

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA POTENCIAL COMO RECURSO ENERGÉTICO EN LA REGIÓN DE NAVARRA (ESPAÑA)

JAVIER DOMÍNGUEZ BRAVO, PILAR CIRIA, LUIS S. ESTEBAN⁽¹⁾,
DAVID SÁNCHEZ⁽²⁾, PIERRE LASRY⁽³⁾

⁽¹⁾ CIEMAT, ⁽²⁾ Fundación CENER-CIEMAT, ⁽³⁾ UPM
Av. Complutense, 22 – 28040 Madrid (España)
javier.dominguez@ciemat.es

RESUMEN

El objetivo del trabajo que aquí presentamos es cartografiar la producción energética potencial utilizando los residuos agroforestales de la Región de Navarra. Con su desarrollo se ha pretendido conseguir tanto una herramienta instrumental como una herramienta para la definición de las estrategias regionales en el ámbito de la biomasa.

Palabras clave: SIG, biomasa, energías renovables, mapas de recursos.

ABSTRACT

The target of this work is mapping the potential energy production from agriculture and forestall residues in the Region of Navarra, Spain, using GIS tools. It is expected that the developed map can serve as a reference instrument from the point of view of the methodology as well as a powerful tool to define biomass strategies for this region.

Keywords: GIS, biomass, renewable energies, resources map.

1. Introducción

El Plan de Fomento de las Energías Renovables en España asigna a la biomasa un papel preponderante para la consecución del objetivo del 12 % de consumo de energía primaria con fuentes renovables (ver [figura 1](#)). Sin embargo, el despegue de la actividad industrial en este campo no está cumpliendo las expectativas y su progresión es más lenta que la de otras fuentes de energías renovables como la eólica (IDAE, 1999).

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", GeoFocus (Informes y Comentarios), nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

Una de las principales barreras existente es la capacidad de aportar una oferta constante de biomasa que asegure la producción en las centrales termoeléctricas. La viabilidad económica del proyecto dependerá, en gran medida, tanto de la disponibilidad del recurso biomásico como de su gestión.

De este modo, el objetivo de este proyecto es el desarrollo de una metodología para la evaluación de la biomasa potencial para la producción energética y la cartografía de recursos.

Para conseguir este objetivo se utiliza como área de estudio la región de Navarra. Ésta se localiza en el norte de España y tiene una superficie de 10.391 km² (representa el 2,1% de la superficie total nacional), que se divide en siete comarcas agrarias en función de sus condiciones edáficas y climatológicas.

A continuación se describen la metodología y las fuentes de información utilizadas en el desarrollo de este proyecto, así como los resultados alcanzados y las principales conclusiones que se pueden extraer del mismo.

2. Metodología y datos de partida

En este apartado se describen tanto las fuentes de datos como el procedimiento desarrollado para su tratamiento, exponiendo, finalmente, la cartografía resultante.

2.1. Fuentes de datos

En la realización de este trabajo se han evaluado diferentes fuentes de información cartográficas y alfanuméricas. Las principales fuentes de información utilizadas en la elaboración del Mapa de Recursos han sido los límites municipales de la provincia de Navarra, el Inventario Forestal Nacional para esta región y las tablas de estadísticas agrarias anuales. Se ha calculado la superficie agraria media municipal, para los cultivos evaluados, de un periodo de cuatro años (1997-2000). Para la producción agraria comarcal se ha seleccionado un periodo temporal superior (1987-1999). Estos datos proceden del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno Foral de Navarra y de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente.

2.2. Selección de cultivos y especies forestales

En primer lugar, se han seleccionado los principales cultivos y especies forestales de la región sobre la base de dos aspectos: la amplitud de su distribución regional y la viabilidad tecnológica para el aprovechamiento de sus residuos.

