

# ESTUDIO DEL POTENCIAL DE BIOMASA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CARTAYA (HUELVA)

Joaquín Alaejos Gutiérrez\*; Manuel Rosa León

Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Politécnica de la Rábida.  
Palos de la Frontera. Huelva. España

\*Autores para la correspondencia: [joaquin.alaejos@dcaf.uhu.es](mailto:joaquin.alaejos@dcaf.uhu.es)

Boletín del CIDEU 5: 67-83 (2008)

ISSN 1885-5237

---

## Resumen

En el presente estudio se analiza la cantidad de biomasa que se podría generar en el término municipal de Cartaya (Huelva) con vistas a la generación de energía eléctrica. El término de Cartaya cuenta con una extensión de 22.538 ha, constituidas en su mayoría por terrenos forestales de pinar y matorral y superficies agrícolas de fresa y naranjo. Mediante la realización de muestreos en cada uno de estos estratos, y con la ayuda de un sistema de información geográfica, se establece la cantidad de biomasa procedente de los aprovechamientos agrícolas y forestales que serían utilizables para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa, calculándose que dentro del término se pueden producir 24.530 t de materia seca por ha y año. Se analizan asimismo las diferentes posibilidades de instalación de una planta generadora capaz de producir electricidad para unos 6.000 habitantes del municipio.

**Palabras clave:** biomasa, Cartaya, energía renovable, residuos forestales.

## Summary

### **Biomass potential of the municipality of Cartaya (Huelva, SW Spain)**

The amount of biomass produced in the municipality of Cartaya (Huelva, SW Spain) was estimated with a view to assessing its potential for the generation of electrical power. Cartaya spans an area of 22,538 ha most of which consists of land covered by pine forests and bushes in addition to strawberry and orange fields. Samplings of each stratum were used in combination with a geographic information system in order to estimate the amount of biomass produced by agricultural and forestry uses of the land amenable to the generation of electricity. The municipality was estimated to produce 24,530 tons of dry matter per hectare per year. The feasibility of establishing a plant capable of generating power for about 6,000 thousand inhabitants is discussed.

**Key words:** biomass, Cartaya, renewable energy, forest residues.

## INTRODUCCIÓN:

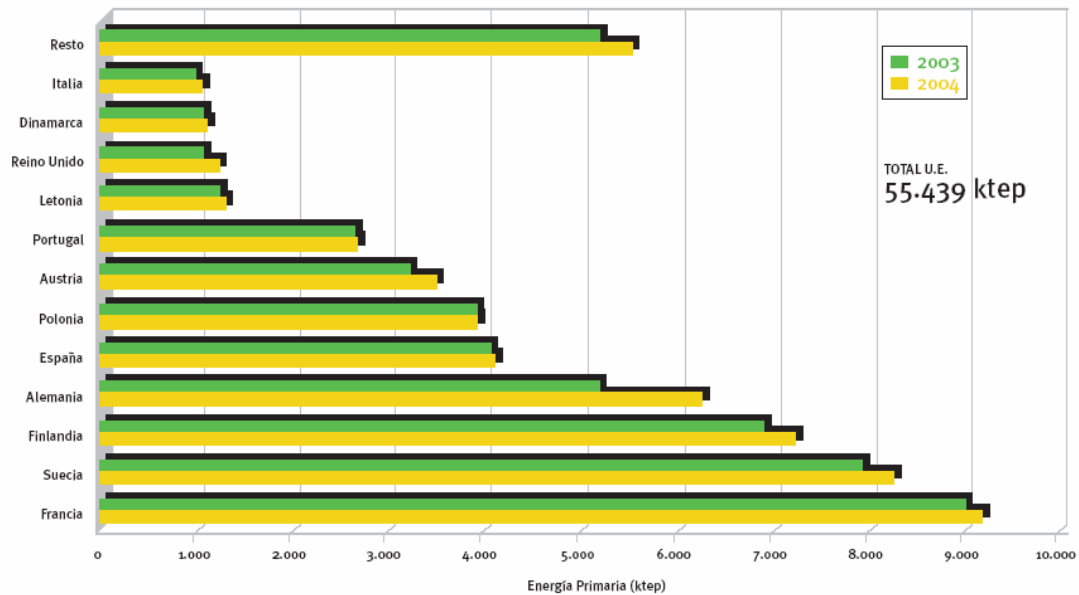
En sentido amplio entendemos por “Biomasa” cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico. Así pues, la formación o transformación de la materia orgánica ha de ser reciente, lo que excluye del término a los combustibles fósiles, cuya formación tuvo lugar hace millones de años.

Durante siglos, la biomasa ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de la civilización, habiendo sido utilizada tanto de fuente de energía (leña) como de alimento, siendo imprescindible en el desarrollo y formación de los seres vivos. En la actualidad, la energía obtenida de la

biomasa está aportando un 14% de la energía primaria mundial y es el principal recurso energético de muchos países subdesarrollados o en vías de desarrollo. En los países industrializados, el aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos se cifra en torno al 3 ó 4%, mientras que en los países en vías de desarrollo la biomasa constituye la principal fuente de energía, un 35 % de su energía primaria.

La biomasa contribuye ya de forma significativa a la seguridad de un suministro de energía sostenible en varios países europeos. En la figura 1 se puede apreciar el aprovechamiento energético de la biomasa a nivel europeo.

Figura 1: Producción de energía primaria con biomasa en la Unión Europea



Fuente: En: “Energía de la biomasa” (IDAE, 2007).

