

# BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS Y LÍQUIDOS FORESTALES.

LUIS GARCÍA BENEDICTO, FRANCISCO MARCOS MARTÍN, CARLOS FERNÁNDEZ LÓPEZ.

DPTO. DE INGENIERÍA FORESTAL. E.T.S.I. DE MONTES. CDAD. UNIVERSITARIA S.N. 28040 MADRID.

## RESUMEN.

Tras analizar las principales características físicas y químicas de los biocombustibles forestales, se estudia su uso en los diferentes sectores. Se consideran como biocombustibles forestales los siguientes: Leñas, astillas, pelets, briquetas, carbón vegetal y líquido piroleñoso. Para cada tipo de biocombustible se analizan: Propiedades físicas como la forma, tamaño, densidad y humedad, y propiedades químicas como la composición química y poder calorífico.

P.C.: Biomasa, Caracterización, Astillas, Carbón Vegetal, Briquetas.

## SUMMARY

After the analysis of the physical and chemical properties of the forestry biofuels, this paper studies the use of these biofuels in the different sectors. The biofuels considered are: Fuelwood, chips, pelets, briquets, charcoal. For each biofuel we analyze: Physical properties (Shape, size, density and moisture) and chemical properties (chemical composition and heat value).

K.W.: Biomass, Chips, Charcoal, Briquets.

## INTRODUCCIÓN

El hombre, desde que conoció el fuego, ha utilizado los combustibles vegetales, conocidos hoy como biocombustibles, y que son renovables, para diferenciarlos de los combustibles sólidos fósiles. La biomasa ha adquirido una importancia cada vez mayor en los últimos años (Asinel, 1982; Marcos, 1985; Grassi 1992; Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 1992 y 1997).

Los principales biocombustibles sólidos son las leñas, astillas, pelets, briquetas, carbón vegetal, paja, biomasa sólida agrícola, residuos sólidos ganaderos y residuos sólidos urbanos. La incidencia ambiental del uso indiscriminado de la biomasa debe ser considerado (Marcos, 1987).

## PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA OBTENER COMBUSTIBLES SÓLIDOS A PARTIR DE LA BIOMASA.

Según su naturaleza los procesos utilizados para la obtención de biocombustibles pueden ser procesos físicos o procesos químicos. A veces se combinan ambos.

## PROCESOS FÍSICOS.

1. Fragmentación. Su objetivo es el aumento de superficies, con lo que se aumenta el contacto combustible-comburente, combustible-frente de llama, mejorando y acelerando los procesos de combustión, además unifica los tamaños para facilitar y abaratar los procesos de transporte.

2. Compactación. Para conseguir un aumento de densidad y así aumentar la masa transportada por unidad de volumen. Un aumento de densidad, por compactación, proporciona una combustión más lenta y una disminución de las superficies de contacto aire-combustible y frente de llama-combustible.

3. Secado. Eliminación de agua de forma natural o mediante tecnologías de secado (secado forzado). Al eliminar agua aumenta el poder calorífico y se evita transportar agua en el combustible.

## PROCESOS QUÍMICOS.

1. Pirólisis. Es la destrucción (lisis) por fuego (piro) de ciertos compuestos químicos para originar otros diferentes.

2. Carboneo. Es un proceso químico de combustión incompleta con el que se obtienen unos compuestos químicos finales diferentes de los iniciales. Se utiliza para obtener carbón vegetal a partir de madera y por eso lleva el nombre de carboneo.

Dependiendo del proceso empleado los biocombustibles sólidos pueden agruparse según se describe en la tabla 1.

## LEÑAS

La leña ha sido y es uno de los combustibles más utilizados por el hombre. En la actualidad las leñas, junto con el carbón vegetal y los restos orgánicos combustibles constituye la principal fuente de energía de millones de personas en los países subdesarrollados.

El precio de la leña depende de la especie, la zona y el lugar de disponibilidad. Si la leña es de pino o conífera es más barata, igualmente es más barata si el transporte corre a cargo del usuario o si es un núcleo de montaña en el centro de una zona forestal.

La densidad de la leña puede ser un dato necesario en ciertos cálculos económicos. Se calcula en función de la densidad de la madera y de la corteza.

## ASTILLAS.

La astilla es un material forestal que puede utilizarse con distintas finalidades: Para obtener tablero de partículas, de fibras o cualquier otro tipo de tableros que utilice astillas, para obtener fibras con las que después se fabricará papel, o como combustible.

Este tercer uso es el menos noble de los tres; pero a veces debe hacerse, como en el caso de residuos en los que la heterogeneidad de la materia prima no aconseja los otros usos más nobles.

