

METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS MADERABLES DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ "AMVA", COLOMBIA

Erika Biviana Vásquez Sierra¹ y Jhon Fredy Herrera Builes²

RESUMEN

Este trabajo exhibe la forma de realizar protocolos para la toma de muestras y muestreo en laboratorios, con fines de análisis de propiedades físicas de la madera utilizadas en el sector industrial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el beneficio que se logra al caracterizar y establecer las propiedades de las maderas más utilizadas. En esta investigación se presentan algunos de los parámetros más importantes para el muestreo, como la toma de muestras en pilas o arrumes de desperdicios, manejo de éstas en el laboratorio y otros que se hacen de gran importancia como es el punto de ignición. La metodología propuesta se basa en algunas de las normas internacionales ASTM del carbón, por la similitud que tiene con la madera y por la escasez de información en cuanto al muestreo de este tipo en maderas.

Palabras Claves: Dendroenergía, Normas ASTM, muestreo, punto de ignición.

ABSTRACT

METHODOLOGY FOR THE CHARACTERIZATION OF SOLID WOODEN FUELS OF THE "VALLE DE ABURRÁ" METROPOLITAN AREA, COLOMBIA

This study illustrates the way to perform protocols, collect samples, and conduct laboratory analyses in order to characterize the physical properties of wood used in the industrial sector of the "Valle de Aburrá" metropolitan area and the gains obtained by characterizing the properties of the most frequently used woods. In this investigation some of the most important sampling parameters are presented, such as taking samples in piles or accumulations of waste, handling of these samples in the laboratory and others of great importance such as the ignition point. The proposed methodology is based upon some of the international ASTM coal norms, for the similarity it has with wood and for the lack of information on sampling this type in wood.

Key words: Dendroenergy, ASTM norms, sampling, ignition point.

¹ Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. ebvasque@unal.edu.co.

² Instructor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. AA 568, Medellín, Colombia. <jfherrera@unalmed.edu.co.>

La madera es una de las fuentes de energía más importantes para el ser humano; sin embargo, en la actualidad existe la dificultad de encontrar información básica acerca de la forma de utilización de esta en el sector industrial como energía y la información disponible se encuentra en forma deficiente o es muy antigua en cuanto a los avances tecnológicos actuales. Un ejemplo es Pansshin 1959, para el cual los residuos de madera son todas las formas que no pueden venderse con beneficio, procedentes de una operación dada de trabajabilidad o manufactura, bajo condiciones económicas y desarrollos tecnológicos corrientes; otros estudios contemplan los tipos de uso de los residuos más no su uso energético, como el presentado en la Sabana de Bogotá en donde se concluyó que los usos más habituales que se dan a los residuos sólidos maderables son el de materia prima en la manufactura de otros productos usados como combustible directo, en la elaboración de químicos, y en la construcción de caminos como subsuelo, abono, material absorbente (madera sin proceso alguno), de igual forma en peletería y pulimento de materiales (Avila y Orjuela 1992).

El uso de residuos de madera, según Reger 1988, como combustible directo ha sido tradicional, debido a su poder calorífico, lo cual es posible observarlo en zonas rurales donde la producción dendroenergética es necesaria por la deficiente cobertura de energía eléctrica y la facilidad de obtención del recurso. Este fenómeno de uso ha sido estudiado de forma más amplia debido a las carencias rurales y las posibles necesidades a suplir.

Otro aspecto importante sin estudio es el punto de ignición de las especies de madera más utilizadas tanto en el sector industrial como rural, asumiendo estos valores o puntos de ignición y eficiencia de combustión sin estudios previos. Uno de los pocos casos en los que se ha estudiado este fenómeno ha sido el trabajo realizado por Sun y Kozinski 2000, quienes analizaron los residuos sólidos maderables para la industria del papel. En este estudio el punto de ignición fue el punto en que la temperatura se incrementa en la muestra de la partícula y se hacía máximo, cuando existía un cambio considerable en la trayectoria de la gráfica. El punto del cambio en la trayectoria se asumió:

$$dT_p/dt$$

En este estudio se comparan dos ambientes: gas e ignición directa; evaluándose las fases que siguen las partículas de las muestras que se estudian, las que presentan pirolisis y subsecuente ignición de material volátil con pérdidas de peso antes de la ignición y se realiza una medición de los tamaños de partículas subsiguientes a la ignición.

Los estudios que se han realizado en cuanto a ignición de maderas han sido muy básicos y escasos; por lo tanto, se sugiere que para la investigación la metodología propuesta a emplear, sea la presentada por De La Cruz 2000, para ignición de carbones, la cual permite observar los diferentes estadios de combustión de una partícula hasta llegar al punto de ignición.

