

CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA FORESTAL MEDIANTE SIG Y APLICACIÓN PARA USOS ENERGÉTICOS. RESULTADOS PARA BADAJOZ.

Carmen Pérez

Agencia Extremeña de la Energía.

Fernando López

Antonio Ruiz

Francisco Cuadros

Universidad de Extremadura.

Abstrac

The availability of biomass in amount, quality, price and continuity, is a common problem to the accomplishment of any project of power use of the same, consequence of a null market of the biomass.

The objective of the present study was to quantify, map, and investigate the energy potential of the biomass of the residue from the most representative forestry species of the west-central region of Spain (Badajoz).

Finally, an analysis is realised, search optimal locations of plants for the valuation or use energetics of the biomass. This analysis has allowed to define a series of locations for these plants and an area of storing, for which the costs of harvesting and transport of the biomass to the plant, have been calculates. In the process they have been had in whichever factors like the slope of the land and the distance to the transport networks.

The results obtained for the province of Badajoz, complement to calculated in previous works for the province of Cáceres, so that results for the totality of the community of Extremadura are completed.

Keywords: *biomass; GIS; bioenergy potential; resources maps*

Resumen

La disponibilidad de biomasa en cantidad, calidad, precio y continuidad, es un problema común a la realización de cualquier proyecto de uso energético de la misma, consecuencia de la inexistencia de un mercado del recurso de biomasa.

El objetivo de este trabajo es cuantificar y cartografiar la producción energética potencial de biomasa residual procedente de las especies forestales más representativas de la región centro de España (Badajoz), utilizando como herramienta informática un SIG.

Finalmente se realiza un análisis consistente en buscar puntos óptimos para la ubicación de plantas para la valorización o utilización energética de la biomasa. Dicho análisis ha permitido definir una serie de ubicaciones para estas plantas y un área de acopio, para la cual se calculan los costes de recolección y transporte de la biomasa a la planta. En el proceso se han tenido en cuenta factores como la pendiente del terreno, densidad superficial y distancia a las redes de transporte.

Palabras clave: biomasa; SIG; potencial energético; mapas de recursos.

1. Introducción

Este estudio se ha llevado a cabo con el doble objetivo de disponer de herramientas para la planificación y ordenación de los recursos energéticos en el territorio, y promover el conocimiento de los potenciales de fuentes de energías renovables que permitan la diversificación del abastecimiento energético.

La utilización de un sistema de información geográfica (en adelante SIG), ha permitido trabajar con una base de datos georreferenciada, con lo que los resultados obtenidos han podido ser cartografiados. También ha permitido tener en cuenta consideraciones de tipo medioambiental y económico que hoy en día restringen el aprovechamiento de la biomasa de origen residual.

La herramienta SIG ha permitido utilizar y combinar diferentes fuentes de datos necesarias para realizar la cuantificación de la biomasa y de su potencial energético en la zona de estudio de una manera fiable y actualizable. Se ha trabajado con diversas bases de datos georreferenciadas que han permitido, por un lado manejar un gran volumen de datos y realizar cálculos numéricos con ellos, y por otro, cartografiar los resultados obteniendo mapas de distribución de las distintas variables estudiadas.

Las variables estudiadas han sido principalmente la **cantidad de biomasa** disponible para uso energético por un lado y su **potencial energético** por otro. Se ha introducido una tercera variable muy significativa para determinados análisis que es la **densidad energética**. El proceso de cálculo consta de tres etapas fundamentales: En primer lugar, se determina la superficie disponible en función de diversos condicionantes de tipo técnico y ambiental. En segundo lugar se calculan las cantidades anuales generadas de biomasa, y posteriormente, habiendo procedido a su caracterización energética, se determina su potencial.

El cálculo de las cantidades de residuos, se basa en un parámetro que se ha llamado estimador de residuo, que puede definirse como la cantidad de biomasa aprovechable para uso energético generada anualmente por una determinada especie forestal. Por tanto variará en función de la especie forestal que se trate. Los estimadores de residuos utilizados para cuantificar la biomasa han sido obtenidos siguiendo una metodología propia.

Los resultados obtenidos para la provincia de Badajoz, completan a los ya calculados en trabajos anteriores para la provincia de Cáceres (López et al. 2009), de manera que se extiende el estudio para la totalidad de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

2. Fuentes de datos.

En la realización de este estudio se han manejado diferentes fuentes de información cartográficas y alfanuméricas. Las principales fuentes utilizadas han sido:

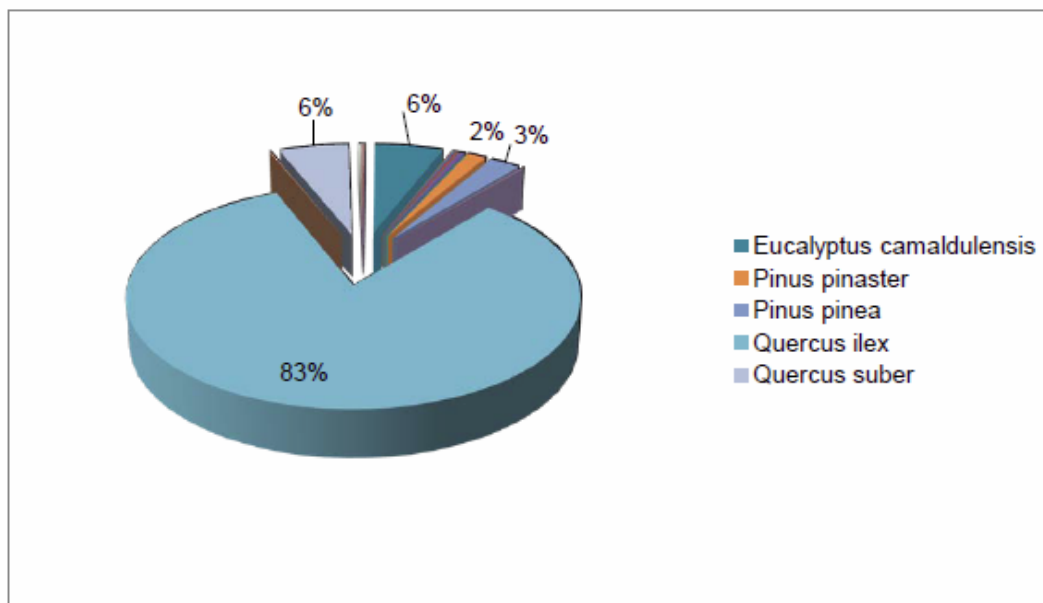
- Tercer Inventario Forestal Nacional en versión digital para la provincia de Badajoz (IFN3).
- Modelo digital del terreno con paso de malla 5 metros, cobertura 2005-2006 de Extremadura. Dirección General de urbanismo y ordenación del territorio. Consejería de Fomento. Junta de Extremadura..
- Mapa de comunicaciones de la provincia de Badajoz. Diputación de Badajoz.
- Mapa de municipios de la provincia de Badajoz. Diputación de Badajoz.

- Mapa de mancomunidades de la provincia de Badajoz. Diputación Badajoz.

