



## Los Bosques como Sistemas de Bioalmacenamiento y Bioenergía

**Autor:** Jose Pablo Paredes Sánchez

**Institución:** Universidad de Oviedo

**Otros autores:** Eunice Villicaña Ortíz (Universidad de Oviedo); Yoreley Cancino Solórzano (Universidad de Oviedo); Antonio José Gutiérrez Trashorras (Universidad de Oviedo)

## **Resumen**

El desarrollo de las masas forestales permite el incremento de la absorción del CO<sub>2</sub> atmosférico, lo que contribuye a mantener estables sus niveles de concentración dentro del ciclo del carbono.

El proceso de absorción produce materias primas muy apreciadas tanto en la obtención de productos manufacturados como biocombustibles. Las aplicaciones energéticas de estos últimos constituyen uno de los principales campos de desarrollo tecnológico en el campo de la bioenergía.

En este trabajo se analiza el potencial de los bosques como sumidero de carbono y generación de biocombustibles dentro de las líneas de acción establecidas por el Protocolo de Kioto para el desarrollo de proyectos energéticos sostenibles.

**Palabras claves:** biomasa; biocombustible; absorción de CO<sub>2</sub>; Kioto.

## 1. Bioalmacenamiento de los bosques.

El carbono circula a través de los océanos, la atmósfera, la superficie e interior de la Tierra en un ciclo biogeoquímico denominado “*ciclo del carbono*”. Este proceso puede ser dividido en dos subciclos, uno *lento o geológico* y otro *rápido o biológico*.

El *ciclo del carbono* suele considerarse constituido por cuatro reservorios principales, *la atmósfera, la biosfera terrestre*, que, por lo general, incorpora a los sistemas de agua dulce y material orgánico no vivo, como el carbono del suelo, *los océanos*, que considera el carbono inorgánico disuelto, los organismos marinos y la materia inerte, y *los sedimentos*, que incluye los combustibles fósiles.

El ciclo comienza con la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico a través de la fotosíntesis en plantas y ciertos microorganismos, en ecosistemas como los bosques. En este proceso, el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O reaccionan para formar carbohidratos, glucosa, y liberar oxígeno que pasa a la atmósfera. Parte de la glucosa es utilizado por el propio individuo para obtener energía, y el CO<sub>2</sub> así formado se libera en los árboles a través de hojas o raíces. Otra parte es consumida por los animales liberando CO<sub>2</sub> a través de su respiración. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo con lo que el carbono fijado en sus tejidos se transforma parcialmente en CO<sub>2</sub> y regresa a la atmósfera[1][2]. En este proceso, el potencial de la biomasa de las plantas como sumidero de CO<sub>2</sub> es más de 100 veces superior a la producida anualmente en el mundo por la generación energética por combustibles fósiles[3].

El almacenamiento de carbono por parte de los árboles, bioalmacenamiento. constituye un sumidero de GEI que no es uniforme a lo largo del tiempo, pues está en relación directa con su crecimiento. Una hectárea de bosque retiene, por término medio, entre 100 y 200 toneladas de carbono en troncos, copas y raíces, donde aproximadamente el 50 % está formada por carbono acumulado a un ritmo de entre 5 y 10 toneladas/año[4]. El balance entre el CO<sub>2</sub> absorbido y el liberado se sitúa entre los 20 y 45 kg de CO<sub>2</sub>/año dependiendo de la edad, el tamaño y la especie del individuo[5].

Anualmente se liberan a la atmósfera alrededor de 9 Gt de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, que se reparten entre las 7 Gt procedentes de la combustión de productos fósiles y las 2 Gt de la de deforestación. Parte de este carbono, aproximadamente la mitad, se disuelve en los océanos y se termina fijando en carbonatos y componentes que integran rocas y esqueletos de los animales marinos. Otra parte se fija como carbonato en rocas de la superficie terrestre y entra a formar parte del componente mineral del suelo y de la materia orgánica de seres vivos. Asimismo, una fracción considerable del CO<sub>2</sub> liberado permanece, como tal, en equilibrio en la atmósfera originándose así el incremento paulatino observado en la concentración de dicho gas[6]. Con todo ello, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado a escala mundial desde las 280 ppm, antes de la revolución industrial, hasta las 379 ppm en 2005[7].