Las metodologías para protocolos tanto de toma de muestras y muestreo en laboratorio incluyen todos los aspectos a tener en cuenta en la toma de muestras, manejo en el laboratorio y ensayos a realizar y sugieren la prueba como es el punto de ignición en lecho fluidizado en donde es posible encontrar el verdadero punto de ignición de cada especie para evitar pérdidas energéticas de madera en las calderas industriales en el AMVA y otros sitios posibles de muestrear.

MATERIALES Y MÉTODOS

Protocolo de Muestreo

Selección de área de estudio. Para la determinación de los sitios de muestreo del material incinerado en calderas fueron propuestas 20 empresas del AMVA con residuos sólidos maderables, con fines de ignición y producción de energía.

La unidad de muestreo propuesta para el análisis se identifica como una de las 20 empresas a muestrear. A la madera colectada es necesario realizarle todas las actividades propuestas en los apartados de muestreo y análisis.

Muestreo. (Norma ASTM D 2234-00). El muestreo ejecutado fue programado para 20 industrias que utilizan madera como fuente de energía en el AMVA, identificadas en su mayoría en el sector maderero, la aplicación de las normas de muestreo de carbones enunciadas a continuación, son para muestreo en campo y procesos en laboratorio. La clasificación de los tipos de muestra

aplicables en este caso según la norma (ASTM D2234-76) son:

Muestra al azar. Muestra sencilla seleccionada en forma tal que todas las muestras posibles del mismo tamaño tengan la oportunidad de ser escogidas.

Muestras de análisis. Muestra de una granulometría exigida para una investigación.

Muestra de laboratorio. Muestra parcial de una muestra bruta que ha sufrido reducción y división en el laboratorio.

Es necesario tener en cuenta en la recolección de muestras que estas tienen uniformidad en cuanto especies y la aleatoriedad con la que se presentan solo será posible tratar en el análisis de laboratorio, esta aleatoriedad se presenta tanto en especies como en la forma geométrica de las maderas.

Muestreo de campo y análisis de muestras. Se recomienda el análisis de las actividades productivas de las empresas seleccionadas para el muestreo, ya que estas pueden dar respuesta de la forma de obtención de madera usada para la producción de energía.

Custodia de las muestras. La propuesta presenta la forma de emplear el muestreo para la caracterización de las industrias en el AMVA.

La siguiente es la metodología propuesta para la aplicación de muestreo de especies forestales en fuentes fijas

según la norma (ASTM D 2234) para el monitoreo de las maderas utilizadas como combustible.

Para la toma de muestras es necesario realizar y cumplir con los siguientes aspectos para la eficacia en la recolección y procesamiento de las muestras:

1. Identificación de la empresa mediante base de datos suministrada por entidades concernientes al estudio, para el caso, facilitada por el laboratorio de Productos Forestales, "Héctor Anaya".
2. Observación de las características de producción del lugar donde se llevará el ensayo.
3. Identificación de la procedencia del material utilizado como fuente de energía.
4. Recolección de muestras según el número de estados en que se encuentre la madera u otro material vegetal energético, las que se deben manipular de forma separada, en bolsas plásticas y éstas a su vez en costales, en los que se garantice la independencia de la totalidad de las especies utilizadas en la caldera.
5. Identificación de las especies en campo
6. Codificación de las muestras: para facilidad en el manejo de la información, las muestras serán identificadas mediante un código especial en el que se consignará la mayor cantidad de información referente a

la muestra. De esta forma el código consiste de letras y números de la manera siguiente:

- La primera línea se refiere a la empresa de donde proviene la muestra, esta es identificada con su respectivo nombre.
- En la segunda línea el primer carácter será la letra inicial del municipio o lugar identificado ejemplo Medellín (**M**), Itagui (**I**), etc.
- Los caracteres siguientes se acreditan a la especie.
- El último carácter es el que indica si la muestra se toma de la madera para la caldera o del botadero destinado para alimentación de la caldera, este carácter será entonces (**K**) o (**P**) respectivamente.
- El último dígito es el consecutivo del recorrido en que se realiza el muestreo o visita.

Preparación de muestras. El fin de la preparación de las muestras es el de llevar una muestra en bruto o de tamaño significativo al estado de granulación; en este caso, se pretende llevar las muestras a tamaño de ripio de madera o aserrín. Luego de particular las muestras se envía al laboratorio para el análisis (aproximadamente 30 g Laboratorio de Carbones, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín) las muestras deben siempre tener la codificación indicada al inicio de la caracterización.

Durante el proceso de preparación de la muestra como en el de almacena-

miento, esta no debe cambiar su constitución, es decir se debe evitar algún tipo de contaminación, mezcla de muestras o pérdida del material pesado, para envío al laboratorio.