La Unión Europea, en su libro blanco de la Energía (Comisión Europea, 1997) establece como objetivo que el 12% de la energía primaria en el año 2010 proceda de fuentes renovables de energía. Se espera que solo la biomasa proporcione el 10% del suministro de energía primaria en Europa, lo que equivale aproximadamente a 5800 PJ.

Algunos países miembros de la UE cumplen ya hoy este objetivo. Finlandia, seguido de Suecia, Austria y Portugal cubren más del 10% de su demanda de energía con biomasa. Estos países han utilizado casi la mitad de su potencial técnico de aprovechamiento de biomasa, y así se demuestra que un desarrollo consecuente en el sector de la bioenergía conduce a un éxito sostenible en esta área.

En España, el Plan de las Energías Renovables 2005-2010 (IDAE, 2005) establece conseguir que la energía a partir de biomasa llegue al 50% de contribución sobre el total de la participación de las energías renovables, que supondrían el 12% de la energía primaria que la UE propone para el año 2010. Esto significaría alcanzar una potencia de generación de energía eléctrica a partir de biomasa de 2.039 MW frente a la potencia existente en el año 2004 de sólo 344 MW. Desde luego el alcanzar dicha cota, que supondrá multiplicar por seis la producción de energía eléctrica en tan sólo seis años, no parece tarea fácil.

Ante este panorama, la producción de energía a partir de biomasa es hoy un día unos de los grandes objetivos de las políticas energéticas a alcanzar en la Unión Europea y dentro de ella, en nuestro país. Así, en los últimos años todas las instituciones, tanto a nivel nacional y autonómico, como incluso local, están fomentando la implantación de centrales de generación de energía a partir de biomasa.

En la actualidad, ya existen en nuestro país algunas centrales que producen energía térmica y eléctrica biomásica, principalmente a partir de residuos agrícolas y forestales y de residuos industriales, y son aún más numerosos los proyectos a este respecto que están en fase de estudio o construcción, con lo que es previsible que en un plazo corto o medio este tipo de energía experimente un considerable aumento.

En ocasiones se ha planteado que el aprovechamiento de los residuos forestales puede conllevar una pérdida de fertilidad del suelo por la extracción de nutrientes. Este fenómeno no parece ser grave en nuestras latitudes, salvo en el caso de tratarse de especies de turno muy corto, máxime si se tratase de suelos con roca madre oligotrófica y climas con temperaturas bajas y precipitaciones elevadas (Tolosana *et al*, 2000). No obstante, incluso en eucaliptares sobre suelos ácidos y oligotróficos del noroeste de España, no se ha encontrado depleción significativa de nutrientes (Calvo de Anta, 1992)

En este contexto, son numerosos los estudios que persiguen evaluar la cantidad y características de los residuos forestales en un determinado territorio con vista a la obtención de energía a partir de ellos. Hay estudios que valoran dicho potencial en áreas de Huelva e incluso en el total de la provincia (Menduiña y Villa, 2002); (Escobar, 2004); (Zabalo, 2006).

También existen estudios de valorización energética de residuos forestales realizados en otras Comunidades diferentes de la Andaluza (Nuñez-Regueira *et al*, 2002); (Nuñez-Regueira *et al*, 2004), así como en muy diversos países: Suecia, EE.UU, México, Turquía (Kaygusuz y Türker, 2002); (Rynk, 2004); (Bernotat y Sandberg,

2004); (Crooks, 2005). En líneas generales todos estos trabajos coinciden en la viabilidad de la producción de energía a partir de biomasa forestal.

Dentro de este contexto se encuadra este trabajo, con un objetivo muy concreto y específico: el cuantificar la biomasa que, dentro de la superficie del término municipal de Cartaya en la provincia de Huelva, sería susceptible de ser aprovechada para la generación de energía, fijando asimismo la cantidad de energía producible y el tipo de instalación más idónea para dicho fin.

De forma específica los objetivos perseguidos con el presente estudio serían:

- Estudio del potencial de Biomasa en el municipio, en el contexto de su uso como energía renovable y como fuente de generación de empleo.
- Definición de la logística de la recogida, transporte y almacenamiento de la biomasa.
- Estudio de viabilidad técnica y económica en relación con la explotación de dicha fuente energética.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1.- Descripción del T.M. de Cartaya.

El Municipio de Cartaya, está situado al sudoeste de la península Ibérica, en la provincia de Huelva, a 37° 17' latitud norte, y 7° 09' longitud oeste. Situado en la costa de Huelva, tiene una superficie de 226 km<sup>2</sup>.

El Término Municipal cuenta con una población, año 2.005, de 16.042 habitantes. Además de Cartaya, principal núcleo de población donde se concentra el mayor porcentaje de la población existen otros dos núcleos urbanos: El Rompido y Nuevo Portil, con 7,39% y 5,90% de la población del municipio respectivamente (IEA, 2007) Las actividades económicas predominantes en función del empleo generado son la agricultura (35,37%), seguido de la

construcción (17,99%) y el comercio (17,14%).

En cuanto a la distribución del suelo, el término de Cartaya, de acuerdo con el Mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía de 1999 (Consejería de Medio Ambiente, 1999), estaría formado por 6.467,5 ha de usos agrícolas, lo que representa un 28,7% del total del municipio, 14.167,7 de uso forestal (62,8%) y 1.913,9 ha (8,5%) de otros usos donde se englobarían tanto las zonas urbanas e infraestructuras como las zonas húmedas y superficies de agua.