3. Metodología

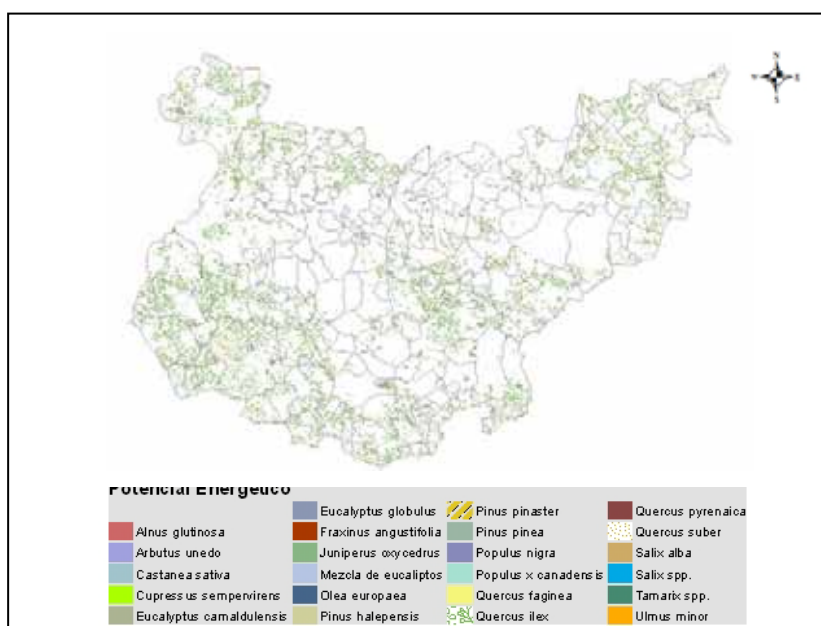
En la aplicación de la metodología, descrita en esta sección, se han considerado las especies y grupos de especies forestales consideradas en el IFN3 para la provincia de Badajoz, siendo las más representativas las siguientes: 1) *Quercus ilex*, 2) *Quercus suber*; 3) *Eucalyptus camaldulensis*. 4) *Pinus pinea*. 5) *Pinus pinaster*. En la figura 1., se muestra la distribución porcentual de las especies forestales consideradas.

Figura .1. Reparto de especies forestales en la provincia de Badajoz



En la figura 2 se muestra la distribución espacial de especies del IFN3:

Figura .2. Distribución espacial de especies forestales según el IFN3.



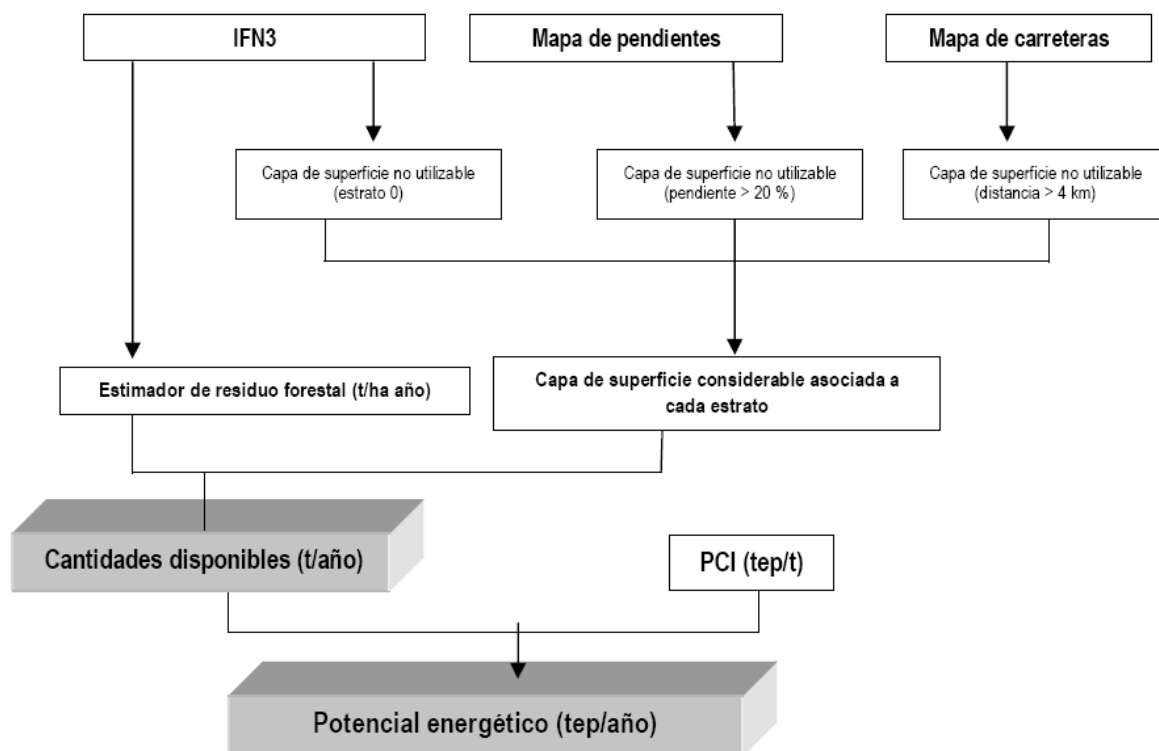
3.1 Determinación de las superficies susceptibles de aprovechamiento.

Como se ha establecido anteriormente, la metodología para determinar la cantidad anual de biomasa residual o residuo que producen las masas forestales, y por tanto la cantidad de combustible potencial para la generación de energía, implica determinar, en primer lugar los siguientes datos:

- Superficie (ha) ocupada por el estrato que va a generar dicho residuo.
- Superficie susceptible de aprovechamiento en función de condicionantes técnicos.

Para determinar estos dos factores con el apoyo del SIG ha sido necesario el empleo de la información contenida en el IFN3 (ficheros en formato e00) correspondiente a la provincia de Badajoz. Toda la metodología seguida se puede ver esquematizada en la figura 3.

Figura 3. Organigrama general para la estimación del potencial energético de la biomasa forestal.



La superficie ocupada por estrato se obtiene de IFN3, eliminándose el estrato 0, por no ser de origen forestal (ríos, pueblos, carreteras, etc.)

Como ya se ha mencionado anteriormente, se pretenden integrar en el estudio consideraciones de tipo medioambiental y económicas que a día de hoy limitan el aprovechamiento de la biomasa residual derivada de las superficies forestales. En este sentido, no se debe proceder a la extracción de la biomasa residual en zonas de elevadas pendientes, ni en zonas con dificultades de acceso o alejadas de la red de carreteras.

Por estas razones se ha desestimado la extracción de biomasa residual en pendientes superiores al 20 % puesto que, además de no ser económicamente viable, se evitan los

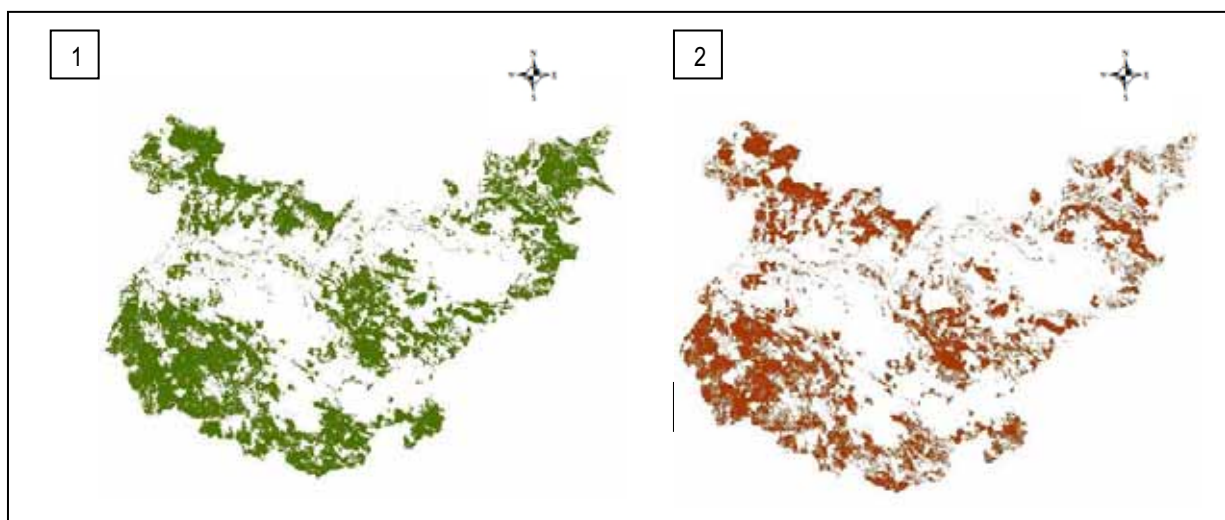
problemas de erosión y pérdida de suelo. Para determinar la superficie de la provincia de Badajoz con pendiente inferior al 20 % se ha procedido de la siguiente forma:

