6-20 mm y una longitud de 20-60 mm, en función de la matriz utilizada y el corte especificado. El pellet producido se encuentra a una temperatura elevada, y su forma y resistencia no están todavía garantizadas en esta etapa del proceso.

La etapa de enfriamiento del pellet va a proporcionarle consistencia y dureza, características fundamentales para las etapas posteriores de envasado y transporte. El proceso de enfriamiento puede realizarse introduciendo aire forzado y es preciso dejar reposar el pellet hasta obtener las características adecuadas. Tras el enfriamiento, los pellets se transportan (mediante cintas y cangilones) hasta la tolva de envasado o el silo de alimentación para camiones. Los pellets se transportan y distribuyen en distintos formatos.

Las principales ventajas de la utilización de los pellets para la generación de energía serían las siguientes:

- a) Económicas: es considerablemente más barato que los combustibles fósiles y existe una menor dependencia de los cambios continuos en los precios de otros combustibles. Mediante el uso de pellets, la economía de la región se ve fortalecida y se fomenta el empleo local en la zona; ya que el valor añadido permanece en la misma región.
- b) Seguridad: no presenta riesgo de explosión, no es volátil ni produce olores. En caso de fuga o "vertido", no existe ningún riesgo para la salud. Se trata de un combustible no tóxico e inocuo para la salud.
- c) Confort: para producir el mismo calor, el pellet almacenado ocupa unas tres veces menos en volumen que la leña maciza y apenas produce humo. Se puede manejar de forma parecida a un líquido; se puede automatizar totalmente, tanto en su transporte y llenado de depósito, como en la combustión y limpieza.
- d) Ecológicas: usando pellet se contribuye a reducir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero. La combustión del pellet es mucho más eficiente que la combustión de leña, y por lo tanto las emisiones son mínimas. Los pellets no contienen azufre, por lo que disminuye la lluvia ácida. Se fomenta la limpieza de montes, creando o mejorando hábitats salvajes y evitando los incendios, ya que los residuos de podas o limpiezas del monte se utilizan para fabricar pellets. La ceniza es mínima por la alta eficiencia de la combustión y es totalmente biodegradable; incluso puede ser utilizado como un buen abono.

Tabla 5.1. Comparación de pellets y astillas de madera.

Poder calorífico inferior	Pellets de madera	Astillas de madera
- por kg	4,7 kWh/kg	2,7 kWh/kg
- por m ³	3.290 kWh/m ³	675 kWh/m ³
Humedad	8 %	50 %
Densidad	700 kg/m ³	250 kg/m ³
Contenido en cenizas	0,50 %	1,00 %

Fuente: Guía práctica de sistemas automáticos de calefacción con biomasa en edificios y viviendas. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. 2006.

4) Carbón vegetal. El carbón vegetal es un combustible sólido que presenta un contenido muy elevado de carbono por lo que su poder calorífico es muy superior al de la madera. Se produce por calentamiento en ausencia de aire (hasta temperaturas de 400 a 700 °C) de madera y otros residuos vegetales y es difícilmente alterable, además de no verse afectado por hongos e insectos xilófagos.

5) Briquetas. Al igual que los pellets, las briquetas son cilindros de biomasa compactada, procedente de residuos de madera, aunque pueden estar formadas por otros productos como por ejemplo el carbón vegetal. Su constitución compacta y uniforme supone grandes ventajas respecto a la leña como son la facilidad de almacenamiento, limpieza, transporte y facilidad de uso. El modo de empleo de las briquetas es similar al de la leña tradicional, pudiéndose utilizar en cualquier chimenea. La briqueta puede seccionarse fácilmente sin necesidad de herramientas para poder ser utilizada en chimeneas de menor tamaño o controlar la potencia de la combustión. Es menos manejable que los pellets ya que presenta un tamaño mayor situándose entre los 5-10 cm de diámetro y 20-50 cm de longitud. La densidad de las briquetas y los pellets depende de la materia prima empleada y de la presión ejercida en el proceso de fabricación, siendo más densas que las astillas, leña y residuos forestales.

6) Licor negro y otros combustibles. Los licores negros son subproductos que se obtienen durante los procesos de descomposición química de la madera en las industrias en donde se produce pasta de papel. Este combustible, de color negro y aspecto viscoso, se utiliza en las propias industrias productoras en donde lo queman en grandes calderas para producir el vapor necesario para el proceso industrial y electricidad por cogeneración.

De los biocombustibles señalados anteriormente, los más utilizados son los pellets y astillas. Una posible vía para la obtención de energía es la combustión directa, que es el proceso de aprovechamiento energético de residuos más favorable, cuando en la zona es posible su utilización directa, sin necesidad de efectuar grandes desplazamientos. Es el proceso más extendido en la actualidad (ver Figura 5.2).

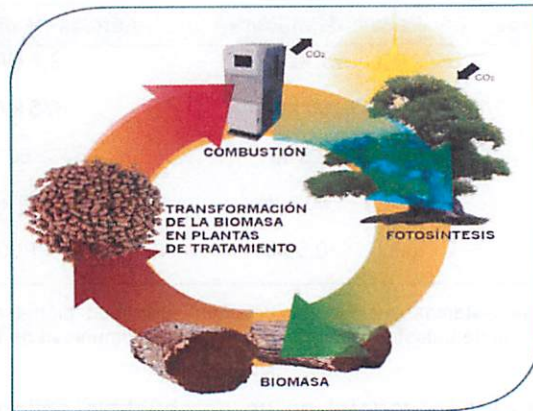


Figura 5.2. Esquema de generación y transformación de la biomasa (<http://geoeficiencia.wordpress.com/>).

La combustión de la biomasa consiste en su oxidación hasta dióxido de carbono y agua. El proceso se realiza a altas temperaturas (800-1000 °C), utilizando aire como agente oxidante e involucra una etapa instantánea inicial de pirólisis y otra de gasificación de la biomasa previa a la combustión propiamente dicha. La tecnología más difundida a escala comercial para llevar a cabo la combustión de la biomasa agrícola y forestal son las calderas. Actualmente, existen en el mercado calderas que aseguran rendimientos cercanos al 90%, valores similares a las calderas de gas natural.

Existen cuatro tipos de calderas de biomasa:

1. Calderas específicas de pellets: con potencias entre 10 y 30 kW. Actualmente son las más demandadas (Figura 5.3).

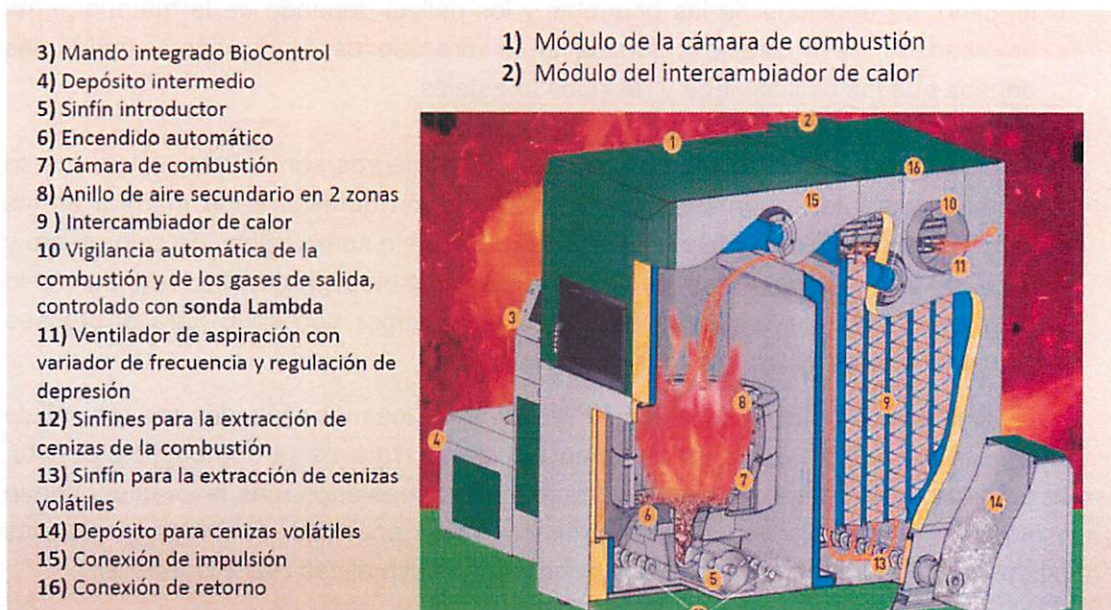


Figura 5.3. Partes de una caldera de biomasa (<http://www.sernemasa.com/partes-calderas-herz>).

2. Calderas multicom bustibles, con potencias entre 15 y 100 kW.
3. Calderas de leña, con potencias entre los 20 kW y los 50 kW.
4. Calderas TDS powerfire, con potencias entre los 120 y los 300 kW.

Las ventajas de la utilización de las estufas de pellets serían:

- La más importante y destacada es el alto rendimiento calorífico que nos proporciona. Este puede llegar hasta el 95% con una autonomía de combustible de entre 24 y 120 h dependiendo del modelo que dispongamos y las temperaturas que marquemos. Cuanto más grande sea nuestro silo y menor sea la temperatura que indiquemos, más rendimiento obtendremos. En comparación con las estufas de leña que casi no llegan al 70%, las estufas de pellet, se presentan como claras candidatas para aquellos que busquemos confort y calidad.
- La utilización de una estufa de pellet es muy sencilla y automatizada. Podemos controlar la temperatura ambiente mediante termostato, evitar todo el trabajo de avivar el fuego con más leña, siendo solo necesario hacerlo cada 3 o 5 días. Algunos modelos de estufas de pellet disponen de sistemas de seguridad avanzados con control de las temperaturas, del cierre de las puertas e interrupción cuando el silo está vacío o la corriente está cortada.
- Otra ventaja es que ganamos mucho espacio, al ser el pellet más pequeño que la leña tradicional, no necesitamos tanto espacio para su almacenaje. A parte, las estufas de pellet pueden ser mucho más pequeñas y si lo deseamos, también pueden ser móviles y con revestimiento personalizado.
- Además, los conductos para la instalación en nuestra casa, pueden ser más finos, de unos 80mm, que dependiendo del material que sean, pueden estar instalados fuera del edificio, para evitar tener las tuberías visibles.
- Con las calderas de pellet te despreocupas de la calidad del combustible, pues el pellet es difícil que se estropee por la humedad del invierno, a no ser que no se tenga almacenado correctamente.
- Otros beneficios que obtenemos con una estufa de pellet, es que no contaminamos tanto el medio ambiente cómo con los sistemas de gas, eléctricos o fuel ya que se emite hasta 10 veces menos partículas finas y también menos CO₂.
- Los precios del pellet se han mantenido los años anteriores, cosa que no ha pasado con el resto de combustibles.
- El confort térmico es muy agradable.
- Se ve el fuego creando una sensación de hogar.
- La salida de humos es de un diámetro menor a la de una estufa de leña.
- Cada vez venden pellets en más establecimientos.

- Con el pellet no hay riesgo de explosión.
- Si lo comparamos con la leña se necesita menos cantidad de combustible.
- El gasto mensual en combustible es bastante menor comparado con electricidad, gas o gasoil.

Sin embargo, los inconvenientes se mencionan a continuación:

- Requieren una limpieza semanal.
- Necesitan electricidad para dosificar el pellet y para encender la llama.
- Hacen algo de ruido.
- Por mucho cuidado que se quiera tener siempre hay algo más de suciedad en casa.
- Hay que traer, almacenar y mover sacos de pellets, aunque hay que tener en cuenta que se está incrementando el número de empresas dedicadas al transporte de sacos de pellets a casa.