Dentro de los terrenos agrícolas y forestales los que en principio podrían ser fuente de biomasa son los siguientes:

- Pinar: Son masas de *Pinus pinea* de variable densidad según las zonas, pero siempre con cobertura arbórea superior al 20%. En función de esta densidad presentan un mayor o menor acompañamiento de estrato arbustivo. En el término de Cartaya totalizan 10.433,5 ha, lo que representa un 46,29% del total del municipio.
- Eucaliptal: Plantaciones de *Eucalyptus globulus* y distribuidas en pequeñas masas por todo el municipio. Ocupan una superficie de 440,9 ha, un 1,96% del término municipal.
- Matorral: Son zonas desarboladas o con coberturas arbóreas por debajo del 20%. Están presentes en 1.328,2 ha (5,89% del término)
- Frutal: Son plantaciones de especies leñosas, principalmente naranjos, localizadas en la zona central del municipio. En la actualidad existen 4.067,5 ha, 18% del T.M.

Las zonas no consideradas aptas para la obtención de biomasa leñosa ocupan 6.268 ha y dentro de las mismas se encuadran las zonas urbanas, cursos de agua y zonas costeras, así como los cultivos no leñosos.

## 2.- Inventario de existencias de biomasa

Para la obtención de la cantidad de biomasa disponible en el término de Cartaya, el presente estudio se ha basado en el uso de cartografía temática de usos del suelo, así como en la obtención de datos muestrales en campo. Se ha utilizado un Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta fundamental a la hora de la elaboración de mapas y como medio para tomar decisiones en el aprovechamiento del recurso biomasa.

Para la elaboración de este S.I.G. se ha utilizado la siguiente cartografía:

- Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía (1999) publicado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Mapa digital de Andalucía, escala 1/100.000 editado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Ortofotografía Digital de Andalucía a color (1999).

### Zonificación

Como primer paso para el inventario de existencias de biomasa se procedió a la zonificación de la superficie del término.

Teniendo en cuenta que para una misma superficie, la fuente de obtención de biomasa puede ser doble (estrato arbóreo y estrato arbustivo) y que los caracteres de productividad, disponibilidad y operatividad son distintos, se opta por establecer una gradación para cada fuente, y a partir de ambas, construir una matriz de doble entrada que proporcione los códigos de identificación a emplear en la división inventarial.

El estrato arbóreo es distribuido según la especie dominante, atendiendo a la siguiente clasificación:

- Sin arbolado
- Pinar
- Eucaliptar
- Frutal.

Por su parte el estrato arbustivo comparte una composición florística común altamente predominante, siendo ésta el jaral, distinguiendo la siguiente clasificación:

- Sin matorral
- Matorral disperso
- Matorral denso

La matriz producida por estas dos variables (estrato arbóreo y estrato arbustivo) ofrece todas las posibilidades de división inventarial:

	1 Sin arbolado	2 Pinar	3 Eucaliptar	4 Frutal
1 Sin matorral	1/1	1/2	1/3	1/4
2 Matorral disperso	2/1	2/2	2/3	2/4
3 Matorral denso	3/1	3/2	3/3	3/4

- **1/1: Sin estrato arbóreo y sin matorral:** corresponde a eriales, pastizales, zonas urbanas y cultivos no leñosos. Estas zonas no son productoras de biomasa, excepto las plantaciones de fresas en el municipio, las cuales vienen a suponer unas 2.000 ha, que si se han tenido en cuenta.
  - **1/2: Pinar sin matorral:** corresponde a pinares plantados sobre zonas llanas, susceptibles de mecanización.
  - **1/3: Eucaliptar sin matorral:** corresponde a eucaliptares plantados sobre zonas llanas, susceptibles de mecanización.
  - **1/4: Frutal sin matorral:** corresponde a fincas agrícolas dedicadas al cultivo de frutales, plantados sobre zonas llanas, que son labreados anual o bianualmente para fomentar su desarrollo.
  - **2/1: Matorral disperso sin arbolado:** corresponde a zonas degradadas, o tradicionalmente agrícolas o labreadas que no han sido sometidas a actuaciones de laboreo o desbroce entre los últimos 5 años. Presenta un estrato arbustivo con altura media inferior a 1,00 m y fracción de cabida cubierta inferior al 60%.
  - **2/2: Matorral disperso con pinar:** corresponde a pinares situados en zonas de pendiente llana que presentan un estrato arbustivo con altura media inferior a 1,00 m y fracción de cabida cubierta inferior al 60%.
  - **2/3: Matorral disperso con eucaliptar:** corresponde a eucaliptares situados en zonas de pendiente llana no labreadas ni desbrozadas en los 5 últimos años. Presenta un estrato arbustivo con altura media inferior a 1,00 m y fracción de cabida cubierta inferior al 60%.
  - **2/4: Matorral disperso con frutal:** corresponde a fincas agrícolas dedicadas al cultivo de frutales, que no son labreadas ni desbrozadas en los 5 últimos años. (Situación No Válida)
  - **3/1: Matorral denso sin arbolado:** corresponde a zonas degradadas, zonas agrícolas abandonadas o no labreadas ni desbrozadas en más de 5 años. Presenta un estrato arbustivo con altura media superior a 1 m y fracción de cabida cubierta superior al 60%.
  - **3/2: Matorral denso con pinar:** corresponde a pinares que presentan un estrato arbustivo con altura media superior a 1 m y fracción de cabida cubierta superior al 60%.
  - **3/3: Matorral denso con eucaliptar:** corresponde a eucaliptares no labreados ni desbrozados que presenta un estrato arbustivo con altura media superior a 1,00 m y fracción de cabida cubierta superior al 60%.
  - **3/4: Matorral denso con frutal:** corresponde a fincas agrícolas dedicadas al cultivo de frutales, no labreadas ni desbrozadas que presenta un estrato arbustivo con altura media superior a 1,00 m y fracción de cabida cubierta > al 60%. (Situación No Válida)
- Nota:** Las posibilidades 2/4 y 3/4 se consideran “situaciones no válidas”, es decir, que no es posible encontrarse en dichas situaciones, ya que no encontramos fincas donde no se realicen operaciones de limpieza anualmente o bianualmente para fomentar su desarrollo. Por ello ambas posibilidades o situaciones se desechan.
- Para proceder a la división inventarial se ha tomado como base el mapa de usos de suelo de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, elaborado a partir de