1. Partiendo de la capa de pendientes de la zona, se realiza una reclasificación de la misma. Se asigna el valor de 1 a las zonas con pendiente inferior a 20 % y de 0 a las zonas de pendiente superior.
2. Se unen todas las capas de pendientes inferiores al 20% que se han obtenido con el molde de la zona por medio del SIG.
3. Mediante el empleo de estos campos identificadores, que aparecerán en la capa final, se seleccionan aquellos polígonos que cumplen todos los criterios establecidos y se genera una nueva capa donde aparecen todas las áreas disponibles.
4. Se "recorta" la capa con toda la superficie forestal susceptible de producir biomasa forestal, es decir la procedente del IFN3, con la capa de superficies disponibles en toda la zona.

Para utilizar únicamente la biomasa residual procedente de zonas cercanas a las vías de comunicación, se ha procedido a determinar una capa de aptitud donde aparezcan las zonas preferentes en función de su cercanía a carreteras y caminos. El criterio de proximidad utilizado ha sido seleccionar las zonas a menos de 4 km de vías de comunicación.

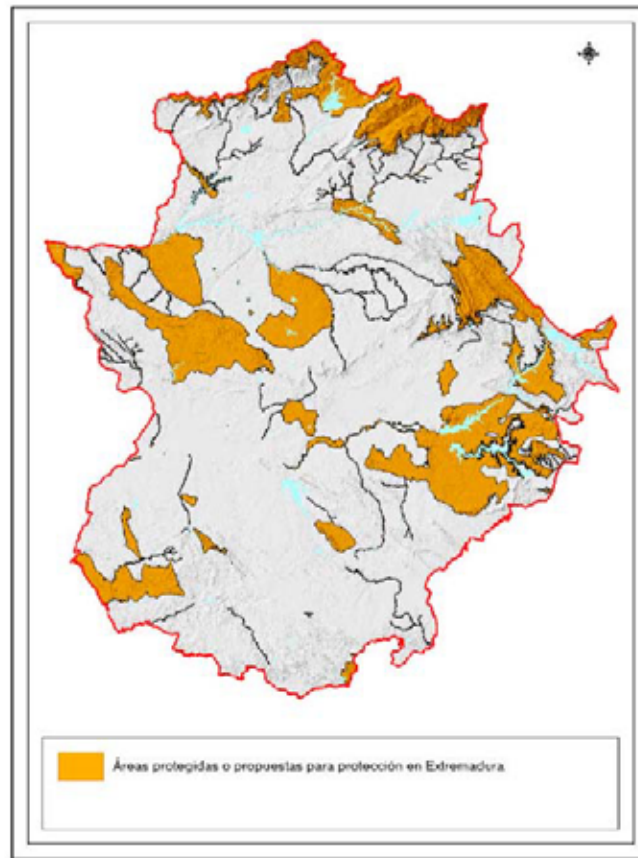
El resultado de estos procesos se muestra en la figura 4, resaltándose en verde oscuro la superficie forestal (mapa 1) y en marrón la que realmente puede ser utilizada teniendo en cuenta los criterios anteriormente expuestos (mapa 2).

Figura 4. 1) Superficie forestal. 2) Superficie real disponible



El no contabilizar la superficie ocupada por espacios naturales protegidos pertenecientes a la Red Natura, mostrada en la figura 5, supondría una fuerte restricción. Hay que señalar al respecto, que los aprovechamientos de carácter forestal y la realización de tratamientos selvícolas, están permitidos en la mayoría de estas zonas. Por estos motivos, en una primera aproximación a la estimación del potencial de la biomasa forestal en la provincia, sí se ha considerado la biomasa de estos espacios.

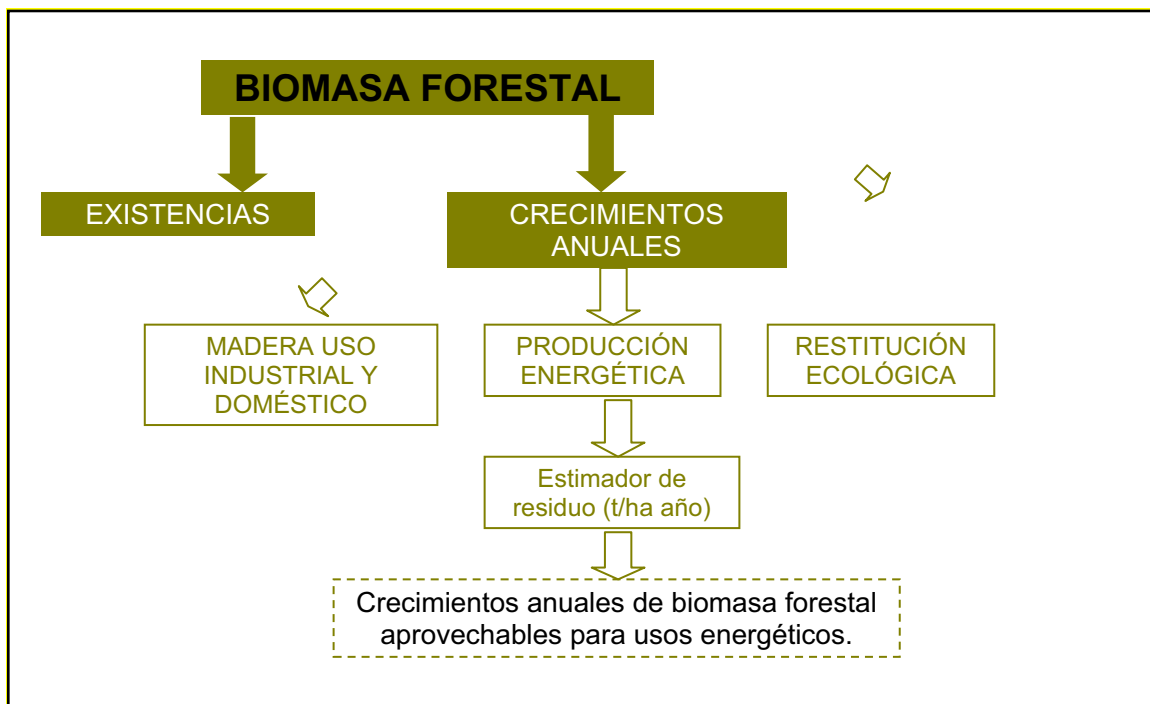
Figura 5. Áreas protegidas o propuestas para la protección en Extremadura



3.2. Determinación de las cantidades de biomasa forestal disponibles

Entenderemos el término biomasa forestal en su sentido más amplio, es decir la totalidad de la masa forestal en un momento determinado. Se divide en existencias e incrementos anuales. Las existencias son las cantidades de biomasa que hay en el momento en que se realiza el inventario forestal. No son consideradas para el cálculo del potencial, por cuestiones de sostenibilidad ambiental, de forma que sólo se considerarán los crecimientos anuales. El destino de estos crecimientos se ha dividido en tres tipos: madera de uso industrial y doméstico, teniendo en cuenta el destino tradicional de la biomasa forestal, producción energética, y restitución ecológica teniendo en cuenta la función de los montes como sumideros de CO₂ y la contribución de las hojas a la restitución del suelo. En la figura 6 se esquematizan los diferentes tipos de biomasa forestal.