Producción de biogás

Por su parte, los posibles tratamientos a los que pueden ser sometidos los residuos ganaderos y los procedentes de la industria de los transformados vegetales son la depuración biológica (digestión anaeróbica para reducir la carga del carbono) con obtención de biogás, el tratamiento químico para neutralizar los posibles elementos contaminantes y el secado térmico, con uso posterior del residuo como abono en zonas agrícolas.

La digestión anaeróbica (Figura 5.4), también denominada biometanización por producción de biogás, es la técnica más extendida para este tipo de residuos y consiste en un proceso biológico que tiene lugar en ausencia de oxígeno, en el que la materia orgánica se transforma, por la acción de microorganismos, en una mezcla de gases o biogás, constituida principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.). El biogás contiene un alto porcentaje de metano (entre un 50-70%), por lo que es susceptible de aprovechamiento energético mediante su combustión en motores, en turbinas o en calderas.

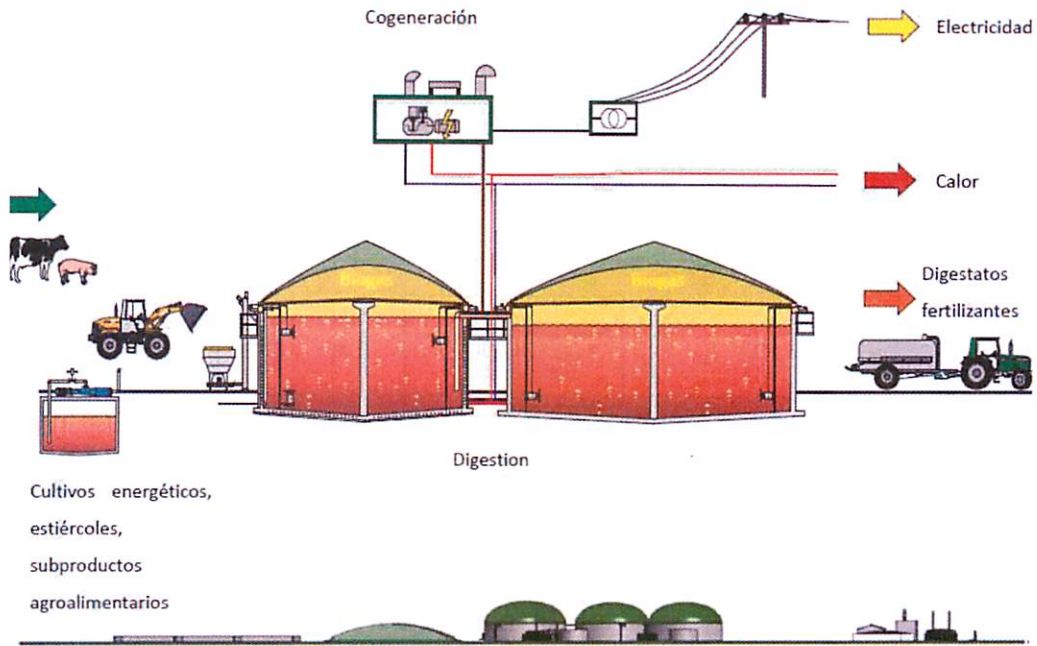


Figura 5.4. Esquema del proceso de digestión anaerobia.

Se trata de un proceso complejo en el que intervienen diferentes grupos de microorganismos (Figura 5.5). La materia orgánica se descompone en compuestos más sencillos (hidrólisis), que son transformados en ácidos grasos volátiles, que son los principales intermediarios y moduladores del proceso (acidogénesis). Estos ácidos son consumidos por los microorganismos metanogénicos que producen metano y dióxido de carbono (metanogénesis). El proceso controlado de digestión anaerobia es uno de los más idóneos para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos y el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados.

Actualmente existe gran experiencia en plantas centralizadas de digestión conjunta o co-digestión que permiten el tratamiento conjunto de residuos orgánicos de diferentes orígenes en una misma zona geográfica, usualmente agropecuarios, industriales, forestales, etc., con el objetivo de:

- Aprovechar la complementariedad de las composiciones para permitir perfiles de procesos más eficaces.
- Compartir instalaciones de tratamiento.
- Unificar metodologías de gestión.
- Amortiguar las variaciones temporales en composición y producción de cada residuo por separado.
- Reducir costos de inversión y explotación.

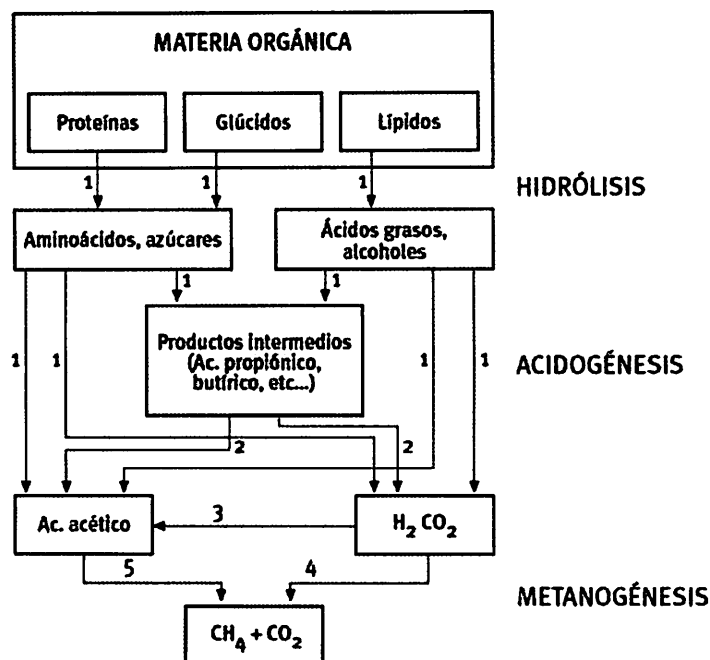


Figura 5.5. Etapas de descomposición de la materia orgánica.

Las ventajas de los biodigestores son:

- Producción de energía renovable si el gas se aprovecha energéticamente y sustituye a una fuente de energía fósil.
- Reducción de las emisiones de CH₄ que tiene un efecto invernadero 20 veces superior al del CO₂
- El efluente final es mucho menos oloroso que el inicial.
- Reducción de la carga orgánica.
- Produce biofertilizante rico en nutrientes, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH₄⁺), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.
- Elimina los desechos orgánicos, reduciendo su carga contaminante hacia el medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales.
- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 °C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas.

- El uso del biogás para la generación de electricidad y de energía térmica da un valor adicional al empleo de biodigestores.

Mientras que los inconvenientes de los biodigestores serían:

- Inversión elevada.
- Debido al equilibrio necesario entre poblaciones bacterianas, necesita supervisión técnica periódica.
- El digestor debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- Es posible que, como subproducto, se obtenga SH_2 , el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfatorreductoras. La presencia de SH_2 hace que se genere menos CH_4 , disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.
- Incremento del N amoniacal.
- Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.

En relación a los rendimientos, la producción de metano o biogás que se obtendrá de un residuo determinado depende de su potencial (producción máxima), del tiempo de retención, de la velocidad de carga orgánica, de la temperatura de trabajo y de la carga de inhibidores. Una variable adicional en el sector ganadero es el tiempo de almacenaje de los purines antes de su digestión. Tiempos de almacenaje superiores a 3 meses pueden reducir su potencial de producción en más del 70% (Flotats *et al.*, 2001) ya que durante el almacenamiento tiene lugar un proceso de fermentación incontrolado con emisión del metano de la atmósfera.

Considerando un tratamiento de 340 m³ purín/año (según capacidad de tratamiento de purín que tiene el codigestor), se generaría una producción de biogás de 30 222,22 m³ biogás/año. Este rendimiento se utilizará para abastecer parte del requerimiento energético de los edificios públicos seleccionados. La energía final obtenida se traduce en:

- Producción eléctrica de 7,21 kW, que resulta en unos 57 724,44 kWh/año.
- Producción térmica de 8,084 kW, que resulta en unos 64 675,55 kWh/año.

6. COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LA BIOMASA

Se ha procedido a la recogida de datos para el cálculo estimado de los costes de recogida y transporte de biomasa en las cuatro zonas objeto de estudio y para los tres orígenes de biomasa existentes en las mismas. Respecto a la biomasa residual procedente de cultivos se han considerado los predominantes en las superficies de cultivo de los municipios que conforman cada uno de los Grupos de Acción Local (GAL). De la misma manera, las principales especies forestales y ganaderas han sido consideradas por GAL. Para la elección de estos cultivos se ha utilizado las superficies agrarias publicadas por la Consejería de Agricultura y Agua de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Los costes fijos, constituidos por el conjunto de factores que no se agotan en un solo proceso productivo y pueden ser utilizados en los periodos siguientes, han sido considerados en el estudio. Este concepto engloba los costes de maquinaria, la amortización e intereses de las instalaciones, además de los procedentes de seguros y costes de licencias.

También han sido considerados los costes variables, que comprenden los costes de los factores de producción utilizados o destruidos durante el proceso productivo de duración anual. Este concepto engloba las materias primas, los costes variables de la maquinaria propia y el coste de la maquinaria alquilada y la mano de obra propia y ajena utilizada.

Para el cálculo de los costes de residuos, procedentes de la agricultura, se han utilizado los datos facilitados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para maquinaria agrícola para 2008 (MAGRAMA, 2014), actualizados a 2014, según el índice de precios pagados por los agricultores por maquinaria y otros bienes de equipo. Para los datos de la maquinaria de transporte y acondicionamiento de la biomasa residual los costes base han sido obtenidos del documento “Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020 (IDAE, 2011)”, y estos han sido actualizados a 2014.

Además, estos costes han sido validados por expertos del sector, y se han consultado mediante entrevistas personales a los agentes implicados. En cualquier caso, los costes estimados en este informe son siempre orientativos, dado que solamente se tiene certeza de los costes reales con el propio desarrollo de la actividad y dentro de su contexto socio-económico e institucional.

Las distancias utilizadas para el transporte han sido estimadas en función del origen de la misma y la distancia del centro receptor al centro de transformación de biomasa más cercano. Para cada GAL, y tras consulta a los agentes implicados, se asume que el centro receptor se ubicará en el polígono industrial del municipio más grande de los que componen el grupo. De esta manera, la distancia de referencia ha sido estimada a través del valor medio de la distancia entre cada uno de los puntos de producción hasta el centro de transformación. También se ha considerado la velocidad media de las vías por las que circularán los medios de transporte de la biomasa.

Así, las diferentes fuentes de información han permitido aplicar la metodología de costes totales de producción (Ballester 1990, Caballero et al., 1992), configurada por los costes variables, generados en función de los inputs utilizados y los costes fijos que ha de soportar el empresario, independientemente del nivel de producción. Esta metodología es la más realista dado que permite la retribución de todos los elementos integrantes en el proceso de producción, y por lo tanto la capitalización del empresario agrario.

Además, se ha considerado el coste de oportunidad, definido como el valor de la mejor opción no realizada, dependiendo del estudio de alternativas de uso de la materia prima.

La información de partida para el estudio de costes viene recogida en la Tabla 6.1, donde aparecen los principales cultivos por GAL, la superficie ocupada por los mismos

en esa zona, la producción potencial de biomasa residual y el rendimiento medio de la misma.

Tabla 6.1. Superficie de cultivo, producción y rendimiento de biomasa residual por GAL.