El índice de fijación de nitrógeno en los bosques situados en las proximidades de las zonas industriales se ha incrementado significativamente. Probablemente, los procesos de fijación de nitrógeno y carbono se traducirán en un aumento del crecimiento y productividad vegetal.

Sin embargo, es preciso matizar que el bioalmacenamiento del carbono en los bosques tiene un carácter temporal, ya que el CO<sub>2</sub> absorbido puede volver a la atmósfera con la tala o los incendios. Los incendios forestales están considerados como una importante fuente de emisión de CO<sub>2</sub> y contrarrestar el papel de sumidero de los bosques hasta convertir al sector forestal no sólo en no mitigador de este *Gas de Efecto Invernadero (GEI)* sino en un emisor neto.

En el caso de la deforestación es preciso considerar el destino de la madera, siendo muy distintas las repercusiones en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, pues la debida a la tala es muy diferente al del incendio.

## **2. Bioenergía de los bosques.**

Casi la mitad de la población mundial dependía de: la madera para la satisfacción las necesidades energéticas en 1980[8]. Hoy en día, más de 1.000 millones de personas en el mundo dependen exclusivamente de la biomasa como fuente de energía[9].

En los países desarrollados la utilización de combustibles fósiles originó un abandono de los aprovechamientos de biomasa, lo que condujo a una reducción significativa de la actividad forestal. No obstante, las actuales políticas en materia de energía y medio ambiente han permitido que la utilización de la biomasa como recurso energético, bioenergía, vuelva a estar en auge, como un recurso autóctono y renovable que ayuda a garantizar la seguridad en el abastecimiento y reduce la dependencia energética de terceros.

El aspecto más tradicional en aplicaciones energéticas de la biomasa es la leña forestal, se define como: *“la parte de los árboles y arbustos que, troceada, es destinable a un uso energético”*. Al estudiar los usos de la biomasa con fines energéticos merecen especial atención los combustibles obtenidos a partir de restos orgánicos o biológicos, los biocombustibles.

La leña es el biocombustible más tradicional, está compuesta principalmente por madera que puede dividirse en fracciones más pequeñas denominadas astillas o incluso trocearse para sufrir una posterior compactación para producir los denominados *Biocombustibles Sólidos Densificados (BSD's)*.

Las leñas y las astillas conservan propiedades tales como la resistencia, dureza, rigidez y densidad de la madera. Cuánto más gruesa y más densa es una leña más tarda en arder.

### *2.1. Biocombustibles Sólidos Densificados (BSD).*

Los BSD's son un tipo de biocombustibles con los que se logra una mejora sustancial de la densidad energética de la biomasa. Entre ellos distinguiremos entre las briquetas y los pellets[10].

La materia prima, origen de las briquetas y los pellets, es mayoritariamente de origen forestal, como pueden ser los residuos procedentes de industrias forestales o trabajos silvícolas, p.e. astillas, virutas y serrines.

En lo sucesivo nos ocuparemos principalmente del pellet o briketa fabricados con biomasa forestal o forestal residual, bien procedente de aprovechamientos forestales (p.e. podas) o residuos de la industria primera y segunda transformación de la madera (p.e. astillas) e incluso carbón vegetal o una mezcla de todos ellos.

## 2.2. La briketa.

La briketa es un BSD formado como un bloque compacto mediante un proceso de compresión mecánica a partir de biomasa, generalmente, de origen forestal.

La forma de las briquetas puede ser variable y depende de la maquinaria utilizada en su fabricación. Sin embargo, las briquetas producidas en la actualidad suelen presentar una sección cilíndrica. Otro tipo de sección es de tipo octogonal, con un hueco circular en el centro, o la sección rectangular, ligeramente redondeada en las cuatro esquinas, lo que le confiere una mayor resistencia en el manejo a los golpes. Este tipo de briquetas se almacenan mucho mejor, pues ocupan menos volumen a igualdad de peso que el tipo cilíndrico o el de prisma octogonal hueco, además de arder más despacio, Figura 1.