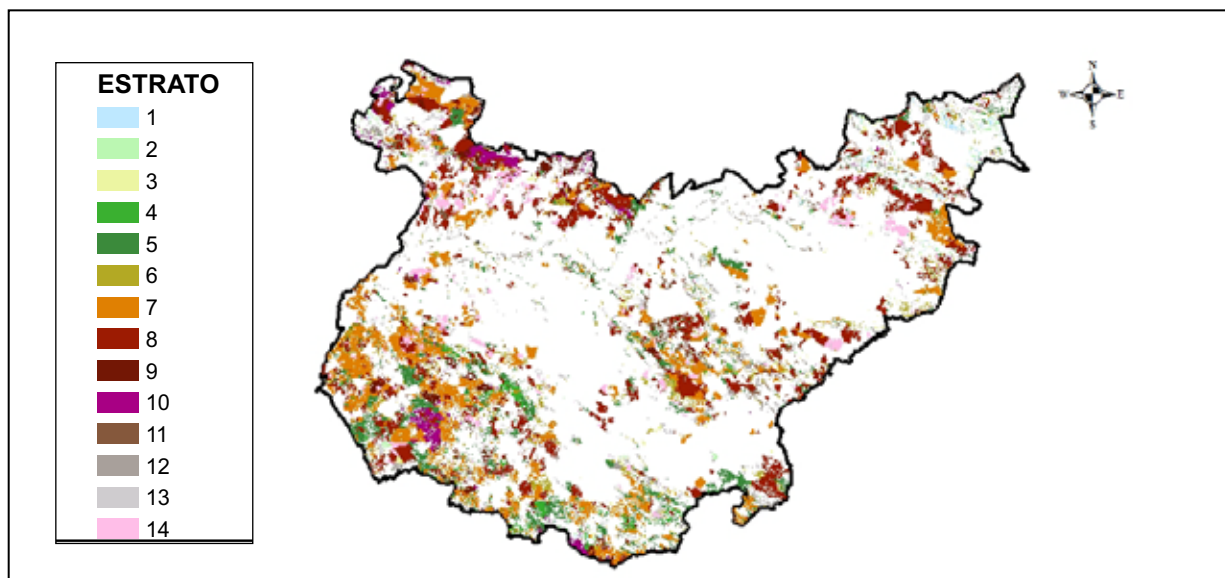
Figura 6. Destinos de la biomasa forestal



Las fracciones fuste y ramas gruesas están destinadas, de manera general, a la producción de madera de uso industrial; por otro lado las hojas deben dejarse sin recoger de manera que contribuyan a la restitución ecológica del suelo. Teniendo en cuenta estas consideraciones, tomaremos para la cuantificación de la biomasa disponible para uso energético, únicamente las ramas inferiores a 7 cm, a excepción del eucalipto, para el que se han cuantificado todas las fracciones ya que están permitidas las cortas a hecho y no tiene otros usos sustitutos en la actualidad en nuestra región.

La metodología seguida se basa en el cálculo de los incrementos anuales de biomasa forestal correspondiente a las ramas inferiores a 7 cm, lo que en este trabajo se ha definido como estimadores de biomasa forestal. Los cálculos y los resultados se agrupan por estrato. Un estrato es un caracterizador del tipo de vegetación arbórea del recinto, según las especies presentes, sus estados de masa y fracción de cabida cubierta arbórea. Por tanto, se trata de un grupo estadísticamente homogéneo en cuanto a la variable principal a estimar en este trabajo, que es la cantidad de biomasa generada anualmente. La información cartográfica en la que aparece la superficie forestal clasificada por estratos, ha sido fundamental para determinar la superficie ocupada por cada especie, permitiendo distinguir el estado en que se encuentran las distintas masas de cada especie, y por tanto calcular la biomasa que generaría. En la figura 7 se muestra la distribución geográfica de estratos en la provincia de Badajoz.

Figura 7. Distribución de estratos en la provincia de Badajoz.



El método se basa en el desarrollo de un modelo logarítmico que relaciona el diámetro normal del árbol con la biomasa seca total o de alguna de sus fracciones, propuesto por en por Montero en una de sus publicaciones (Montero et al, 2005). Este modelo tiene la forma:

$$\ln B = a + b \ln (D_n) \quad (1)$$

Donde, B es la biomasa de cada fracción, en kilogramos de materia seca, D_n el diámetro normal ¹, en centímetros, y a, b = parámetros de la regresión.

El modelo logarítmico simplifica los cálculos y suele incrementar la bondad del análisis estadístico. Sin embargo la transformación logarítmica introduce un sesgo. Para la eliminación de este sesgo el resultado final debe multiplicarse por un factor de corrección, calculado a partir del error estándar de la estimación.

Los parámetros a y b, y el factor de corrección del sesgo toman distintos valores en función de la especie considerada.

El incremento anual de biomasa se determina de acuerdo con la expresión (2). La diferencia de biomasa seca entre dos años consecutivos proporciona el incremento de peso anual por cada fracción de biomasa por especie y clase diámetrica.

$$IB=f(D_n + ID_n)- f (D_n) \quad (2)$$

Siendo IB el Incremento anual de biomasa en kg de materia seca, D_n el diámetro normal en cm, e ID_n el Incremento anual del diámetro en cm.

¹ La medida utilizada para determinar el diámetro de los árboles en pie, es el diámetro a la altura del pecho, también llamado, diámetro normal. El diámetro normal es medido a 1,30 metros sobre el nivel medio del suelo, sobre la corteza.

Los incrementos de las diferentes fracciones de biomasa anuales en kg de materia seca por árbol, para cada especie y clase diámetro, se han obtenido a través de una aplicación propia en Excel, partiendo de las ecuaciones expuestas anteriormente. En la tabla 1 se muestran a modo de ejemplo estos resultados para la especie *Pinus pinaster*.

Tabla 1. Incrementos anuales de biomasa por especie y clase diámetro (kg/árbol)

CD (cm)	Incremento de las diferentes fracciones de biomasa (kg/árbol)	
	Ramas	
	Ramas 2 - 7 cm	Ramas < 2 cm
5	0,00	0,07
10	0,44	0,25
15	0,47	0,54
20	0,31	0,82
25	0,43	1,08
30	0,58	1,39
35	0,71	1,63
40	0,92	2,03
45	1,08	0,60
50	1,28	2,67

Aplicando estos valores a las cantidades de pies por hectárea (árbol/ha) recogidas en el IFN3 de la provincia de Badajoz, se obtienen los estimadores de biomasa forestal residual (y) para cada estrato, que representan el incremento anual de biomasa para uso energético y que se recogen en la tabla 2 (t/ha ms). Estos estimadores son anuales puesto que se han obtenido a partir de los incrementos anuales de biomasa por especie y clase diámetro.