GAL	Cultivo	Superficie (ha)	Producción potencial de biomasa residual (t/año)	Rendimiento medio biomasa residual (t/ha x año)
Nordeste	Viñedo	22.813	79.845	3,5
	Almendro	12.294	15.982	1,3
	Olivar	7.984	13.5738	1,7
	Cítricos	2.810	5.620	2,0
	Cereales:			
	- Cebada	2.312	3.956	1,7
	- Avena	4.784	8.459	1,8
- Trigo	2.196	6.366	2,9	
Total		55.193	133.802	
Campoder	Almendro	6.363	8.272	1,3
	Melocotonero	5.707	19.975	3,5
	Olivar	1.561	2.654	1,7
Total		13.631	30.900	
Vega del Segura	Cítricos	2.161	4.322	2,0
	Albaricoquero	2.011	7.038	3,5
	Melocotonero	1.945	6.807	3,5
Total		6.117	18.168	
Integral	Cereales:			
	- Cebada	22.758	38.943	1,7
	- Avena	10.518	18.597	1,8
	- Trigo	4.182	12.123	2,9
	Almendro	34.076	44.299	1,3
	Olivar	7.083	12.041	1,7
	Cítricos	6.712	13.424	2,0
Viñedo	4.551	15.928	3,5	
Total		89.880	155.355	
Total Región		164.821	338.225	

6.1. Costes de producción de biomasa a partir de residuos agrarios

Los costes de producción han sido estimados en función de las labores de extracción, acondicionamiento y transporte de la biomasa residual asociada a cada cultivo. Así, para los cultivos leñosos se han considerado los costes de saca de material vegetal, para una explotación media, hasta una zona en la que se puedan realizar las labores de astillado. Para la labor del astillado se ha considerado una trituradora en cargadero. Posteriormente, se ha considerado el coste del transporte en camión trailer, dado que es el más apropiado para el transporte de biomasa vegetal, y los costes asociados a la carga y descarga de las astillas. En todos los casos se utiliza

el rendimiento real de las operaciones considerando que la biomasa presenta un 20% de humedad, excepto para los cereales donde la humedad considerada es del 12%. Todos estos costes vienen recogidos en la Tabla 6.2, expresados en euros por tonelada de biomasa residual y euros por hectárea de cultivo.

El coste de oportunidad asociado a esta actividad sería el coste que el agricultor debería asumir si no revaloriza los restos de cultivo mediante su transformación a combustible. Más concretamente, el agricultor puede quemar los restos de poda, con lo cual el coste sería el equivalente a la actividad de saca o triturarlos en el terreno cuyo coste se incrementaría en un porcentaje del 50-75% respecto al coste de saca.

6.2. Costes de producción de biomasa a partir de residuos ganaderos

Los costes de producción han sido estimados en función de las principales especies ganaderas ubicadas en cada uno de los GAL. El número de cabezas de ganado por especie y GAL han sido obtenidos del Centro Regional de Estadística de Murcia para el año 2013. Las cantidades de estiércol que originan cada una de las especies ganaderas se obtuvieron de la Orden de 3 de marzo de 2009, de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se establece el Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a los Acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor. Para el caso del porcino se consideró un cebo completo, de 20 a 100 kg y una densidad de estiércol de 0,8t/m³.

Es práctica habitual en las explotaciones de porcino de la Región de Murcia evaporar los purines para la posterior utilización del estiércol. Debido a que las condiciones climatológicas de la región son muy favorables para esta actividad se han considerado los costes relacionados con el aprovechamiento del estiércol seco para todas las especies. En todos los casos, el rendimiento real de las operaciones es considerando que el estiércol presenta un 20% de humedad. Todos estos costes vienen recogidos en la Tabla 6.3, expresado en euros por tonelada de estiércol o en euros por cabeza de ganado.

Tabla 6.2. Costes de recogida y transporte de biomasa residual agrícola por GAL.

GAL	Cultivo	Saca		Astillado		Transporte		Carga/Descarga		Total Coste		
		(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	
Nordeste	Viñedo	40,01	140,02	7,00	24,50	13,16	46,04	5,66	19,81	65,82	230,38	
	Almendro	35,90	46,67	7,00	9,10	13,16	17,10	5,66	7,36	61,72	80,23	
	Olivar	41,18	70,01	7,08	12,03	13,16	22,36	5,66	9,62	67,07	114,03	
	Cítricos	46,67	93,35	7,15	14,30	13,16	26,31	5,66	11,32	72,64	145,28	
	Cereales:											
	- Cebada	5,21	41,67			12,30	20,91	5,15	8,75	22,65	71,33	
	- Avena	5,21	41,67			12,30	22,14	5,15	9,26	22,65	73,07	
- Trigo	5,21	41,67			12,30	35,66	5,15	14,92	22,65	92,26		
Campoder	Almendro	35,90	46,67	7,00	9,10	16,82	21,87	5,66	7,36	65,39	85,00	
	Melocotonero	40,01	140,02	7,00	24,50	16,82	58,88	5,66	19,81	69,49	243,21	
	Olivar	41,18	70,01	7,00	11,90	16,82	28,60	5,66	9,62	70,67	120,13	
Vega del Segura	Cítricos	46,67	93,35	7,00	14,00	5,43	10,85	5,66	11,32	64,76	129,52	
	Albaricoquero	40,01	140,02	7,00	24,50	5,43	18,99	5,66	19,81	58,09	203,32	
	Melocotonero	40,01	140,02	7,00	24,50	5,43	18,99	5,66	19,81	58,09	203,32	
Integral	Cereales:											
	- Cebada	5,21	41,67			9,86	16,77	5,15	8,75	20,22	67,19	
	- Avena	5,21	41,67			9,86	17,76	5,15	9,26	20,22	68,69	
	- Trigo	5,21	41,67			9,86	28,61	5,15	14,92	20,22	85,20	
	Almendro	35,90	46,67	7,00	9,10	10,48	13,62	5,66	7,36	59,04	76,76	
	Olivar	41,18	70,01	7,00	11,90	10,48	17,82	5,66	9,62	64,32	109,35	
	Cítricos	46,67	93,35	6,85	13,70	10,48	20,96	5,66	11,32	69,66	139,33	
Viñedo	40,01	140,02	6,93	24,24	10,48	36,68	5,66	19,81	63,07	220,75		

Tabla 6.3. Costes de recogida y transporte de biomasa residual ganadera por GAL.

GAL	Especie	nº cabezas	Transporte		Carga/Descarga		Total Coste	
			(€/t)	(€/cabeza)	(€/t)	(€/cabeza)	(€/t)	(€/cabeza)
Nordeste	Porcino	40.157	13,16	28,28	5,37	11,54	18,52	39,82
	Aves	611.249	13,16	3,29	5,37	1,34	18,52	4,63
	Caprino	23.950	13,16	19,21	5,37	7,84	18,52	27,04
Campoder	Porcino	463.471	7,21	15,50	5,37	11,54	12,58	27,04
	Aves	826.540	7,21	1,80	5,37	1,34	12,58	3,14
	Ovino	74.547	7,21	6,78	5,37	5,05	12,58	11,82
Vega del Segura	Aves	15.354	16,82	4,21	5,37	1,34	22,19	5,55
	Ovino	5.203	16,82	15,81	5,37	5,05	22,19	20,86
	Caprino	3.110	16,82	24,56	5,37	7,84	22,19	32,40
Integral	Porcino	782.914	10,48	22,53	5,37	11,54	15,85	34,07
	Aves	2.257.773	10,48	2,62	5,37	1,34	15,85	3,96
	Ovino	225.789	10,48	9,85	5,37	5,05	15,85	14,90

El coste de oportunidad asociado a esta actividad sería el coste que el ganadero debería asumir si no revaloriza el estiércol mediante su transformación a combustible. Más concretamente, el ganadero debería cargar y transportar el estiércol, o purines si es el caso, hasta una finca agraria y demostrar capacidad de uso de los mismos, bien en explotaciones propias o arrendadas. No obstante, la opción más rentable para el agricultor es instalar balsas de evaporación y utilizar o vender el estiércol para su uso en agricultura, en cuyo caso podría tener un ingreso de 12-15 €/t.

6.3. Costes de producción de biomasa forestal

Los costes de producción de biomasa vegetal son muy variables en función del tipo de arbolado y su densidad, de la pendiente y accesibilidad de los terrenos forestales, del transporte al lugar de procesamiento y de la edad y labores asociadas a cada uno de los turnos forestales. Ante tal variabilidad, se ha procedido a seleccionar los valores medios, en base a la similitud de las especies forestales encontradas en las superficies de los distintos GAL estudiados. Entrevistas con expertos del sector han permitido identificar que las prácticas de extracción más habituales en los terrenos forestales de los territorios de los GAL estudiados, son el astillado móvil en monte y posterior transporte de la astilla a destino. Considerando que la especie más abundante es el *Pinus halepensis*, y dada la similitud de las condiciones del terreno con el caso de estudio analizado en Jaén, recogido en el trabajo: "*Biomasa forestal en Andalucía 2. Procesos de extracción y costes*", publicado por la Junta de Andalucía en 2012, se han estimado los costes de producción de biomasa forestal partiendo de este trabajo y adaptándolos y validándolos con las condiciones específicas de cada GAL.

Así, para biomasa forestal, se han considerado los costes de apeo, desembosque y astillado para fuste y copa en terrenos con pendientes del 10% y una corta del 20%. Para estas labores, se ha utilizado una motosierra para el apeo, una miniretroexcavadora para el desembosque y un tractor forestal con astilladora para el astillado en monte. Posteriormente, se ha considerado el coste del transporte en

camión trailer, dado que es el más apropiado para el transporte de biomasa vegetal, y los costes asociados a la carga y descarga de las astillas. En todos los casos, el rendimiento real de las operaciones considerando que la biomasa presenta un 40% de humedad. Todos estos costes vienen recogidos en la Tabla 6.4, expresados en euros por tonelada de biomasa residual y en euros por hectárea de superficie forestal.

Los costes obtenidos, están dentro del rango de magnitud de los obtenidos en la Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual publicado en 2010 por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MMAMRM, 2010).

Tabla 6.4. Costes de recogida y transporte de biomasa residual forestal por GAL.

GAL	Superficie Coníferas	Estimación de leñas	Apeo		Desembosque		Astillado		Transporte Trailer		Total	
	ha	t	€/t	€/ha	€/t	€/ha	€/t	€/ha	€/t	€/ha	€/t	€/ha
Nordeste	34502	30786	14,00	12,49	15,00	13,38	16,00	14,28	17,31	15,45	62,31	55,60
Camoder	23428	20904	14,00	12,49	15,00	13,38	16,00	14,28	13,40	11,96	58,40	52,11
Vega del Segura	7998	7137	14,00	12,49	15,00	13,38	16,00	14,28	7,14	6,37	52,14	46,53
Integral	135364	120783	14,00	12,49	15,00	13,38	16,00	14,28	13,79	12,31	58,79	52,46

7. COSTES DE TRANSFORMACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL, AGRÍCOLA E INDUSTRIAL

Atendiendo al análisis de la industria de biomasa realizado en el apartado 5, y a la hora de estimar los costes de transformación de los diferentes productos derivados de la biomasa, se analizarán los tres tipos de industrias más relacionadas con el proceso de transformación y más frecuentes en la Región de Murcia, la fabricación de pellets, la industria de astillas y la producción de biogás a través de la depuración biológica.

7.1. Industria de pellets

La producción de pellets consiste en la obtención de cilindros de serrín comprimido proveniente de astillas de madera y serrín seco. Este proceso productivo consta de las siguientes fases: almacenamiento, molienda, secado, pelletización, enfriado, envasado y almacenamiento.

Resulta complejo establecer unos costes de producción generales, dado que estos están influenciados por la eficiencia de la materia prima, del proceso de producción y de la gestión empresarial. Además, la localización de la empresa respecto al origen de la materia prima o el destino hasta cliente final también influirá en el coste de adquisición y venta de la materia prima o producto terminado. Por ello, se han estimado unos costes de producción medios, acorde con la información facilitada por los empresarios del sector y el estudio realizado por el Banco de ideas de negocios ambientales sostenibles de Tenerife (BINAS, 2014).

Se plantea la construcción de una nave, para la realización de pellets a partir de residuos leñosos y su empaquetado en sacos para su comercialización.

