



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

**Estudio del recurso de biomasa en la
Región de Murcia como fuente de
obtención frío/calor. Impacto social y
económico.**

TRABAJO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Autor: David Martínez Paredes

Directores: Ángel Molina García

María Socorro García Cascales



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena, Mayo de 2016

ÍNDICE

1.	ANÁLISIS DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN LA REGIÓN DE MURCIA.	5
1.1.	INTRODUCCIÓN.	7
1.2.	CONCEPTOS PREVIOS SOBRE LA BIOMASA.	10
1.3.	ANÁLISIS DE LAS FUENTES POTENCIALES DE OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.	13
1.3.1.	BIOMASA RESIDUAL AGRICOLA.	14
1.3.2.	BIOMASA RESIDUAL FORESTAL.	30
1.3.3.	BIOMASA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE LOS TRANSFORMADOS VEGETALES.	40
1.3.4.	BIOMASA RESIDUAL GANADERA	43
1.4.	COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LA BIOMASA.	46
1.4.1.	COSTES DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE RESIDUOS AGRARIOS.	48
1.4.2.	COSTES DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE RESIDUOS GANADEROS.	49
1.4.3.	COSTES DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORESTAL.	50
2.	ESTIMACIÓN DE NECESIDADES FRÍO/CALOR EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE LA REGIÓN. -	53
2.1.	DISTRIBUCIÓN DEL SUELO INDUSTRIAL	55
2.1.1.	ZONA I: LA HUERTA DE MURCIA – VEGA MEDIA DEL SEGURA	55
2.1.1.1.	CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA I EN EL CONJUNTO DE LA REGIÓN	55
2.1.1.2.	SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA I	56
2.1.2.	ZONA II: CAMPO DE CARTAGENA – MAR MENOR	58
2.1.2.1.	CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA II EN EL CONJUNTO DE LA REGIÓN	58
2.1.2.2.	SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA II	59
2.1.3.	ZONA III: VALLE DEL GUADALENTÍN	60
2.1.3.1.	CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA III EN EL CONJUNTO DE LA REGION	60
2.1.3.2.	SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA III	60
2.1.4.	ZONA IV: VEGA ALTA DEL SEGURA - VALLE DE RICOTE	61
2.1.4.1.	CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA IV	61

2.1.4.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA IV-----	61
2.1.5. ZONA V: EJE DEL NOROESTE - MULA-----	62
2.1.5.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA V -----	62
2.1.5.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA V-----	63
2.1.6. ZONA VI: EJE DEL ALTIPLANO -----	63
2.1.6.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA VI -----	63
2.1.6.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA VI-----	64
2.1.7. ZONA VII: ENCLAVES DE LA COMARCA ORIENTAL -----	64
2.1.7.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA VII-----	64
2.1.7.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA VII-----	64
2.1.8. ZONA VIII: ENCLAVES DEL LITORAL-----	65
2.1.8.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA VIII-----	65
2.1.8.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA VIII-----	65
2.2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA INDUSTRIAL.-----	66
3. VIABILIDAD ECONÓMICA E IMPACTO AMBIENTAL -----	72
3.1. ESTIMACIÓN DE COSTES ANUALES. -----	74
3.1.1. COSTES DE BIOMASA AGRÍCOLA.-----	74
3.1.2. COSTE DE BIOMASA FORESTAL.-----	75
3.1.3. COSTE DE BIOMASA GANADERA.-----	75
3.1.4. COSTE TOTAL ANUAL. -----	76
3.2. AHORRO PARA EL USUARIO FINAL, EL COSTE ENERGÉTICO DE LA BIOMASA EN RELACIÓN CON OTROS COMBUSTIBLES.-----	76
3.3. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL. -----	79
3.4. REFERENCIAS -----	80



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

1. ANÁLISIS DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN LA REGIÓN DE MURCIA.

1.1. 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. 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 época 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 la actividad forestal es distinta al uso de los residuos de una industria forestal o 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 el 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 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% 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, resulta más económico que los combustibles tradicionales, 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 (hasta 4200 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 de 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.

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 eso, sino que incluyen los frutos que por su apariencia o calidad no se pueden comercializar, son residuos con un alto contenido en humedad. Los principales problemas que plantea la mala gestión de 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 controlada 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 siviícolas a la producción de biocombustibles que utilizados en calderas proporcionen calefacción y calentamiento de agua en edificios y uso en la industria. 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 siviícolas (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.

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) 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:
 - a. Residuos vegetales de origen agrícola y forestal.
 - b. Residuos vegetales procedentes de la industria de elaboración de alimentos, si se recupera el calor generado.
 - c. 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.
 - d. Residuos de corcho.
 - e. 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 agricultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”.

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 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 estas 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. 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 las 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).

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

En el presente proyecto se tendrán en cuenta las principales y más importantes zonas de generación de materias primas, representados por los Grupos de Acción Local (GAL) más importantes de la Región incluidas en el proyecto Leader:

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.

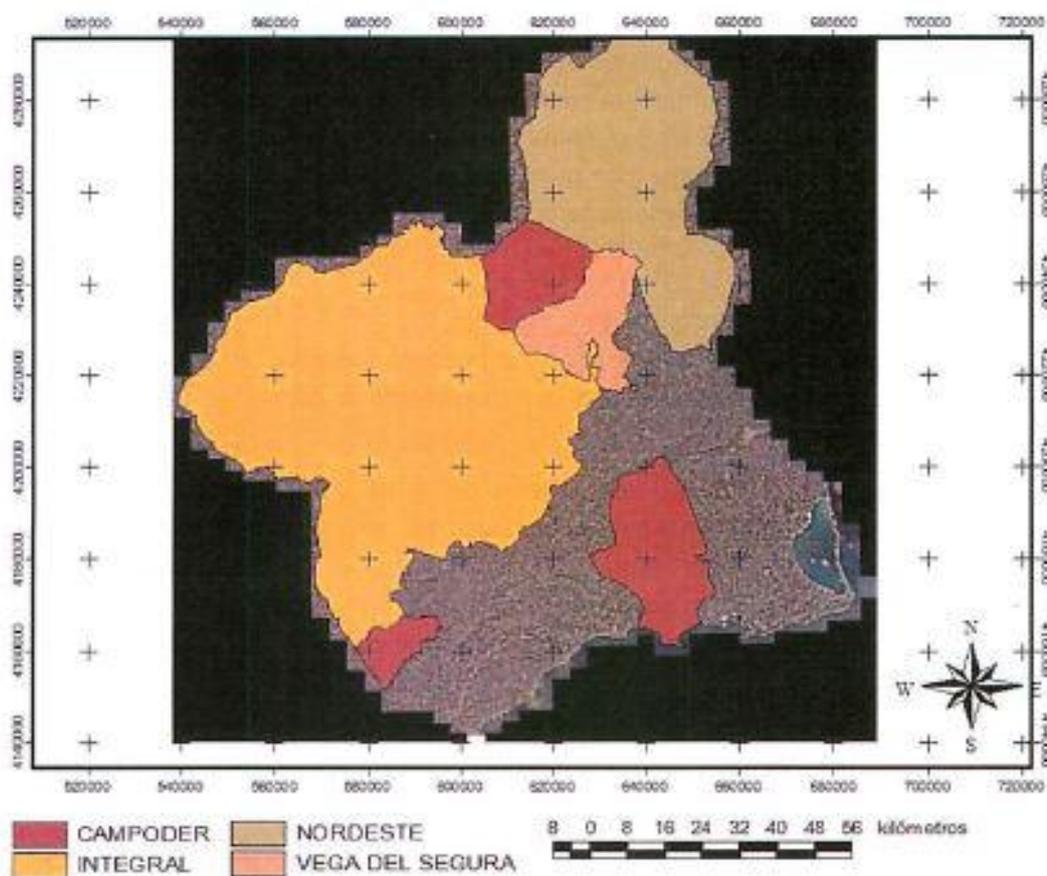


Imagen 1. Distribución de territorios de los GAL. (LUCDEME).

1.3.1. BIOMASA RESIDUAL AGRICOLA.

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 81874 hectáreas, proporcionando a amplios sectores de la Región un paisaje insólito en fuerte contraste con la escasa y rara vegetación de los espacios no cultivados. Es, sin embargo, el complejo de los cultivos hortofrutícolas el que resulta más representativo.

La distribución sobre el territorio regional de grandes masas de cultivo está básicamente en relación con las condiciones ambientales. La altitud determina una barrera para los cultivos de agrios, que no suelen superar los 300m, 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.



Imagen 2. 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 mientras que el almendro y el 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 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.



Imagen 3. Cultivo de cereales 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, 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. 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 con mayor regularidad, con lo que su ámbito preferente son las tierras altas interiores.

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. Respecto a los cultivos leñosos de secano, destaca la producción de almendra, ligada a la agricultura del interior de la Región.

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 por otros sectores más bajos con importante actividad ganadera, como es el caso de los municipios de Alhama, Totana o el Campo de Cartagena, aunque son 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 al trigo y a la avena juntos.

Respecto a olivo, almendro y viñedo, destacar que ocupan conjuntamente algo más de 125000 hectáreas de la Región, prácticamente presentes en todos los territorios murcianos. Por el contrario, en el caso de la vid aparece una clara concentración del cultivo en Jumilla y Yecla, aunque también en bullas y Ricote.



Imagen 4. Cultivo del almendro en Fuente Álamo.

La falta de lluvias del sector meridional de la Región localiza el olivo preferentemente en vaguadas y sectores de pie de monte, 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. También, en las inmediaciones de ramblas y ramblizos se derivaban tradicionalmente sus aportaciones esporádicas mediante sistemas de boqueras. El viñedo es otro cultivo con una importancia creciente en la Región, que en la actualidad cuenta con 31000 hectáreas.

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.

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):

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

$$(2) \text{ Biomasa residual } \left[\frac{kg}{año} \right] = S (ha) \times IR \left(\frac{kg}{kg \times año} \right)$$

Donde:

S = superficie asignada a un cultivo determinado.

η = rendimiento en producto del cultivo.

IR = índice de residuo específico de cada cultivo.

En el caso de los cultivos leñosos se han tomado índices de producción de biomasa residual por unidad de superficie.

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 de trigo, cebada y avena. En el caso de los cultivos leñosos se ha considerado un grado de humedad del 20%.

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	22813	79846	3,5	26189
	Almendro	12294	15982	1,3	4798
	Cereales:				
	-Cebada	2312	3956	1,7	1469
	-Avena	4784	8459	1,8	3158
	-Trigo	2196	6366	2,9	2357
	Olivar	7984	13573	1,7	4330
	Cítricos	2810	5620	2	1687
Total		55193	133802		43988
Campoder	Almendro	6363	8272	1,3	2483
	Melocotonero	5707	19975	3,5	5996
	Olivar	1561	2654	1,7	847
Total		13631	30901		9326
Vega del Segura	Cítricos	2161	4322	2	1298
	Albaricoquero	2011	7039	3,5	2113
	Melocotonero	1945	6808	3,5	2044
Total		6117	18169		5455
Integral	Cereales:				
	-Cebada	22758	38943	1,7	14464
	-Avena	10518	18597	1,8	6942
	-Trigo	4182	12123	2,9	4488
	Almendro	34076	44299	1,9	13298
	Olivar	7083	12041	1,7	3841
	Cítricos	6712	13424	2	4030
	Viñedo	4551	15926	3,5	5225
Total		89880	155353		52288

Tabla 1. Potencial de producción de biomasa residual y potencial energético de los principales residuos agrícolas.

**Fuente: Anuario Estadístico de la Región de Murcia, cosecha 2013.*

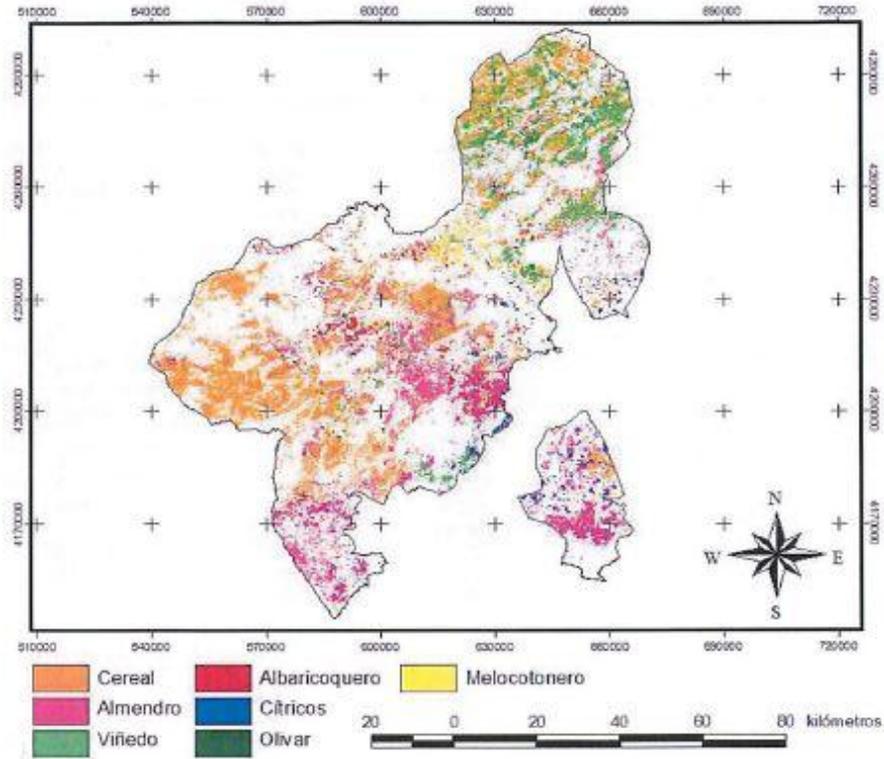


Imagen 5. Localización de los cultivos predominantes en los cuatro territorios GAL.