Los estimadores calculados se utilizan para cartografiar los resultados con el sistema de información geográfica, mediante la asignación de los mismos a un área de influencia (tesela²).

²Tesela: recinto unitario en cuyo interior hay un cierto tipo de cubierta vegetal, diferente al que le rodea. El tamaño de las teselas es variable, siendo el valor mínimo de 2,5 ha

Tabla 2. Estimadores de biomasa residual forestal seca (t/ha) en función del estrato y la especie dominante

ESTRATO	ESPECIE DOMINANTE	(y) (t/ha)
01	<i>Pino pinea y Pinus pinaster</i>	1.035
02	<i>Pino pinea y Pinus pinaster</i>	0.462
03	<i>Quercus ilex y Quercus suber</i>	0.172
04	<i>Quercus ilex con otras frondosas</i>	0.443
05	<i>Quercus ilex</i>	0.235
06	<i>Quercus ilex</i>	0.833
07	<i>Quercus ilex</i>	0.398
08	<i>Quercus ilex</i>	0.165
09	<i>Quercus suber y Quercus ilex</i>	0.517
10	<i>Quercus suber</i>	0.258
11	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7.453
12	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4.893
13	Matorral	0.115
14	<i>Quercus ilex</i>	0.202

Para contabilizar únicamente la biomasa forestal disponible, se ha utilizado el área de cada tesela² en donde se han descontado las zonas con pendiente superior al 20 % o situadas a más de 4 Km de carreteras y pistas.

Una vez tenemos los estimadores, las cantidades anuales disponibles pueden ser obtenidas mediante la ecuación 3.

$$Q_{av} = \sum_n A_n y_n \quad (3)$$

donde:

Q_{av} Cantidades anuales de biomasa seca disponibles en la tesela n. (t)

A_n Superficie susceptible de aprovechamiento en la tesela n (ha)

y_n Estimador anual de residuo, indicador de la cantidad anual de biomasa que puede ser utilizada para producción de energía en t/ha, en función de la especie dominante en la tesela (Tabla 2).

Para obtener la cantidad total de biomasa disponible en la provincia de Badajoz, basta con sumar las cantidades disponibles en cada tesela, utilizando para ello la base de datos del SIG.

Finalmente, para determinar las cantidades de biomasa disponibles, mediante el SIG, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Importación a la tabla de atributos de la capa de superficie susceptible de aprovechamiento de los datos de la tabla que contiene la información de estimadores (tabla 1). para ello se realiza un "joint" entre ambas tablas utilizando para ello el campo común "estrato"
2. Cálculo de las cantidades, operando en la base de datos del sistema de información geográfica..
3. Representación gráfica de los datos

Hay que insistir en que los criterios adoptados para cuantificar la biomasa generada anualmente para uso energético han sido elegidos desde el punto de vista de la sostenibilidad del recurso a lo largo del tiempo, siendo por tanto los resultados conservadores.

3.3. Cálculo del potencial energético

El potencial energético puede definirse como la producción de energía a partir de la biomasa procedente de los residuos que se están considerando en este estudio. El potencial teórico representa la cantidad total de restos de selvicultura generados en una región por las especies seleccionadas que puede ser usada con fines energéticos, y se puede considerar como el límite superior de energía que puede obtenerse de este tipo de residuos. El potencial disponible es definido como la energía contenida en la biomasa que puede ser técnica y económicamente usada con fines energéticos.

La expresión utilizada para determinación del potencial energético disponible de la biomasa residual forestal es la mostrada en la ecuación (4).

$$P_{av} = Q_{av} \times PCI \quad (4)$$

donde:

P_{av} Potencial energético disponible (tep)

Q_{av} Cantidades anuales de materia seca disponibles.

PCI Poder calorífico inferior (tep/t)

Una vez que se dispone de las cantidades de biomasa, para determinar el potencial energético basta con obtener el producto de la columna de la tabla de atributos que contiene las cantidades anuales por la que contiene los poderes caloríficos inferiores por especie, de acuerdo con la expresión (4). El resultado será un nuevo campo que contendrá los valores del potencial energético para cada elemento de la tabla en tep/año. El potencial disponible es definido como la energía contenida en la biomasa que puede ser técnica y económicamente usada con fines energéticos.

En la tabla 3 se muestran los poderes caloríficos utilizados para determinar el potencial energético de las distintas biomásas estudiadas. De acuerdo con el poder calorífico en base seca, se calcula el potencial disponible.

Tabla 3. Poderes caloríficos de los residuos en estudio

<i>RESIDUOS BIOMÁSICOS</i>	<i>PCI bh MJ/kg</i>	<i>PCI bs MJ/kg</i>
<i>Restos de eucalipto</i>	14,96	15,97
<i>Restos de pino</i>	9,09	18,6
<i>Tarama de alcornoque</i>	13,6	16,9
<i>Tarama de encina</i>	14,33	17,58
<i>Tarama de roble</i>	13,1	16,6

4. Resultados obtenidos

El conocimiento de la localización de las cantidades de residuos que se generan resulta fundamental para proponer una vez estudiadas sus características energéticas un posible aprovechamiento energético de los mismos, o por el contrario descartar su utilización por ser inviable económicamente, puesto que la localización de los residuos nos determinará a su vez si pueden usarse en el lugar donde se han generado y los posibles costes de transporte.

La proximidad entre los puntos de generación y utilización de un residuo es uno de los factores fundamentales que van a determinar la viabilidad del posible aprovechamiento energético. Numerosos autores estiman que el recorrido límite que pueden realizar los residuos, entre el punto en el que se producen hasta el lugar en el que se eliminan no debe superar los 30 km, con objeto de asegurar la viabilidad de la propuesta.

El uso del SIG, permite la representación gráfica de los datos y la realización de posteriores análisis espaciales de modo que es posible determinar la repartición regional de los residuos, la manera en que se concentran o de que forma es posible concentrarlos.

Además de obtener la distribución geográfica de las variables estudiadas, se han obtenido los datos de cantidades de biomasa y potencial energético agrupados por municipios y mancomunidades. Las variables disponibles a nivel municipal o mancomunidad son:

1. Cantidad t/ms año por municipio.
2. Potencial energético tep/año por municipio y por mancomunidad.
3. Densidad energética municipal y mancomunal (tep/ha año).

La última de estas variables, la densidad energética, se define como la energía existente por unidad de superficie. Aporta una información muy significativa, y complementaria al potencial energético ya que permite conocer qué municipios concentran mayor potencial energético independientemente de la superficie que tengan.

Se ha elaborado una base de datos georreferenciada que contiene capas con toda la información disponible calculada. La información que es posible consultar en ella se muestra en los siguientes apartados.

4.1. Distribución geográfica de las variables estudiadas.

Con la superficie aprovechable y la información contenida en el IFN3 obtenemos el “**mapa de distribución geográfica de las especies forestales en la provincia de Badajoz**”, mostrado en la figura 2. Tomando la variable cantidades de la tabla de atributos

obtendremos el “**mapa de distribución geográfica de biomasa forestal para uso energético en la provincia de Badajoz**”, que se muestra en la figura 8. De igual modo se obtiene el mapa de distribución geográfica del potencial energético en la provincia de Badajoz, mostrado en la figura 9.

Figura 8. Distribución geográfica de cantidades biomasa forestal para uso energético en Badajoz”.