ortofotos correspondientes a un vuelo realizado en el año 1.999. A partir de ellas se ha parcelado el municipio según las diez situaciones clasificadas y definidas anteriormente, una vez desechadas la 2/4 y la 3/4 (frutal con matorral disperso y denso, respectivamente).

En la tabla 1, se muestra detallada la distribución de superficies en el municipio. Esta información viene asimismo representada en la figura 2.

Un dato a tener en cuenta, como dice la tabla nº 2, existen 4.067,47 ha dedicadas al cultivo de frutales, pero en el momento de

llevar a cabo dicho estudio solo estaban en producción 2.470,74 ha. (Dato facilitado por la Oficina Comarcal Agraria de Cartaya)

***Nota:** Hay que tener en cuenta que en cada uno de los parámetros mencionados en la tabla 2, se producen solapes. Por ejemplo: 1 ha de matorral denso con pinar aparecería reflejado en la tabla como 1 ha de matorral denso por un lado, y por otro lado 1 ha para el pinar.*

En la tabla 2, se muestra la zonificación existente para cada parámetro de inventario.

Tabla 1. Distribución de superficies del T.M. de Cartaya.

Código	Estratos	Superf. (ha)
1/1	Sin matorral y sin arbolado	6.268,05
1/2	Pinar sin matorral	6.247,77
1/3	Eucaliptar sin matorral	104,93
1/4	Frutal sin matorral	4.067,47
2/1	Matorral disperso sin arbolado	717,40
2/2	Matorral disperso con pinar	2.508,70
2/3	Matorral disperso con eucaliptar	331,34
2/4	Matorral disperso con frutal	0,00
3/1	Matorral denso sin arbolado	610,82
3/2	Matorral denso con pinar	1.677,00
3/3	Matorral denso con eucaliptar	4,64
3/4	Matorral denso con frutal	0,00
TOTAL		22.538,12

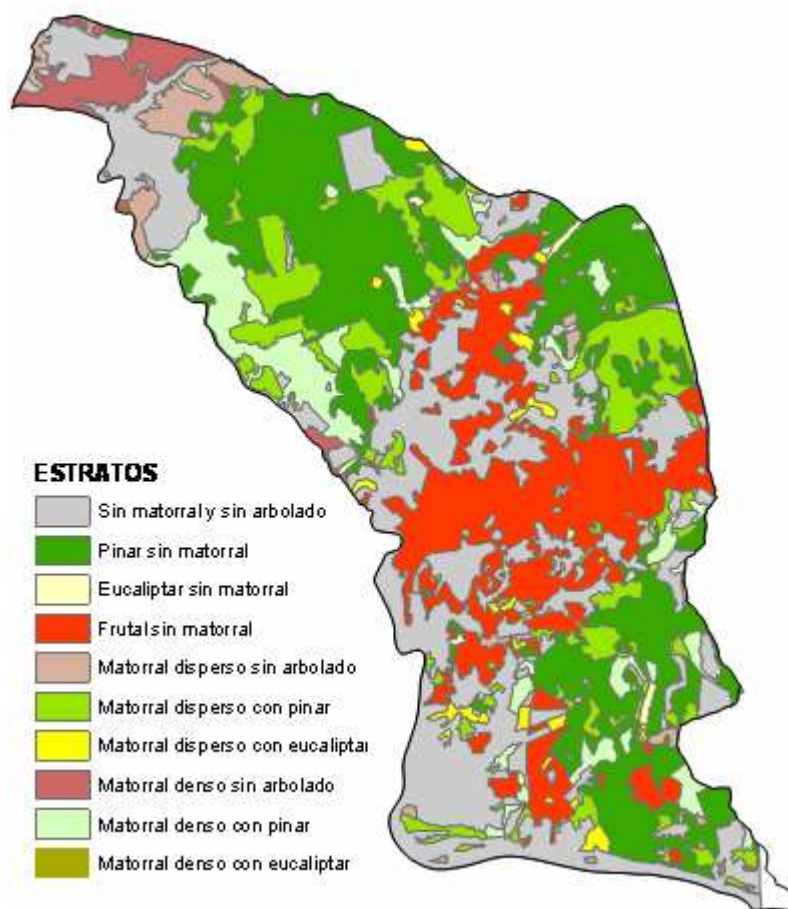
*Fuente:* Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía (1999).

Tabla 2. Superficie por cada tipo de vegetación presente en el T.M. de Cartaya

Tipo de vegetación	Superficie (ha)
Matorral disperso	3.557,44
Matorral denso	2.292,46
Pinar	10.433,47
Eucaliptar	440,91
Frutal *	4.067,47

*Fuente:* Elaboración propia según los datos del SIG.