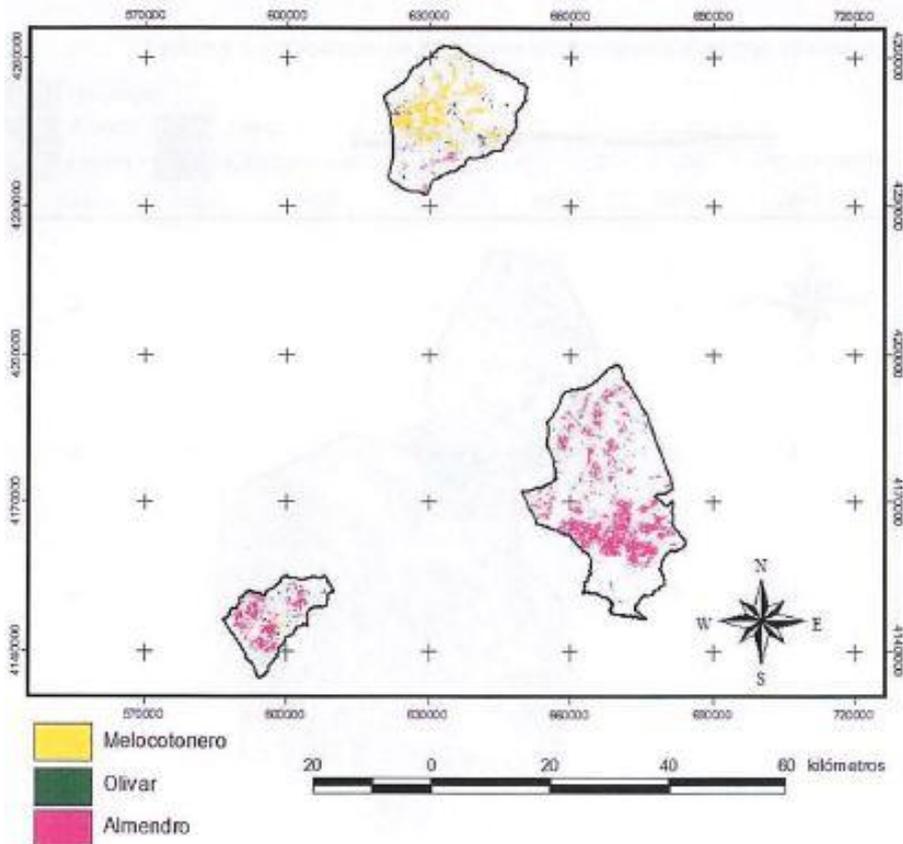


Imagen 6. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder

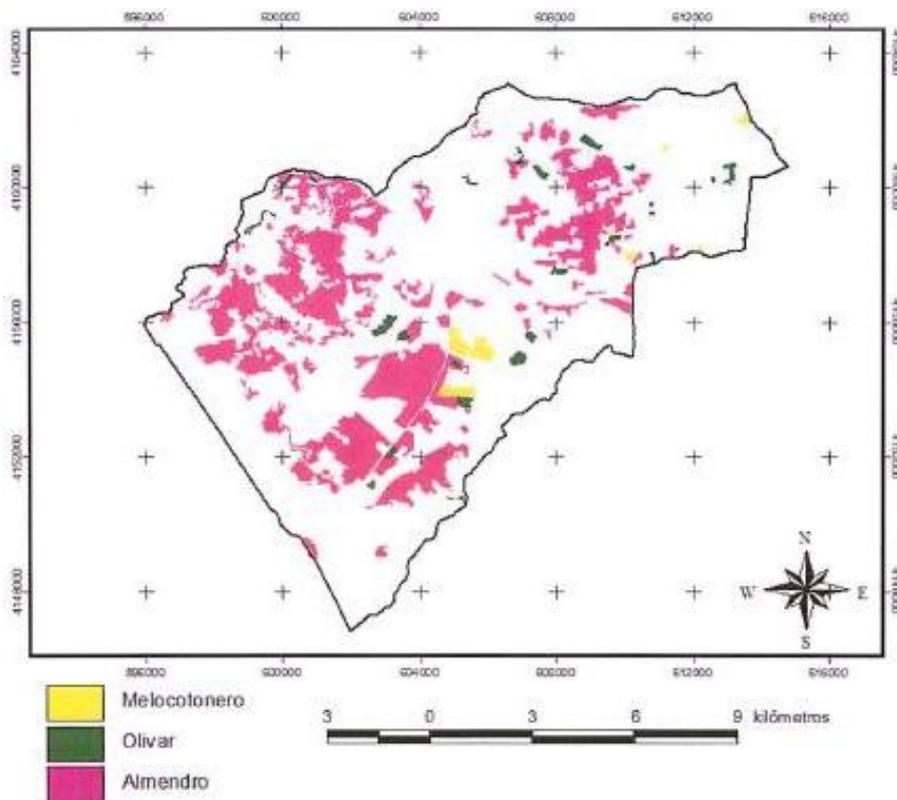


Imagen 7. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder. Detalle 1.

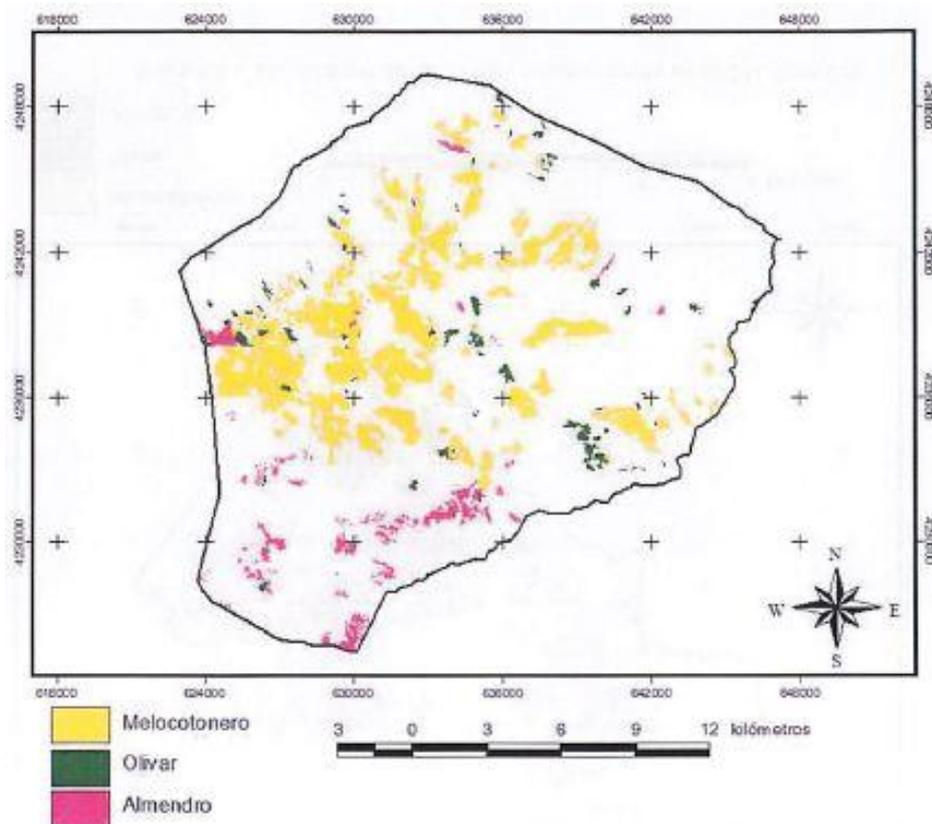


Imagen 8. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder. Detalle 2.

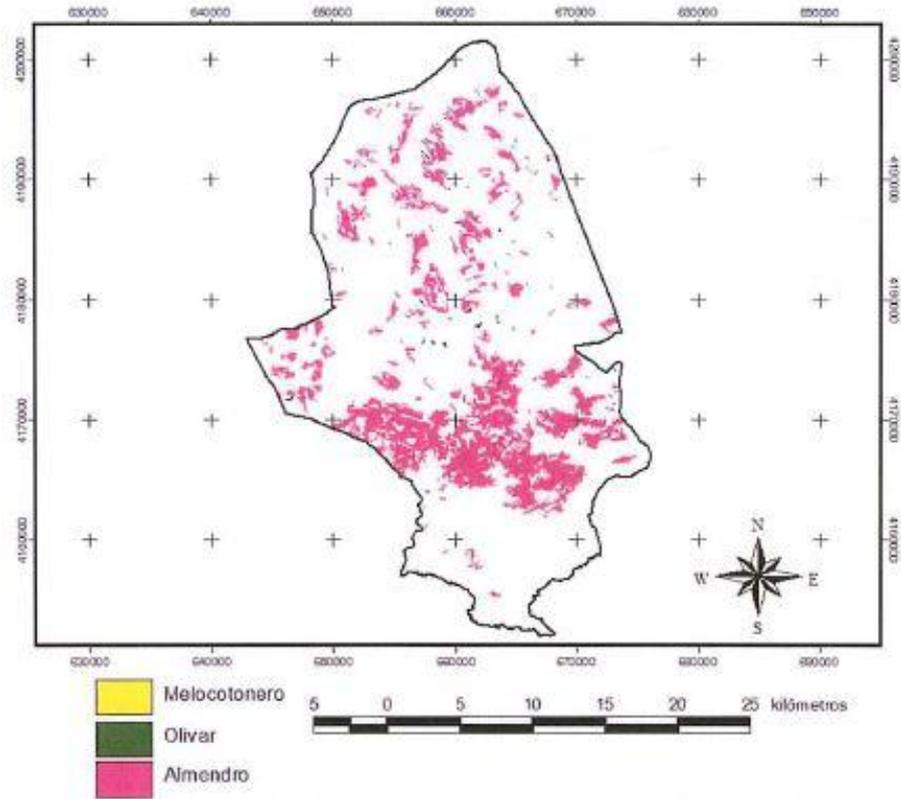


Imagen 9. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder. Detalle 3.

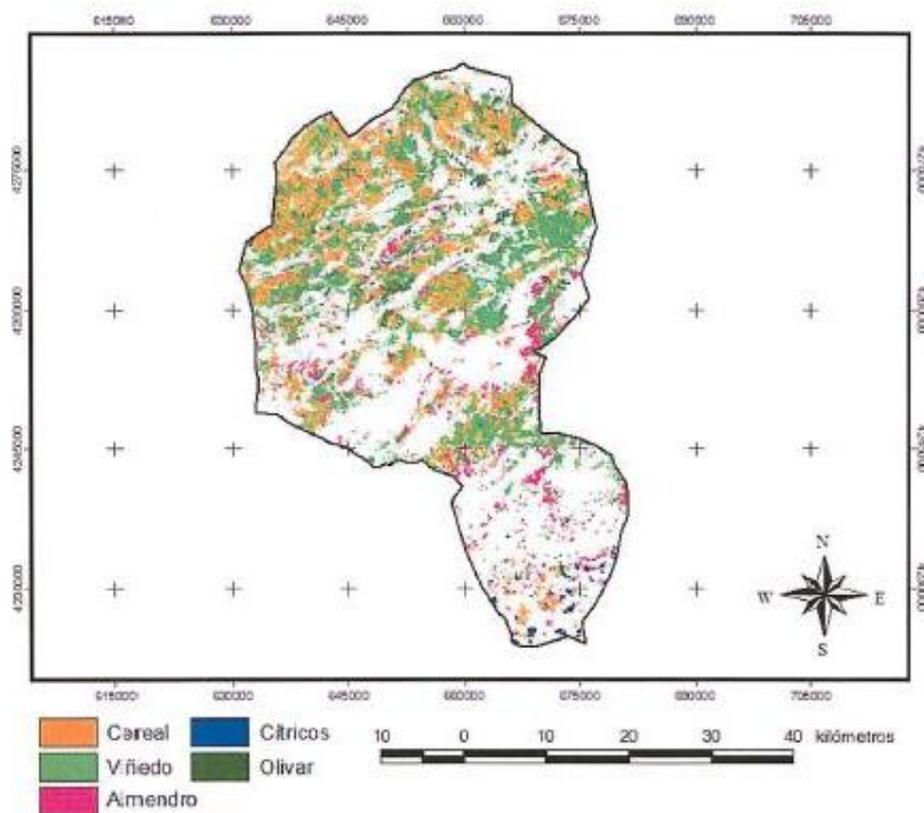


Imagen 10. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Nordeste.

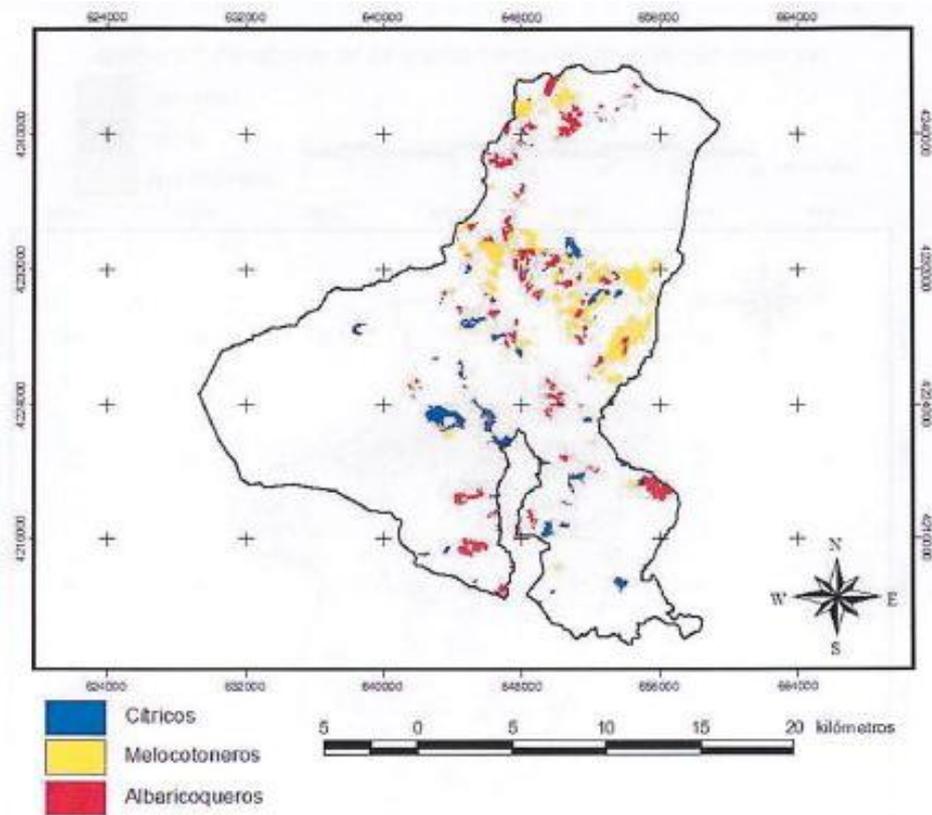


Imagen 11. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Vega del Segura.

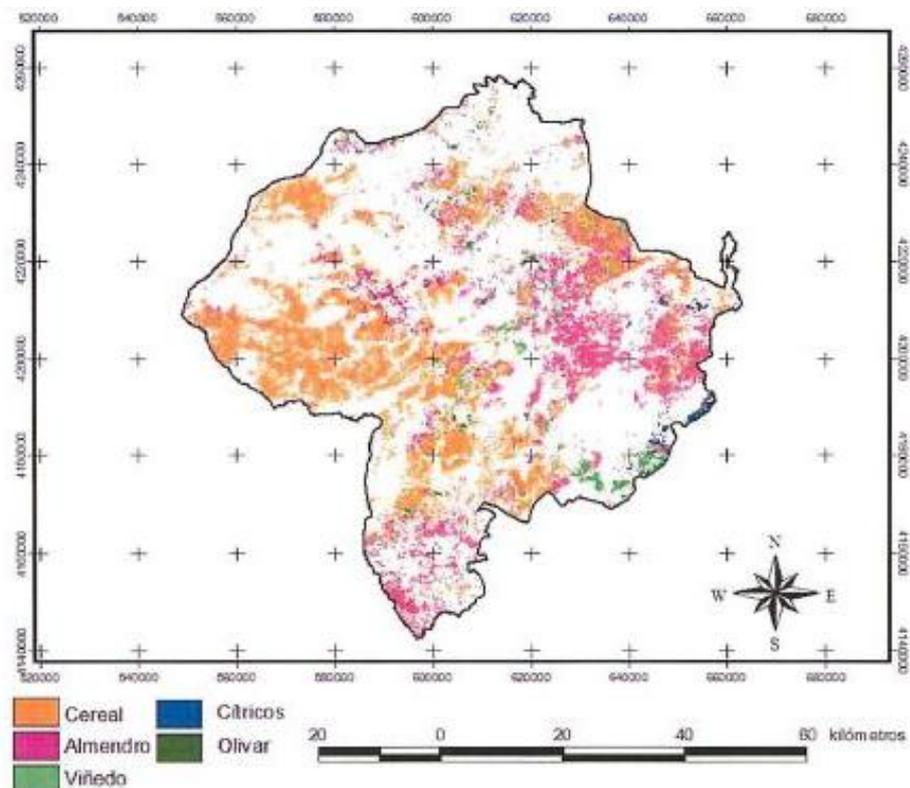


Imagen 12. Localización de los cultivos predominantes en el GAL-Integral.