En cuanto al equipamiento necesario, la nave dispondrá de un almacén (275 m²), una zona de proceso (200 m²) y 25 m² de oficinas. El coste de esta industria, llave en mano, es de aproximadamente 1 millón de euros, que se financiará al 90%, al 5% TAE. La industria permitirá producir 2.100 t/año con un rendimiento del 95%. Las características de la maquinaria, útiles y herramientas adquiridas se detallan en la Tabla 7.1.

También será necesaria la adquisición de un camión de 16.000 € que se pagará al contado, y de mobiliario y equipamiento informático de oficina.

Para el funcionamiento de esta industria serán necesarios 4 trabajadores:

- Un Gerente/Director Comercial: Gestión de la empresa y comercialización del producto. (coste: 2.500 €/mes).
- Un Jefe de Mantenimiento (encargado): Mantenimiento de la maquinaria del proceso industrial. (coste: 1.800 €/mes).
- Dos operarios de planta (especialistas): Control de la maquinaria, transportar el producto al almacén. (coste: 1.500 €/mes).

En cuanto a la materia prima necesaria, se adquirirá biomasa residual forestal y de restos de cultivo de la zona en astillas.

Tabla 7.1. Detalle de la maquinaria, útiles y herramientas.

Descripción
PREPARACION MATERIA PRIMA:
Cubeta de aspiración
Eliminador magnético de partículas férricas
Tubos flexibles de conexión
Molino de martillos.
Silo de contención de 6m3 con extractor. Válvula de estrella, sistema anti-incendio y batería filtrante
Transportador de alimentación
Sistema general de aspiración de polvo
SISTEMA DE PELLETIZADO:
Equipo compacto, montado sobre bancada monoblock compuesto de los siguientes elementos:
Deposito Mezclador acondicionador humedad
Transportador alimentador con velocidad variable
Matriz anular para pellets de 6 mm. de diámetro
Grupo de rodillos de presión ajustables sobre excéntrica
Cuchillas regulables; longitud de pellets
Compuerta anterior con apertura por cremallera para inspección de la matriz con doble seguridad de cierre
Motor principal de 30 Kw.
Transmisión por correas dentadas
Instalación automática de engrase
Bomba de aceite fin de ciclo
Equipo Turbo para eliminación de polvo con funciones de enfriamiento de pellets
ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN:
Cinta de transporte a tolva de almacenamiento
Criba vibratoria para limpieza de pellets
Tolva de almacenamiento de pellets
Báscula de pesaje con control sobre llenado de sacos
Termo soldadora de sacos de plástico

Fuente: BINAS (2014).

Las características financieras de la inversión se muestran en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Características de la inversión.

Inversión	Valor Adquisición	Vida Útil
Equipamiento		
Terreno (500m2) + nave + maquinaria, útiles y herramientas	1.000.000	12
Mobiliario	152	12
Equipo informático	460	4
Camión	16.000	4
Gastos de constitución	1.672	
Total	1.018.283	

Se pide un préstamo para el pago del 90% de la nave a 12 años y al 5% TAE, que implica una cuota anual de 101.543 €.

Considerando que el precio de venta del pellets, es de 190 €/t y que el precio de compra de la materia prima es de 50 €/t, los costes fijos y variables asociados a la actividad son (Tabla 7.3):

Tabla 7.3. Costes variables y fijos asociados a los pagos ordinarios.

Pagos ordinarios		€/año	%	€/t
C. variables	Materia prima	110.250	43,85	52,50
	Electricidad	14.400	5,73	6,86
	Agua	5.400	2,15	2,57
	Consumo vehículo	4.800	1,91	2,29
	Total C. Variables	134.850	53,64	64,21
C. fijos	Personal	109.500	43,55	52,14
	Seguro vehículo	320	0,13	0,15
	Teléfono	1200	0,48	0,57
	Basura	144	0,06	0,07
	Asesoría	2400	0,95	1,14
	Material oficina	1200	0,48	0,57
	Limpieza	1800	0,72	0,86
	Total C. Fijos	116.564	46,36	55,51
Costes totales	251.414	100,00	119,72	

La metodología de análisis de inversiones (Romero, 2002) indica que con las características de la inversión, los costes de la actividad, un precio de compra de la materia prima de 50 €/t, un precio de venta de 190 €/t, y considerando una tasa de descuento del 4%, la inversión tendría una rentabilidad (VAN) de 236.885 €, una Tasa Interna de Rendimiento (TIR) del 27% y un Periodo de Retorno (PR) de 4 años.

Dado que los pagos de la materia prima son muy elevados y considerando que este es el principal objetivo de este trabajo, se ha realizado un análisis de sensibilidad, para este concepto. Obteniendo que el precio de la materia prima que define el umbral de rentabilidad es de 65,26 €/t, valor muy similar a los costes medios de producción de biomasa a partir de residuos agrarios (ver Tabla 6.2) y ligeramente superior al coste de los residuos forestales (ver Tabla 6.4).

En la Figura 7.1, se aprecia la rentabilidad de la inversión en función del coste de la materia prima:

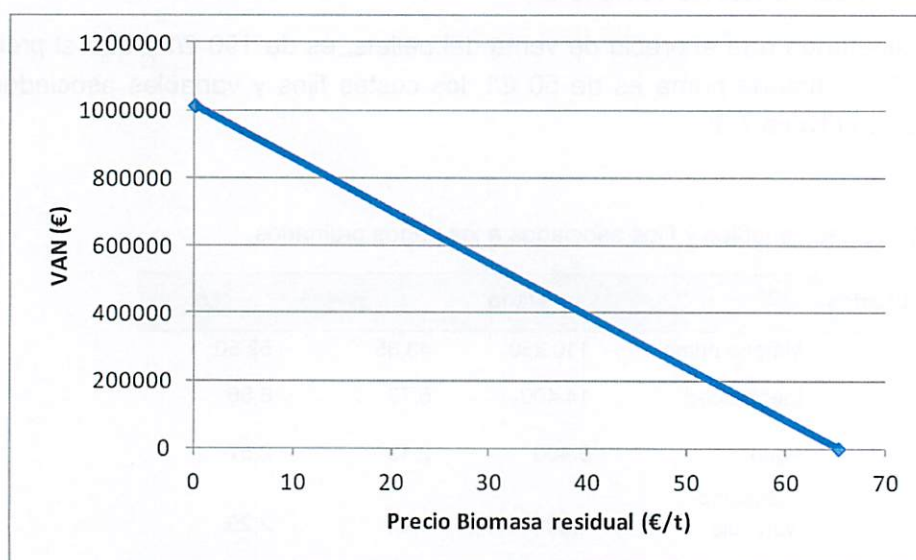


Figura 7.1. VAN de la inversión en función del coste de la materia prima.

De igual manera, el precio de venta de los pellets dependerá del precio de adquisición de la materia prima. Así, si el coste de la materia prima es de 50 €/t, el precio mínimo de venta, en el cual no existe beneficio, sería de 174 €/t, mientras que, si el precio de la materia prima es de 60 €/t el precio de venta mínimo sería de 184 €/t. La relación existente entre el precio de compra de materia prima y el precio de venta de producto terminado para un VAN igual a cero viene representada en la Figura 7.2.

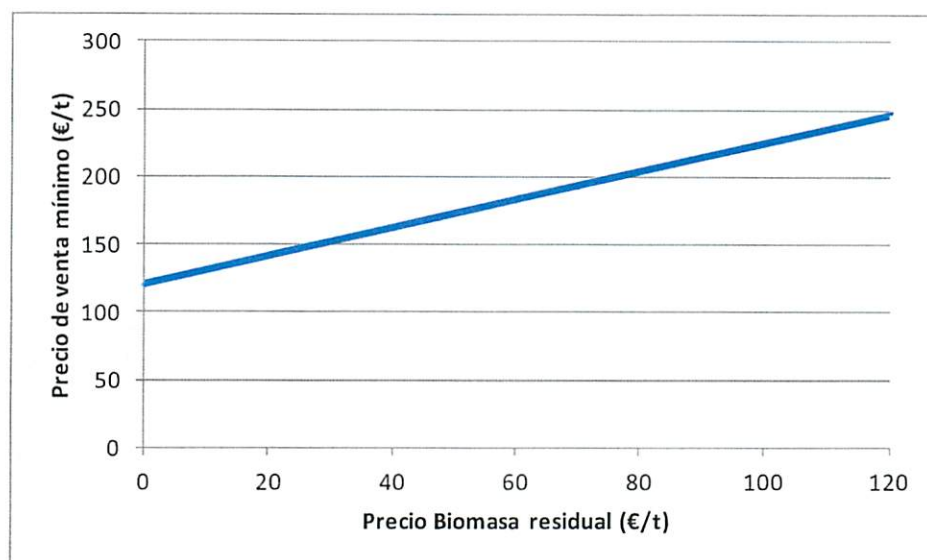


Figura 7.2. Relación entre el precio de compra de materia prima y precio de venta de pellets para un VAN igual a 0.

7.2. Industria de astillas

La industria de astillas habitual en la zona de estudio está relacionada con la extracción, acondicionamiento y transporte de biomasa residual agrícola, ganadera y forestal, encontrándose sus costes ya estimados por GAL en el apartado 6.

7.3. Producción de biogás

Para el análisis de los costes de producción de biogás, no ha sido posible obtener información de campo que valide las fuentes de información secundarias, debido a que después de la última reforma del sector energético, la producción de electricidad a través de residuos agroindustriales ha dejado de ser rentable y las plantas productoras de la Región han cesado su actividad. Por ello, para la estimación de los costes de producción de biogás se ha atendido a las estimaciones realizadas por el *Plan de Energías Renovables 2011-2020* (IDAE, 2011).

Según este informe, es necesario distinguir entre instalaciones de tratamiento individual, que no suelen requerir instalaciones adicionales de gestión o tratamiento del efluente y aplican el digestato, resultante del proceso de digestión, en suelos adyacentes, e instalaciones de tratamiento centralizado, abastecidas por deyecciones ganaderas, que por estar ubicadas en zonas de alta concentración ganadera, requerirán una posterior gestión de los efluentes tratados.

Considerando que esta tecnología se encuentra bien desarrollada y que se esperan pocas variaciones en el pago de inversión y los costes de comercialización, los costes de generación eléctrica para las instalaciones de biogás agroindustrial, en función de distintas productividades medias de biogás, presentan un rango de variación en función de la cantidad tratada tal y como viene reflejado en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4. Costes de generación eléctrica por biometanización.

	Biometanización (12Nm ³ /m ³)	Biometanización (30Nm ³ /m ³)	Biometanización (50Nm ³ /m ³)
Coste de generación eléctrica (€/kWh)	0,19-0,29	0,14-0,19	0,08-0,14
Características	El límite superior en plantas con capacidad de proceso de 30.000 t anuales de residuo (~100 kW de potencia eléctrica) y el límite inferior para plantas de 150.000 t anuales de residuo (~500 kW de potencia eléctrica).	El límite superior en plantas con capacidad de proceso de 30.000 t anuales de residuo (~250 kW de potencia eléctrica) y el límite inferior para plantas de 150.000 t anuales de residuo (~1,3 MW de potencia eléctrica).	El límite superior en plantas con capacidad de proceso de 30.000 t anuales de residuo (~500 kW de potencia eléctrica) y el límite inferior para plantas de 150.000 t anuales de residuo (~2 MW de potencia eléctrica).

Fuente: IDAE (2011).

Este informe resalta que el escenario de mayores costes, que contempla la posibilidad de que la alimentación a los digestores sea únicamente de deyecciones porcinas, parece poco eficiente, presentando a la co-digestión como una herramienta imprescindible para el desarrollo del sector del biogás agroindustrial, sugiriendo una relación en peso de la deyección ganadera y los co-sustratos del 80-20% y una producción mínima de 25-30 m³ biogás/t de residuo alimentado. También destaca el papel que juegan las economías de escala en estas instalaciones y sugiere que las plantas de menos de 250 kW, asociadas a una sola explotación, serían improductivas.