Para realizar los análisis enunciados a continuación es necesario tener previamente identificadas las maderas y luego cortar probetas (pequeños cubos) de un mismo tamaño evitando que la sierra de corte sea pasada de forma rápida, para evitar que la humedad se disipe o evapore en la madera a analizar y de cómo resultado datos de baja confianza. Para el secado de las probetas es necesario llevarlo a cabo en laboratorio, en una estufa en que se somete la madera a una temperatura de 105 °C hasta que ésta alcance un peso constante, el que se logra aproximadamente 48 horas de estar en el horno. En ese momento se dice que la madera está totalmente seca o anhidra.

Para hallar el peso se utiliza una balanza analítica (g), en donde se realiza un pesaje antes y después de llevar las probetas al horno

Análisis de muestras y métodos de ensayo. En el laboratorio se prepara una (1) muestra de cada unidad de muestreo para análisis próximos (ASTM D3172-89(02)).

Las siguientes son las especificaciones de la pruebas, basados en las normas internacionales ASTM para el carbón:

- Análisis próximos (Norma D3172-89(02)). Se conoce como análisis próximos cortos los que comprenden

humedad, cenizas y poder calorífico y los análisis próximos largos los más inmediatos, los análisis de azufre y poder calorífico, los análisis próximos corresponden a las determinaciones en porcentaje por peso, humedad, cenizas, material volátil y carbono fijo; este último análisis es el que se pretende realizar a las muestras de maderas.

- Humedad residual (Norma D3173-87). Es la humedad que se pierde de una masa conocida de muestra calentada en una corriente de nitrógeno en un horno mantenido a una temperatura entre 105 °C y 110 °C, en donde debe primero ser equilibrada la muestra a condiciones atmosféricas de laboratorio, el resultado es el porcentaje de humedad calculado por la pérdida de masa, esta humedad es conocida también como humedad higroscópica

- Material volátil (Norma D3175-89(02)). Los materiales volátiles son desprendimientos gaseosos de la materia orgánica e inorgánica durante el calentamiento. En una muestra de masa conocida, la muestra es calentada a 900 °C fuera del contacto con aire durante 7 minutos, a medida que la masa se calienta, se desprenden productos gaseosos y líquidos. Existen desprendimientos a bajas temperaturas pero aumenta a partir de los 550 °C, los constituyentes gaseosos son principalmente agua, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano y otros. Generalmente un calentamiento rápido aumenta el porcentaje de material volátil, por este motivo el análisis de materias volátiles está normalizado (Ramírez 1992).

- Cenizas (Norma D3172- 89(02)). Una muestra de masa conocida es calentada en aire hasta 500 °C en 30 minutos, y desde 500 °C hasta 815 °C entre 60 a 90 minutos y entonces es conservada a 815 °C hasta tener una masa constante. La cantidad de cenizas de la masa es una medida para determinar la cantidad de minerales que contiene.

- Poder calorífico. (Norma D2015-89(00)). La energía específica es la cantidad de calor generada por una combustión completa de una masa específica de carbón en presencia de oxígeno. El poder calorífico representa la energía de combustión del carbono e hidrógeno de la materia orgánica y del azufre pirítico y en parte del orgánico.

El poder calorífico se determina en una bomba calorimétrica y por ello es una medición directa del calor generado por la combustión completa de masa. Este análisis da una medida del poder calorífico superior (PCS) porque todo el calor generado lo recibe el calorímetro, ya que el vapor de agua que resulta se condensa entregando su energía de evaporación.

En el poder calorífico neto (PCN), se asume que el vapor de agua generado por las reacciones no se condensa en el sistema de combustión y por ende este calor latente no se recupera.

- Carbono fijo de ignición (3172-89(02)). Es la parte que no es volátil y quema en estado sólido. Es la diferencia entre la suma de la humedad residual, cenizas y material volátil y

100 así:

$$\text{Carbono fijo (CF)} = 100 - (\text{HuR} + C + MV)$$

HuR= Humedad relativa
C = Cenizas
MV= Material volátil

- Punto de ignición. En el procedimiento experimental se presenta mediante el calentamiento de un horno de lecho fluidizado a temperatura fija, para ello se sujeta una partícula de madera a una termocupla que se deja caer súbitamente dentro del horno. Previamente se debe tener un sistema de adquisición de datos acoplado a un computador, el cual colecta, procesa y suministra datos de salida, incluyendo la historia térmica. Estos datos sirven para hallar la temperatura y tiempo de ignición, la velocidad de calentamiento de la partícula en todo instante y el punto de ignición. (De La Cruz 2000).

Para hallar el punto de ignición la madera se fragmenta en diámetros de 0,9*0,9 cm con espesor de 0,3 cm. Las condiciones en que se realiza la prueba es seca y húmeda por tanto en ambas condiciones se les hacen los cortes con las dimensiones establecidas.