Cultivo	Cebada	Avena	Trigo
Rendimiento (kg/ha x año)	1,326	1,36	2,416

Tabla 2. Rendimientos en producto del cultivo

*Fuente: Anuario estadístico de la Región de Murcia cosecha 2013.

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

Tabla 3. Índice de residuo utilizado para cereales.

*Fuente: Domínguez (2003).

Cultivo	Olivar	Viñedo	Cítricos	Almendra
Índice de residuo (kg de residuo/kg producto)	1,7	3,5	2	1,3

Tabla 4. Índices de residuo utilizados para los cultivos leñosos.

*Fuente: Fernández (2003).

Los resultados sobre la estimación del potencial de la biomasa residual agraria en los cuatro territorios, muestran que en los Grupos de Acción Local Integral y Nordeste se obtendrían mayores cantidades de biomasa siendo de 155353 y 133802 t/año, respectivamente. Sin embargo, la producción potencial de biomasa procedente de residuos agrarios sería inferior en los territorios de los GAL-Campoder (30900 t/ha) y Gal-Vega del Segura (18168 t/ha).

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

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

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 del PCI considerados.

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

Tabla 5. Poder Calorífico Inferior (PCI) de los residuos de los distintos cultivos.

**Fuente: Fernández (2003).*

En la Tabla 2 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 43988 y 52288 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 GAL, Campoder y Vega del Segura, el potencial energético estimado a partir de los cultivos predominantes sería inferior a 10000 tep/año.

Además se ha calculado la densidad energética superficial (tep/ha y año) que se obtendría en los cuatro territorios dividiendo los valores del potencial energético de un determinado cultivo (tep/año) entre la superficie ocupada por dicho cultivo. A continuación, se muestran los valores obtenidos en 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.

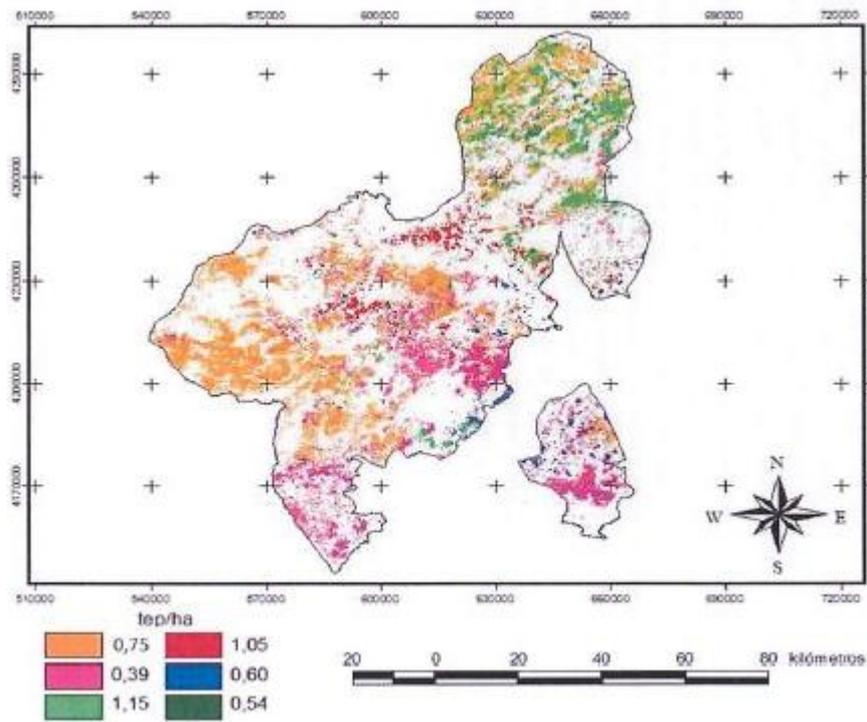


Imagen 13. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en las cuatro zonas.

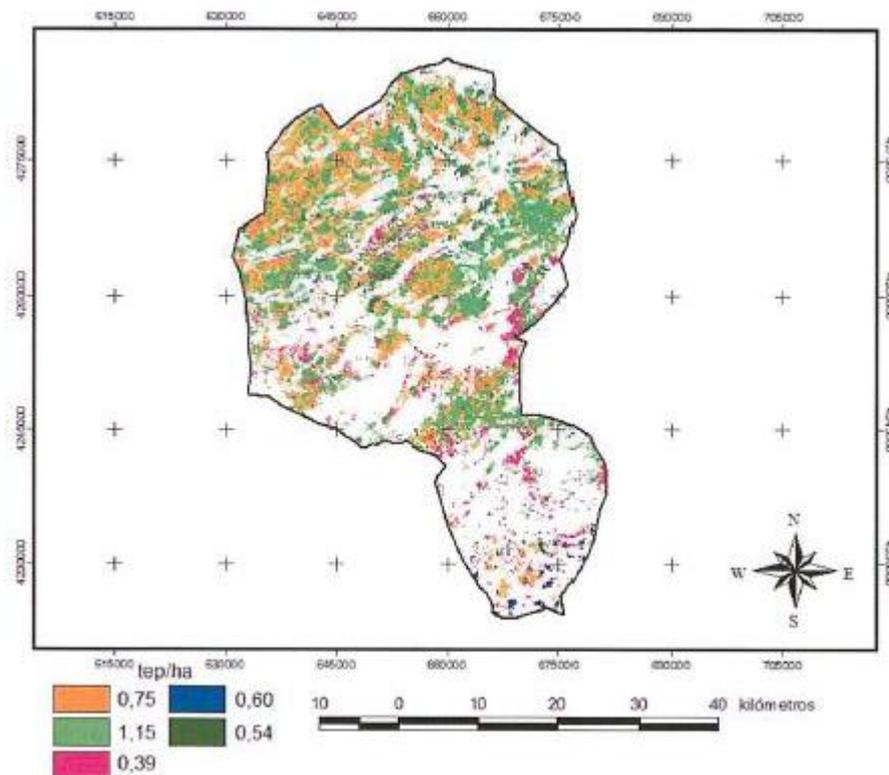


Imagen 14. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Noroeste.

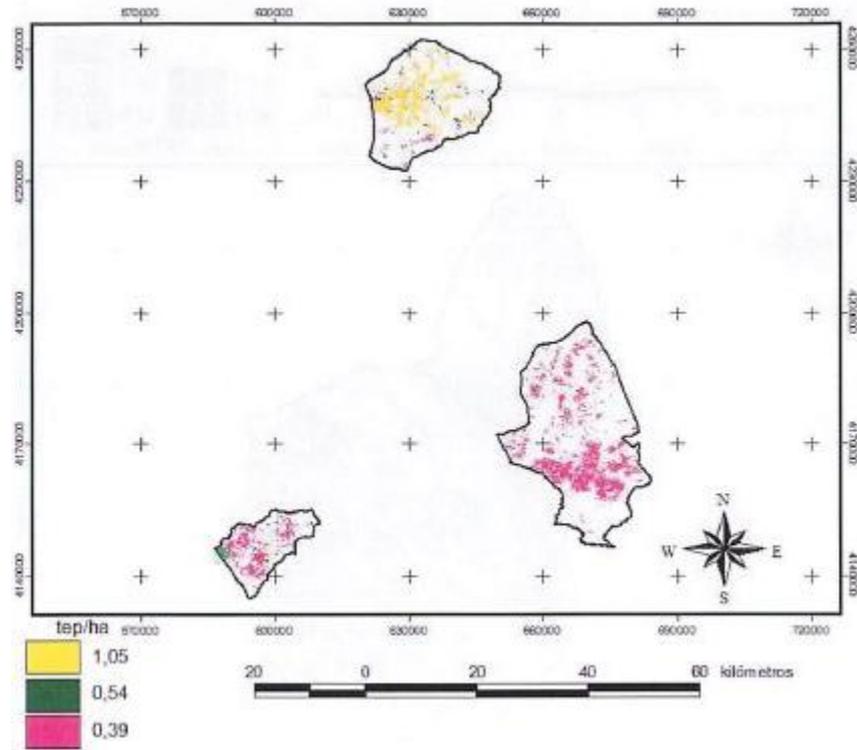


Imagen 15. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder.

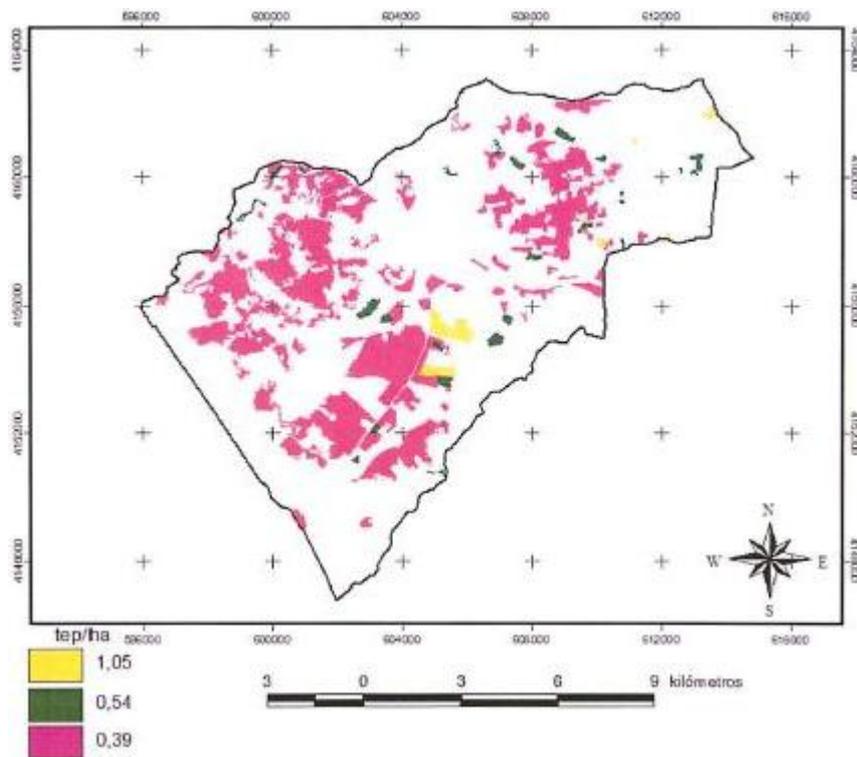


Imagen 16. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder. Detalle 1.

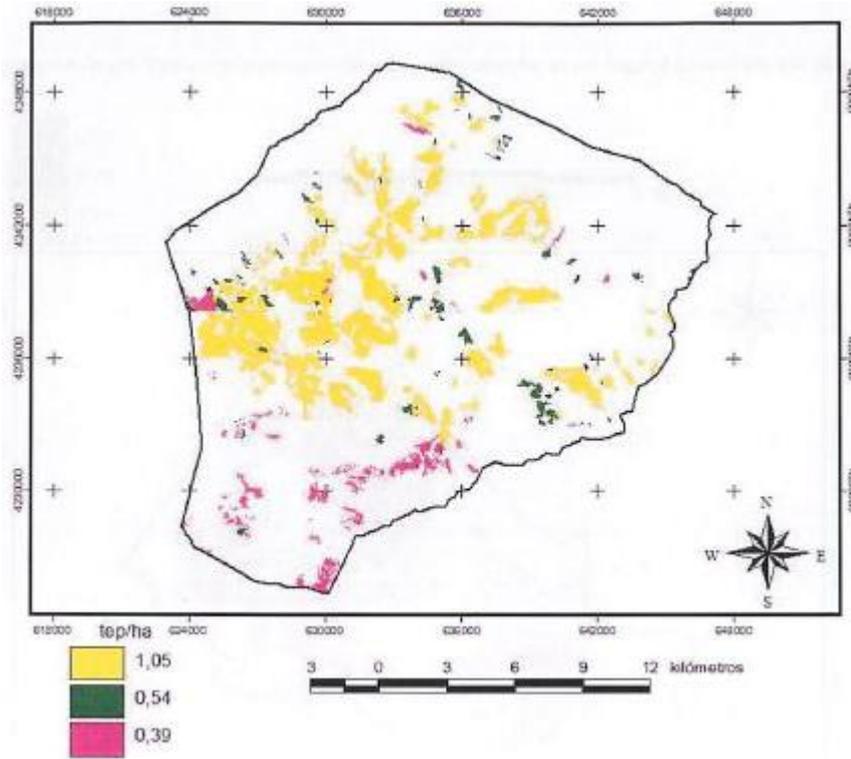


Imagen 17. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder. Detalle 2.

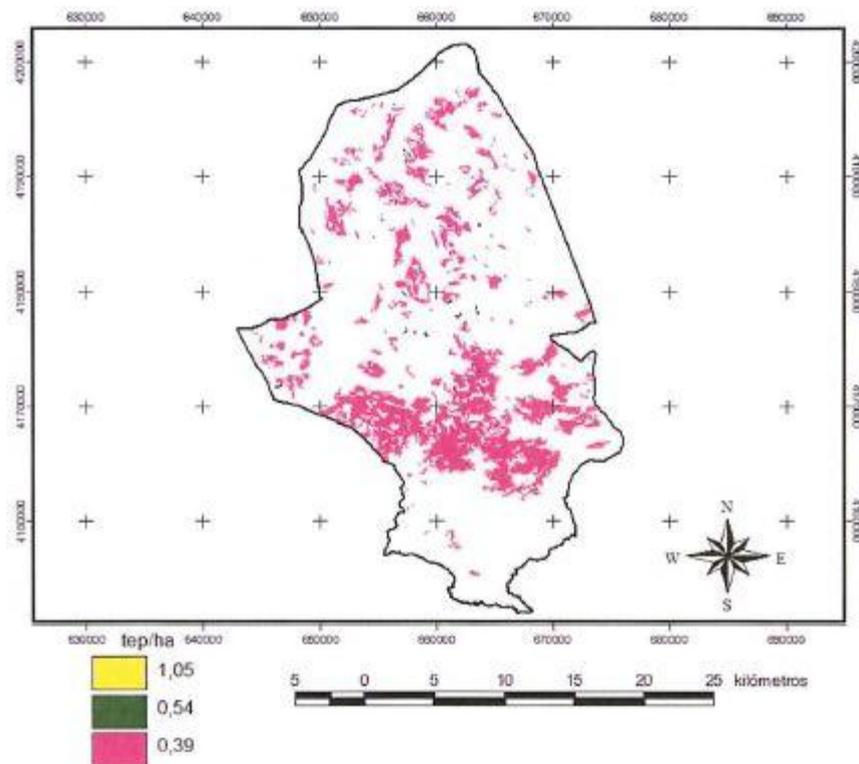


Imagen 18. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Campoder. Detalle 3.