Gráfica 2. Distribución espacial de estratos de vegetación en el T.M. de Cartaya





### Estimación de existencias

Para la estimación de la biomasa en cada uno de los estratos considerados se va a realizar un muestreo en campo y posteriormente aplicar los valores obtenidos de biomasa en seco a la superficie ocupada por cada uno de los estratos. Los parámetros a utilizar serán, por tanto:

- Superficie en hectáreas.
- Estimación diferenciada de la biomasa para matorral y arbolado, este último se divide en residuos provenientes de tratamientos silvícolas y residuos provenientes de fustes.
- Peso medio de biomasa utilizable en toneladas por hectárea.
- Posibilidad anual: expresa la cantidad media anual de biomasa que se puede obtener en cada una de las formaciones indicadas. Para el cálculo de esta posibilidad se considera como periodos de generación de biomasa los siguientes: 8 años para el matorral, que será el tiempo en que el mismo se haya regenerado sobre el terreno, 15 años para el pinar, que es el tiempo que media entre los tratamientos silvícolas efectuados sobre el mismo, 11 años como turno de corta para el eucaliptar y 1 año para las podas de los frutales.
- Coeficiente corrección humedad: De acuerdo con los datos del secado de las muestras de campo se ha considerado un porcentaje de humedad medio del 35% (salvo el caso de los cultivos de fresas, en el que se va a considerar un 50%), por lo que a la cantidad de biomasa obtenida hay que aplicarle un coeficiente de 0,65 (0,50 para el caso de las fresas), con lo que obtendríamos la cantidad de biomasa generada en seco.

### Diseño del Muestreo

Se ha procedido a la realización de una visita de inspección a todo el territorio para comprobar en que medida la capa de usos de suelo de 1.999 sigue ajustándose a la realidad, considerándose altamente satisfactorio el resultado de la misma y confirmándose dicha capa como base de la división inventarial.

Sobre el plano se han ubicado parcelas distribuidas por todos los modelos clasificatorios descritos y localizados en el Término Municipal de Cartaya. A la hora de ubicar las parcelas se ha tenido en cuenta hacerlo sobre zonas de fácil acceso.

Una vez seleccionadas estas zonas sobre el plano, se procede a ubicar aleatoriamente las parcelas de muestreo. Al hacerlo sobre el SIG se obtienen las coordenadas geográficas exactas de las mismas, procediéndose a su replanteo sobre el terreno.

Se opta por diseñar parcelas de muestreo cuadradas de 100 m<sup>2</sup>. Estas parcelas son lo suficientemente grandes como para que en ellas se den condiciones de espesura y tamaño variables, y lo suficientemente pequeñas para que sea viable poder efectuar el número adecuado de ellas.

El número de parcelas a efectuar para cada parámetro depende del error admisible ( $\epsilon$ ) y del coeficiente de variación ( $C_v$ ), y resultan de aplicar la siguiente fórmula:

$$n = t^2 \cdot (C_v^2 / \epsilon^2)$$

Para un coeficiente de variación medio del 60% y un error admisible del 20% se obtiene un número de 36 parcelas para cada variable de muestreo.

La mecánica de toma de datos de campo varía con la naturaleza de los residuos. Para ello se emplearon técnicas diferentes según los restos procedan de matorral, cortas de eucaliptar o cortas y podas de pinar:

**A)Matorral:**

Una vez replanteadas las parcelas se procedió a la siega del matorral a una altura de corte inferior a 5 cm. El matorral segado fue recogido y pesado, mediante romana, inmediatamente después de la siega y en la misma parcela, de forma que se obtuvieron los pesos en verde.

Figura 3: Parcela de muestreo en estrato de matorral disperso con pinar.



**B)Pinar:**

Los restos de pinar son generados por dos operaciones: clareo y poda. Generalmente, cuando se trata selvícolamente un pinar se procede al clareo de un tercio de los pies (33,3%) y a la poda del resto (66,7%).

En el momento de la realización del inventario no se estaban realizando tratamientos selvícolas en masas de pinar

en el ámbito del Municipio, por lo que no se han podido obtener datos de operaciones reales.

Figura 4: Parcela de muestreo en estrato de matorral disperso con eucaliptar



Para solventar esta inconveniencia se procedió a un muestreo en pie, consistente en inventariar los pies existentes, clasificarlos por clases diamétricas, buscando árboles tipo para obtener sus pesos medios y calcular un estimador individual en t/ha.

Para ello, y en cada parcela, se hizo un muestreo sobre el diámetro de todos los pies. Posteriormente y para todo el ámbito del Municipio se procedió al apeo, desramado y tronzado de tres representantes de cada clase diamétrica siendo éstas las reflejadas en la tabla 3.

Tabla 3. Clases diamétricas utilizadas en la estimación de biomasa del pinar

Clase diamétrica	Diámetro inferior (cm)	Diámetro superior (cm)
I	0	12
II	12	20
III	20	30
IV	30	40
V	40	>40

Posteriormente se procedió al pesado de los restos de pinar. Las muestras de árboles tipo fueron pesadas en verde y posteriormente secadas en estufa a 105 °C durante ocho horas hasta alcanzar peso constante, siendo pesados posteriormente para obtener su grado de humedad.

### **C) Eucaliptar:**

Para los restos de corta de eucaliptar se recurrió a una corta real efectuada en el Termino Municipal de Cartaya en la época en que se realizó el inventario.

Los restos de corta, formados por ramas, copas y trozas no maderables (diámetro inferior a 7 cm) fueron recogidos y pesados inmediatamente después de la corta y el desembosque, mediante romana en la misma parcela, de forma que se obtuvieron los pesos en verde o pesos húmedos.

### **D) Frutal:**

Para los restos de poda de frutales se recurrió a datos obtenidos en campo combinados por los proporcionados en la Cooperativa Hortofrutícola de Nuestra Señora del Rosarios de Cartaya.