Los cultivos seleccionados con estos criterios fueron: trigo, cebada, avena, girasol y maíz, que representan el 57% del total de tierra cultivada. Las especies forestales seleccionadas fueron

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", GeoFocus (Informes y Comentarios), nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

haya, roble, encina, álamos y diferentes tipos de pinos, las cuales representan el 96% de la superficie forestal regional (ver [figura 2](#)).

La principal diferencia entre cultivos y especies forestales es que, para los primeros, la distribución de las tierras dedicadas a cada cultivo depende de las decisiones del agricultor y puede variar anualmente, sin embargo, la distribución de las superficies forestales es mucho más estable en el tiempo. La información disponible respecto a estas últimas se define a nivel de la distribución de la superficie ocupada (inventario forestal), mientras que en el caso de los cultivos, los datos están agregados a nivel municipal y no de parcela (censo agrario).

2.3. Evaluación de los residuos de biomasa

Una vez conocida la distribución espacial de los diferentes cultivos y especies forestales, se aplica un índice de residuos específico para cada una, a fin de calcular la producción potencial de residuos. Estos índices se establecieron sobre la base de los estudios precedentes realizados por CIEMAT-Ceder (ver [tabla 1](#)).

2.4. Calculo de la energía potencial de la biomasa

Una vez conocida la producción potencial de residuos en Navarra, el siguiente paso es asociar estos residuos a su poder calorífico potencial. Los valores, medidos con un calorímetro en el Laboratorio de Caracterización de la Biomasa del CIEMAT, se presentan en la [tabla 1](#). La determinación de la energía potencial será una función del poder calorífico inferior por el total de residuos para cada especie considerada.

La energía potencial de la biomasa expresada en MJ/ha, se calcula utilizando herramientas SIG (Arcview GIS™). Para ello, la información vectorial correspondiente a la distribución de especies forestales se rasteriza con un píxel de 1 ha de resolución espacial, lo que implica que cada unidad de información mantenga un área única (superando el problema de la combinación entre la distribución municipal de los cultivos y poligonal de las especies forestales), un tipo de especie forestal y un código municipal.

La cantidad de energía potencial obtenida por cada cultivo se asocia al código municipal del mapa de límites municipales. De la suma de los valores de energía obtenidos de cada cultivo se obtiene un único valor de energía potencial por municipio (MJ/ha). De otro lado, el valor de energía potencial para las especies forestales irá asociado a cada píxel de una hectárea en función de la especie más característica del mismo.

Finalmente, una sencilla operación de álgebra de mapas (suma) nos permite superponer los dos grids (energía potencial de cultivos y forestal) obteniendo un nuevo grid con la distribución de la energía potencial de la biomasa en la región.

2.5. Cartografía de los resultados

Para cartografiar los resultados se utiliza también Arcview GIS™. El mapa principal es el *mapa de los recursos de biomasa en Navarra* ([figura 7](#)), resultado como ya se ha visto de la suma del potencial energético de residuos agrarios y forestales. Otros mapas obtenidos han sido los de *Distribución de la superficie agraria y forestal* ([figura 2](#)), *producción potencial de energía procedente de residuos agrícolas* ([figura 3](#)) y *producción potencial de energía procedente de residuos forestales* ([figura 5](#)).

3. Resultados y discusión

El valor de energía potencial para cada residuo agrícola es común a toda la superficie municipal (ver [figura 3](#)) ya que el dato de recursos no provee información de dónde están realmente localizados estos cultivos dentro del municipio. Dentro de las previsiones de continuación de este proyecto se pretende abordar una localización más fiel y dinámica de la distribución de cada cultivo.

De los cultivos seleccionados, la mayor contribución energética pertenece a las gramíneas. Aunque su importancia varía en cada comarca. En las comarcas del centro de Navarra (3, 4 y 5) dominan el trigo, la cebada y la avena y en las meridionales (6 y 7) predomina el maíz. La contribución de las comarcas septentrionales es muy escasa (ver [figura 4](#)).