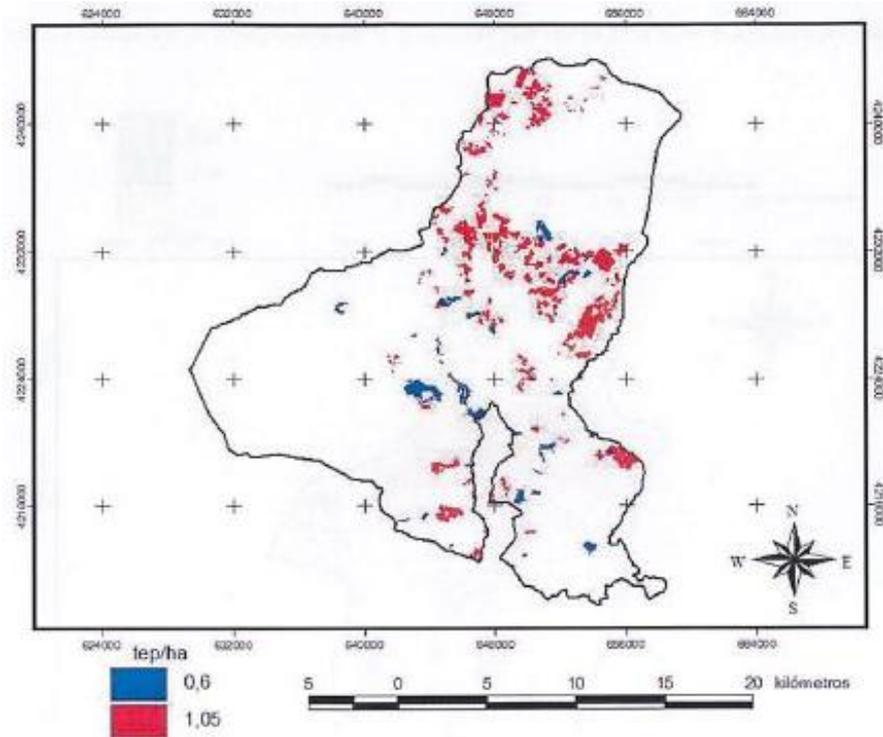


Imagen 19. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Vega del Segura.

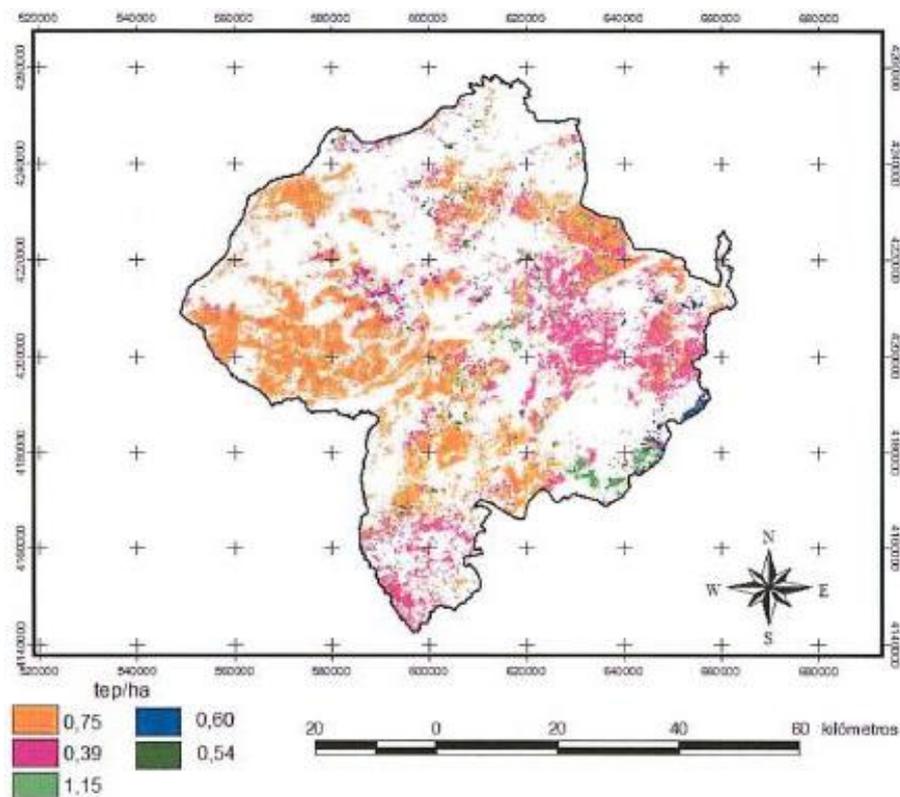


Imagen 20. Densidad energética superficial procedente de la biomasa residual de los cultivos predominantes en el GAL-Integral.

1.3.2. 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 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 especies comerciales (pinos, hayas,...). No es el sistema más barato de extracción de biomasa dado el tamaño de material a manejar.
- 2) Saca de restos y astillado triturado fijo. Fundamentalmente consiste en la separación de los restos durante el aprovechamiento principal, teniendo en 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 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.
- 3) Astillado móvil en monte. El primer requisito es apilar el material residual del aprovechamiento, lo más concentrado posible en el 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.



Imagen 21. 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 los 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 del tocón. Para reducir el tamaño de los tocones se utiliza una pretritadora.

En la Región de Murcia la superficie forestal es de 511364 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 308244 ha corresponderían a superficie arbolada y 203119 ha a desarbolada. Entre las formaciones arbóreas se distinguen:

- Especies frugales, especialmente pinos, tanto naturales como procedentes de la repoblación.
- Encinas y coscojas.

Se han seleccionado las especies teniendo en cuenta la extensión de su distribución regional y la viabilidad tecnológica de su aprovechamiento. Se contemplarán las especies de *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* y *Pinus pinaster*. Según el Tercer Inventario Forestal Nacional la especie predominante dentro de los pinares de la Región de Murcia es el *Pinus halepensis* que ocupa una extensión de 232401 ha, le sigue el *Pinus nigra* que se extiende sobre una superficie de 14095 ha, y a continuación estaría el *Pinus pinaster* ocupando 13047 ha.

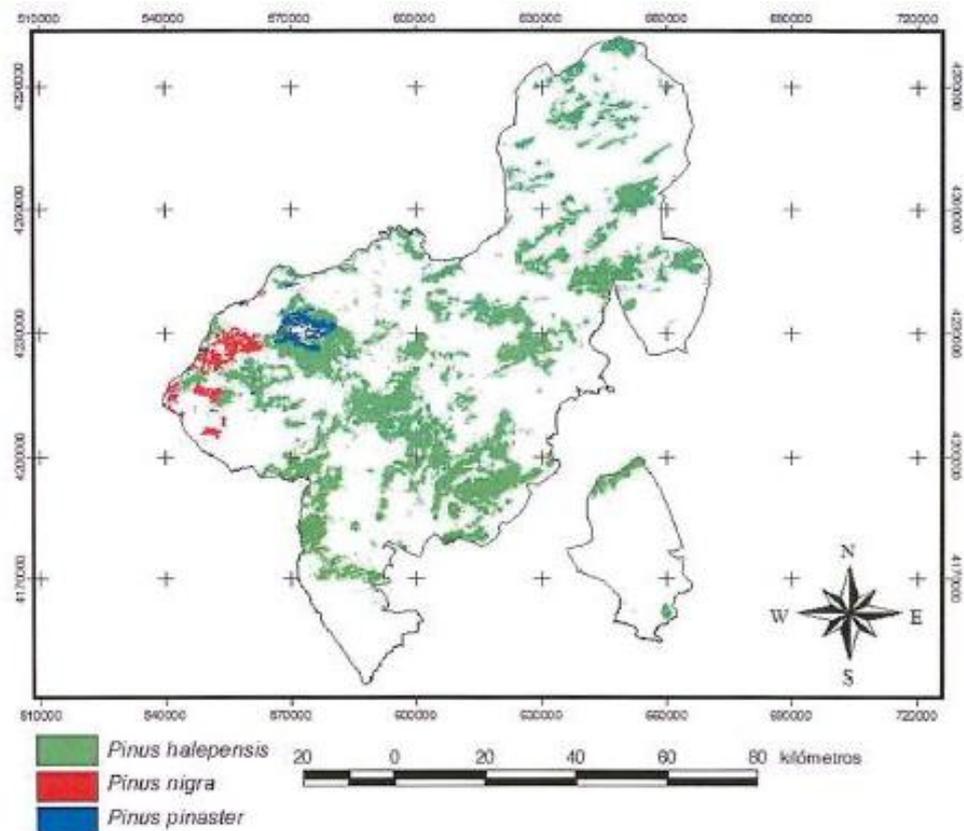


Imagen 22. Distribución de las principales especies de coníferas en los cuatro territorios.

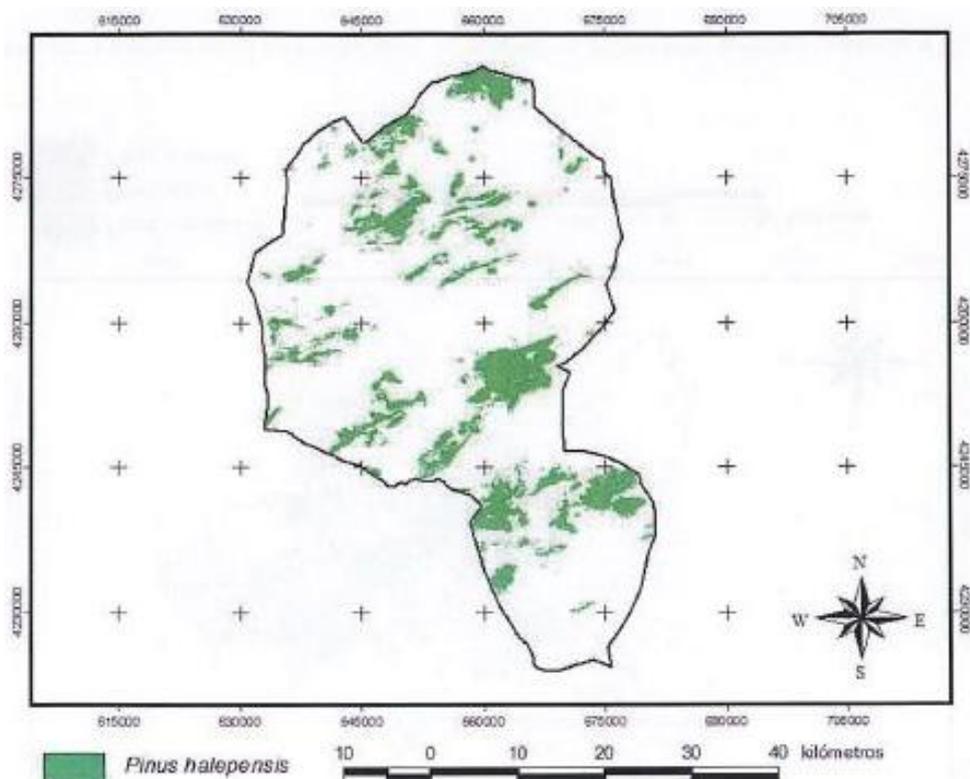


Imagen 23. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Nordeste.

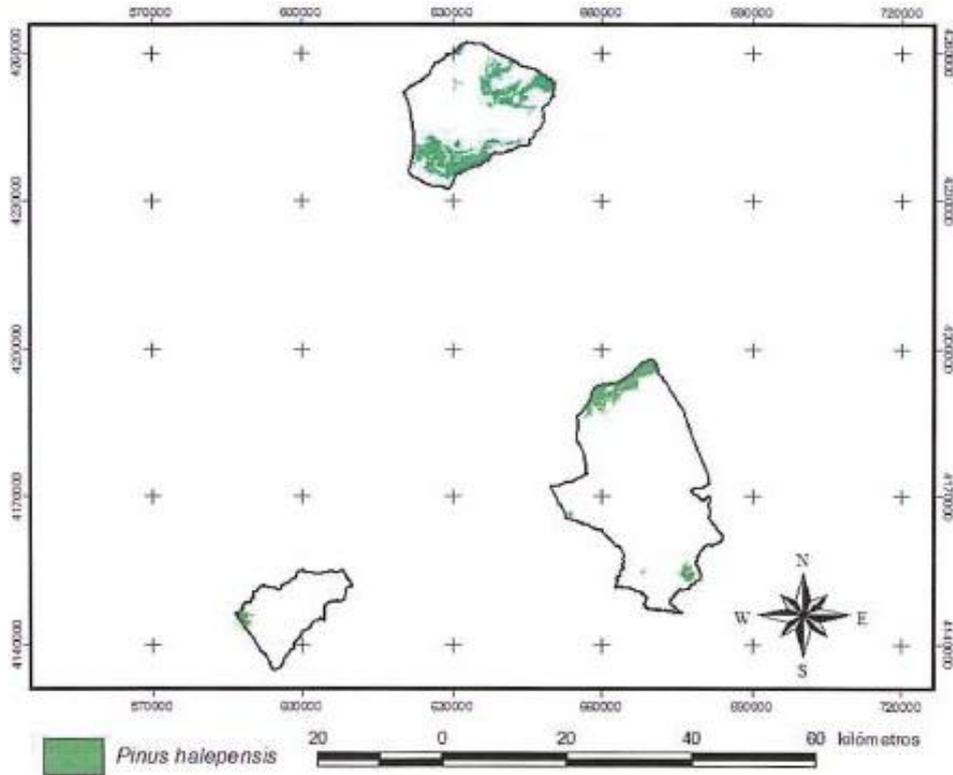


Imagen 24. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Campoder.

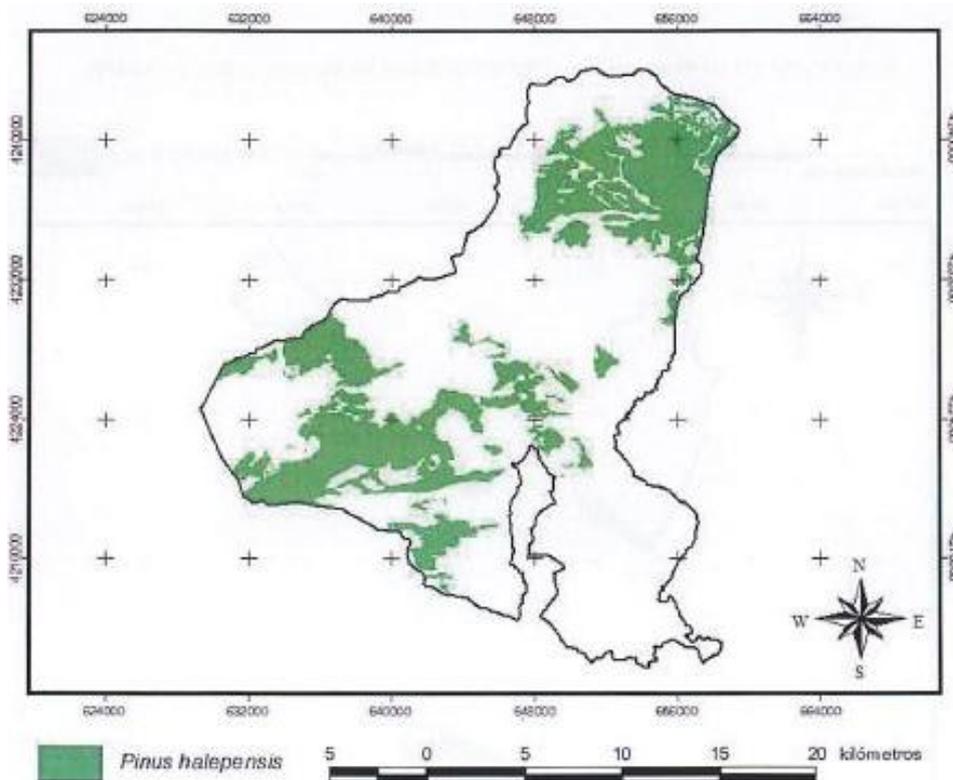


Imagen 25. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Vega del Segura.