## **RESULTADOS**

De las parcelas de muestreo obtenidas en campo se obtuvieron los valores reflejados en la tabla 4.

De los datos reflejados en la anterior tabla hay que hacer constar las siguientes precisiones:

Para el caso del pinar, tal y como ya se mencionó anteriormente, el muestreo no se realizó de forma semejante al resto de tipos de vegetación ya que en la época del estudio no se estaba realizando ningún tratamiento silvícola en estas masas. Por este motivo, el cálculo de la cantidad de biomasa procedente de las claras y podas del pinar se realizó mediante el apeo, desrame y pesado de árboles tipo de cada una de las clases diamétricas presentes en el

municipio, cotejando estos datos posteriormente con los existentes del inventario de ordenación y con los del histórico de los tratamientos realizados en la masa. Una vez realizados dichos cálculos se obtuvo el valor medio reflejado en la tabla de 8,85 t de residuo en verde por hectárea y año.

En el frutal tan sólo se muestrearon tres parcelas al tratarse de una muestra muy homogénea. Además, el dato medio obtenido en el muestreo se ajusta muy bien al facilitado por la Cooperativa Hortofrutícola de Nuestra Señora del Rosario de Cartaya, que manifestó que, de acuerdo con su experiencia, en la poda de naranjos se vienen a obtener unos 10 kg de residuos por pie y año. Considerando que en Cartaya la densidad media de un cultivo dedicado a la producción de frutales es de 450 pies/ha se obtiene un residuo de unos 4.500 kg/ha.año.

Una vez cuantificada la biomasa media para cada uno de las clases de vegetación presentes en Cartaya obtenemos la estimación de existencias de biomasa en cada estrato de vegetación en la que habíamos dividido el término municipal. Estos cálculos para cada una de las clases consideradas son reflejados en la tabla 5.

De lo recogido en la tabla 5 conviene hacer las siguientes aclaraciones:

- En el estrato 1/,1 Sin matorral y sin arbolado, se han tenido en cuenta los residuos agrícolas procedentes de las plantaciones de fresas en el municipio, las cuales suponen unas 2.000 ha aproximadamente.

Según la O.C.A de Cartaya (Oficina Comarcal Agraria) el número de plantas de fresas por ha sería de 55.000 unidades/ha. Cada planta tiene aproximadamente un peso medio estimado de 130 gramos una vez terminada la campaña de recogida. Todo

esto supone un total en verde de 14.300 t/año. El porcentaje de humedad tomado para este residuo es del 50%.

- Las posibilidades 2/4 y 3/4 (frutal con matorral disperso o denso) no se ha

considerado, al no existir fincas de frutal donde no se realicen operaciones de limpieza anualmente o bianualmente para fomentar su desarrollo.

Tabla 4. Resumen del inventario de las parcelas de muestreo

Tipo de vegetación	Nº Parcelas	Peso en verde	
		Por parcela (kg/parcela)	Por hectárea (t/ha)
Eucaliptar	36	245,1 ± 24,5	24,51 ± 3,06
Matorral denso	36	148,1 ± 25,4	14,81 ± 2,54
Matorral disperso	36	95,3 ± 14,2	9,53 ± 1,42
Pinar	---		8,85
Frutal	3	45,0 ± 2,7	4,50 ± 0,27

Tabla 5. Estimación de biomasa en cada uno de las clases consideradas

1/1. Sin matorral y sin arbolado		
Superficie (ha)		2.000
Peso medio (t/ha)	Sin matorral *	7,15
	Arboleda inexistente	0,00
Posibilidad anual (t/año)		14.300
Coeficiente humedad		0,50
TOTAL biomasa seca (t/año) (1/1)		7.150

1/2. Pinar sin matorral		
Superficie (ha)		6.247,8
Peso medio (t/ha)	Sin matorral	0,00
	Pinar (Residuos)	8,85
Posibilidad anual (t/año)		3.686,2
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (1/2)		2.396,0

1/3. Eucaliptar sin matorral		
Superficie (ha)		104,9
Peso medio (t/ha)	Sin matorral	0,00
	Eucalipto (Residuos)	24,51
Posibilidad anual (t/año)		233,8
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (1/3)		152,0

1/4. Frutal sin matorral		
Superficie (ha)		2.470,7
Peso medio (t/ha)	Sin matorral	0,00
	Frutal (Residuos)	4,50
Posibilidad anual (t/año)		11.118,3
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (1/4)		7.226,9

2/1. Matorral disperso sin arbolado		
Superficie (ha)		717,4
Peso medio (t/ha)	Matorral disperso	9,53
	Arboleda inexistente	0,00
Posibilidad anual (t/año)		854,61
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (2/1)		555,5

2/2. Matorral disperso con pinar		
Superficie (ha)		2.508,7
Peso medio (t/ha)	Matorral disperso	9,53
	Pinar (Residuos)	8,85
Posibilidad anual (t/año)		4.468,6
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (2/2)		2.904,6

2/3. Matorral disperso con eucaliptar		
Superficie (ha)		331,3
Peso medio (t/ha)	Matorral disperso	9,53
	Eucalipto (Residuos)	24,51
Posibilidad anual (t/año)		1.133,0
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (2/3)		736,5

3/1. Matorral denso sin arbolado		
Superficie (ha)		610,8
Peso medio (t/ha)	Matorral denso	14,81
	Arboleda inexistente	0,00
Posibilidad anual (t/año)		1.130,8
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (3/1)		735,0