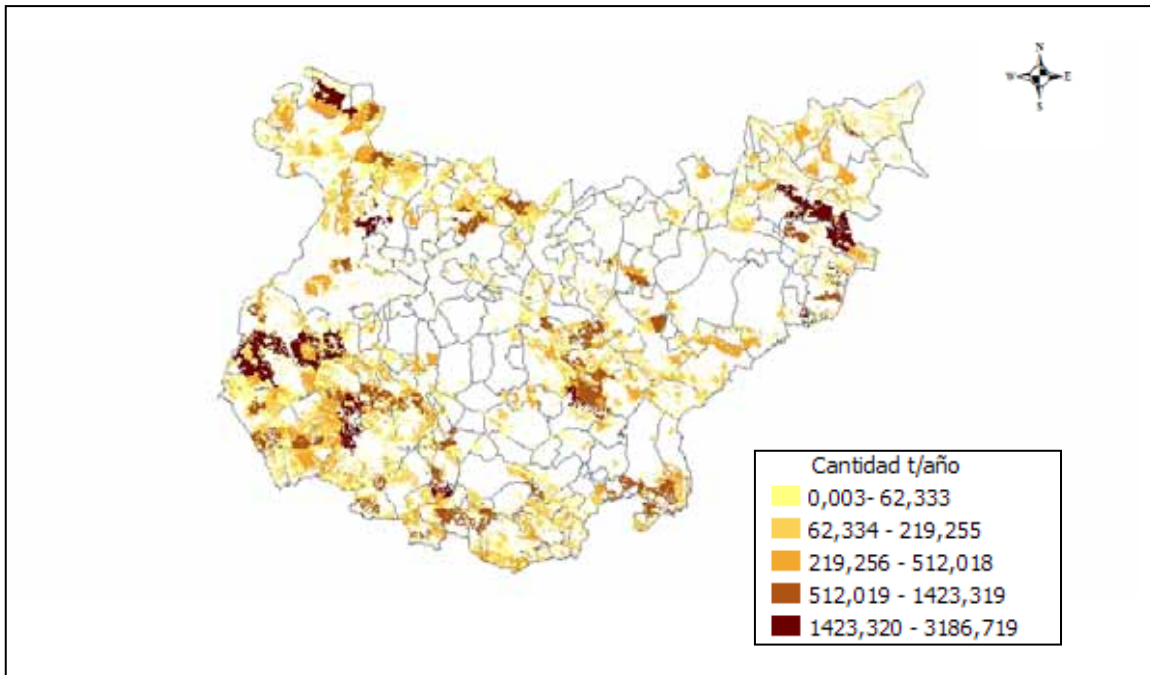
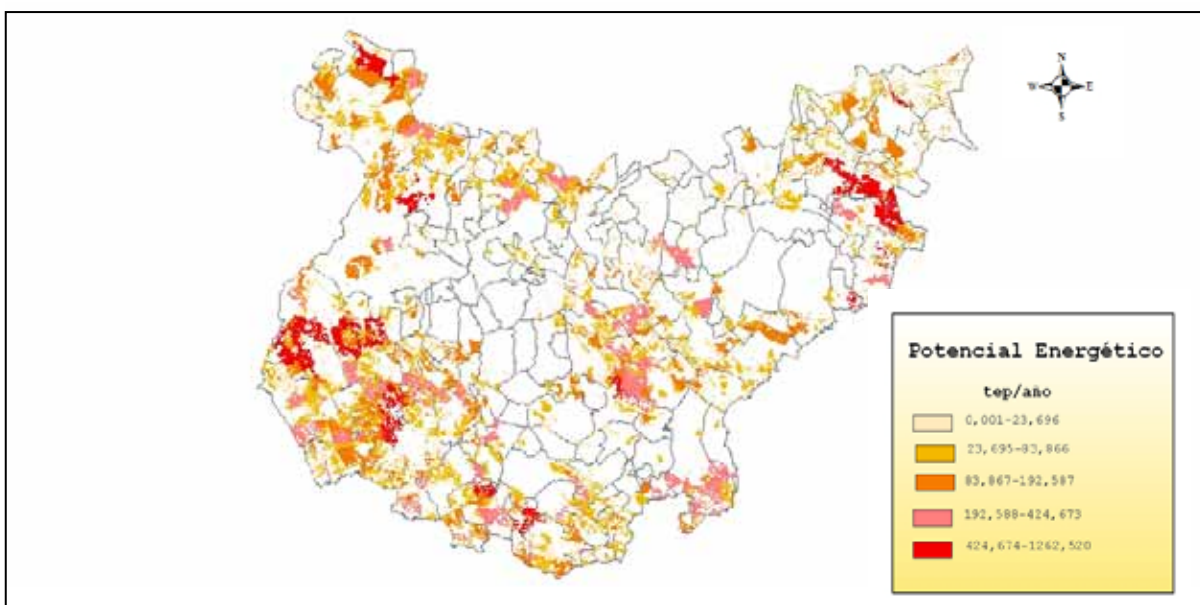


Figura 9. “Distribución geográfica del potencial energético en la provincia de Badajoz”,



4.2. Datos a nivel municipal

Utilizando las herramientas de gestión de datos del SIG y la información contenida en el mapa de municipios [5], las cantidades de biomasa en la provincia de Badajoz y su potencial energético se han agrupado en función del término municipal donde se generan. Así se obtienen los mapas que se muestran en las figuras 10 y 11.

Figura 10. Mapa de cantidades de biomasa por municipio.