Imagen 25. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Vega del Segura.

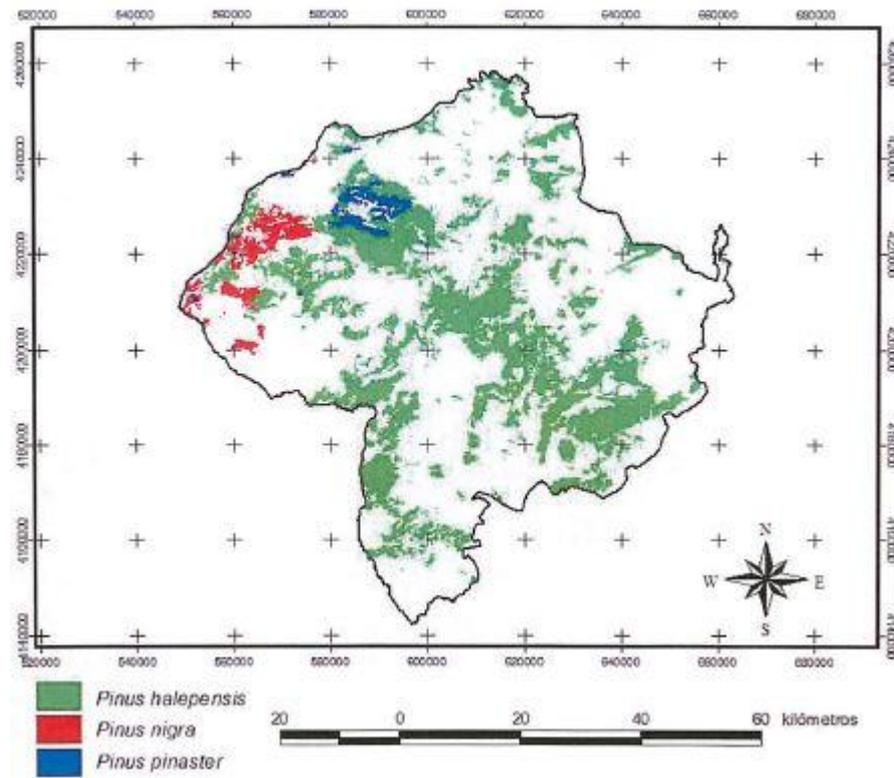


Imagen 26. Distribución de las principales especies de coníferas en el GAL-Integral.

Por lo tanto, se comprueba que destacan por su extensión, los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*), árbol que se desarrolla bien en zonas que superan los 300-350 litros de precipitación anual. El pino blanco (*Pinus nigra*) sustituye las masas de pino carrasco por encima de los 1100 m en las zonas montañosas del Noroeste y de forma puntual en la Sierra del Carche.



Imagen 27. Pinus halepensis.



Imagen 28. Pinus nigra.

Por su parte el pino negral (*Pinus pinaster*) 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.

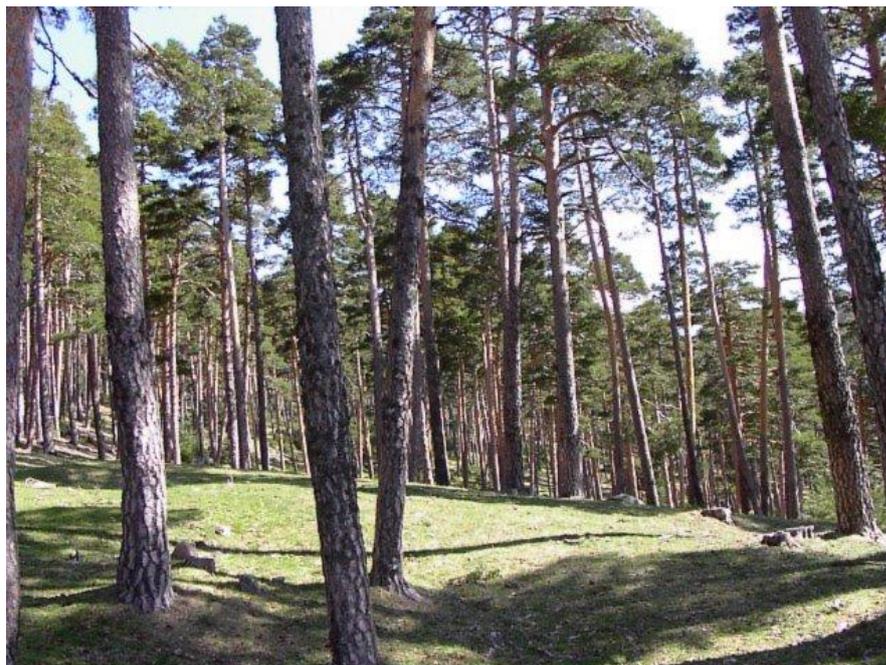


Imagen 29. Pinus pinaster.

Otro pino que aparece de forma más puntual, es el piñonero (*Pinus pinea*), asociado a terrenos sueltos, arenosos y e naturaleza silíceo.

No hemos considerado las superficies de matorral puesto que su extensión es considerablemente menor, tiene además una baja productividad y gran dispersión, y presenta dificultades logísticas de recogida.

Conocida la distribución espacial de las diferentes especies forestales 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 comentadas anteriormente.

Región de Murcia		
	Cortas (m3)	Leñas (t)
Coníferas	1.338	264.041

Tabla 6. Cantidad de productos forestales madereros.

**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:

$$P_{av} = Q_{av} \times PCI$$

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 en torno al 30%.



Imagen 30. Leña apilada en el monte.



Imagen 31. 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 valores del PCI en base seca anotados en Pérez (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, y teniendo en cuenta la superficie forestal total de cada uno de ellos calculada como el sumatorio de las superficies forestales de los municipios que los integran se podría obtener el potencial energético que aparece en la tabla siguiente. En la 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).

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	3.4502	30.786	13.700
Integral	235.006	141.004	135.363	120.783	53.749
Camponder	40.673	24.404	23.428	20.904	9.302
Vega del Segura	13.885	8.331	7.998	7.137	3.176

Tabla 7. Potencial energético de la biomasa forestal

¹60% de la superficie forestal está arbolada.

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

1.3.3. 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.

En la tabla 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.

GAL	Fábricas de conservas vegetales	Fábricas de elaboración de zumos
Nordeste	1	2
Integral	18	5
Cam poder	2	0
Vega del Segura	17	3

Tabla 8. Fábricas de conservas vegetales y de zumos y cremogenados en la Región de Murcia. Fuente: Registro de empresas del sector de los transformados de frutas y hortalizas de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia 2014.

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 de la materia prima.

Esta actividad genera una gran cantidad de subproductos orgánicos y restos de materia tratada, los cuales es necesario identificar y gestionar de manera adecuada y sostenible, con el fin de que su manejo no suponga un coste añadido, y si es posible que pueda generar beneficio económico.

El porcentaje de estos restos orgánicos generados en la elaboración de transformados vegetales es muy variable, ya que está determinado principalmente por la materia prima a procesar y su proceso de transformación.

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 se ven incrementados por el transporte al no estar el ganado cerca de las industrias.

Por otro lado, la disposición en vertedero de los residuos orgánicos es cada vez más costosa y problemática debido a la normativa europea (Directiva Europea 99/31/CE), que limita la entrada de materiales orgánicos.

Otra posible salida a los restos o subproductos orgánicos 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. 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 tiene en otros países europeos tales como Dinamarca, Alemania, Suecia, Italia o Austria.

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, etc.

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.

En la tabla 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 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).

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, semillas	40-65	26.225	4.683
Mandarina	Piel, corteza, semillas	40-65	8.314	1.485
Total			335.540	59.917

Tabla 9. Potencial energético de los restos procedentes de la industria de los transformados vegetales (2011) en la Región de Murcia.

Fuente: datos tomados del proyecto PROFORBIOMED.

1.3.4. BIOMASA RESIDUAL GANADERA

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 suelos. 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:

- 1) En suelo. El suelo puede ser seriamente afectado por el estiércol si contiene concentraciones altas de nutrientes, microorganismos patógenos, antibióticos, y compuestos que interactúen con el sistema endocrino. Esto puede provocar infiltraciones en las aguas subterráneas intoxicando así al ganado que consume los pastos que crezcan en ese suelo.
- 2) 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 de las zonas de pastoreo y tierras de cultivo. Una acumulación de nitrógeno y fósforo alta en el agua estimula el proceso de eutrofización el cual aumenta las plantas acuáticas, disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH, afectando así a la calidad del agua.
- 3) 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. Entre los contaminantes liberados por el estiércol hacia la atmósfera destaca el amoníaco, así como otros gases de efecto invernadero que incluyen el metano y el óxido nitroso. El metano es 23 veces más potente que el CO₂ y el estiércol contribuye con 16% de las emisiones globales (IPCC,2006). El estiércol contribuye con 50% del total de emisiones de amoníaco hacia la atmósfera. El óxido nitroso es 296 veces más potente que el CO₂ contribuyendo el estiércol con un 25% de las emisiones.

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 en el sector ganadero. Por lo tanto una posible alternativa para dar solución a este problema sería la generación de gas natural mediante equipos digestores.

En la tabla 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.

GAL	Especie ganadera predominante	Nº de cabezas	Potencial energético (tep/año)
Nordeste	Porcino	40.157	3.991
	Avícola	611.249	1448
	Caprino	23.950	33,5
Total		675.356	5.472,5
Campoder	Porcino	463.471	46.065
	Avícola	826.540	1.958
	Ovino	74.547	124,1
Total		1.364.558	48.147,1
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
Total		3.266.476	83.539

Tabla 10. Potencial energético total que se podría obtener del residuo del sector ganadero.
Fuente: Centro Regional de Estadística de Murcia correspondiente al año 2013.

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

$$Pot. \text{energético} \left[\frac{kcal}{año} \right] = N \times IPM (kgCH_4 / (cabezas \text{ ó } UGM)) \times PCM (kcal / (kg CH_4))$$

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.

- IPM (kg CH₄/cabezas ó UGM) = Índice de Producción de Metano específico de cada especie ganadera y/o de subespecie o categoría edad. Valores propuestos por la Junta de Andalucía (2008).
- PCM (kcal/kg CH₄) = Poder calorífico del metano: 13187.

1.4. COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LA BIOMASA.

Se han considerado tanto en la biomasa residual de los cultivos agrarios como forestales 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 vistas anteriormente.

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 se han considerado, tales como costes de maquinaria, amortización e intereses de las instalaciones, además de seguros y costes de licencias.

También se han considerado costes variables, que engloba las materias primas, costes variables de la maquinaria propia y 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 datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para maquinaria agrícola para 2008 (MAGRAMA, 2014). Para los datos de 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), estimando así un coste orientativo dado que pueden sufrir variaciones en función de la empresa, terreno, tipo de cultivo, etc.

Las distancias utilizadas para el transporte han sido estimadas en función del origen y la distancia del centro receptor al centro de transformación de biomasa más cercano. Para cada GAL, tomamos como centro receptor ubicado 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.

La información de partida para el estudio de costes viene recogida en la Tabla 11, donde aparecen los principales cultivos GAL, la superficie ocupada por los mismos en esa zona, la producción potencial de biomasa residual y el rendimiento medio de la misma.

GAL	Cultivo	Superficie (ha)	Producción potencial de biomasa residual (t/año)	Rendimiento medio biomasa residual (t/ha x año)
Nordeste	Viñedo	22.813	79.846	3,5
	Almendro	12.294	15.982	1,3
	Cereales:			
	-Cebada	2.312	3.956	1,7
	-Avena	4.784	8.459	1,8
	-Trigo	2.196	6.366	2,9
	Olivar	7.984	13.573	1,7
	Cítricos	2.810	5.620	2
	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	30.901	
Vega del Segura	Cítricos	2.161	4.322	2
	Albaricoquero	2.011	7.039	3,5
	Melocotonero	1.945	6.808	3,5
	Total	6.117	18.169	
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	1,9
	Olivar	7.083	12.041	1,7
	Cítricos	6.712	13.424	2
	Viñedo	4.551	15.926	3,5
Total	89.880	155.353		

Tabla 11. Superficie de cultivo, producción y rendimiento de biomasa residual por GAL.

1.4.1.COSTES DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE RESIDUOS AGRARIOS.

Los costes de producción fueron 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. Posteriormente, se ha considerado el coste del transporte en camión tráiler, dado que es más apropiado para el transporte de biomasa vegetal, y los costes asociados a la carga y descarga de astillas. En todos los casos se considera que la biomasa presenta un 20% de humedad, excepto para los cereales que es un 12%. Todos estos costes vienen expresados en euros por tonelada de biomasa residual y en euros por hectárea de cultivo en la Tabla 12.

GAL	Cultivo	Saca		Astillado		Transporte		Carga / Descarga		Coste total		
		(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	
Nordeste	Viñedo	40,01	140,02	7	24,5	13,16	46,04	5,66	19,81	65,82	230,38	
	Almendro	35,9	46,67	7	9,1	13,16	17,1	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	14,3	13,16	26,31	5,66	11,32	72,64	145,28	
	Cereales:											
	-Cebada	5,21	41,67			12,3	20,91	5,15	8,75	22,62	71,33	
	-Avena	5,21	41,67			12,3	22,14	5,15	9,26	22,65	73,07	
-Trigo	5,21	41,67			12,3	35,66	5,15	14,92	22,65	92,26		
Campoder	Almendro	35,9	46,67	7	9,1	16,82	21,87	5,66	7,36	65,39	85	
	Melocotonero	40,01	140,02	7	24,5	16,82	58,88	5,66	19,81	69,49	243,21	
	Olivar	41,18	70,01	7	11,9	16,82	28,6	5,66	9,62	70,67	120,13	
Vega del Segura	Cítricos	46,67	93,35	7	14	5,43	10,85	5,66	11,32	64,76	129,52	
	Albaricoquero	40,01	140,02	7	24,5	5,43	18,99	5,66	19,81	58,09	203,32	
	Melocotonero	40,01	140,02	7	24,5	5,43	18,99	5,66	19,81	58,09	203,32	

GAL	Cultivo	Saca		Astillado		Transporte		Carga / Descarga		Coste total	
		(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)
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	85,2
	Almendro	35,9	46,67	7	9,1	10,48	13,62	5,66	7,36	59,04	76,76
	Olivar	41,18	70,01	7	11,9	10,48	17,82	5,66	9,62	64,32	109,35
	Cítricos	46,67	93,55	6,85	13,7	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 12. Costes de recogida y transporte de biomasa residual agrícola por GAL.

1.4.2.COSTES DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE RESIDUOS GANADEROS.

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 en 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 al área definida por Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor. Consideramos la densidad de estiércol de 0,8 t/m³. Se considera también que el estiércol presenta un 20% de humedad. Todos estos costes vienen expresados en euros por tonelada de estiércol o en euros por cabeza de ganado en la Tabla 13.