Considerando que el coste por kWh de las energías alternativas sea de 0,11 (€/kWh) para el gasóleo, 0,06 (€/kWh) para el gas natural, 0,05 (€/kWh) para pellets, 0,13 (€/kWh) para energía de la red eléctrica y 0,07 (€/kWh) para energía solar fotovoltaica, la obtención de energía a través de biometanización resulta, en términos económicos, inapropiada. Sin embargo, el uso de diferentes mezclas en el proceso de digestión abre una puerta al incremento de la rentabilidad de estas plantas.

8. AHORRO PARA EL USUARIO FINAL, DEL COSTE ENERGÉTICO DE LA BIOMASA EN RELACIÓN CON OTROS COMBUSTIBLES

Para estimar el posible ahorro asociado al uso de energía procedente de la biomasa, se ha realizado un análisis de alternativas energéticas, acorde con las fuentes disponibles en cada zona de estudio, apreciándose que las potenciales fuentes de energía, para los territorios GAL analizados, son el Gasóleo, el Gás Natural, la biomasa procedente de pellets, la energía eléctrica y la energía solar fotovoltaica.

Para el análisis del ahorro del usuario final, en base al consumo de sistemas de calefacción en función del combustible y tipo de caldera por kW instalado, se ha considerado el poder calorífico de cada uno de los combustibles según AVEBIOM, (2008), el coste de los mismos según tarifas vigentes para electricidad y gas, y según mercado para gasóleo (PETROMERCADO, 2014) y pellets (AVEBIOM, 2014), el rendimiento de la caldera y la carga térmica a satisfacer en función del uso anual. Se ha considerado que la caldera funcionará 16h/día, 6 días a la semana, y 3 meses al

año. Para la energía solar fotovoltaica se ha considerado una instalación en cubierta con capacidad de 125 W/m² de placa instalada con buena orientación. En ningún caso ha sido considerado el IVA.

Según estos criterios, los costes asociados a cada uno de los combustibles han sido estimados y descritos en la Tabla 8.1. Además, el ahorro estimado para los distintos combustibles respecto al coste de funcionamiento de una caldera de gasoil y respecto a la red eléctrica ha sido calculado en términos absolutos y porcentuales.

Tabla 8.1. Coste del consumo de sistemas de calefacción en función del combustible empleado por kW instalado.

Combustible	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa	Electricidad	
	Convencional	Convencional	Pellets	Red Eléctrica	Solar Fotovoltaica
Tipo de Caldera					
Poder Calorífico (kcal/kg)	10.000		4.041		
Poder Calorífico (kcal/m ³)	8,30	8.598			
Poder Calorífico (kWh/kg)	11,63		4,7		
Densidad Aparente (kg/l)	0,85		0,68		
Precio (€/l)	1,11				
Precio (€/kg)	1,30		0,25		
Coste (€/kWh)	0,11	0,057	0,054	0,13	0,07
Rendimiento de la caldera	0,8	0,8	0,9		
Cargas térmicas a satisfacer (kW)	1	1	1	1	1
Funcionamiento de la caldera (h/año)	1.152	1.152	1.152	1.152	1.152
Consumo del local anual (kwh/año)	1.152	1.152	1.152	1.152	1.152
Consumo de combustible (l)	145,67		400,50		
Consumo de combustible (kg)	123,82		272,34		
Término fijo (€/año)	0	66	0	210	
Coste variable (€/año)	162	83	69	150	81
Coste total (€/año)	162	149	69	360	81
Ahorro respecto gasóleo (€/año)		13	92		81
Ahorro respecto gasóleo (%)		7,92	57,08		50,08
Ahorro respecto electricidad (€/año)	198	211	291		279
Ahorro respecto electricidad (%)	55,13	58,68	80,74		77,60

Sin embargo, dado que existen importantes variaciones en la tarifa en función del consumo, se ha realizado un estudio particularizado por zona de estudio. Para conocer el usuario tipo en cada una de las zonas GAL, se ha consultado el Pliego de prescripciones técnicas, que habrán de regir en el contrato de suministro e instalación de diez calderas de biomasa en el marco del proyecto de cooperación intrarregional biomasa: valorización del potencial de biomasa en áreas rurales (publicado el 07/07/2014). Según este documento, se ha analizado un caso de estudio por GAL, de una instalación representativa, en las que hay que convertir las fuentes de energía procedente de combustibles fósiles por combustibles renovables.

Para el GAL-Nordeste, se ha estudiado el caso del Polideportivo J.O. Chumilla, en Yecla, que actualmente dispone de una Caldera Roca NTD de 170 kW. Para esta potencia sería posible la instalación de paneles solares, dado que la cubierta de la instalación lo permitiría. Sin embargo, la electricidad de la red eléctrica ha sido descartada por la inviabilidad económica de la instalación y su mantenimiento. El coste energético de los combustibles analizados viene recogido en la Tabla 8.2, así como el ahorro económico respecto al uso de gasóleo.

Tabla 8.2. Coste del consumo energético para una caldera de 170 kW.

Combustible	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa	Electricidad
Tipo de Caldera	Convencional	Convencional	Pellets	Solar Fotovoltaica
Coste (€/kWh)	0,11	0,057	0,054	0,07
Rendimiento de la caldera	0,8	0,8	0,9	
Cargas térmicas a satisfacer (kW)	170	170	170	170
Funcionamiento de la caldera (h/año)	1.152	1.152	1.152	1.152
Consumo del local anual (kwh/año)	195.840	195.840	19.5840	195.840
Consumo de combustible (l)	24.764		68.085	
Consumo de combustible (kg)	21.049		46.298	
Término fijo (€/año)		69		
Coste variable (€/año)	27.463	14.027	11.787	13.709
Coste total (€/año)	27.463	14.096	11.787	13.709
Ahorro respecto gasóleo (€/año)		13.367	15.675	13.754
Ahorro respecto gasóleo (%)		48,67	57,08	50,08

Para el GAL-Campoder se ha estudiado el caso de una de las calderas de la Piscina climatizada de Fuente Álamo. Actualmente, existe una instalación de dos calderas Roca CPA-400 de 465 kW. Para esta potencia sería imposible la instalación de paneles solares dado que la cubierta de la instalación no lo permite y el uso de electricidad de la red eléctrica ha sido también descartado por la inviabilidad económica de la instalación y su mantenimiento. El coste energético de de los combustibles analizados viene recogido en la Tabla 8.3, así como el ahorro económico respecto al uso de gasóleo.

Tabla 8.3. Coste del consumo energético para una caldera de 465 kW.

Combustible	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa
Tipo de Caldera	Convencional	Convencional	Pellets
Coste (€/kWh)	0.11	0.057	0.054
Rendimiento de la caldera	0.8	0.8	0.9
Cargas térmicas a satisfacer (kW)	465	465	465
Funcionamiento de la caldera (h/año)	1.152	1.152	1152
Consumo del local anual (kwh/año)	535.680	535.680	535.680
Consumo de combustible (l)	67.736		186.233
Consumo de combustible (kg)	57.575		126.638
Término fijo (€/año)	-	69	
Coste variable (€/año)	75.119	38.368	32.242
Coste total	75.119	38.437	32.242
Ahorro respecto gasóleo (€/año)		36.682	42.877
Ahorro respecto gasóleo (%)		48,83	57,08

Para el GAL-Vega del Segura se ha estudiado el caso de la caldera de la Piscina Climatizada de Abarán. Actualmente, existe una instalación de una caldera Roca TECNO 38-L de 450 kW. Para esta potencia sería imposible la instalación de paneles solares dado que la cubierta de la instalación no lo permite, y el uso de electricidad de la red eléctrica ha sido también descartado por la inviabilidad económica de la instalación y su mantenimiento. El coste energético de los combustibles analizados viene recogido en la Tabla 8.4, así como el ahorro económico respecto al uso de gasóleo.

Tabla 8.4. Coste del consumo energético para una caldera de 450 kW.

Combustible	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa
Tipo de Caldera	Convencional	Convencional	Pellets
Coste (€/kWh)	0,11	0,057	0,054
Rendimiento de la caldera	0,8	0,8	0,9
Cargas térmicas a satisfacer (kW)	450	450	450
Funcionamiento de la caldera (h/año)	1.152	1.152	1.152
Consumo del local anual (kwh/año)	518.400	518.400	518.400
Consumo de combustible (l)	65.551		180.225
Consumo de combustible (kg)	55.718		122.553
Término fijo (€/año)		69	
Coste variable (€/año)	72.696	37.130	31.202
Coste total	72.696	37.199	31.202
Ahorro respecto gasóleo (€/año)		35.496	41.494
Ahorro respecto gasóleo (%)		48,83	57,08

Para el GAL-Integral se ha estudiado el caso de la caldera del Aula CEAMA de Bullas. Actualmente, existe una instalación de aproximadamente unos 40 kW. Para esta potencia sería posible la instalación de paneles solares en cubierta y el uso de electricidad de la red eléctrica ha sido también considerado dado que la potencia a contratar es elevada pero asequible (se ha aplicado la Tarifa 3.0 A en horas valle a precio habitual de mercado). El coste energético de los combustibles analizados para una caldera de 40 kW viene recogido en la Tabla 8.5, así como el ahorro económico respecto al uso de gasóleo.

Tabla 8.5. Coste del consumo energético para una caldera de 40 kW.

Combustible Tipo de Caldera	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa	Electricidad	
	Convencional	Convencional	Pellets	Eléctrica	Solar Fotovoltaica
Coste (€/kWh)	0,11	0,0573	0,054	0,10	0,07
Rendimiento de la caldera	0,8	0,8	0,9		
Cargas térmicas a satisfacer (kW)	40	40	40	40	40
Funcionamiento de la caldera (h/año)	1.152	1.152	1.152	1.152	1.152
Consumo del local anual (kwh/año)	460.80	46.080	46.080	46.080	46.080
Consumo de combustible (l)	5.827		16.020		
Consumo de combustible (kg)	4953		10.894		
Término fijo (€/año)	-	69		977	
Coste variable (€/año)	6.462	3.300	2.774	4.608	3.226
Coste total	6.462	3.369	2.774	5.871	3.226
Ahorro respecto gasóleo (€/año)		3.093	3.688	591	3.236
Ahorro respecto gasóleo (%)		47,86	57,08	9,14	50,08

9. REPERCUSIONES EN LAS ECONOMÍAS LOCALES: CREACIÓN DE RIQUEZA Y DE PUESTOS DE TRABAJO

Tras analizar las opciones de adquisición y transformación de biomasa residual en los territorios GAL estudiados, se han estimado las repercusiones que esta actividad tendrá sobre las economías locales en función de la actividad desarrollada. Se ha distinguido entre la actividad asociada a la extracción de biomasa por sector y la actividad de transformación de esta biomasa en combustible y se han realizado estimaciones para los tres principales cultivos y especies ganaderas de cada GAL.

Respecto a la actividad de extracción, el estudio de los costes asociado con la recogida y transporte de biomasa (apartado 6) ha permitido identificar las horas de trabajo asociadas a cada actividad. En base a este estudio, el número de puestos de trabajo y costes de producción asociados ha sido estimado según el origen de la materia prima (considerando las tres principales especies agrícolas y ganaderas por GAL,) tal y como recoge la Tabla 9.1.

Tabla 9.1 Puestos de trabajo creados y costes de explotación asociados a la recogida y transporte de la biomasa.