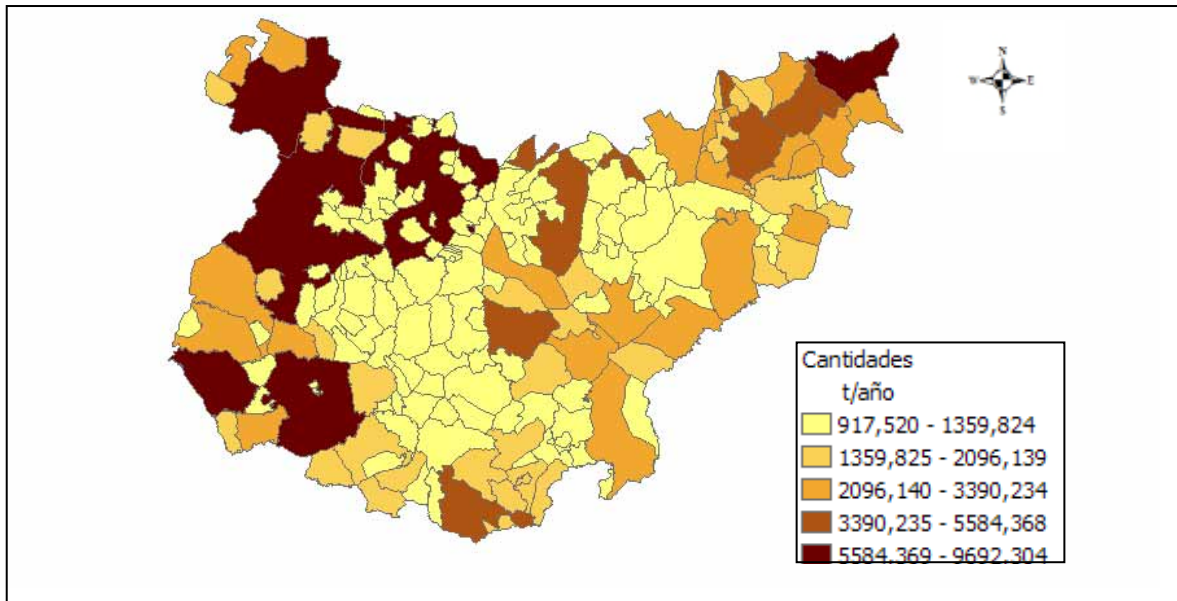
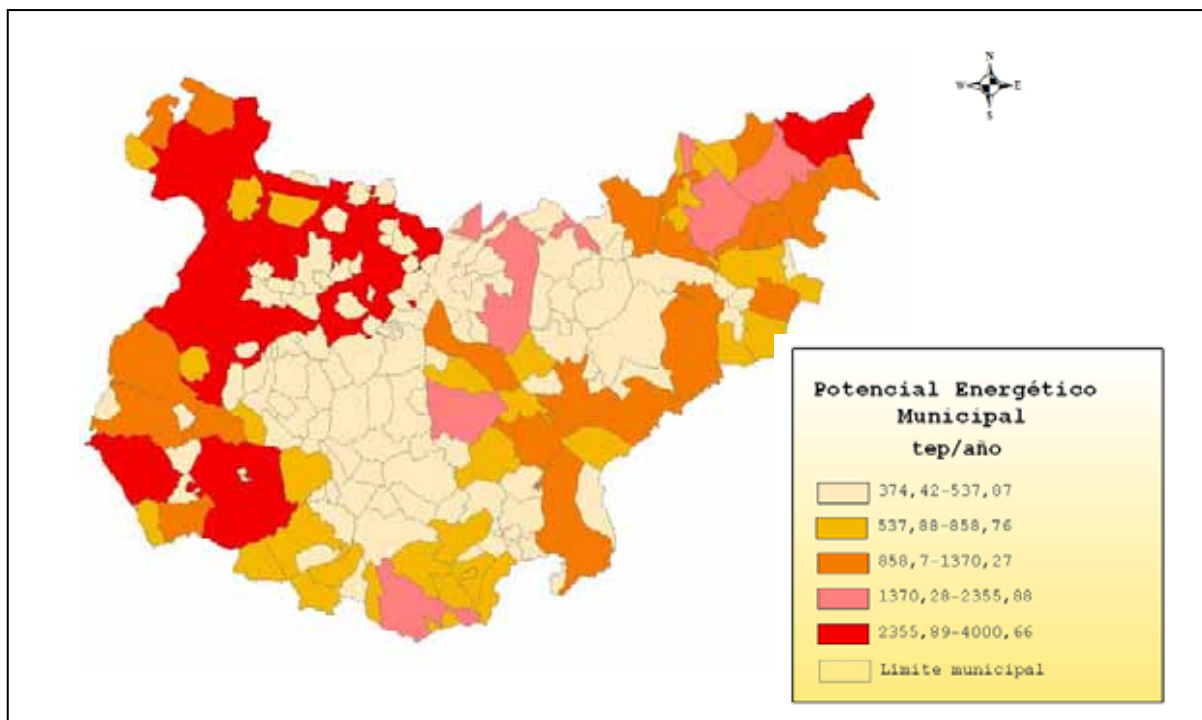
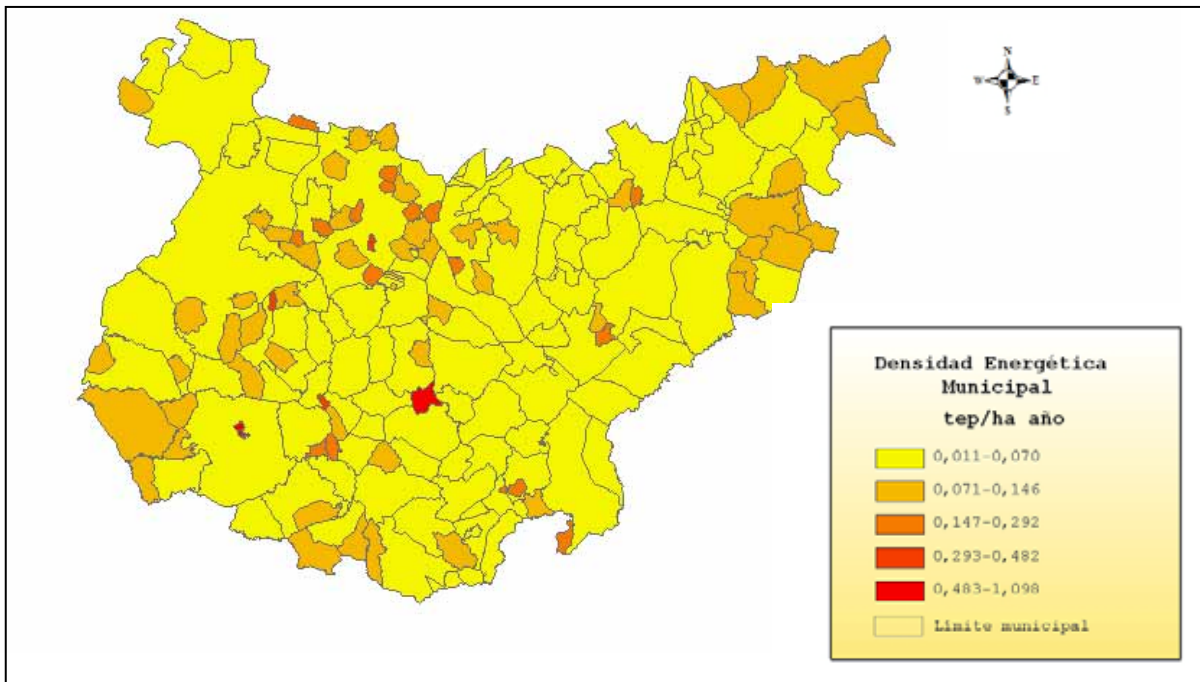


Figura 11. Mapa de potencial energético por municipio



Además se ha obtenido otro dato interesante a nivel municipal que es la densidad energética de cada municipio es decir la energía disponible por unidad de superficie. Representando gráficamente este dato se obtiene el mapa de densidad energética a nivel municipal, mostrado en la figura 13.

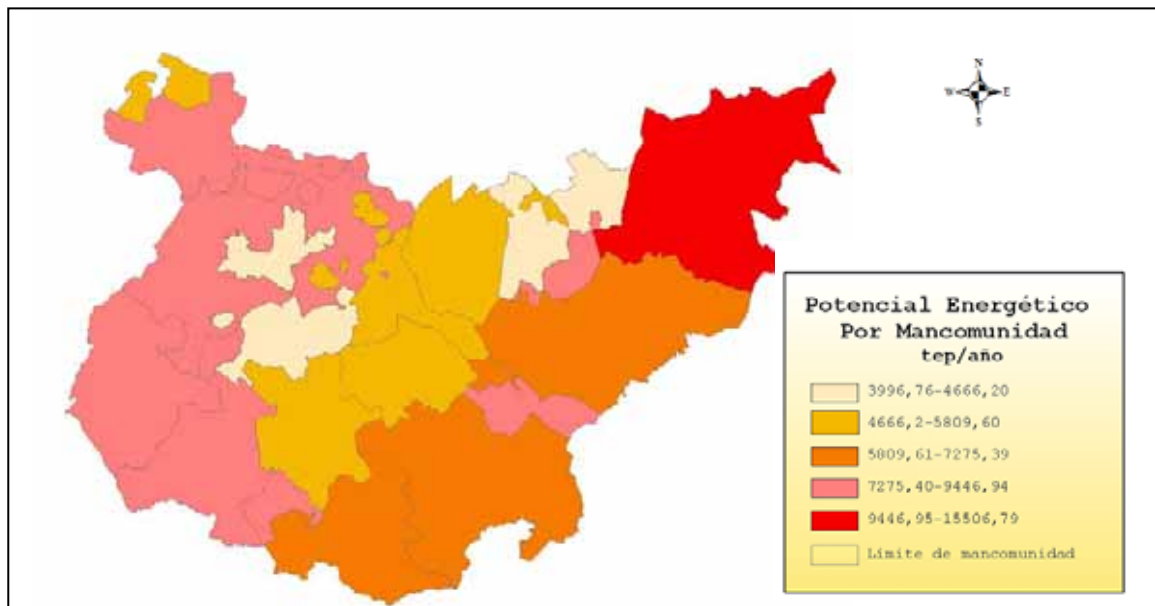
Figura 12. Mapa de densidad energética municipal.