Como se muestra en la [figura 6](#), el haya es la principal especie en la producción energética potencial a partir de residuos forestales. Esta especie es abundante en el norte de la región ocupando un área próxima a las 120.000 ha.

Es importante señalar que los resultados de este trabajo se refieren únicamente a energía potencial. De cara a considerar su explotación, sería necesario tomar en cuenta otros factores como el porcentaje de residuos recolectables, la competencia de usos y el coste de aprovechamiento. Todos estos factores se analizarán en las siguientes fases del proyecto.

4. Conclusiones

Los SIG son una potente herramienta para la evaluación de los recursos de biomasa, combinan eficientemente tanto los datos cartográficos como los provenientes de los censos utilizados y facilitan la cartografía de los resultados.

Las fuentes más importantes de residuos agrícolas en Navarra son el trigo, el maíz y la cebada. Respecto a los residuos forestales, destacan *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* y *Quercus Ilex*. La distribución de estos residuos responde a un predominio claro de los agrícolas en las comarcas meridionales frente a los forestales en el norte. Además, la producción energética potencial procedente de los residuos agrícolas es muy superior a la de los forestales.

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

Aparte de los ya indicados, uno de los pasos inmediatos en el refinamiento de esta metodología será el estudiar la viabilidad de la aplicación de técnicas propias del tratamiento de imágenes de satélite para la estimación tanto de los residuos potenciales como del cálculo de las cantidades disponibles de los mismos.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente por los datos facilitados del Tercer Inventario Forestal en Navarra. También queremos mostrar nuestro agradecimiento al Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno Foral de Navarra. Finalmente, una mención especial para Tracasa (Trabajos Catastrales, S.A.) por su participación en el proyecto.

Referencias bibliográficas

- Capareda, S. (1999): "Geographic Information Systems (GIS)-based assessment of rice hull energy resource in the Philippines", en Overend, R. P. y E. Chornet (Ed): *Biomass. A growth Opportunity in green energy and value-added products*. Kidlington (R. U.), Elsevier Science, pp.203-208.
- Domínguez, J.(2002): *Los sistemas de información geográfica en la planificación e integración de energías renovables*. Madrid, Ciemat.
- Domínguez Bravo, J. y Marcos M. J. (2000): "GIS applied to evaluate biomass power in Andalucía (Spain)" [on line]. *Cybergeo. European Journal of Geography*. Nº 142. (15/11/2000; 14 p.) <http://www.cybergeo.presse.fr/paysenvi/oming/biomasa.htm>
- Graham, R. L., English, B. C. y Noon, CH. E. (2000): "A geographic information system-based modelling system for evaluating the cost delivered energy crop feedstock", *Biomass and Bioenergy*, 18, pp. 309-329.
- IDAE (1999): *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España*. Madrid, IDAE, Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- IDAE (2001): *Boletín IDAE: eficiencia energética y energías renovables*, nº3. Madrid, IDAE, Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Mitchell, C. P. (2000): "Development of decision support systems for bioenergy applications", *Biomass and Bioenergy*, 18, pp. 265-278.
- Noon, CH. y Daly, M. J. (1996): "GIS-based biomass resource assessment whit BRAVO", *Biomass and Bioenergy*, 10, 2-3, pp. 101-109.
- Rahmani, M. *et al.* (1999): "Optimal locations for biomass conversion facilities in Florida: Geographic Information System application", en Overend, R. P. y Chornet, E. (Ed): *Biomass. A growth opportunity in green energy and value-added products*. Kidlington (R.U.), Elsevier Science, pp. 91-97.
- Sánchez, D. *et al.* (2002): "Potential biomass resources for energy production in Navarra (Spain)", *Biomass for energy, industry and climate protection. Proceedings*. Amsterdam, The Netherlands, 17-21 June 2002. Vol. I, pp. 204-207.
- Voivontas, D. *et al.* (2001): "Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method", *Biomass and Bioenergy*, 20, pp. 101-112.