GAL	Especie	nº de cabezas	Transporte		Carga/Descarga		Coste Total	
			(€/t)	(€/cabeza)	(€/t)	(€/cabeza)	(€/t)	(€/cabeza)
Nordeste	Porcino	40157	13,16	28,28	5,37	11,54	18,52	38,82
	Aves	611249	13,16	3,29	5,37	1,34	18,52	4,63
	Caprino	23950	13,16	19,21	5,37	7,84	18,52	27,04
Campoder	Porcino	463471	7,21	15,5	5,37	11,54	12,58	27,04
	Aves	826540	7,21	1,8	5,37	1,34	12,58	3,14
	Ovino	74547	7,21	6,78	5,37	5,05	12,58	11,82

GAL	Especie	nº de cabezas	Transporte		Carga/Descarga		Coste Total	
			(€/t)	(€/cabeza)	(€/t)	(€/cabeza)	(€/t)	(€/cabeza)
Vega del Segura	Aves	15354	18,82	4,21	5,37	1,34	22,19	5,55
	Ovino	5203	18,82	15,81	5,37	5,05	22,19	20,86
	Caprino	3110	18,82	24,56	5,37	7,84	22,19	32,4
Integral	Porcino	782914	10,48	22,53	5,37	11,54	15,85	34,07
	Aves	2257773	10,48	2,62	5,37	1,34	15,85	3,96
	Ovino	225789	10,48	9,85	5,37	5,05	15,85	14,9

Tabla 13. Costes de recogida y transporte de biomasa residual ganadera por GAL.

1.4.3. 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 la variabilidad, se han seleccionado los valores medios de las especies forestales, considerando que la especie más abundante es el *Pinus halepensis*, y los costes de producción se han estimado a partir del trabajo “*Biomasa forestal en Andalucía2. Procesos de extracción y costes*”, publicado por la junta de Andalucía en 2012”.

Así, para biomasa forestal, se han considerado los costes de apeo, desembosque y astillado en terrenos con pendientes del 10% y una corta del 20%. Para estas labores se utilizarán 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 tráiler, dado que es el más apropiado para el transporte de biomasa vegetal. En todos los casos se considera que la biomasa presenta un 40% de humedad. Todos estos costes vienen recogidos en la Tabla 14. Expresados en euros por tonelada de biomasa residual y en euros por hectárea de superficie forestal.

GAL	Superficie Coníferas	Estim. de leñas	Apeo	Desembosque	Astillado	Transporte	Total					
	ha	t	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)	(€/t)	(€/ha)
Nordeste	34502	30786	14	12,49	15	13,38	16	14,28	17,3	15,45	62,3	55,6
Camponer	23428	20904	14	12,49	15	13,38	16	14,28	13,4	11,96	58,4	52,11
Vega del Segura	7998	7137	14	12,49	15	13,38	16	14,28	7,14	6,37	52,1	46,53
Integral	135364	120783	14	12,49	15	13,38	16	14,28	13,8	12,31	58,8	52,46

Tabla 14. Costes de recogida y transporte de biomasa residual forestal por GAL.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

2. ESTIMACIÓN DE NECESIDADES FRÍO/CALOR EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE LA REGIÓN.

2.1. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO INDUSTRIAL

La Región de Murcia está ubicada en el sureste español, con una extensión de 11.317 km² y una población de 1.467.288, lo que resulta en una densidad media de 129,7./km², un aproximadamente un 31% superior a la media nacional y un 12% inferior a la media europea.

Se encuentra situada lejos de los centros de decisión nacionales, por su localización geográfica, por lo que resulta imprescindible que posea un sistema de infraestructuras óptimo, sobre todo en el transporte. Como resultado de esta necesidad, se explica la presencia de la Región de Murcia en el eje económico denominado 'Arco del Mediterráneo', que la convierte en un enclave inmejorable para la actividad económica.

2.1.1.ZONA I: LA HUERTA DE MURCIA – VEGA MEDIA DEL SEGURA

2.1.1.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA I EN EL CONJUNTO DE LA REGIÓN

Murcia y la zona de la Huerta constituyen el centro regional y punto de relación entre ámbitos interregionales.

- La estructura radial de la Región hace que en Murcia se articulen el arco Mediterráneo, del que puede ser considerado un nodo industrial, con relaciones especialmente cercanas con el corredor de Alicante, el inicio de los corredores hacia Andalucía, a través de la A-7 y la N-340, y la entrada a la meseta a través de Albacete.
- La zona de la Huerta participa plenamente de las dinámicas mediterráneas, extendiendo su radio de influencia más allá de los límites provinciales. El carácter funcional de este área es central en la Región, y de vanguardia para la evolución del conjunto del modelo industrial y de servicios de la Comunidad.

El conjunto de los procesos d industrialización y servicios de la zona esta polarizado por la actividad e influencia de la capital, Murcia.

- Zona de industrialización tradicional, focalizada principalmente en los sectores de transformación hortofrutícola, concentra un 42% del total de

los suelos industriales en la Región, de este porcentaje el municipio de Murcia acapara el 49%, seguido de Molina de Segura con un 14%.

- La creciente integración de la zona como área metropolitana diversifica las relaciones entre los municipios del entorno, y ha favorecido la creación de un conjunto de parques industriales cualificados y competitivos.

2.1.1.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA I

Esta zona se puede dividir en las siguientes zonas funcionales:

A. Molina de Segura – Lorquí – Norte de Murcia

Zona tradicional de la industria conservera y auxiliar, en donde se viene consolidando un núcleo de industrias del transporte y nuevas actividades de servicios. Constituye el espacio donde se han desarrollado los últimos grandes asentamientos industriales de la zona, en el norte de Molina y Lorquí, y continua generando expectativas de crecimiento. El polo de concentración industrial se centra alrededor de la Serreta – Base 2000 – Lorquí – La Estrella, en el entorno de la antigua carretera nacional y la nueva autovía.

En la zona conviven una alta densidad de actividades y la necesaria permanencia de los suelos productivos de regadío.

Molina es la ciudad central de la subzona, polo estratégico con posibilidades de consolidación alternativas a Murcia: ampliación de la universidad, nuevas urbanizaciones periféricas de calidad, relación con las operaciones de ocio y comercio del norte de la ciudad, etc.

B. Cinturón de la Vega Media: Ceutí – Alguazas – Las Torres de Cotillas

Zona con industria agroalimentaria, residenciales y producciones de huerta en el entorno del río Segura, con asentamientos de importantes grupos conserveros y desarrollo de nuevo polígonos, alternativos a los usuales procesos de dispersión no urbanizable.

Las comunicaciones con el entorno, y la posibilidad de engancharse a los ejes regionales es muy deficiente, a pesar del esfuerzo realizado en los últimos años. Las áreas industriales, residenciales, urbanas y de huerta están continuamente entrelazadas, y los tráficos se superponen en zonas densamente pobladas.

C. El suroeste: Alcantarilla – Murcia oeste

Zona de industria agroalimentaria y servicios, cuenta con los asentamientos y polígonos industriales de Murcia más desarrollados de la Región, sin influencias negativas en el entorno, y la delimitación de ampliaciones de los grandes sectores de actividades productivas, así como varios estratégicos en el norte de Alcantarilla.

Cuenta con uno de los nudos de mejor accesibilidad de la Región, que articula el eje Mediterráneo con la autovía del río Mula hacia el noroeste y la autovía de Alcantarilla – El Palmar hacia el sur

D. La Huerta tradicional: Murcia/Huerta – Santomera – Beniel

Zona delimitada al este por la ciudad central y la autovía Murcia – Cartagena, al norte por la autovía A-7 y al sur por la sierra de Carrascoy, abarca lo que se conoce tradicionalmente como la huerta de Murcia.

Zona de desarrollo de áreas urbanas, residenciales, hortícolas e industriales sin discontinuidad. Existe un gran número de industrias en suelo no urbanizable. La transformación de la Huerta en una entidad espacial compleja y ordenada, que viene acogiendo asentamientos industriales de forma indiscriminada, y la pervivencia del suelo agrícola-paisajístico, con grandes valores ambientales y productivos, constituyen una de las claves del futuro del modelo industrial del conjunto de la zona central y de la totalidad de la Región.

2.1.2.ZONA II: CAMPO DE CARTAGENA – MAR MENOR

2.1.2.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA II EN EL CONJUNTO DE LA REGIÓN

En el Campo de Cartagena y el mar Menor se están produciendo algunos de los más importantes y dinámicos cambios de la Región.

- Los municipios del Campo de Cartagena se han constituido en motores económicos, de innovación y generación de empleo alrededor de la agricultura de regadío.
- Los municipios del Mar Menor han entrado en un proceso de maduración de las nuevas expectativas del turismo respecto al territorio y el medio ambiente.
- Cartagena está superando la sensación de crisis en la que estaba inmersa desde hace años, y el tejido empresarial endógeno es enormemente activo, con una gran demanda de suelo, constituyendo ya un contrapeso a las grandes empresas internacionales que eran su base económica.

La zona es la principal beneficiaria del cambio en el modelo de comunicaciones en la Región.

- De la antigua situación de aislamiento se pasa a la integración plena en el sistema de comunicaciones.
- Se está consolidando un modelo de comunicación rápida y mallada entre la comarca y el entorno, tanto hacia el centro de la Región, como a la comunidad Valenciana por el litoral. En los dos casos en el entorno de las autovías hay fuertes tendencias a la localización de actividades en el entorno de los dos nudos.
- Los planes de conexión se extienden hacia el litoral oeste, autovía Cartagena – Vera y el eje del Guadalentín, autovía Alhama – Fuente Álamo – Mar Menor, mejorando la accesibilidad directa desde Andalucía.
- La localización del aeropuerto regional de Corvera y la extensión de la alta velocidad hasta Cartagena, situara al Campo de Cartagena entre los nodos de gran accesibilidad del arco del Mediterráneo.

Cartagena es la ciudad de la Región con mayor peso alternativo y complementario a Murcia y sigue siendo el área con mayor tradición para la gran industria y las infraestructuras de la Región.

2.1.2.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA II

A. Entorno del Mar Menor: San Pedro del Pinatar, San Javier, Los Alcázares, Cabo de Palos

Comprende el entorno desde la autovía a Cartagena hasta el borde del litoral del Mar Menor, Algar y Cabo de Palos. Especializada en servicios a población y turismo, en continuo crecimiento, en base a minipolígonos industriales y de servicios y localizaciones directamente relacionadas con las carreteras urbanas.

B. Torre Pacheco y áreas del Campo de Cartagena

Incluye el área del trasvase y la cota 120, hasta el límite de la autovía Cartagena – Alicante. Torre Pacheco se vislumbra como el centro e actividades agroalimentarias, debido a la presencia del recinto ferial, grandes empresas y cooperativas, y se encuentra actualmente en un proceso de reordenación y urbanización d suelo industrial, alternativo al usual modelo espontáneo.

C. Cartagena – La Unión

Polo tradicional de industria exógena de la Región, gran parte de esta no solo ha sufrido una dura crisis, sino que las factorías más antiguas han perdido validez en su localización actual, dados los impactos sobre la ciudad y los ejes de acceso, en las áreas de expansión urbana, e incluso enclaves como Potasas y Derivados se han desmantelado.

Escombreras, una zona aislada del entorno y con salida directa a la dársena del puerto, es el espacio más valorado en la Región para la implantación de industrias del sector químico y energético, que necesitan

proximidad de materias primas, abastecidas desde el puerto, e independencia de núcleos urbanos de población.

D. Enclaves de Fuente Álamo y Sabic.

Fuente Álamo constituye un enclave entre el eje del Guadalentín y el Campo de Cartagena ya consolidado por la nueva autovía. La ubicación de Sabic y el parque tecnológico en las proximidades del núcleo, formando un espacio único de actividades económicas, de un nivel diferenciado respecto al resto de la zona, ha potenciado las dinámicas del entorno, reforzadas por las tendencias de localización de actividades en el entorno de los nudos de la autovía Murcia – Cartagena, y el proyecto de aeropuerto regional en Corvera.

2.1.3.ZONA III: VALLE DEL GUADALENTÍN

2.1.3.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA III EN EL CONJUNTO DE LA REGION

Constituye la zona o eje de difusión industrial de más reciente y prometedora dinámica, prolongando hacia el sur el Eje del Mediterráneo.

- Se ha consolidado como un eje muy dinámico en los últimos años y se vislumbran grandes potencialidades.
- Eje de conexión y expansión de Murcia hacia Andalucía, creando zonas de oportunidad añadida por su carácter de cabecera de distribución hacia Andalucía Oriental.

Zona con importante variedad de sectores productivos, su proyección futura no tiene la debilidad de las áreas concentradas en un monocultivo, es una de las grandes áreas de desarrollo industrial del futuro de la Región.

- Zona con fuerte implantación ganadera y agrícola, con industria agroalimentaria, calzado, ganadera, cárnica y curtidos de piel.

2.1.3.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA III

A. Puerto Lumbreras - Lorca

Subzona con fuerte capitalidad en Lorca, que absorbe el territorio circundante. El sector cárnico, ganadero y de curtidos son los principales focos de actividad.

B. Totana – Alhama de Murcia – Librilla

Subzona vertebrada por la autovía A-7 del Mediterráneo. El tramo oriental tiende a integrarse hacia una integración en el área metropolitana de Murcia.

Potente industria cárnica que provoca el desarrollo ganadero en la zona, e industria de calzado de tamaño pequeño.

2.1.4.ZONA IV: VEGA ALTA DEL SEGURA - VALLE DE RICOTE

2.1.4.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA IV

Eje tradicional de industrialización debido a los flujos de relación entre Murcia y la Meseta. Constituye la opción de extensión de la influencia de Murcia hacia la Meseta, diversificando sus conexiones interregionales.

- Su dinámica principal de influencia y difusión está ligada a Murcia, ya que las dinámicas de conexión con la Meseta son débiles.
- La zona está fuertemente condicionada por el peso del centro regional.
- La zona hace de nexo de unión entre Murcia y las comarcas del Altiplano y Oriental.

Zona clásica de producción hortofrutícola situada en el eje Murcia – Madrid, su dinámica es inferior a la del Valle del Guadalentín.

En el Valle de Ricote se produce una polarización hacia los extremos del eje: Cieza al norte, Blanca y Abarán en el centro y Archena al sur. El interior del Valle es un vacío en cuanto actividades no agrícolas, debido a su aislamiento.

2.1.4.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA IV

A. Cieza

Ha sufrido en los últimos años la desaparición de la industria del esparto, lo que ha producido que este en una situación de declive.

B. Abarán – Blanca

Ha experimentado un desarrollo importante ligado a la industria de manipulado hortofrutícola y la existencia de grandes empresas.

C. Valle de Ricote

La demanda industrial es muy débil en general, de las más bajas de la Región, con muy pocos asentamientos industriales.

Archena es el municipio mas dinamico debido a su vocación de actividades turísticas, cuya via de relación natural es hacia Molina –Murcia

2.1.5.ZONA V: EJE DEL NOROESTE - MULA.

2.1.5.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA V

Zona tradicionalmente agro-ganadera y apartada de los principales ejes de desarrollo con relación al contexto regional, con tasas bajas de crecimiento de población en los últimos años en todos los municipios. La mejora de las comunicaciones con la autovía del Noroeste trae nuevas perspectivas para atraer industria exógena y abrir nuevos mercados para las exportaciones de productos procedentes de las explotaciones de materias primas.

- Economía basada en el sector agrario, en industrias derivadas del mismo, conservas y manipulados hortofrutícolas, en la extracción de materias primas (mármol), en la elaboración de productos de construcción a partir de estas, con peso específico de otros sectores como puede ser el calzado en Caravaca, vinos en Bullas, arroz en Calasparra...
- Industria pequeña o mediana en general, salvo contadas excepciones de algunas empresas dedicadas a grandes grupos.