El número de corte no es determinado ya que estos definen una curva y entre mayor sea el número de cortes mayor validez tiene el experimento.

Para la fase de implementación del experimento es necesario hacer uso de la caracterización que se presenta en esta etapa indicando procedencia y

análisis, además conservar muestras recolectadas para el corte.

La madera seleccionada se almacena de forma adecuada para evitar pérdida o ganancia de humedad después del muestreo. La forma de conservarla es mantenerla en bolsas de tamaño adecuado para la muestra almacenada y tenerla en el menor tiempo posible en estas condiciones a una temperatura fresca (entre lo 20 °C y 23 °C), y realizar el proceso de corte en el menor tiempo para poder comparar las muestras con altos contenidos de humedad, con otras de bajo contenido o secas en su totalidad.

De La Cruz (2000) define ciertos tamaños de la partícula para carbón; sin embargo, es posible adaptarlo a las muestras de madera con los siguientes criterios:

- El fragmento de madera se debe perforar con una fresa de odontología, ya que la broca comercial más pequeña es de 1/32 de pulgada (0,8 mm). Las fresas de odontología permiten agujeros más pequeños, los que serán atravesados por una termocupla tipo K, muy delgada. La termocupla se usa para sensar la temperatura de la partícula; en este caso, la muestra de madera que cae súbitamente al lecho caliente permite obtener así, datos de temperatura contra tiempo.
- Para el caso de los granos de carbón se escogen los granos que mejor se asemejen a la forma esférica y se hacen ajustes pertinentes a las ecuaciones entre masa

y diámetro de la partícula. Para el caso de muestras de madera es muy difícil utilizar este criterio por tanto se omite, para luego calcular niveles de confiabilidad mediante pruebas estadísticas.

CONCLUSIONES

El uso de metodología para la caracterización en el sector industrial de maderas para la producción energética, permite realizar precisiones que muestran realmente las propiedades de las especies que se usan como dendroenergía, esto en el futuro, permitirá a quienes se benefician del recurso tener mayores conocimientos de las especies involucradas, para evitar en la incineración, pérdidas de energía en obtención de productos y de igual forma optimizar la eficiencia energética.

La metodología empleada, permite observar la toma de muestras y la realización de la prueba de ignición para tener conocimiento de la madera, su uso más común y concebir los residuos maderables como una fuente de recursos energéticos importantes no solo en el sector industrial sino urbano y rural.

Las actividades que se proponen son pasos importantes en la recolección de nueva información sobre la caracterización de especies forestales, en particular en aquellas comunes, las cuales tienen un mayor uso como fuente de dendroenergía.

Este método es el inicio de una normalización en la toma de muestras y

procesos de laboratorio en el sector dendroenergético industrial, a la que es posible adaptar e incorporar mejoras en cuanto a las diferentes necesidades de investigación que surgen en el sector y no seguir considerando los residuos sólidos madereros como inútiles. Por otra parte, la cadena de aprovechamiento de aserrín, viruta, o madera de mayor tamaño tendrá mercados de venta y acogida en el sector industrial, dejando de considerarla como estorbo.

RECOMENDACIONES

Es necesario que se obtenga la relación entre las propiedades físicas de la madera y su poder calorífico para la búsqueda de mejores alternativas en producción de energía.

Se requiere conocer los diferentes puntos de ignición de las maderas que comúnmente se usan para alimentación de calderas artesanales o industriales se hace importante para mayor eficiencia energética. Para esto se plantea realizar un listado de las maderas usadas en el AMVA, que incluya las propiedades físicas y caloríficas más importantes y difundirlas para conocimiento de los sectores interesados.

Se propone, recurrir a entes interesados en el proceso para crear la necesidad en cuanto al conocimiento de las propiedades energé-

ticas de las maderas con potencial para ser empleadas como combustible sólido.

BIBLIOGRAFÍA

De La Cruz Morales, Javier Fernando 2000. Ignición de carbones en lecho fluidizado. Medellín, 134 h. Tesis Magister en Ciencia y Técnica del Carbón. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas.

Ávila, C. G. y Orjuela, J. M. 1992. Estimación y usos de los residuos generados por industrias de la transformación de madera en Bogotá. En: Forestal Colombia, Vol. 3, no. 5; p. 27-35.

Pansshin, A. J. 1959. Productos forestales, Barcelona, España: Salvat Editores, 485 p.

Reger, H. 1988. Question of Biocoal briquettes. Gate-question answer information. Eschborn RFA.

Ramírez C., Pedro Fernando. 1992. Introducción a la caracterización de carbones. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 202 p.

Sun, C .L. and Kozinski, J. A. 2000. Ignition behaviour of pulp and paper combustible wastes. En: Fuel. Vol 79, no.13; p.1587-1593.