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, n° 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Índice de residuos y poder calorífico¹

	Índice de residuos	PCS ²	PCI ³
		Humedad = 0% d. M. (MJ/kg)	Humedad >0% d. M. (MJ/kg)
Trigo	1.2	18.58	15.49
Cebada	1.3	18.57	15.54
Avena	1.3	18.58	15.62
Girasol	1.5	16.98	14.15
Maíz	2.0	18.42	15.05
Haya	0.27	19.20	12.69
Rebollo	1.26	19.20	12.69
Encina	0.84	18.50	12.22
Roble	0.20	19.30	12.78
Álamo	1.50	19.40	12.83
Pino silvestre	0.45	21.10	14.02
Pino radiata	1.35	20.50	13.60
Pino de halepo	0.40	20.80	13.81
Pino negro	0.35	20.60	13.67

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

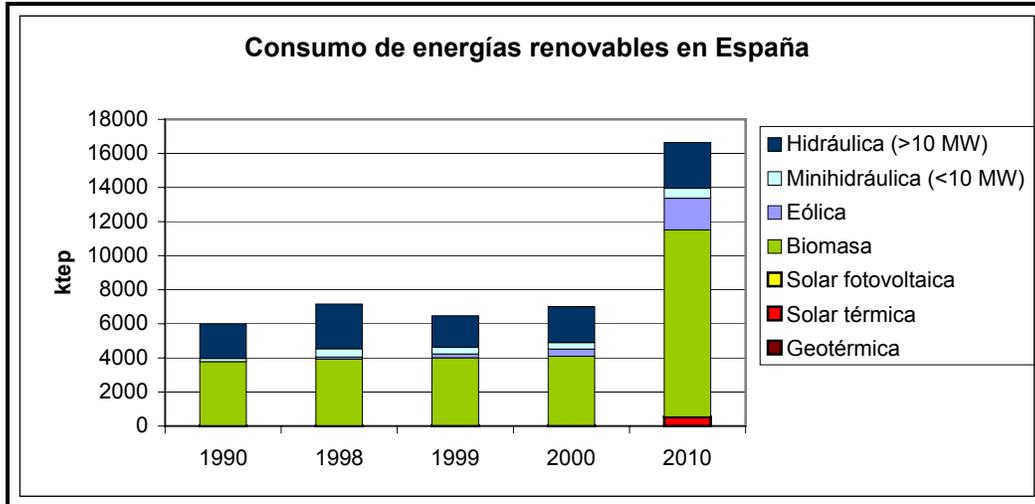


Figura 1. Evolución del consumo de energías renovables en España en el horizonte del "Plan de Fomento de Energías Renovables"