Sector	Agrícola		Ganadero		Forestal	
Agrícola	Puestos de trabajo (nº)	Costes (M€)	Puestos de trabajo (nº)	Costes (M€)	Puestos de trabajo (nº)	Costes (M€)
Nordeste	69	6,96	36	5,08	25	0,38
Campoder	21	2,12	123	16,01	16	0,24
Vega del Segura	12	1,08	2	0,29	5	0,07
Integral	59	6,00	286	38,98	94	1,42
Total	160	16,16	447	60,37	140	2,12

Respecto a la actividad de transformación de la biomasa en pellets y atendiendo al análisis de costes de transformación realizado (apartado 7), los puestos de trabajo creados por GAL y los costes de producción asociados a la actividad, han sido estimados considerando que el 50% de la biomasa residual agrícola y forestal es transformada en pellets. Bajo estas consideraciones, el número de puestos de trabajo y los costes de producción asociados a esta actividad, sin considerar el coste de la compra de materia prima, viene recogido en la Tabla 9.2. Cabe destacar que este escenario optimista estaría influenciado por las economías de escala que se podrían generar, especialmente en el GAL-Nordeste e Integral para la transformación de biomasa procedente de la agricultura o forestal respectivamente, al igual que por los efectos de deslocalización que podrían generarse en el Gal-Campoder y Vega del Segura.

Tabla 9.2. Puestos de trabajo creados y costes de explotación asociados a la transformación de la biomasa.

	Agrícola		Forestal	
GAL	Puestos de trabajo (nº)	Costes de producción (M€)	Puestos de trabajo (nº)	Costes de producción (M€)
Nordeste	140	9,11	27	1,74
Campoder	27	1,75	18	1,18
Vega del Segura	16	1,03	6	0,40
Integral	218	14,18	105	6,82
Total	401	26,06	156	10,15

En resumen, el aprovechamiento potencial de la biomasa residual agrícola y forestal en los GAL analizados y para las principales especies agrícolas, generará una actividad conjunta de recogida, transporte y transformación que generaría más de ochocientos puestos de trabajo y unos costes de producción en torno a los 54 M€.

10. REPERCUSIONES MEDIOAMBIENTALES

La producción de biomasa, como todas las actividades industriales, genera externalidades ambientales que deben ser cuantificadas e internalizadas para alcanzar un uso sostenible de los recursos naturales. Por ello, en este apartado se ha identificado que las externalidades positivas asociadas a la actividad de producción de biomasa más relevantes son:

- Ahorro de emisiones de CO₂
- Mitigación del cambio climático
- Reducción del riesgo de incendios

El consumo de energía para la producción y uso final del combustible conlleva la emisión a la atmósfera de una cierta cantidad de dióxido de carbono (CO₂) y otros tipos de gases de efecto invernadero que se expresan en forma agregada con el parámetro CO₂ equivalente. Para su estimación se ha utilizado la base de datos GEMIS (AVEBIOM, 2008). Para un sistema de calefacción de 10kW, los kg de CO₂ y CO₂ equivalentes vienen recogidos en la Tabla 10.1 (AVEBIOM, 2008).

Tabla 10.1. Emisiones de CO₂ según el tipo de combustible.

Combustible	CO ₂ (Kg/Mwh)	CO ₂ eq (Kg/Mwh)
pellet	26,7	29,38
Gasoil	315,82	318,91
Gas Natural	233,96	257,72

Se ha estimado la cantidad de CO₂ y CO₂ equivalente que se podría evitar, convirtiendo una caldera de Gasoil o de Gas natural en una que utilice biocombustibles (pellets) para las instalaciones de referencia de cada uno de los GAL, al igual que se realizó para las repercusiones económicas. Además, también se ha estimado el valor del CO₂ evitado, considerando que la cotización media del CO₂, en 2014, es de 6,30 €/t (SENDECO2, 2014). Estos valores vienen recogidos en la Tabla 10.2.

En referencia al mantenimiento de las áreas forestales y su repercusión, la actividad de extracción de biomasa reduce el riesgo de incendios y favorece el crecimiento y la calidad de la madera, a la vez de reducir el riesgo de plagas y enfermedades. Así esta actividad supondría un ahorro para la administración, dado que evitaría realizar labores de silvicultura necesarias para el mantenimiento de los bosques. Además, el interés económico de la biomasa incentiva el incremento de la superficie forestal.

Además, el uso de la biomasa proporciona unos beneficios socio-económicos derivados de la generación de empleo local, el fortalecimiento socioeconómico de las áreas rurales y el desarrollo de un medio ambiente saludable.

Tabla 10.2. Emisiones de CO₂ emitidas, CO₂ evitado por la utilización de pellets y valor de CO₂ evitado en diferentes instalaciones de los GAL.

GAL	Ubicación	Rto Term. (MWh/año)	Emisiones anuales de CO ₂		Emisiones de CO ₂ evitadas usando pellets		Valor del ahorro de CO ₂ €
			(t CO ₂)	(t CO ₂ eq)	(t CO ₂)	(t CO ₂ eq)	
NORDESTE	Polideportivo J.O. Chumilla						
Gasoil		195,84	61,85	62,46	56,62	56,70	325,01
Gas Natural			45,82	50,47	40,59	44,72	232,99
CAMPODER	Piscina climatizada de Fuente Álamo						
Gasoil		1.071,36	338,36	341,67	309,75	310,19	1.777,97
Gas Natural			250,66	276,11	222,05	244,63	1.274,57
VEGA DEL SEGURA	Piscina climatizada de Abarán						
Gasoil		518,4	163,72	165,32	149,88	150,09	860,31
Gas Natural			121,28	133,60	107,44	118,37	616,73
INTEGRAL	Aula CEAMA de Bullas						
Gasoil		46,08	14,55	14,70	13,32	13,34	76,47
Gas Natural			10,78	11,88	9,55	10,52	54,82

11. HERRAMIENTA DE TOMA DE DECISIÓN

11.1. Antecedentes

Tal y como se planteó en la propuesta inicial, se pretendía definir una herramienta de asistencia en la ayuda a la toma de decisión en cuanto a la gestión de la biomasa, para su aprovechamiento energético, la cual pudiera servir para futuras decisiones a tomar en este ámbito por las administraciones locales y regionales.

Del estudio pormenorizado de los datos desarrollados en este estudio, se ha podido constatar que son muchos los factores intervinientes y que son cambiantes para cada una de las zonas GAL de estudio. En la propuesta inicial se planteó la definición de un sistema de ayuda a la toma de decisión basado en la futura gestión de la biomasa a efectuar desde el punto de vista de las materias primas originarias, es decir, eligiendo la fuente de materia prima. Pero tras este estudio, hemos podido ver,

que las materias primas son diferentes para las distintas zonas, por lo que se debe de elegir la mejor gestión a efectuar para las materias primas predominantes, y mezclas de estas, y como hemos podido ver, no existe una clara decisión por una gestión u otra, si nos centramos en varios criterios de selección, ya que son numerosos los atenuantes que condicionan esta.

De igual manera, pensamos que se debe de contemplar la mezcla de materias primas ya que la utilización de purines de cerdo en procesos de biodigestión, puede contribuir con la disminución de los impactos medio ambientales que genera este tipo de subproducto, producido en elevadas cantidades en nuestra región, hecho que incluye una variable más en el problema, como es la de contemplar estas deyecciones y constituir mezclas eficientes.

La gestión de residuos en general aborda problemas de naturaleza diversa pero tienen un denominador común, la necesidad de elegir entre diferentes alternativas que han de evaluarse en base a varios criterios. En el desarrollo de estos problemas, se nos plantean multitud de situaciones en las que se hace patente la necesidad de elegir entre una serie de alternativas, que han de evaluarse en base a más de un criterio, en algunos casos contradictorios, de forma que se satisfagan las preferencias o metas fijadas. Para ello los métodos de decisión o elección multicriterio (MDM), constituyen una potente herramienta matemática que nos ayuda a resolver este tipo de dilemas.

Otro factor característico en los problemas de gestión de residuos es que muchas veces es necesario tener en cuenta varios agentes, y que presenten diferentes preferencias en cuanto a los pesos de los criterios y las alternativas, planteando por tanto un problema de decisión en grupo. En este sentido el planteamiento de encuestas a los grupos interesados, o a una representación de ellos, es necesaria con el fin de poder elegir la mejor opción de entre las posibles, aunando los intereses de todos.

Es por todo ello, que se ha visto que estábamos ante un problema de estas características, en el que se debía de plantear un modelo de toma de decisión multicriterio, y se ha elegido la metodología TOPSIS para la resolución numérica final.

El método TOPSIS es un método para ordenar preferencias por similitud a una solución ideal. Fue desarrollado por Hwang y Yoon en 1981 y mejorada por los propios autores en 1987 y 1992, también trabajaron con él, entre otros, Zeleny (1982) y Lai et al. (1994). El principio básico es que la alternativa elegida debe tener la menor distancia a la solución ideal positiva y la mayor distancia a la solución ideal negativa. A fin de definir la solución ideal, el método TOPSIS define un índice de similaridad que se construye combinando la proximidad al ideal positivo y la lejanía respecto al ideal negativo.

En este caso ha sido elegido porque nos encontrábamos con información planteada de manera cuantitativa con valores numéricos y de manera cualitativa mediante etiquetas lingüísticas

El procedimiento de TOPSIS puede expresarse en una serie de pasos que se resumen en la siguiente Figura 11.1.

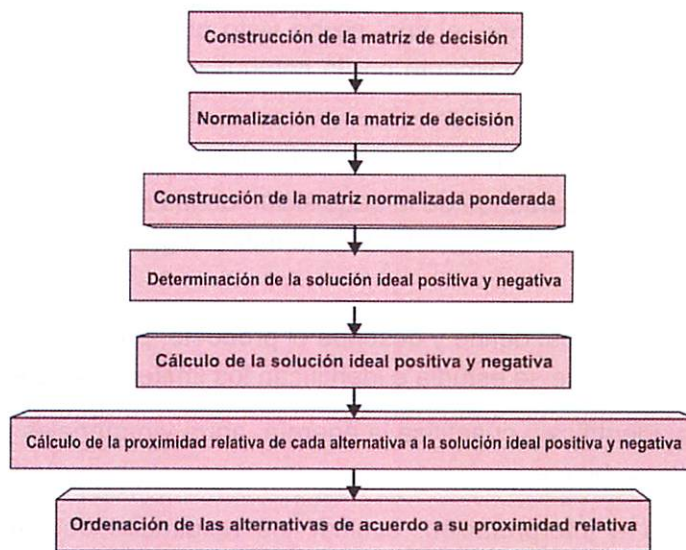


Figura 11.1. Pasos a seguir para el desarrollo del método TOPSIS.

En lo referente al *método de la suma ponderada*, a partir de la información suministrada por las encuestas, los pasos seguidos son:

1. Construcción, para cada experto, de las matrices tanto de ponderación de criterios, w_j , como de ponderación de alternativas, n_{ij} , a partir del juicio de cada experto. En el caso de existir contestaciones no normalizadas, es decir, en unidades no comparables con el resto de valoraciones de criterios, p ej. porcentajes o euros, se ha normalizado la matriz utilizando para cada criterio la fórmula:

$$\bar{n}_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij})^2} \text{ para } i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (1)$$

2. Construcción de la matriz de decisión obteniendo el peso de cada alternativa por agregación multiplicativa:

$$\bar{v}_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j \bar{n}_{ij} \text{ para } i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (2)$$

3. En nuestro caso como se plantea una toma de decisión en grupo, se realiza un nuevo cálculo, en este caso utilizando como ponderación de criterios, la importancia que se le da a cada experto dentro de la toma de decisión final, w_k , y como elementos de la matriz de ponderación de alternativas, los datos obtenidos de cada experto en la matriz de decisión, v_{ij} , obteniendo por agregación multiplicativa el resultado final.

$$\bar{v}_k = \sum_{K=1}^r w_k \bar{v}_{ij} \text{ para } i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; K = 1, \dots, r \quad (3)$$

Llegados a este punto las alternativas pueden ser ordenadas según el valor de V obtenido, siendo la mejor la que alcance un mayor valor, es decir $V = \max(\bar{v}_k)$.

En lo que concierne a la elección de los criterios, uno de los que conlleva más relevancia es el criterio medioambiental, el cual se ha visto que podía recogerse en una metodología aceptada internacionalmente por la comunidad científica como es el análisis de ciclo de vida (ACV).