- Principales características de las astillas.

1) Baja densidad (0,25 a 0,35 kg/dm<sup>3</sup>), lo cual encarece su transporte.

2) Su poder calorífico se corresponde con el de la materia prima de la que se han obtenido.

3) La composición química es la que corresponde a las leñas de las que proceden las astillas.

4) Las características de inflamabilidad y combustibilidad son favorables con respecto a las leñas a la hora de la combustión. Sin embargo pueden ser desfavorables a la hora del almacenaje por problemas de autoinflamación.

5) Las astillas se manipulan mejor que las leñas por ser un combustible más homogéneo.

Las máquinas que trabajan en el monte pueden cortar únicamente o cortar y astillar a la vez. Este segundo caso se da en el empleo de residuos con máquinas que trabajan en plantaciones con fines energéticos. Es decir, plantaciones de árboles a turnos muy cortos (5 a 7 años). El precio de la astilla depende del tamaño de la misma.

- Instalaciones que utilizan astilla como combustibles.

Las instalaciones que utilizan las astillas como combustibles suelen ser instalaciones industriales donde la astilla es fácil de manejar por su homogeneidad, característica de la que carece la leña. Las instalaciones más frecuentes son pequeñas fábricas situadas en lugares cercanos al monte o a plantas de astillado, ya que como hemos indicado el transporte de astillas es caro.

Entre las instalaciones que las utilizan podemos señalar: Hornos cerámicos, hornos de panadería, hoteles medianos y grandes, calefacción centralizada de núcleos rurales, pequeñas industrias de vidrio. En este tipo de instalaciones para el transporte de astillas pueden utilizarse: Palas cargadoras, cintas transportadoras de caucho o tornillos sinfín (con el inconveniente de que la astilla por rozamiento afilen las aletas y luego éstas se claven en las mismas). Se recomienda utilizar silos elevados para que las astillas se muevan por gravedad.

## BRIQUETAS Y PELETS.

El término "briqueta" es un término claro por un lado y confuso por otro. Es un término claro, ya que una vez vista una briqueta no se puede confundir con otro combustible. Pero es confuso porque puede estar fabricada con muy diversos materiales compactados. La característica común de todas las briquetas es su alta densidad. Su forma suele ser cilíndrica. Son un combustible formado por la compactación de biomasa. La materia prima fundamental serán las astillas y residuos de madera, sin embargo, a veces, las briquetas están formadas por la compactación de cualquier tipo de biomasa residual. En lo sucesivo nos ocuparemos principalmente de las briquetas obtenidas con biomasa forestal. No nos referiremos a las briquetas de carbón vegetal.

El término "pélet" puede ser confundido y utilizado indistintamente como "pellet". El IDAE (Instituto Para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en su publicación sobre la biomasa emplea la palabra "pellet". El CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), sin embargo, emplea las palabras "pélet", "peletizado", e incluso "pelet". Nosotros emplearemos "pélet".

Las principales características físicas y químicas de las briquetas son:

- Forma, tamaño y color: La forma de las briquetas depende de la maquinaria utilizada en su obtención. Sin embargo, casi todas las briquetas fabricadas en la actualidad en España son de forma cilíndrica. La casa Krupp, ofrece prensas briquetadoras en las que la matriz final puede ser alterada con lo que la forma de la briqueta es muy variable, desde formas cilíndricas hasta prismas rectangulares ligeramente recortados en los bordes pasando secciones que asemejan a varios cilindros unidos o varios prismas octogonales unidos. Se procura que el aspecto de la briqueta sea lo más parecido al de la leña, para que así en las chimeneas parezca que arde leña. Por ello se prefieren las briquetas cilíndricas.

El pélet, de un tamaño inferior, se puede manipular mejor, pudiéndose manejar a paladas y cargarse en calderas en las que sustituye al carbón mineral. La briqueta está pensada para uso doméstico, en chimeneas o calderas individuales. El pélet para calderas de una comunidad de

vecinos. La briqueta se vende a granel o en bolsas de unos 10 Kg (su precio en España, es de 16 a 20 pta/Kg) que contienen 7 briquetas. También se vende en cajas de 50 Kg. El pélet se vende en sacos y a granel. Su precio es más variable pues depende de las cantidades solicitadas y el lugar; pero suele oscilar entre las 15 y 20 pta/Kg.

- Densidad: La principal característica de las briquetas frente a las astillas es que son más densas que éstas con lo que facilita el transporte, manipulación y almacenaje. El inconveniente es que resultan más caras que las astillas, pues requieren un proceso industrial de fabricación.