2.1.5.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA V

A. Caravaca – Cehegín – Bullas

La industria asentada en este eje es pequeña o mediana, de servicios, salvo algunas empresas dedicadas a grandes grupos y las dedicadas al tratamiento del mármol.

B. Río Mula

Esta subzona engloba a todos los municipios de esta comarca: Mula, Pliego, Albudeite y Campos del Río. Estructura económicamente dependiente de la agricultura, vinculada al Río Mula y las aportaciones del trasvase.

C. Moratalla y Calasparra

Es una zona alejada d las tendencias mas fuertes de la Región. La demanda de industria es mas baja que en el resto y esta ligada a demandas locales agrícolas y de la construcción.

2.1.6.ZONA VI: EJE DEL ALTIPLANO

2.1.6.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA VI

Eje muy extenso con dos polos industriales, Yecla y Jumilla. El Altiplano es una zona con dinámicas propias, en el caso de Yecla fuertemente relacionadas con la Comunidad Valenciana. La relación con la Región es marginal respecto a los grandes ejes de desarrollo internos del centro.

- Zona de recepción de industria polarizada en dos sectores, las actividades endógenas tradicionales, derivadas de la agricultura de la vid, el olivo, etc, en Jumilla y el sector del mueble como base de la industria de Yecla y de su relación con Villena.
- Yecla posee un dinamismo propio que le concede un peso específico en el sector industrial de la Región muy importante.

- Jumilla, dominada por el sector vinícola y con estancamiento en su desarrollo industrial por la crisis del sector conservero, esta más aislada de las dinámicas de difusión regional.

2.1.6.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA VI

A. Yecla

Municipio en constante expansión y crecimiento industrial, es el ámbito por excelencia de la industria del mueble en la Región, con una demanda muy alta para industria con tamaño de tamaño considerable que necesita grandes espacios para su funcionamiento.

B. Jumilla

Municipio dominado por la industria del vino, con producción de vid y en menor medida olivo. Está estancada por la crisis del sector así como por la industria conservera. Tiene problemas de agua, ya que el abastecimiento es a través de pozos.

2.1.7. ZONA VII: ENCLAVES DE LA COMARCA ORIENTAL

2.1.7.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA VII

Abanilla y Fortuna han sido enclaves ajenos a las principales dinámicas industriales de los grandes ejes.

- Zona deprimida con una escasa implantación industrial.
- Su desarrollo agrícola se ve limitado por la falta de agua, a excepción de la zona sur donde existen regadíos del trasvase Tajo – Segura.

2.1.7.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA VII

A. Fortuna

Área de escasa implantación industrial, posee industria extractiva, que está generando empresas de transformación en el eje de la entrada de la A-7. Existe un polo turístico alrededor del Balneario de Fortuna.

B. Abanilla

Existen nuevas dinámicas de actividades industriales, que han generado un polígono industrial muy competitivo. La industria extractiva ha venido manipulando materiales de construcción en municipios de Alicante.

2.1.8.ZONA VIII: ENCLAVES DEL LITORAL

2.1.8.1. CARÁCTER FUNCIONAL DE LA ZONA VIII

En un litoral objeto de la planificación de un importante desarrollo turístico, los enclaves de Águilas y Mazarrón están sometidos también a tensiones de desarrollo por las actividades agrícolas.

- Los dos municipios poseen enclaves de servicios vinculados a la agricultura intensiva y a las áreas de invernaderos, muy potente económicamente.
- Las áreas de servicios están relacionadas con el turismo existente.
- Existen ciertas tensiones en el modelo de usos del suelo entre los suelos para desarrollos turísticos y las áreas de invernaderos y agricultura extensiva.

2.1.8.2. SUBZONAS INDUSTRIALES DE LA ZONA VIII

A. Águilas

Municipio costero eminentemente agrícola y turístico, cuenta con industrias de manipulados hortofrutícolas, localizadas en el polígono de 'Las Majadas'.

B. Mazarrón

Municipio turístico, vinculado a Alhama y Cartagena. Es una zona de ubicación de grandes empresas exportadoras y productoras de hortalizas.

2.2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA INDUSTRIAL.

Para llevar a cabo el cálculo del consumo energético, del sector industrial, en función del tipo de uso para el que se destina, y también en función de cómo se genera se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. En primer lugar ante la dificultad de recabar información en los polígonos industriales e industrias independientes, se optó por estimar el consumo industrial por sectores.
2. Se tomaron los datos relativos a los consumos eléctricos, por sectores, facilitados por el Centro Regional de Estadística de Murcia del último año que se pudo disponer (2012).
3. Se utilizó como base el Estudio de demanda energética de Cantabria (2012). A raíz de aquí se tomaron los porcentajes, tanto del tipo de uso como del tipo de generación, y en base a esto, con nuestros datos de consumos eléctricos se han estimado los demás consumos como podemos observar en las tablas siguientes.

Según el tipo de aplicación energética se han clasificado en calefacción, refrigeración, ACS e iluminación y equipos.

Según el tipo de generación se dividen en electricidad, gas natural, GLP, gasóleo C y otros.

	2012 (tep/año)					
	Electricidad	Gas Natural	GLP	Gasóleo C	Otros	Total
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	33.209	36.062	1.360	26.471	1.562	98.665
Extracción y aglomeración de carbones	35	38	1	28	2	104
Extracción de petróleo y gas	24	26	1	19	1	72
Combustibles nucleares y otras energías	5	5	0	4	0	14
Refinerías de petróleo	14.667	15.927	600	11.691	690	43.576
Producción y distribución de energía eléctrica	28.228	30.653	1.156	22.500	1.328	83.865
Fabricación y distribución de gas	166	180	7	132	8	493
Minas y canteras (no energéticas)	880	955	36	701	41	2.614
Siderurgia y fundición	584	634	24	465	27	1.735
Metalurgia no férrea	1.597	1.735	65	1.273	75	4.746
Industrias del vidrio	111	121	5	88	5	330
Cementos, cales y yesos	6.476	7.032	265	5.162	305	19.240
Otros materiales de construcción	3.793	4.119	155	3.023	178	11.268
Química y petroquímica	13.271	14.411	543	10.578	624	39.429
Máquinas y transformados metálicos	4.993	5.422	204	3.980	235	14.834
Construcción y reparación naval	129	140	5	103	6	384
Construcción de vehículos	136	148	6	109	6	405
Construcción de otros medios de transporte	16	17	1	13	1	48
Alimentación, bebidas y tabaco	39.813	43.233	1.630	31.735	1.873	118.284
Ind. textil, confección, cuero y calzado	4.176	4.534	171	3.328	196	12.406
Ind. de madera y corcho	2.998	3.255	123	2.390	141	8.906
Pastas papeleras, papel, cartón, manipulados	879	955	36	701	41	2.613
Artes gráficas y edición	1.236	1.342	51	985	58	3.671
Ind. caucho, mat. plásticas y otras	11.002	11.948	450	8.770	518	32.688
Construcción y obras públicas	7.452	8.092	305	5.940	351	22.140
Transporte interurbano por ferrocarril	349	379	14	278	16	1.037
Transporte interurbano por carretera	1.507	1.637	62	1.201	71	4.478
Otras empresas de transporte	7.180	7.797	294	5.723	338	21.331
Hostelería	37.083	40.269	1.518	29.559	1.745	110.173
Comercio y servicios	121.913	132.388	4.991	97.177	5.736	362.206
Administración y otros servicios públicos	57.954	62.934	2.373	46.195	2.727	172.183
Usos domésticos	214.332	232.748	8.775	170.845	10.084	636.785
No especificados	20.199	21.934	827	16.100	950	60.010
TOTAL	636.392	691.072	26.055	507.269	29.942	1.890.731
%	33,7	36,6	1,4	26,8	1,6	100

Tabla 15. Consumo de energía en tep/año, en función del tipo de generación.

2012 (tep/año)					
	Calefacción	Refrigeración	ACS	Ilumin/Equipos	Total
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	18.908	34.378	688	44.691	98.665
Extracción y aglomeración de carbones	20	36	1	47	104
Extracción de petróleo y gas	14	25	1	33	72
Combustibles nucleares y otras energías	3	5	0	6	14
Refinerías de petróleo	8.351	15.183	304	19.738	43.576
Producción y distribución de energía eléctrica	16.072	29.221	584	37.988	83.865
Fabricación y distribución de gas	94	172	3	223	493
Minas y canteras (no energéticas)	501	911	18	1.184	2.614
Siderurgia y fundición	332	604	12	786	1.735
Metalurgia no férrea	909	1.654	33	2.150	4.746
Industrias del vidrio	63	115	2	149	330
Cementos, cales y yesos	3.687	6.704	134	8.715	19.240
Otros materiales de construcción	2.159	3.926	79	5.104	11.268
Química y petroquímica	7.556	13.738	275	17.860	39.429
Máquinas y transformados metálicos	2.843	5.169	103	6.719	14.834
Construcción y reparación naval	74	134	3	174	384
Construcción de vehículos	78	141	3	184	405
Construcción de otros medios de transporte	9	17	0	22	48
Alimentación, bebidas y tabaco	22.668	41.214	824	53.578	118.284
Ind. textil, confección, cuero y calzado	2.377	4.323	86	5.619	12.406
Ind. de madera y corcho	1.707	3.103	62	4.034	8.906
Pastas papeleras, papel, cartón, manipulados	501	910	18	1.183	2.613
Artes gráficas y edición	704	1.279	26	1.663	3.671
Ind. caucho , mat. plásticas y otras	6.264	11.390	228	14.807	32.688
Construcción y obras públicas	4.243	7.714	154	10.029	22.140
Transporte interurbano por ferrocarril	199	361	7	470	1.037
Transporte interurbano por carretera	858	1.560	31	2.028	4.478
Otras empresas de transporte	4.088	7.432	149	9.662	21.331
Hostelería	21.113	38.388	768	49.904	110.173
Comercio y servicios	69.412	126.204	2.524	164.065	362.206
Administración y otros servicios públicos	32.997	59.994	1.200	77.992	172.183
Usos domésticos	122.032	221.876	4.438	288.439	636.785
No especificados	11.500	20.910	418	27.182	60.010
TOTAL	362.335	658.791	13.176	856.429	1.890.731
%	19,2	34,8	0,7	45,3	100

Tabla 16. Consumo de energía en tep/año, en función del tipo de aplicación.

Se observa que con un 36,6% el gas natural es la primera fuente de generación energética en la Región, seguido con un 33,7% por la electricidad y con un 26,8% en tercer lugar por el gasóleo C. Las industrias más consumistas son (pasando por alto los usos domésticos, comercios y servicios, y administración y servicios públicos) las de alimentación, bebidas y tabaco con un consumo de 118.284 tep/año.

Según el tipo de aplicación con un 45,3% encabeza la lista iluminación, equipos y maquinaria con un consumo de 856.429 tep/año, seguido de usos para refrigeración con un 34,8% y un consumo de 658.335 tep/año.

En el caso que nos abarca este estudio, la aplicación de la biomasa a la generación de frío y calor, se puede observar en la Tabla 17 que el consumo de dichos tipos de aplicación asciende a 1.021.126 tep:

Tipo de aplicación	(tep/año)	%
Calefacción	362.335	35.5
Refrigeración	658.791	64.5
Total	1.021.126	100

Tabla 17. Consumo de energía en la aplicación a la generación de frío y calor.

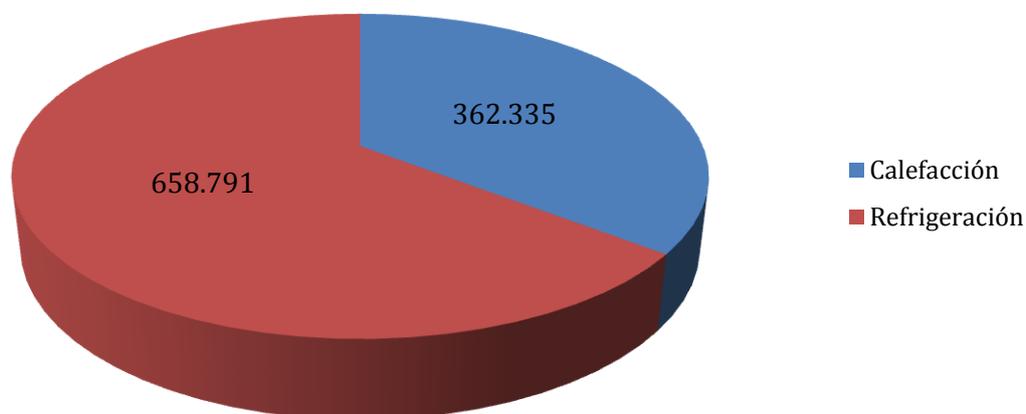


Gráfico 1. Consumo energético frío/calor (tep/año).

En cuanto al potencial energético que se puede generar mediante los distintos tipos de generación de biomasa residual asciende a 388.109 tep/año:

Potencial energético	(tep/año)	%
Biomasa cultivos agrícolas	111.057	28.6
Biomasa cultivos forestales	79.927	20.6
Biomasa industria	59.917	15.4
Biomasa ganadera	137.208	35.4
Total	388.109	100

Tabla 18. Potenciales energéticos según el tipo de procedencia.

Destaca en este caso la biomasa ganadera con 137.208 tep/año y la biomasa procedente de cultivos agrícolas con un total de 111.057 tep/año, una cantidad bastante significativa en comparación con el consumo de frío y calor.

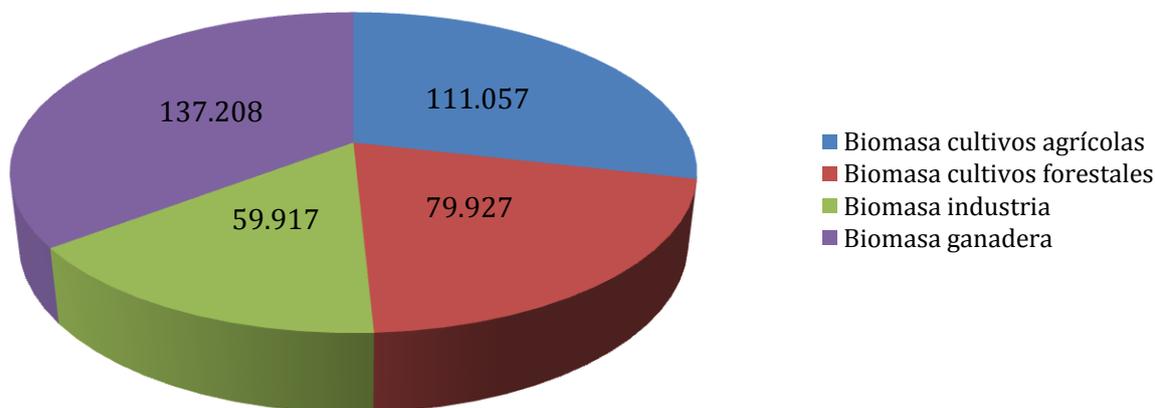


Gráfico 2. Potencial energético (tep/año).