Fuente: IDAE, 2001

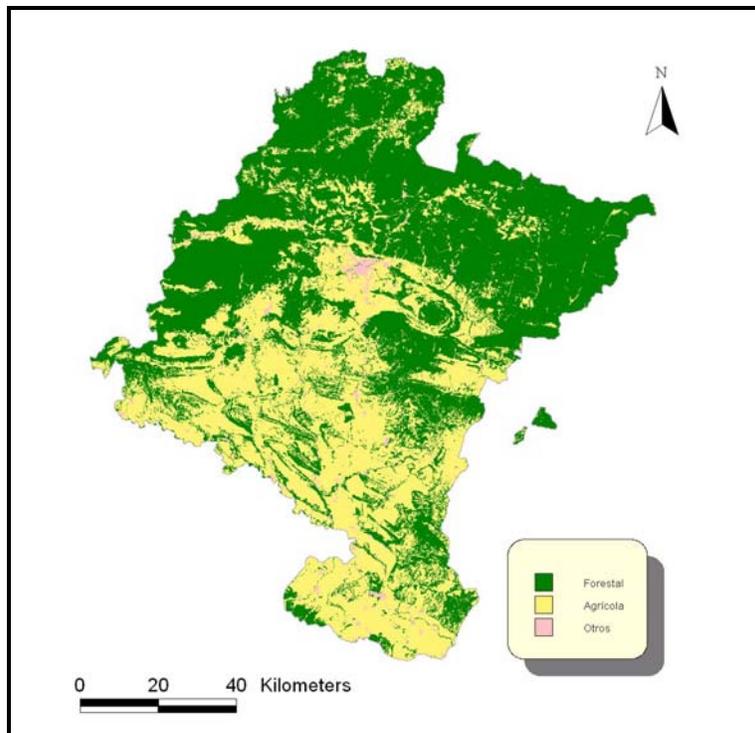


Figura 2. Distribución de la superficie agraria y forestal.