Esta es la variable que resulta más importante al estudiar y comparar los pelets y briquetas con otros combustibles forestales. El objetivo final de los procesos de peletización y briquetado es obtener un producto de mayor densidad que los productos iniciales. Al tener mayor densidad este producto se transportará ocupando menos volumen que las leñas y astillas y será más sencilla su manipulación. Los factores que influyen en la densidad del pélet y briqueta son de tres tipos: La materia prima empleada, la presión ejercida por la prensa en el proceso de fabricación y el correcto diseño y manipulación de la misma. El IFIE (1967) presenta un trabajo donde se recogen las demandas de las especies forestales españolas.

- Humedad: La humedad de la briqueta y del pélet es función de la forma en que se suministre el producto. Como en el proceso de prensado que sufre la materia prima hasta convertirse en briqueta o pélet se suelen utilizar partículas secas (humedad menor del 12% base húmeda) y además en el mismo se seca aún más la partícula, al final la humedad de la briqueta o el pélet resulta ser de una 8-10% a la salida de la prensa.

- Composición química y poder calorífico: Nos interesa estudiar la composición química elemental de pelets y briquetas por que ésta condiciona su poder calorífico. La composición química de briquetas y pelets dependerá del material utilizado en su constitución. Si se emplean aditivos habrá de tenerse en cuenta la composición química de los mismos. Lo ideal es conocer los porcentajes (en peso) de madera, corteza y aditivos empleados, así como la humedad a la que se manipulan estos productos. Conocidos estos porcentajes puede evaluarse de forma aproximada la composición química de pelets y briquetas. El poder calorífico inferior de la briqueta es muy similar al de la madera de origen. El poder calorífico es función de la humedad. Hay que distinguir correctamente entre el poder calorífico y el poder calorífico volumétrico.

## CARBÓN VEGETAL.

Según Kollmann (1959) el carbón vegetal es el producto de la combustión incompleta de la madera. Decir que el carbón vegetal es "un combustible sólido de color negro con mayor poder calorífico que la madera" puede suponer el olvido de que el carbón vegetal también es un "material con gran superficie específica muy apto para su uso como filtro ". Ambos usos (combustible y carbón activo) son importantes actualmente. Nos vamos a centrar en su uso como combustible.

La diferencia fundamental entre la madera y el carbón vegetal, aparte de su apariencia física que es muy distinta, es que el carbón vegetal tiene mayor contenido en carbono que la madera, por lo que su poder calorífico es mayor y es mejor combustible que ésta. Otra gran diferencia es que el carbón vegetal es inerte, difícilmente alterable con las condiciones atmosféricas normales y no es atacado por agentes biológicos (hongos e insectos xilófagos) que atacan la madera.

Las principales características del carbón vegetal son (Marcos, 1989):

- Densidad: La densidad del carbón vegetal es una propiedad, ya que densidades altas suponen, a igualdad de peso, una disminución de costes de transporte. Además, en el uso

industrial se buscan carbones densos, ya que producen, a igualdad de volumen, mayor número de calorías en su combustión. La densidad del carbón vegetal depende fundamentalmente de la madera utilizada para su obtención. Los valores medios de densidad aparente, es decir, peso/(volumen de carbón + volumen de poros de aire existentes en el carbón) son de 0'170 kg/dm<sup>3</sup> a 0'500 kg/dm<sup>3</sup>. El carbón vegetal utilizado en España tiene una densidad aparente entre 0'17 kg/dm<sup>3</sup> y 0'35 kg/dm<sup>3</sup>.

Como las frondosas españolas, sobre todo encinas y robles, presentan mayores densidades que las coníferas, representadas por los pinos, la densidad del carbón vegetal de frondosas es mayor. Si durante la carbonización la madera ha soportado grandes presiones el carbón es más denso. La densidad real, es decir, peso/volumen de carbón sin huecos de aire toma valores de 1300 kg/m<sup>3</sup> y está influenciada fundamentalmente por la densidad de la madera origen de dicho carbón.

- Superficie específica: La variable que mide esta propiedad es la superficie específica que es el cociente entre la superficie y la unidad de masa. Los materiales con muchos poros tienen una superficie específica alta y los materiales con pocos poros la tienen baja. Lowry y Hulett afirman que la superficie específica del carbón vegetal oscila entre 160 m cuadrado/gr y 436 m cuadrado/gr; estos investigadores señalaban que los diámetros capilares medios variaban entre  $2'8 \cdot 10^{-7}$  mm y  $9'2 \cdot 10^{-7}$  mm. Esta magnitud muy importante para algunas industrias, ya que los materiales con alta superficie específica suelen tener un poder de adsorción de gases muy alto. Los gases más absorbidos son amoníaco, ácido clorhídrico y dióxido de azufre. Para conseguir carbón vegetal con altas superficies específicas, el proceso de carbonización debe respetar la estructura de la madera natural.