3/2: Matorral denso con pinar		
Superficie (ha)		1.677,0
Peso medio (t/ha)	Matorral denso	14,81
	Pinar (Residuos)	8,85
Posibilidad anual (t/año)		4.094,0
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (3/2)		2.661,1

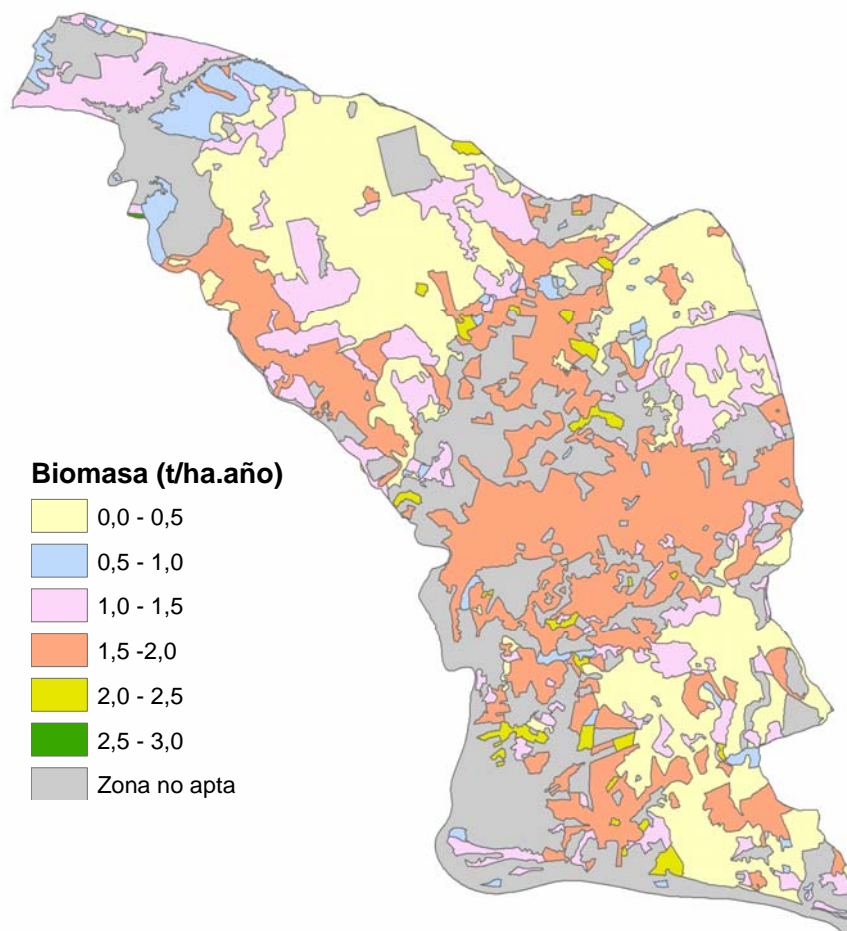
3/3: Matorral denso con eucaliptar		
Superficie (ha)		4,6
Peso medio (t/ha)	Matorral denso	14,81
	Eucalipto (Residuos)	24,51
Posibilidad anual (t/año)		18,9
Coeficiente humedad		0,65
TOTAL biomasa seca (t/año) (3/3)		12,3

A continuación en la tabla siguiente, tabla 6, se refleja las anteriores cantidades generadas de biomasa a modo de resumen:

Tabla 6. Biomasa en cada uno de las clases consideradas

Código	Estratos	Biomasa (t/año)
1/1	Sin matorral sin arbolado. Residuos agrícolas procedentes de fresas	7.150,0
1/2	Pinar sin matorral	2.396,0
1/3	Eucaliptar sin matorral	152,0
1/4	Frutal sin matorral	7.226,9
2/1	Matorral disperso sin arbolado	555,5
2/2	Matorral disperso con pinar	2.904,6
2/3	Matorral disperso con eucaliptar	736,5
3/1	Matorral denso sin arbolado	735,0
3/2	Matorral denso con pinar	2.661,1
3/3	Matorral denso con eucaliptar	12,3
<b>TOTAL</b>		<b>24.529,9</b>

Figura 5. Distribución espacial de producción de biomasa en el T.M. de Cartaya



Planta de Generación de Energía.

Una vez establecida la cantidad de biomasa el estudio aborda la posibilidad de establecer una central de producción de energía a partir de la misma dentro del T.M. de Cartaya. Las tres posibilidades analizadas son las siguientes:

Opción 1.- Una central de cogeneración de 1,5 MW.

Opción 2.- Una planta de gasificación de 1,5 MW y una planta de compostaje.

Opción 3.- Dos plantas de gasificación de 1,5 MW.

Analizando su viabilidad técnica y económica la solución elegida es la opción 3, es decir la instalación de dos plantas de gasificación de 1,5 MW.

Esto se justifica, teniendo en cuenta que el precio de venta del KW en régimen especial es mayor actualmente que el precio de venta del compost. Y además, tanto la instalación de plantas de biomasa con gasificación como la logística del proceso, están bastante incentivadas, mientras que las plantas de compostaje se benefician en menor cuantía, tal y como establece la Orden del 11 Abril de 2007 (BOJA nº 81/2007), por la que se establecen las Bases reguladoras de un Programa de Incentivos para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía, para el año 2007.

El decantarse por dos plantas de 1,5 MW en vez de solo una con una potencia superior,

es debido a que estas centrales de baja potencia están más incentivadas por parte de la Administración.

En la tabla 7 se detallan las características generales de la planta de gasificación elegida para el caso de Cartaya.