4.3. Datos por mancomunidades

Tomando como base el mapa de mancomunidades de la provincia de Badajoz [6], las cantidades de biomasa en la provincia de Badajoz y su potencial energético se han agrupado en función de la mancomunidad en la que se encuentran. Así se obtiene el mapa mostrado en la figura 13.

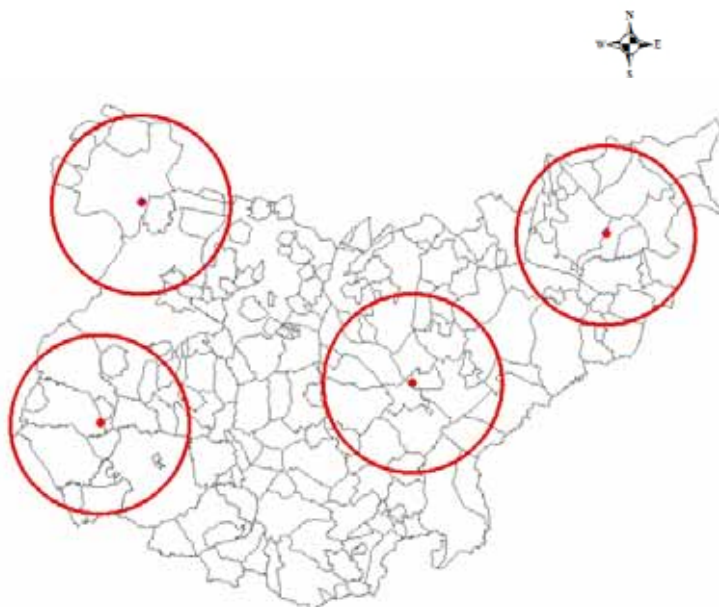
Figura 13. Mapa de potencial energético por mancomunidades.



5. Ubicación de plantas de producción de biocombustibles

Teniendo en cuenta lo expuesto en puntos anteriores, se ha utilizado el SIG para analizar la situación más idónea de plantas de producción de biocombustibles. Un análisis de los mencionados emplazamientos, en donde no se han considerado áreas en donde el potencial energético es bajo o existe falta de idoneidad de los terrenos por la orografía, pertenencia a espacios naturales protegidos, lejanía con vías de comunicación o ausencia de cauces de agua, ha permitido definir la ubicación óptima para dichas plantas, según se muestra en la figura 14.

Figura 14. Localizaciones óptimas para plantas de valorización de biomasa forestal.



Para definir estas ubicaciones se ha procedido a seleccionar los puntos alrededor de los cuales se da la máxima concentración de biomasa. Para ello se ha realizado un análisis de vecindad usando el SIG, con el que se efectúa la suma de las producciones de los píxeles que hay en la vecindad de un punto con un radio fijo alrededor del mismo teniendo en cuenta que, por motivos de costes las zonas de abastecimiento de biomasa deben establecerse en un radio no superior a los 30 km de la central (Pérez, 2010).

Se ha utilizado una malla cuyo píxel es de 100 m de lado (superficie de una hectárea) evaluándose las cantidades de materia seca al año alrededor de los puntos de malla.

Se han tenido en cuenta las zonas pertenecientes a Red Natura 2000, comprobando, mediante superposición de capas, que ninguna de las ubicaciones estuviese situada dentro de estas zonas. Las posibles ubicaciones de las plantas junto con la cantidad de biomasa disponible se pueden ver en la tabla

Se trata de las localidades de Alconchel, Higuera de la Serena, Alburquerque y Puebla de Alcocer.

Tabla 4. Ubicaciones de las plantas de producción de biocombustibles

Termino municipal	Cantidad de biomasa disponible t/año (radio de 30 km)
Alconchel	36.030
Higuera de la Serena	22.169
Alburquerque	29.436
Puebla de Alcocer	36.262

Estas cuatro localizaciones son todas ellas términos municipales bien localizados, cercanos a poblaciones cabeceras de comarca y con buenas comunicaciones, por lo que se pueden considerar puntos idóneos para la ubicación de plantas de valorización de biomasa forestal.

6. Conclusiones

Como conclusiones principales se pueden establecer las siguientes:

- Existe en la provincia de Badajoz un importante potencial biomásico, 274.335,36 toneladas de residuos forestales disponibles anualmente, lo que puede superar un potencial energético de 112.548 tep.
- Las cifras anteriores son cantidades potenciales, las cantidades reales dependerán de la frecuencia de realización de los tratamientos selvícolas que las generan. Corresponde a las Administraciones Públicas competentes realizar un plan forestal que permita intensificar en la medida de lo posible las labores de desmonte y selvicultura que actualmente viene realizando la Junta de Extremadura y la empresa o entidad que lo haga deberá contar con todos los permisos y autorizaciones para realizar la extracción.
- La sustitución del eucaliptos por especies autóctonas, tal y como considera la Junta de Extremadura que debe hacerse, puede ser otra fuente importante de biomasa para estas plantas objeto de estudio.
- Por último, se debe mencionar, que en función del desarrollo de las técnicas de aprovechamiento forestal y de la garantía de aprovisionamiento continuado y asegurado en términos de calidad, los residuos forestales contemplados en este trabajo podrían llegar a sustituir, al menos en parte, a los combustibles que hoy en día se utilizan.
- En la provincia de Badajoz se pueden encontrar hasta 4 localizaciones para plantas de valorización energética de biomasa forestal. Serán otras circunstancias y condiciones marcadas por el promotor tales como coste de los terrenos, disponibilidad de la mano de obra, etc, las que determinen el emplazamiento definitivo de la planta.

7. Referencias

Diputación de Badajoz. 2010. Mapa de comunicaciones de la provincia de Badajoz.

Diputación Badajoz. 2010. Mapa de mancomunidades de la provincia de Badajoz.

Diputación de Badajoz. 2010. Mapa de municipios de la provincia de Badajoz.

Dirección General de urbanismo y ordenación del territorio. Consejería de Fomento. Junta de Extremadura. 2010. Modelo digital del terreno con paso de malla 5 metros, cobertura 2005-2006 de Extremadura..

López Rodríguez, F., Pérez Atanet, C., Cuadros Blázquez, F., Ruiz Celma, A. (2009). Spatial assessment of the bioenergy potential of forest residues in the western province of Spain, Cáceres. *Biomass and Bioenergy*, 33, 1358-1366.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Tercer Inventario Forestal Nacional en versión digital para la provincia de Badajoz (IFN3). 2010.

Montero, G. et al. (2005). *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Pérez Atanet, C (2010). *Modelización mediante sistemas de información geográfica para la evaluación de la biomasa forestal. Determinación del potencial energético para la generación de biocombustibles*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Extremadura. Badajoz. España.

Correspondencia

Carmen Pérez Atanet.

Phone: + 34927625794

Fax: +34927625795

e-mail: cperez.agenex@dip-caceres.es