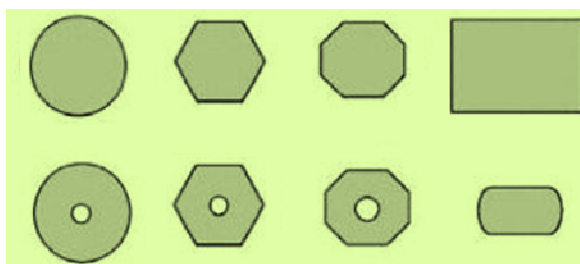


Figura 1. Secciones de briquetas.

La briketa presenta unas dimensiones de entre 7 y 10 cm de diámetro y 20 a 40 cm de longitud, que puede cortarse fácilmente sin necesidad de herramientas a la longitud deseada. La briketa de sección octogonal suele presentar una distancia de unos 60 mm entre dos caras opuestas y un orificio interior central de unos 15 mm diámetro.

Su constitución compacta y uniforme supone grandes ventajas de almacenamiento, limpieza, transporte y facilidad de uso en comparación con la leña en aplicaciones tanto térmicas como termoquímicas. El uso de briquetas en chimeneas se decanta por el aspecto cilíndrico por su similitud morfológica con la leña.

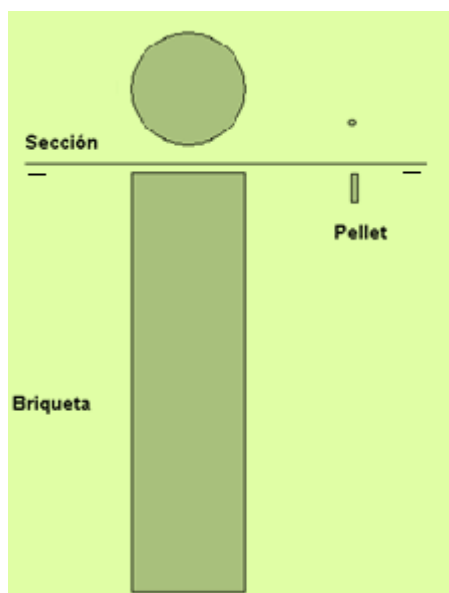
## 2.3. El pellet.

El pellet es un material combustible procesado en forma de pequeños cilindros de biomasa seca prensada, su materia prima suele ser residuos de serrerías, trabajos silvícolas e industrias forestales.

Los pellets de madera son piezas pequeñas de serrín comprimido, proveniente de astillas de madera y serrín seco. Su geometría es generalmente cilíndrica y homogénea con un diámetro de entre 3 y 12 mm y en torno a 3 cm de largo. Estos cilindros se fabrican por alta presión ejercida sobre una matriz sin ningún tipo de aditivo, ya que uno de los componentes de la madera, la lignina, actúa de aglomerante natural.

El pellet presenta una manejabilidad mejor que las briquetas, pues su comportamiento es similar al de un fluido por lo que pueden incluso bombearse a los silos de almacenamiento.

Los pellets se diferencian de las briquetas por su tamaño, diámetro menor de 25 mm, Figura 2, y mayor calidad, ambos presentan por lo general una densidad aparente mayor de  $900 \text{ kg/m}^3$  y un poder calorífico superior en estado anhidro por encima de las 4.500 kcal/kg.



*Figura 2. Geometría y sección básicas del pellet y la briketa.*

Los BSD's son una aplicación evolucionada de la leña o las astillas, en cuanto al poder calorífico volumétrico presentan grandes ventajas frente a las astillas pues su densidad es mucho mayor. Cuando está compuesto sólo de madera presenta un balance neutro.

### **3. Mecanismos de desarrollo de proyectos de bioalmacenamiento y bioenergía en los bosques.**

Tres son las estrategias que pueden adoptarse en relación con la materia prima presente en los bosques:

- *Aumentar la tasa de acumulación de carbono mediante la creación o ampliación de sumideros de carbono (absorción del carbono – bioalmacenamiento).*

- *Impedir o reducir la emisión del carbono existente en los sumideros actuales (conservación del carbono).*
- *Reducir la demanda de combustibles fósiles aumentando la utilización de madera, ya sea en productos duraderos (sustitución de materiales como el acero y el cemento con un alto consumo de energía) o como combustibles (sustitución de los combustibles fósiles).*