Como ya se expuso anteriormente, la cantidad de biomasa apta para ser utilizada anualmente en el término de Cartaya alcanza la cifra de 24.529,9 t, por lo que se demuestra que dicha materia biomásica sería suficiente para abastecer las dos centrales de gasificación propuestas. No obstante, y dada la poca experiencia en la gestión de este tipo de centrales en nuestra Comunidad así como la dificultad de garantizar un flujo continuo de biomasa, se opta por la propuesta de instalación de una sola central de gasificación de una potencia neta de 1,5 MW.

Estudio de Costes en Planta de la Biomasa

Como última parte del estudio se han calculado los costes de recolección, procesado y transporte hasta fábrica de la biomasa generada en cada uno de los estratos considerados en Cartaya. Dado la complejidad y extensión de los cálculos intermedios, en la tabla 8 se detallan tan sólo los costes finales de la producción de biomasa, así como los empleos que los procesos implicados en la misma generarían.

Tabla 7. Características de la planta de gasificación

Potencia Neta	1,5 MW.
Horas / año	8.000
Energía generada	12.000 MW. h /año
Energía explotada	10.800 MW. h /año
Consumo de Biomasa	12.000 t / año

Tabla 8. Costes y empleos generados en el proceso de producción de biomasa

Naturaleza biomasa		Costes		Empleos generados	
Tipo	Densidad ó Especie	Por produc. (€ / t)	Anual (mil €/año)	Por produc. (jornal/t)	Anual (jornales/año)
Matorral	Disperso	52,44	222,23	0,23	974,70
	Denso	47,49	201,54	0,21	891,22
Restos corta	Pinar	52,29	321,88	0,54	3.324,10
	Eucaliptar	34,79	34,18	0,41	402,80
	Frutal	96,00	1.067,36	1,04	11.563,06

## CONCLUSIONES

- El Termino Municipal de Cartaya tiene un potencial de extracción de biocombustibles sólidos de origen vegetal cercano a las 24.529,9 t/año en seco, a partir de matorral, restos de corta de eucalipto y pino y residuos provenientes de producciones agrícolas de los frutales y las plantaciones de fresas.
- Las labores de extracción de biomasa podría representar una amplia repercusión social en la comarca ya que el empleo generado por esta actividad se cifra en 17.156 jornales/año, equivalente a 72 puestos de trabajo.
- Otro efecto positivo que la utilización de biomasa conlleva es mantener los montes del municipio con menor carga de combustible vegetal, contribuyendo positivamente a la prevención de incendios forestales.
- El potencial de biomasa de Cartaya puede sustentar dos centrales de generación eléctrica a partir de un conjunto motor – alternador accionado con gas gasógeno, con una potencia neta de 1,5 MW cada planta (con unas necesidades de suministro por planta de 12.000 t/año). No obstante, en un primer momento parece más realista el implantar tan sólo una de dichas centrales, dejando para el futuro la posibilidad de instalar la segunda.
- Según datos del CIEMAT (Centro de Investigación Energética Medioambiental y Técnica) una potencia de 1,5 MW cubriría la demanda eléctrica de más de 1.500 hogares, o lo que es lo mismo, de más de 6.000 personas.
- Las administraciones públicas deben implicarse en el proyecto, realizando inversiones en montes públicos que propicien la generación de biomasa y su acopio para su posterior uso.



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Bernotat, K.; Sandberg, T. 2004. Biomass fired small-scale CHP in Sweden and the Baltic States. *Biomass and Bioenergy* 27 (6): 521-530
- Calvo de Anta, R. 1992. El eucalipto en Galicia: sus relaciones con el medio natural. Universidad de Santiago de Compostela. 211 pp.
- Comisión Europea. 1997. Libro Blanco de las Energías Renovables.
- Consejería de Medio Ambiente. 1999. Usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía, 1999. Junta de Andalucía.
- Crooks, A.M. 2005. Protecting forests and supporting renewable energy. *BioCycle* 46 (4): 68-71.
- Escobar, L. 2004. Estudio de central termoeléctrica de 2 MW a partir de biomasa. Proyecto Fin de Carrera - Universidad de Huelva.
- IDAE. 2007. Energía de la Biomasa.. Instituto para la Diversificación Técnica y Ahorro de la Energía.
- IDAE. 2005 . Plan de energías renovables 2005-2010. Instituto para la Diversificación Técnica y Ahorro de la Energía.
- IEA. 2007. Municipios andaluces. Datos básicos. Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía.
- Kaygusuz, K. ; Türker, M.F. 2002. Biomass energy potential in Turkey. *Renewable Energy* 26 (4): 661-678.
- Menduiña, I.; Villa, R. M. 2002. Estimación de la biomasa forestal para su transformación energética en el término municipal de Zufre (Huelva).
- Nuñez-Regueira, L.; Proupin-Castineiras, J.; Rodríguez-Añón, J.A. 2002. Energy evaluation of forest residues originated from *Eucalyptus globulus* Labill in Galicia. *Bioresource Technology* 82: 5-13.
- Nuñez-Regueira, L.; Proupin-Castineiras, J.; Rodríguez-Añón, J.A. 2004. Energy evaluation of forest residues originated from shrub species in Galicia. *Bioresource Technology* 91: 215-221.
- Rynk, R. 2004. Processing wood residuals in the southwest. *BioCycle* 45 (3): 28-30.
- Tolosana, E.; González, V.M.; Vignote, S. 2000. El aprovechamiento maderero. Mundi-prensa, Madrid. 575 pp.
- Zabalo, A. 2006. Modelo de estimación del potencial energético de la biomasa de origen forestal en la provincia de Huelva. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva. 220 pp.