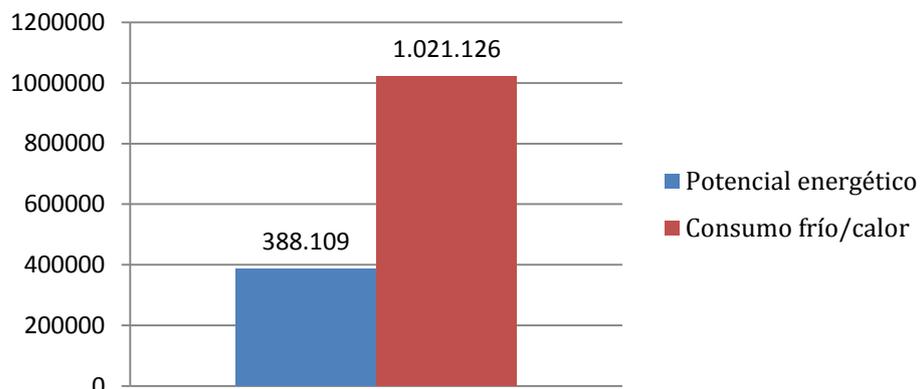


Gráfico 3. Comparativa de la generación de biomasa con la demanda de frío/calor de la Región de Murcia.

Por lo tanto se observa que el potencial energético generado por la biomasa residual podría cubrir un 38% del total de la demanda energética de frío/calor de la Región de Murcia en base a los datos estudiados.

Si se omitieran los consumos de comercio y servicios, administraciones y otros servicios públicos, usos domésticos y otros no especificados, se tendría lo siguiente:

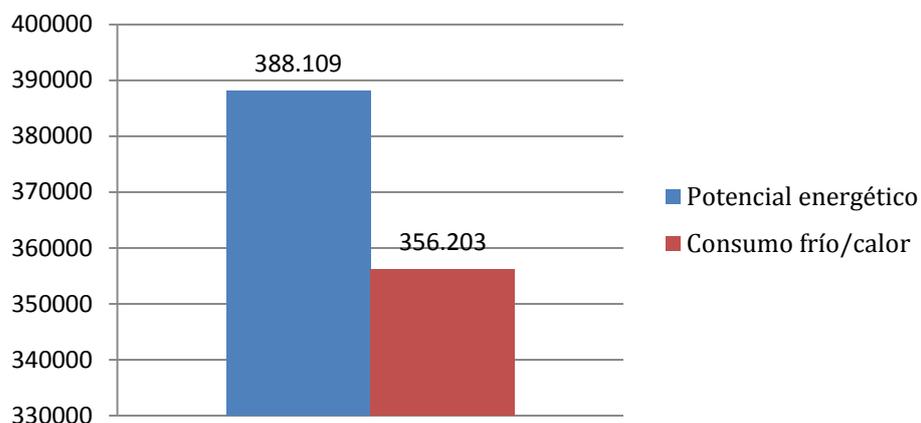


Gráfico 4. Comparativa de la generación de biomasa con la demanda de frío calor en la industria.

En este caso se cubriría toda la demanda energética y aún generaríamos 31.906 tep/año en exceso, lo que corresponde a un 9% extra sobre el consumo total de frío/calor.

3. VIABILIDAD ECONÓMICA E IMPACTO AMBIENTAL



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

3.1. ESTIMACIÓN DE COSTES ANUALES.

Para obtener el coste total de recogida y transporte de todos los sectores estudiados, tendremos en cuenta los costes de biomasa de cultivos forestales, de cultivos agrícolas y ganadera. Los costes de la biomasa generada por la industria no se tendrán en cuenta ya que tampoco se estudiaron anteriormente por la falta de datos.

3.1.1. COSTES DE BIOMASA AGRÍCOLA.

Ascienden a 17.924.558,20€ como se puede observar en la siguiente tabla. Podemos destacar principalmente los costes del viñedo en el GAL Nordeste con un coste de 5.255.463,72€ y el almendro en el GAL Integral por valor de 2.615.412,96€.

GAL	Cultivo	Producción potencial de biomasa residual (t/año)	Coste total (€/t)	Coste anual (€/año)
Nordeste	Viñedo	79846	65,82	5255463,72
	Almendro	15982	61,72	986409,04
	Olivar	13573	67,07	910341,11
	Cítricos	5620	72,64	408236,80
	Cereales:			
	-Cebada	3956	22,62	89484,72
	-Avena	8459	22,65	191596,35
	-Trigo	6366	22,65	144189,90
Campoder	Almendro	8272	65,39	540906,08
	Melocotonero	19975	69,49	1388062,75
	Olivar	2654	70,67	187558,18
Vega del Segura	Cítricos	4322	64,76	279892,72
	Albaricoquero	7039	58,09	408895,51
	Melocotonero	6808	58,09	395476,72
Integral	Cereales:			
	-Cebada	38943	20,22	787427,46
	-Avena	18597	20,22	376031,34
	-Trigo	12123	20,22	245127,06
	Almendro	44299	59,04	2615412,96
	Olivar	12041	64,32	774477,12
	Cítricos	13424	69,66	935115,84
	Viñedo	15926	63,07	1004452,82
Total				17924558,20

Tabla 19. Coste anual de la recogida y transporte de la biomasa agrícola.

3.1.2. COSTE DE BIOMASA FORESTAL.

Su coste total es de 10.612.025€. Destaca el GAL Integral, el cual cubre tres cuartas partes del coste total de la biomasa forestal de Región de Murcia.

GAL	Estimación toneladas de leñas (t/año)	Coste total (€/t)	Coste anual (€/año)
Nordeste	30786	62,31	1918275,66
Campoder	20904	58,4	1220793,6
Vega del Segura	7137	52,14	372123,18
Integral	120783	58,79	7100832,57
TOTAL			10612025

Tabla 20. Coste anual de la recogida y transporte de la biomasa forestal.

3.1.3. COSTE DE BIOMASA GANADERA.

Este sector es con diferencia el más costoso de todos ya que la gran cantidad de biomasa que produce nos lleva hasta el valor de 60.318.753€. Destacamos el ganado porcino en el GAL Integral (26.673.880€) y en el gal Campoder (12.532.255,80€).

GAL	Especie ganadera predominante	Nº de cabezas	Coste total (€/cabeza)	Coste anual (€/año)
Nordeste	Porcino	40157	38,82	1558894,74
	Avícola	611249	4,63	2830082,87
	Caprino	23950	27,04	647608
Campoder	Porcino	463471	27,04	12532255,80
	Avícola	826540	3,14	2595335,60
	Ovino	74547	11,82	881145,54
Vega del Segura	Avícola	15354	5,55	85214,70
	Ovino	5203	20,86	108534,58
	Caprino	3110	32,4	100764
Integral	Porcino	782914	34,07	26673880
	Avícola	2257773	3,96	8940781,08
	Ovino	225789	14,9	3364256,10
TOTAL				60318753

Tabla 21. Coste anual de la recogida y transporte de la biomasa ganadera.

3.1.4. COSTE ANUAL.

El coste total, en el caso de que se recogiera toda la biomasa de los GAL estudiados en la Región de Murcia ascendería a 88.855.336,20€.

Coste total en la Región de Murcia (€/año)	
Biomasa agrícola	17924558,20
Biomasa forestal	10612025
Biomasa ganadera	60318753
TOTAL	88855336,20

Tabla 22. Coste anual.

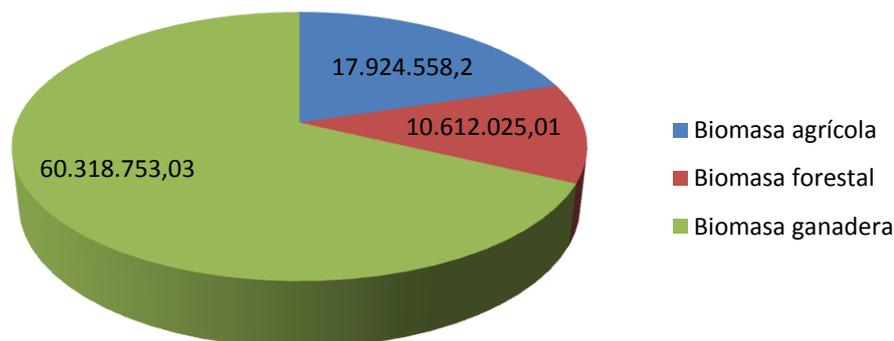


Gráfico 5. Coste total anual (€).

3.2. AHORRO PARA EL USUARIO FINAL, EL 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, apreciándose que las potenciales fuentes de energía, para los territorios GAL analizados, son el Gasóleo, el Gas Natural y la biomasa procedente de pellets.

Para el análisis del ahorro del usuario final, en base al consumo de sistemas de calefacción y refrigeración en función del combustible y tipo de caldera por kW instalado,

suponiendo una demanda de 1kW (calefacción) y 100 fg/h (refrigeración) se ha considerado el poder calorífico de cada uno de los combustibles según AVEBIOM (2008), y según mercado para gasóleo (PETROMERCADO, 2016), y pellets (AVEBIOM, 2014), el ciclo de trabajo de la caldera será 16h/día, 6 días a la semana, y 3 meses al año. En ningún caso se ha considerado el IVA.

Según estos criterios, los costes asociados a cada uno de los combustibles son descritos en la tabla que se observa a continuación. 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.

Combustible	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa
Tipo	Convencional	Convencional	Pellets
Poder Calorífico (kcal/kg)	10.000		4.041
Poder Calorífico (kcal/m3)	8,30	8.598	
Poder Calorífico (kWh/kg)	11,63		4,70
Densidad aparente (kg/l)	0,85		0,68
Precio (€/l)	1,11		
Precio (€/kg)	1,30		0,25
Precio (€/kWh)	0,11	0,057	0,054
Rendimiento	0,8	0,80	0,90
Carga térmica a satisfacer (kW)	1	1	1
Funcionamiento de la caldera (h/año)	1.152	1.152	1.152
Consumo anual (kWh/año)	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
Coste variable (€/año)	162	83	69
Coste total (€/año)	162	149	69
Ahorro respecto gasóleo (€/año)		13	92
Ahorro respecto gasóleo (%)		7,92	57,08

Tabla 23. Coste del consumo de sistemas de calefacción en función del combustible empleado.

Combustible	Compresión			Absorción		
	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa
Tipo	Convencional	Convencional	Pellets	Convencional	Convencional	Pellets
Poder Calorífico (kcal/kg)	10.000	-	4.041	10.000	-	4.041
Poder Calorífico (kcal/m ³)	8,30	8,60	-	8,30	8,60	-
Poder Calorífico (kWh/kg)	11,63	-	4,70	11,63	-	4,70
Densidad aparente (kg/l)	0,85	-	0,68	0,85	-	0,68
Precio (€/l)	1,11	-	-	1,11	-	-
Precio (€/kg)	1,30	-	0,25	1,30	-	0,25
Precio (€/kWh)	0,11	0,057	0,054	0,11	0,057	0,054
Ratio energía eléctrica/energía térmica	0,2	0,2	0,23	-	-	-
Pérdidas red eléctrica	0,1	0,1	0,1	-	-	-
Rendimiento caldera	-	-	-	0,8	0,8	0,9
Pérdidas en tubería	-	-	-	0,05	0,05	0,05
COP	2,5	2,5	2,5	1,1	1,1	1,1
Carga frigorífica a satisfacer (fg/h)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Funcionamiento de máquina frigorífica (h/año)	1.152	1.152	1.152	1.152	1.152	1.152
Consumo anual (fg/año)	1.152.000	1.152.000	1.152.000	1.152.000	1.152.000	1.152.000
Consumo de energía primaria (KWh/año)	2976,74	2976,74	2588,47	30443,97	30443,97	27061,31
Consumo de combustible (l)	301,12	-	809,91	3079,66	-	8467,24
Consumo de combustible (kg)	255,95	-	550,74	2617,71	-	5757,73
Término fijo (€/año)	0	66	0	0	66	0
Coste variable (€/año)	334,25	214,47	137,68	3403,02	2193,45	1439,43
Coste total (€/año)	334,25	280,47	137,68	3403,02	2259,45	1439,43
Ahorro respecto gasóleo (€/año)	-	53,78	196,56	-	1143,58	1963,59
Ahorro respecto gasóleo (%)	-	16,09	58,81	-	33,60	57,70

Tabla 24. Coste del consumo de sistemas de calefacción en función del combustible empleado.

3.3. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.

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 10 kW, los kg de CO₂ y CO₂ equivalente se muestran a continuación así como la cantidad de CO₂ y CO₂ equivalente que se podría evitar convirtiendo una caldera de gasoil o de gas natural en una que utilice pellets. Además, también se ha estimado el valor del CO₂ evitado, considerando que la cotización media del CO₂, en 2015, es de 7.68 €/t (SENDEC02, 2015). Estos vienen recogidos en la tabla 25. son los siguientes:

Combustible	Emisiones		Emisiones evitadas usando pellets		Valor del ahorro €/MWh
	CO ₂ (kg/MWh)	CO ₂ eq (kg/MWh)	CO ₂ (kg/MWh)	CO ₂ eq (kg/MWh)	
Pellet	26,7	29,38	-	-	-
Gasoil	315,82	318,91	289,12	289,53	2,22
Gas Natural	233,96	257,72	207,26	228,34	1,59

Tabla 25. Emisiones de CO₂ según el tipo de combustible, CO₂ evitado por la utilización de pellets y valor de CO₂ evitado..

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 selvicultura necesarias para el mantenimiento de los bosques. Además, el interés económico de la biomasa incentiva el incremento de la superficie forestal.

Por otro lado, 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.

3.4. REFERENCIAS

- Anuario Estadístico de la Región de Murcia, cosecha 2013.
- AVEBIOM, 2008. Manual de combustibles de madera. Asociación Española de valorización energética de la biomasa.
- AVEBIOM, 2014. Índice Precio Medio de Pellets de Madera. Asociación Española de valorización energética de la biomasa.
www.avebiom.org
- *"Biomasa forestal en Andalucía2. Procesos de extracción y costes"*, publicado por la junta de Andalucía en 2012.
- Centro Regional de Estadística de Murcia, 2012-2013. Consumos eléctricos por sectores regionales CREM.
www.carm.es/econet/
- Domínguez, 2003. Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra.
- AUMA, 2012. Estudio de demanda energética de Cantabria.
- Fernández, 2003. "Energía de la biomasa", "Energías renovables para el desarrollo".
- IDAE, 2005. Plan de Energías Renovables, 2005-2010. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- IDAE, 2007. Principales experiencias del aprovechamiento de la biomasa sólida realizadas recientemente en España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- IDAE, 2011. Plan de Energías Renovables. Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020.

www.idae.es

- INE, 2011. Instituto Nacional de Estadística. Consumos energéticos en España 2014.

www.ine.es

- IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change.
http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Junta de Andalucía, 2008.
- LUCDEME. Proyecto de Lucha contra la Desertificación en el Mediterráneo.
- MAGRAMA, 2014. Cálculo de los costes de utilización de aperos y máquinas agrícolas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para maquinaria agrícola para 2008.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anuario de Estadísticas Forestales 2012.
- 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 al área definida por Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor.
- Pérez, 2011. Cuantificación de la biomasa forestal mediante Sig y aplicación para usos energéticos.
- PETROMERCADO, 2016. Precio actualizado de combustibles.
www.petromercado.com
- Proyecto LEADER, 2007-2013.
- Proyecto PROFORBIOMED.
- Registro de empresas del sector de los transformados de frutas y hortalizas de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia 2014.
- SENDEC02, 2015. Sistema Electrónico de negociación de derechos de emisión de dióxido de carbono.
www.sendeco2.com