Ahora bien, para que el carbón vegetal tenga un alto poder de adsorción no basta con que su superficie específica sea alta, también es necesario que en su superficie interna no se depositen materiales alquitranosos, poco volátiles. Hay sustancias como el cloruro de cinc y los ácidos bórico y fosfórico que facilitan la volatilización o descomposición de los materiales alquitranosos.

- Humedad: La humedad del carbón vegetal, como la de la madera, puede referirse a base húmeda o a base seca. Se afirma generalmente que la humedad de la madera influye mucho más en el rendimiento del carbón vegetal obtenido que la especie de la que se obtiene el mismo.

El carbón vegetal que se encuentra en el mercado se presenta con humedades entre el 6 y el 10% (medidas en base seca). Una de las ventajas del carbón vegetal, como combustible, frente a la madera es que aumenta muy poco su humedad con el tiempo (es inerte), mientras que la madera es muy higroscópica y su poder calorífico desciende con la humedad.

- Resistencia a la compresión: Para la industria metalúrgica que emplea el carbón vegetal la resistencia a la compresión es una propiedad física importante. Si la resistencia es pequeña, el carbón vegetal, al ser transportado o cargado sobre sí mismo se convierte en carbonilla y polvo. Cuando el proceso de carbonización respeta la estructura original de la madera y se realiza de forma rápida llegando a una temperatura final elevada, el carbón obtenido presenta mayores resistencias a la compresión.

- Composición química y poderes caloríficos: El carbón vegetal está compuesto químicamente por carbono, como componente principal, y por algo de hidrógeno, oxígeno y cantidades mínimas de nitrógeno. La composición química elemental del carbón vegetal está en función especialmente de tres factores: Materia prima utilizada, Temperatura de carbonización, Tecnología de carbonización.

-Tecnologías para obtener carbón vegetal. Utilizando la clasificación presentada por Trossero (FAO, 1983), que diferencia las tecnologías de carbonización dependiendo de si el

calor empleado en secar y calentar la madera está originado por la propia madera de la carga o por algún combustible:

Tipo 1: El calor empleado en secar y calentar la madera procede de la propia madera de la carga: Parvas (tradicional y sueca), Fosas de tierra, Hornos de ladrillo (media naranja, colmena, ...), Horno Missouri, Horno TPI, Horno Carbofrance.

Tipo 2: El calor empleado en secar y calentar la madera procede de otro combustible separado de la carga.

Tipo 2.1.: El calor se transmite de forma indirecta, a través de las paredes de la retorta: Hornos de retortas metálicas.

Tipo 2.2.: El calor se transmite de forma directa a través de un gas neutro caliente que circula entre la madera que se va a carbonizar: Horno Schwartz, Horno Lambiotte.

## BIBLIOGRAFÍA

ASINEL. 1982. La biomasa y sus aplicaciones energéticas, ASINEL, Madrid.

GRASSI G. et al. 1992. Biomass for energy, industry and environment. 6th EC Conference, Elsevier Applied Science, Amsterdam.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. 1992. Manuales de energías renovables: Biomasa. Madrid.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. 1997. Manuales de energías renovables: Biomasa. Madrid.

KOLLMAN F.. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones, Ministerio de Agricultura -Instituto Forestal de Investigaciones y experiencias, Madrid.

MARCOS MARTÍN F. 1985. Utilización del monte con fines energéticos, Rev. El Campo 98:49-53. Banco de Bilbao. Madrid.

MARCOS MARTÍN F. 1987. Impactos causados por los aprovechamientos energéticos forestales. En: La práctica de las estimaciones de impactos ambientales. Cátedra de Planificación, ETSI de Montes de Madrid.

MARCOS MARTÍN F. 1989. El carbón vegetal, Mundi Prensa, Madrid.

| Combustible |                     | PROCESO       |        |              |           |          |
|-------------|---------------------|---------------|--------|--------------|-----------|----------|
|             |                     | Fragmentación | Secado | Compactación | Pirólisis | Carboneo |
| Sólido      | Leña                | *****         | *****  |              |           |          |
|             | Astilla             | *****         | *****  |              |           |          |
|             | Briqueta            | *****         | *****  | *****        |           |          |
|             | Pélet               | *****         | *****  | *****        |           |          |
|             | Carbón vegetal      | *****         |        |              |           | *****    |
| Líquido     | Aceite de pirólisis |               |        |              | *****     |          |

Tabla 1 : Clasificación de los biocombustibles según el proceso utilizado para su elaboración.