De este modo se lograría el desarrollo del sector forestal con fines bioenergéticos mediante:

- El aumento del área arbolada, lo que puede permitir un incremento de la capacidad de fijación del ecosistema en que se actúa[1], que aporten recursos de biomasa.
- La silvicultura y la gestión forestal, con el fin de lograr una regeneración, incremento de la vitalidad y del vigor vegetativo de las masas arbóreas y obtención de biomasa, para potenciar su producción y fomentar su capacidad como sumidero. Se trataría de potenciar las masas jóvenes, ya que tienen una mayor capacidad de crecimiento que las maduras, y evitar las masas sobremaduras donde la capacidad de fijación de carbono es limitada[11].

Desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>, la biomasa y los biocombustibles tendrían un efecto neutro, esto es, emitirían a la atmósfera el carbono que previamente habrían absorbido en el proceso de fotosíntesis, esto permite su aprovechamiento como mitigador de emisiones para el desarrollo de proyectos de índole energético[12][13][14].

### 3.1. Comercio de Derechos de Emisión (CDE).

El uso de este mecanismo, contemplado en el Artículo 17 del Protocolo, permite a las Partes adquirir créditos de otras Partes Anexo I para alcanzar, de forma eficiente desde el punto de vista económico, los compromisos adquiridos. De esta manera, los países parte del Anexo I que reduzcan sus emisiones más de lo comprometido, podrán vender los créditos de emisiones excedentarios a los países que les resulte más difícil o más oneroso satisfacer sus objetivos.

El sistema de comercio se considera un instrumento cuyas ventajas, ambientales y de certidumbre sobre los resultados alcanzados, vienen dadas por el establecimiento de una cuota total de *Derechos de Emisión (DE)*, que representan el límite global de las emisiones autorizadas por el régimen de comercio regulado por el Protocolo.

Bajo este régimen, los países parte del Anexo I (*países desarrollados y países en vías de transición a una economía de mercado*), o aquellas personas jurídicas a las que éstos hayan autorizado, pueden intercambiar en el mercado los distintos tipos de unidades contables reconocidos por el Protocolo de Kioto, es decir: *Unidades de Reducción de Emisiones (URE's)*, fruto de proyectos de aplicación conjunta; *Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE's)*, generadas por proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio; *Unidades de Absorción (UDA's)*, procedentes de actividades en sumideros de carbono, y *Unidades de Cantidad Atribuida (UCA's)*, inicialmente asignadas a cada Parte.

Para evitar que las Partes vendan en exceso los diferentes tipos de unidades, y se vean imposibilitados para cumplir los compromisos de Kioto, cada una de las Partes del Anexo I tiene la obligación de crear lo que se conoce como "*Reserva del Período de Compromiso*", que consiste en mantener un nivel mínimo de unidades de emisión, que quedan excluidas del comercio de emisiones. El sistema persigue introducir en el proceso de toma de decisión de las empresas el precio del CO<sub>2</sub>, al obligar a que cada instalación afectada cubra sus emisiones mediante la entrega de derechos que tienen un coste en el mercado, creando un incentivo económico para reducir las emisiones. El precio de los derechos de CO<sub>2</sub> en el mercado comunitario se estima entre los 10 y los 40 €/tonelada[15].

### 3.2. *Mecanismos de Aplicación Conjunta (MAC).*

Este medio permite la inversión, entre países del Anexo I, en proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. Las URE's del proyecto que descuenta el país receptor las adquiere el país inversor.

El país inversor se beneficia de la adquisición de URE's a un precio menor del que le hubiese costado en el ámbito nacional la misma reducción de emisiones. De esta forma, las unidades obtenidas con el proyecto las utiliza para cumplir con su compromiso de Kioto.

Los potenciales países receptores, bajo el ámbito de estos proyectos, son los países con economías en transición de mercado, tanto por sus escenarios de emisiones como por su estructura económica. Las inversiones son atractivas para estos países ya que se benefician de las tecnologías limpias a que dan lugar.