Fuente: Inventario Forestal

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

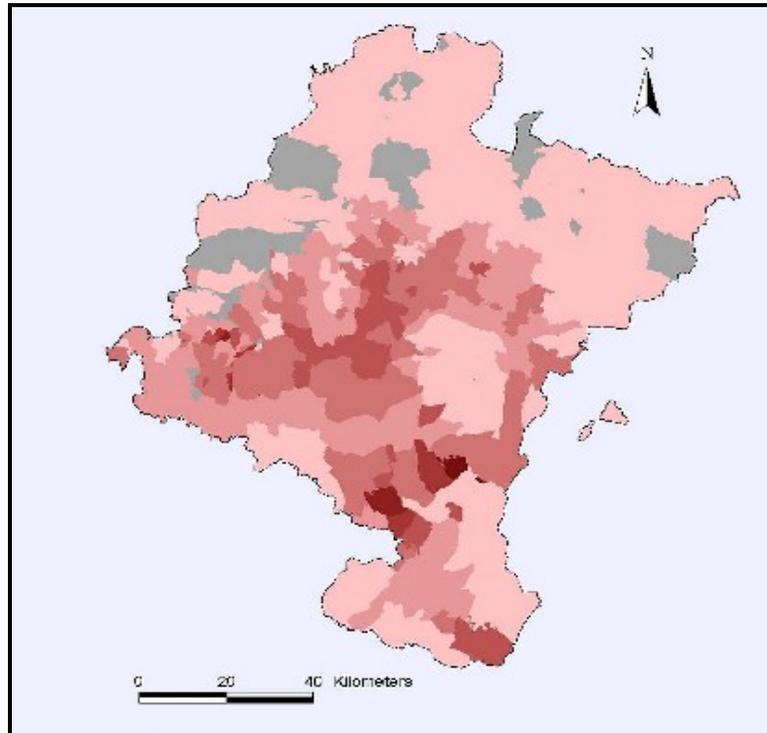


Figura 3. Producción potencial de energía con residuos agrícolas

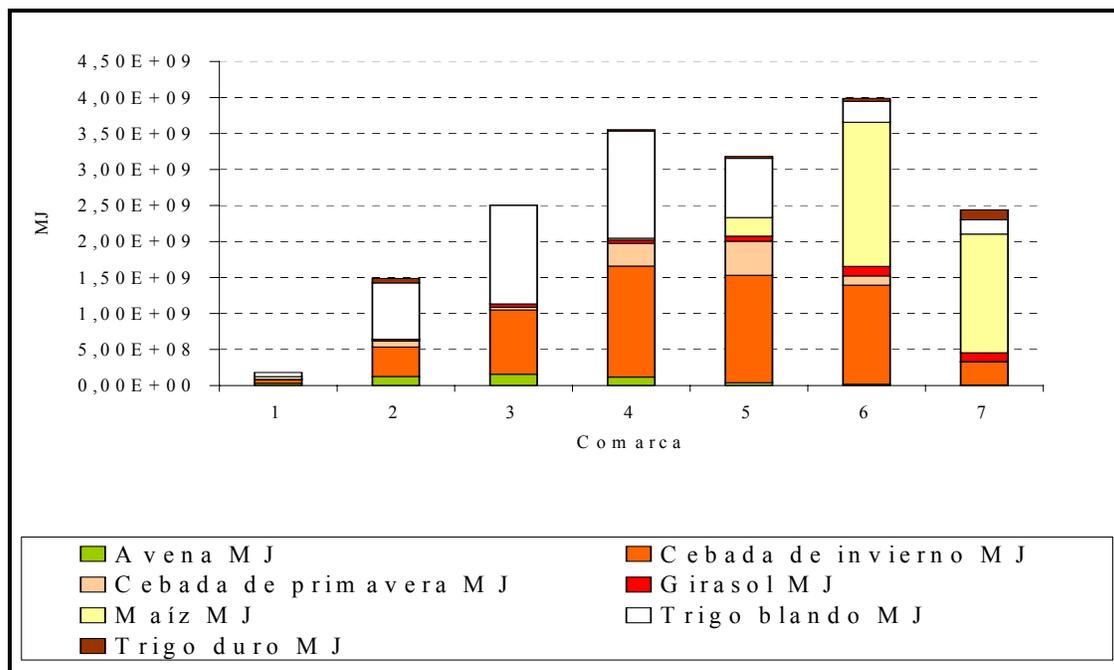


Figura 4. Contribución de cada tipo de cultivo por región (comarcas agrarias)