El ACV es un sistema que analiza “de la cuna a la tumba” (del inglés cradle-to-grave), es decir, hace el análisis partiendo de la adquisición de las materias primas y lo concluye en la gestión de residuos. Es un método sistemático y gradual que tiene tres componentes principales:

- **Ámbito y definición de objetivos:** define y describe el producto, proceso o actividad. Establece el contexto en el que se estudia e identifican los límites del sistema.
- **Análisis de inventario:** identifica y cuantifica la energía, agua y materiales usados y las emisiones al medio ambiente.
- **Evaluación de impacto e interpretación:** evaluar los resultados del análisis de inventario y las posibles consecuencias que van a tener tanto hacia los seres humanos como hacia el medio ambiente.

Existen numerosos métodos para la realización de análisis de ciclo de vida que varían entre países, tendencias, categorías de impacto y valores de caracterización dentro de esas categorías. Para este estudio hemos elegido el método CML 2 Baseline 2000.

El método CML 2 Baseline 2000 orienta el problema desde un punto de vista intermedio. Las categorías de impacto incluidas en este método son las usadas en muchos ACV. Los indicadores baseline (estándar), están basados en el principio de la mejor práctica disponible o ‘aproximación orientada al problema’. Son adecuados para estudios simplificados. El método proporciona una lista de categorías de evaluación de impacto agrupado en categorías de impacto obligatorias algunas de las más importantes serían:

- **Depleción abiótica:** Este indicador categoría de impacto está relacionado con la extracción de minerales y combustibles fósiles, debido a los consumos en el sistema. El factor de agotamiento abiótico (ADF) está determinada por cada extracción de minerales y combustibles fósiles (kg equivalentes de antimonio/kg de extracción), basado en las reservas de concentración y el régimen de des acumulación.
- **Depleción de la capa de ozono:** El modelo de caracterización se desarrolla por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y define el potencial de agotamiento del ozono de diferentes gases (kg equivalentes de CFC-11 / Emisión kg).

- **Toxicidad humana:** Caracterización de factores, expresado como Toxicidad humana Potenciales (HTP), se calculan con los usos-LCA, que describe el destino, la exposición y los efectos de sustancias tóxicas para un horizonte de tiempo infinito. Para cada sustancia tóxica HTP se expresan en equivalentes de 1,4-diclorobenceno / kg de emisiones.
- **Calentamiento global:** El modelo de caracterización, elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), está seleccionado para el desarrollo de factores de caracterización. Los factores se expresan como Potencial de Calentamiento Global para el horizonte temporal de 100 años (GWP100), en kg de dióxido de carbono / kg de emisiones. Siendo un indicador que es equivalente a la Huella de Carbono.

11.2. Definición del modelo

Los pasos seguidos para la definición del modelo han sido:

Paso 1: Identificación del problema. Tal y como se ha expuesto, el problema es establecer la mejor gestión a efectuar para cada zona y materia prima o mezcla de estas. Así se deberían de estudiar las materias primas agrícolas, forestales, ganaderas, industriales y mezclas de esas que optimicen las plantas de gestión.

Paso 2: Identificación de los criterios de evaluación. En este trabajo hemos podido ver un estudio económico pormenorizado de la gestión de esta biomasa. Pero algunos aspectos no han podido ser contemplados, los inherentes a la constitución de la materia prima y a los transportes de la misma, aspectos que redundarán en mayor medida en los rendimientos y en los impactos ambientales. Es por ello que los criterios y subcriterios seleccionados son:

- Criterios de calidad de la materia prima. Subcriterios: humedad, cenizas, volátiles, densidad, distribución del tamaño de partículas, poder calorífico superior e inferior, carbono, hidrógeno, nitrógeno, sulfuros, cloro y otros elementos presentes en la biomasa. Determinación de metales pesados y fusibilidad de cenizas, para garantizar que no se vea reducida la vida útil de su equipo de combustión.
- Criterios de costes. Los especificados en el capítulo de costes para cada tipo de materia prima. Habría que implementar los costes de gestión de las mezclas, costes de implantación y de gestión.
- Criterio de transporte. En este punto hay que utilizar un modelo de distribución de localizaciones óptimas. Uno de los puntos más importantes a la hora de evaluar los impactos ambientales, son los transportes. La distancia entre las plantas de tratamiento y las fuentes de materia prima, así como el número de plantas a localizar es un criterio muy importante a determinar.
- Criterios ambientales. En este punto se ha implementado la herramienta de análisis de ciclo de vida. Para ello hay que contabilizar para cada alternativa las emisiones y vertidos generados por la gestión. Del análisis de ciclo de vida se

pretende obtener el impacto ambiental cuantificado como depleción abiótica, depleción de la capa de ozono, toxicidad y cambio climático (huella de carbono). Lo que es un hecho es que como resultado de la combustión, la biomasa libera CO₂ a la atmosfera. Este CO₂ es el mismo que absorbió la biomasa durante su crecimiento. De esta manera se forja un ciclo natural donde no se aumenta el nivel de contaminación. Además se eliminan residuos, disminuyendo el riesgo de incendio y la acumulación de desechos.

Paso 3: Generación de alternativas. Se ha optado por definir 5 alternativas, atendiendo a los estudios realizados y resaltando que la utilización de purines de cerdo en procesos de biodigestión puede contribuir con la disminución de los impactos medio ambientales que genera este tipo de subproducto, sobre todo por la cantidad tan elevada que se genera en la región.

- A1: Biogás sin mezclas. Aunque esta alternativa se ha planteado como no rentable desde el punto de vista económico, no se ha implementado el factor ambiental, ni el social, puesto que hay plantas construidas y paradas en este momento.
- A2: Biogás con mezcla al 60% residuo de biomasa maderera y 40% de deyecciones ganaderas.
- A3: Biogás con mezcla al 80% residuo de biomasa maderera y 20% de deyecciones ganaderas.
- A4: Astillado. Gestionar la biomasa como astillas.
- A5: Pellets. Procesar la biomasa y producir pellets.

En la Figura 11.2, encontramos el modelo esquematizado del problema abordado.

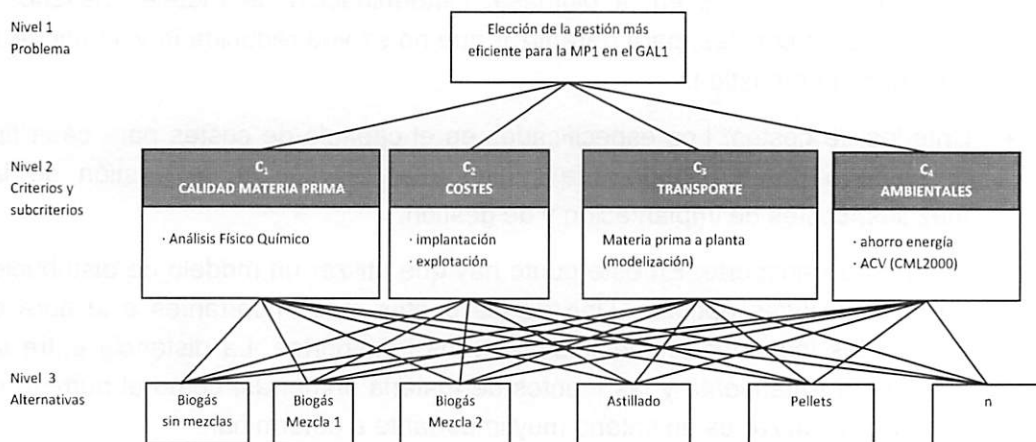


Figura 11.2. Esquema resumen del problema de decisión planteado.

Paso 4: Generación de datos. Llegados a este punto, se hace necesaria la obtención de datos experimentales, para poder evaluar tanto los rendimientos de la materia prima, como los impactos ambientales de las diferentes gestiones propuestas. De igual manera la viabilidad de las calderas de combustión, viene definida por la calidad de la materia prima inicial.

Por todo ello se ve necesario abordar el estudio pormenorizado de las materias primas, con el fin de poder evaluar en detalle el impacto ambiental de las alternativas de gestión, así como los PCI reales y de las mezclas. Se propone por tanto, en el caso de abordar trabajos futuros a este respecto el realizar los análisis físico-químicos de las materias primas y las mezclas propuestas, así como el procesado de las mismas en la planta de biodigestión diseñada en el Proyecto METABIORESOR, para simular la gestión de biogás con y sin mezclas de materias primas.

12. CONCLUSIONES

La estimación del potencial de biomasa residual agraria de los principales cultivos llevada a cabo en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia muestra que en el GAL Integral y Nordeste se obtendrían mayores cantidades de biomasa, siendo de 155.353 y 133.802 t/año, respectivamente. Por lo tanto en estos dos territorios Leader que presentan una mayor producción potencial de biomasa residual el potencial energético estimado es superior, 52.288 tep/año (GAL-Integral) y 43.988 (GAL-Nordeste).

El potencial energético total estimado procedente de la biomasa residual agrícola y ganadera en los cuatro Grupos de Acción Local de la Región de Murcia es de 248,3 ktep, de las que el 45% (111.056 tep) corresponden al sector agrícola, y el resto, es decir el 55% (137.209 tep), al ganadero.

Del potencial energético procedente de la biomasa residual agrícola en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia (obtenido de cerca de 338.000 toneladas), el 30% proviene de los cereales (GAL-Integral y Nordeste), el 28 % procede del viñedo (GAL-Nordeste e Integral), el 19% proviene del almendro y le siguen por orden de importancia el resto de cultivos leñosos (olivar, melocotonero, cítricos y albaricoquero).

Existen numerosas zonas de concentración de interés para un aprovechamiento energético de la biomasa residual agrícola. Concretamente, la mayor densidad energética superficial (≈ 1 tep/ha) se obtendría del viñedo (1,15 tep/ha) en el GAL-Nordeste e Integral, de los restos de trigo (1,07 tep/ha) en los GAL-Nordeste e Integral, de melocotonero (1,05 tep/ha) en los GAL-Campoder y Vega del Segura y finalmente, de albaricoquero (1,05 tep/ha) en el GAL-Vega del Segura.

En el caso del sector ganadero, la mayor contribución energética corresponde al sector porcino, con 127.871 tep/año, lo que representa el 93% del potencial estimado a partir de los residuos ganaderos. Sería en los GAL Integral y Campoder, sobre todo en los municipios de Lorca, Fuente Álamo, Puerto Lumbreras, Totana, Caravaca de la Cruz y Alhama de Murcia donde el potencial energético sería mayor debido a que en estas comarcas el censo de ganado porcino es muy elevado y por lo tanto, el volumen de estiércol que se genera es muy importante.

Si la cantidad de leñas procedentes de coníferas (fundamentalmente *Pinus halepensis*) en los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia se destinara a uso

energético se obtendrían 80 ktep/año, siendo en el GAL-Integral donde se ha calculado el mayor potencial energético procedente de la biomasa forestal (54 ktep/año).

El potencial energético total estimado procedente de la biomasa residual de la industria de los transformados vegetales en la Región de Murcia estaría en torno a 60 ktep/año, destacando los valores para el tomate (28.928 tep/año), melocotón (9.475 tep/año) y alcachofa (7.592 tep/año).

Existen un número importante de empresas localizadas en diferentes puntos de los cuatro territorios Leader de la Región de Murcia relacionadas con la transformación de la biomasa residual, la fabricación de pellets, la industria de astillas y la producción de biogás a través de la depuración biológica.

En la Región de Murcia existe un gran potencial de biogás agroindustrial (a partir de residuos agroindustriales y de industrias alimentarias, ya que la Región de Murcia concentra el 13% del total de empresas de transformados vegetales), y por supuesto ganadero por el elevado censo de ganado porcino.