El *Comité de Supervisión* del Artículo 6, órgano colegiado de este mecanismo y encargado, entre otras tareas, de elaborar normas de procedimiento adicionales para regular el funcionamiento del *Mecanismo de Aplicación Conjunta*, se estableció en la primera *Conferencia de las Partes, COP/MOP1 de diciembre de 2005*, lo que hace que el mecanismo esté plenamente operativo. Actualmente, este comité trabaja en la elaboración de las normas de procedimiento y otras cuestiones regulatorias.

### 3.3. *Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).*

Permiten la inversión de un País Anexo I en otro no incluido en proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. El País Anexo I recibe los créditos de reducción del proyecto que utiliza para alcanzar sus compromisos establecidos en el Protocolo.

Este mecanismo cumple con un triple objetivo: el país inversor hace uso de las RCE's para alcanzar los objetivos de reducción y limitación de emisiones, el país receptor consigue un desarrollo sostenible a través de la transferencia de tecnologías limpias y, a su vez, contribuye a alcanzar el objetivo último de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*.



#### 4. Conclusiones.

Los bosques son importantes sumideros dentro del ciclo biogeoquímico del carbono. La silvicultura y la gestión forestal permite mejorar el efecto sumidero de los bosques y obtener materias primas necesarias para la producción de BSD's.

La biomasa forestal presenta un marcado carácter autóctono, lo que favorece su utilización como materia prima en el desarrollo de proyectos bioenergéticos tipo MAC o MDL para la reducción de emisiones o la fijación de carbono.

#### 5. Bibliografía.

- [1] Schimel, D. S.. 1995. Terrestrial Ecosystems and The Carbon Cycle. *Global Change Biology*, 1, pp. 77-91.
- [2] Smith, T. M. et al.. 1993. The Global Terrestrial Carbon Cycle. Wisniewski, J. y R.N. Sampson (eds.). *Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO<sub>2</sub>*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 19-37.
- [3] FAO. 2001. *Food and Agriculture Organization*. Situación de los Bosques del Mundo 2001. Informes anuales. Desde 2001. Roma. Italia. ISBN: 92-5-304590-6.
- [4] IPCC. 2001. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Climate Change 2001. Synthesis Report and Complementary Reports: Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J. T., et al.. Geneva, Switzerland. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [5] Castillo, J. M., et al.. 2007. La Vegetación Urbana como Sumidero de Dióxido de Carbono. Agencia de la Energía de Sevilla. Sevilla. España. ISBN: 978-84-690-65.
- [6] Keeling, C. D. et al.. 1995. Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980. *Nature*, 375(6533), pp. 666-670.
- [7] IPCC. 2007. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Climate Change 2007. Synthesis Report and Complementary Reports: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds.). Geneva, Switzerland. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [8] FAO. 1985. *Food and Agriculture Organization*. Madera para producir energía. ed. Informe sobre cuestiones forestales. FAO. Roma. Italia.
- [9] Marcos Martín, F. y Núñez, M. 2006. Biomasa forestal: fuente energética. *Energética XXI*, IV(52), pp. 80-85.

- 
- [10] Marcos, F. y Camps, M. 2002. *Biocombustibles Sólidos Densificados*. Madrid, España. Mundi-prensa, pp. 154 .
- [11] Hättenschwiler, S. C. and Körner, Ch.. 2000. Tree seedling responses to in situ CO<sub>2</sub>-enrichment differ among species and depend on understory light availability. *Global Change Biology*, Vol. 6, pp. 213-226.
- [12] Camps, M. y Marcos Martín, F.. 2008. *Los Biocombustibles*. Mundi-Prensa Libros. Madrid. pp. 383. ISBN: 978-84-8476-360-4.
- [13] Paredes, J. P. y Xiberta, J.. 2007. *Aprovechamiento Potencial de Residuos Forestales y de la Industria de la Madera en Asturias con la Tecnología Actualmente Disponible*. Proyecto de Investigación. Universidad de Oviedo. pp.137.
- [14] Paredes, J. P. y Xiberta, J.. 2010. *Estimación del Potencial Energético y del Efecto Sumidero de la Biomasa Forestal de Asturias*. Tesis. Universidad de Oviedo. pp. 263.
- [15] Ministerio de Medio Ambiente. 2007. *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. 1990-2006*. Anuario Medio Ambiente 2006. Bases de datos. Madrid. Revisión 2008. Madrid. España.