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

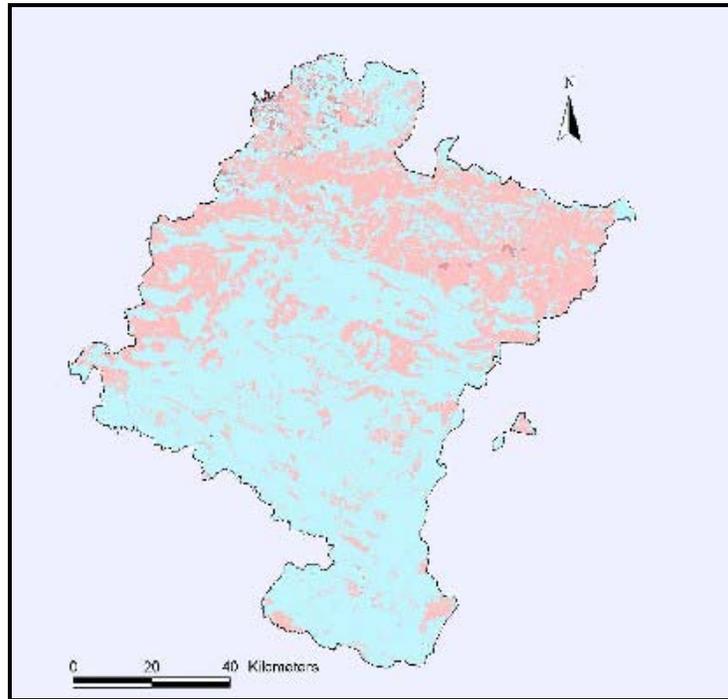


Figura 5. Producción potencial de energía con residuos forestales

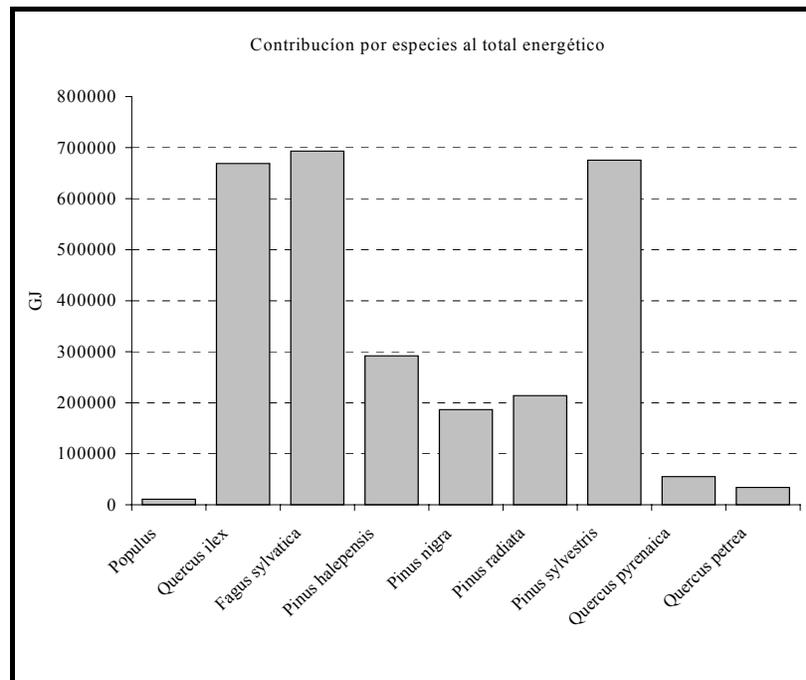


Figura 6. Contribución de las distintas especies forestales a la energía potencial

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 3, p.1-10. ISSN: 1578-5157

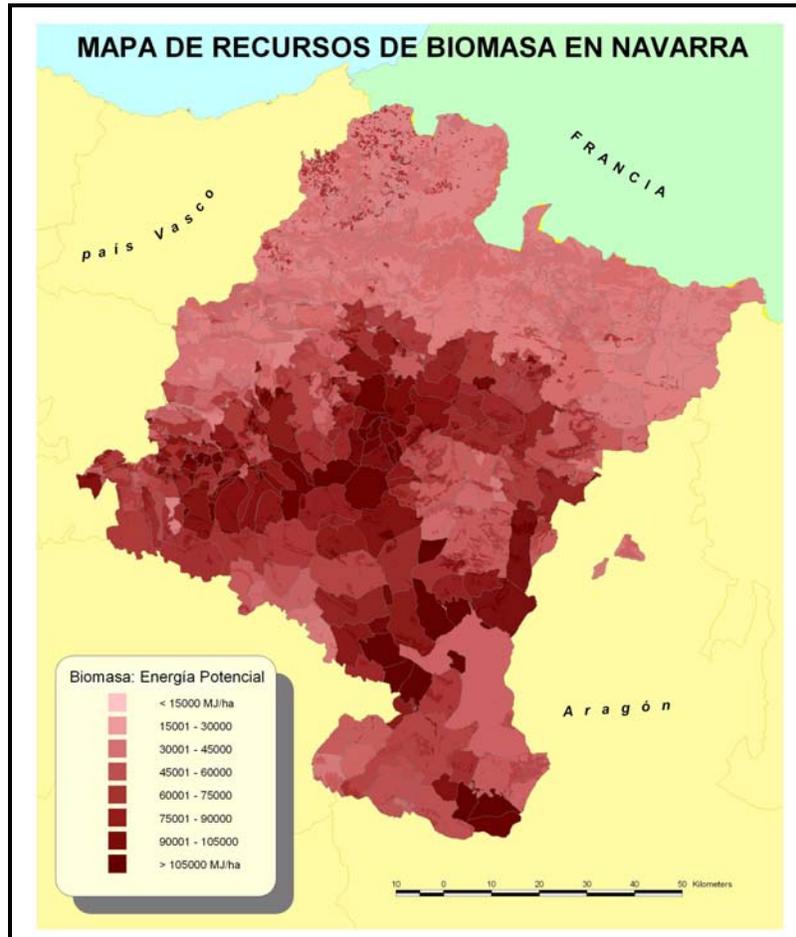


Figura 7. Producción de energía potencial procedente de recursos de biomasa

¹ Se asume que la utilización normal de la biomasa de especies forestales tiene un factor de humedad del 30% y la de los herbáceos del 12% para el cálculo del Poder Calorífico Inferior (PCI).

² PCS: Poder Calorífico Superior.

³ PCI: Poder Calorífico Inferior.