El análisis de costes de recogida y transporte de la biomasa ha permitido identificar que el coste de las astillas procedentes de cultivos leñosos o biomasa forestal está en torno a los 60 €/ha, mientras que el coste de la biomasa procedente de residuos herbáceos es considerablemente inferior. Respecto a los residuos de origen ganadero se aprecia que el coste de carga y transporte del estiércol producido es ligeramente superior al precio de venta del mismo.

Del análisis financiero de la industria de obtención de pellets se deduce que, dados los costes estimados y los precios de venta del mercado, esta industria es rentable. La comercialización de astillas también aparece como una actividad rentable. Sin embargo, la producción de biogás implica unos costes inasumibles para el inversor.

Para el usuario final, el uso de biomasa como fuente de combustible supone un ahorro en el coste energético. Del análisis comparado se desprende que por término medio, la utilización de pellets de biomasa constituye un ahorro del 57% sobre el uso de gasóleo, en torno al 16 % respecto al uso de gas natural y alrededor del 14% respecto a la energía solar fotovoltaica. El uso de la energía eléctrica supone un coste similar al gasoil pero requiere una inversión que hace inviable esta alternativa. El aprovechamiento potencial de la biomasa residual agrícola y forestal en los GAL analizados y para las principales especies agrícolas, generará una actividad conjunta de recogida, transporte y transformación que generaría más de ochocientos puestos de trabajo y unos costes de producción en torno a los 54 M€.

Además, el uso de biocombustibles generará unos ahorros asociados con la reducción de emisiones de CO₂ a la atmosfera, la mitigación del cambio climático y la reducción del riesgo de incendios.

Del estudio pormenorizado de los datos desarrollados en este estudio, se ha podido constatar que son muchos los factores intervinientes y que son cambiantes para cada una de las zonas GAL de estudio. Una óptima gestión de la biomasa debe de contemplar aspectos económicos, ambientales y sociales. Por todo ello y dada la problemática existente en la región en cuanto a la producción de deyecciones ganaderas, sobre todo de ganado porcino, la integración de este subproducto en mezclas con biomasa maderera, podría ser una excelente opción de gestión a

estudiar, y plantarse como alternativa para alguna de las zonas GAL, propiciándose de igual manera el uso de las plantas de biogás que se encuentran paradas en este momento, por la coyuntura legislativa referente a las primas a la producción de energía.

Por todo ello, para poder abordar este planteamiento integrador de diferentes biomásas, se hace necesario plantear como línea futura de trabajo el estudio en detalle de las materias primas y de las mezclas de las mismas, tanto desde el punto de vista físico-químico, como de los rendimientos obtenidos en producción de biogás. De igual manera la búsqueda de la minimización del impacto ambiental lleva también a aconsejar el estudio de las localizaciones y dimensionado más eficiente de las plantas de tratamiento.

Habría que resaltar que este estudio estima el potencial energético total, es decir, la energía generada por la biomasa susceptible de aprovechamiento energético sin considerar su posibilidad real de explotación o los aprovechamientos que de ella se hagan actualmente. Por lo tanto, sería necesario llevar a cabo un análisis más exhaustivo con los diferentes tipos de biomasa residual contemplados en este proyecto que tengan en cuenta el potencial real, es decir, la energía generada por toda la biomasa que puede utilizarse con las tecnologías existentes, que no posee otro valor que el energético, y cuyo aprovechamiento es técnica, económica y medioambientalmente viable. Finalmente destacar que se trata de un sector complejo y apasionante, que no deja de ser fundamental para el futuro de la industria regional y de su competitividad.

13. BIBLIOGRAFÍA

- AVEBIOM. 2008. Manual de combustibles de madera. Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa. Valladolid – España.
- AVEBIOM. 2014. Índice Precio Medio de Pellets de Madera. Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa. <http://www.avebiom.org/es/indice-precios-pellet> [20/10/2014].
- Ballester, E. 1990. 'Principios de Economía de la Empresa.' (Alianza Universidad-Textos: Madrid).
- BANR (Board on Agriculture and Natural Resources) and BEST (Board of Environmental Studies and Toxicology). 2003. Air Emissions from Animal Feeding Operations: Current Knowledge, Future Needs. The National Academic Press. Washington, D.C. USA. pp: 225.
- BINAS. 2014. Fabricación de pellets de biomasa. Banco de Ideas de Negocio Ambientales Sostenibles. Cabildo de Tenerife, Área de Medio Ambiente.
- Caballero, P., de Miguel, M^a.D., Juliá, J.F. 1992. 'Costes y Precios en Hortofruticultura.' (Mundi Prensa: Madrid).
- Calvo, F. 2007. Atlas Global de la Región de Murcia. La agricultura. Murcia. Ed. La Verdad. 306-315 pp.

- De Klein, C.A.M., Pinares-Patiño, C., and Waghorn, G.C. 2008. Greenhouse gas emissions. *In: McDowell, R. W. (ed). Environmental Impacts of Pasture-Based Farming. Ag Research Invermay Agricultural Centre Mosgiel. New Zealand Cab International. Cambridge, UK. pp: 1-32.*
- Demirel, B., Scherer, P. 2008. The roles of acetotrophic and hydrogenotrophic methanogens during anaerobic conversion of biomass to methane: A review. *Rev Environ Sci Biotechnol. 7,173–190.*
- Dietz, F.J., and Hoogervorst, N.J. P. 1991. Towards a sustainable and efficient use of manure in agriculture: the Dutch case. *Environ. Resour. Econ. 1:313-332.*
- Domínguez, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. 2003. Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España), *GeoFocus (Informes y Comentarios), nº 3, p.1-10.*
- EPA (Environmental Protection Agency). 2000. National Water Quality Inventory 2000 Report (EPA-841-R-02-001). United States Environment Protection Agency, USA. pp: 207.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2005. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2005. United States Environment Protection Agency, USA. pp: 393.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2006. Global Anthropogenic Non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990- 2020. United States Environment Protection Agency, USA. pp: 274.
- Espejo C. 1987. La Cabra murciana. *El campo, 105: 82-83 pp.*
- Espejo C. 1995. La ganadería avícola en la Región de Murcia. *Selecciones avícolas: XXXVII (9): 556-562 pp. (10):654-660 pp.*
- Espejo C. 1996 a. La ganadería en la Región de Murcia. Evolución, distribución espacial y estructura de las explotaciones ovinas, caprinas, vacunas y porcinas. Murcia, Caja Murcia y Ayuntamiento de Fuente Álamo de Murcia. 155 p.
- Espejo C. 1996 b. Recursos alimenticios para el ganado y el pastoreo en la Región de Murcia. *Avances en alimentación y mejora animal, 36 (2): 3-11 pp.*
- Espejo C. 1997. Sistemas de explotación del ganado en la Región de Murcia. *Papeles de geografía, 26: 79-92.*
- Espejo C. 1999. Contribución al estudio de la integración ganadera en la Región de Murcia. En Professor Joan Vilá Valentí. *El seu mestratge en la Geografia. Barcelona. Universitat de Barcelona. 903-911 pp.*
- Espejo C. 2011. Atlas Global de la Región de Murcia. La ganadería. Murcia. Ed. La Verdad. 306-315 pp.
- Fernández, J. 2003. “Energía de la biomasa”. En De Juana, J.M. “Energías renovables para el desarrollo”.
- Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J., Bonmatí, X. 2001. Digestión anaerobia de purines de cerdo y codigestión con residuos de la industria alimentaria. *Porci; Monografías de actualidad, 65, pp 51-65.*
- Gil, E. 1991. Los secanos. In. Atlas de la Región de Murcia. Murcia. Ed. La Opinión de Murcia. S.A. 205-216 pp. Recursos y potencialidades ambientales de la Región de Murcia. *Papeles de geografía, nº. 29.79-94 pp.*

- Gil, E. 1999. Recursos y potencialidades ambientales de la Región de Murcia. Papeles de geografía, nº. 29.79-94 pp.
- Gómez, X., Cuetos, M.J., Cara, J., Moran, A., Garcia, A.I. 2006. Anaerobic co-digestion of primary sludge and the fruit and vegetable fraction of the municipal solid wastes: Conditions for mixing and evaluation of the organic loading rate. *Renewable Energy* 31: 2017–2024.
- IDAE. 2007. Principales experiencias del aprovechamiento de la biomasa sólida realizadas recientemente en España. IDAE. Madrid.
- IDAE. 2011. Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.
- IDEA. 2005. Plan de Energías Renovables, 2005-2010. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- IDEA. 2011. Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2007. Biomasa: Digestores anaerobios.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds). Published: IGES, Japan. Vol 4. (10) pp: 87.
- Junta de Andalucía. 2012. Biomasa forestal en Andalucía. 2. Procesos de extracción y costes. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía
- Lai, Y.J, Liu, T.Y and Hwang, C.L. 1994. "TOPSIS for MODM". *European Journal of Operational Research*, 76 (3), 486-500.
- MAGRAMA. 2014. Cálculo de los costes de utilización de aperos y máquinas agrícolas.
<http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/costes-aperos-maquinas.aspx> [24/10/2014].
- Miller, J.J. 2001. Impact of intensive livestock operations on water quality. *Proc. Western Canadian. Dairy Seminar* 13: 405-416.
- Miner, J.R., Humenik, F.J. and Overchash, M.R. 2000. *Managing Livestock Wastes to Preserve Environmental Quality*. Environmental Quality. Iowa State Univertisy Press. Ames, IA, USA. pp: 318.
- MMAMRM. 2010. Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid.
- MMAMRM. 2010. Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid.
- Nelson, C.J. 1999. Managing nutrients across regions of the United States. *J. Anim. Sci.* 77: 90-100.

- Nicholson, S.S. 2007. Nitrate and nitrite accumulating plants. *In*: Gupta, R. C. (ed). *Veterinary Toxicology, Basic and Clinical Principles*. Elsevier Ltd, Netherlands. pp: 876-879.
- Pérez, C., López, F., Ruiz, A. y Cuadros F. 2011. Cuantificación de la biomasa forestal mediante Sig y aplicación para usos energéticos. Resultados para Badajoz. XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en Huesca.
- PETROMERCADO. 2014. Precio actualizado de combustibles. <http://petromercado.com/precio-actualizado-combustibles/precio-gasoil-de-calefaccion.html> [20/10/2014]
- Powers, W. 2009. Environmental challenges ahead for the U.S. dairy industry. *In*: Proc. 46th Florida Dairy Production Conference, Gainesville, FL, USA. pp: 13-24.
- Reddy, K.R., Kadlec, R.H., Flaig, E., and Gale, P.M. 1999. Phosphorus retention in streams and wetlands: a review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 29: 83-146.
- Riera, P., García, D., Kriström, B. and Brännlund, R. 2008. *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales*. Paraninfo, Madrid.
- Romero, C. 2002. 'Evaluación Financiera de Inversiones Agrarias.' (Ediciones Mundi-Prensa: Madrid).
- SENDECO2. 2014. Sistema Electrónico de negociación de derechos de emisión de dióxido de carbono. http://www.sendeco2.com/es/precio_co2.asp?ssidi=1 [24/10/2014]
- Stevens, R.J., and Laughlin, R.J. 1998. Measurement of nitrous oxide and di-nitrogen emission from agricultural soils. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 52: 131-139.
- Tolosana, E., Laina, R., Martínez Ferrari, R. y Ambrosio, Y. 2009. *Manual de buenas prácticas para el aprovechamiento integral de biomasa en resalvos de montes bajos de frondosas*. CESEFOR. España.
- Zeleny, M. 1982. "Multiple Criteria Decision Making". McGraw-Hill, New York.

Grupos participantes:

Asociación para el Desarrollo Comarcal del Nordeste de la Región de Murcia

Asociación para el Desarrollo Rural CAMPODER

Asociación para el Desarrollo Rural Integrado de los Municipios de la Vega del Segura

Asociación Integral, Sociedad para el Desarrollo Rural

