

Validación de una metodología de identificación del carbón vegetal del género *Prosopis* (Algarrobo) a partir de la estructura anatómica

Edith Pipa C.¹, Manuel Chavesta C.², Héctor Gonzales M.³

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue validar una metodología para identificar carbón vegetal de Algarrobo (*Prosopis sp*) a nivel macroscópico. La metodología consiste en realizar observaciones de las características macroscópicas a nivel de madera y carbón vegetal usando una lupa de 10X; se tomaron macrofotografías de otras tres especies usadas en la fabricación de carbón como son Aguano masha (*Machaerium inundatum*), Eucalipto (*Eucaliptus globulus*) y Olivo (*Olea europea*). Del análisis se concluye que el tipo y distribución de poros, así como el tipo de parénquima en el género *Prosopis* y las otras especies analizadas, son características que perduran después del proceso de carbonización y por tanto, es información de importancia para identificar carbones vegetales producidos a nivel comercial de maderas; por lo que se valida la metodología empleada en el presente trabajo para identificar la especie de madera.

Palabras clave:

Abstract

The objective of the present work was to validate a methodology to identify vegetable coal of algarrobo (*Prosopis sp*) to macroscopic level. The methodology consists of carrying out observations of the macroscopic characteristics to level of wood and vegetable coal using a magnifier of 10X; being taken besides macrophotography of other three species used in the production of coal as are "Aguano masha" (*Machaerium inundatum*), "Eucalyptus" (*Eucaliptus globulus*) and "Olive" (*Olea europea*). Of the analysis he is concluded that the type and distribution of pores, as well as the type of parenchyma for the genus *Prosopis* and another species analyzed, are characteristics that last after the process of carbonization and therefore, of importance to identify charcoal produced to commercial level from woods; for which the employed methodology in the present work is validated for to identify the wood species.

Key words:

1. Introducción

En el Perú, el departamento de Ucayali es el principal productor de carbón vegetal con 91% de la producción nacional que incluye a varias especies; sin embargo el carbón de algarrobo es la especie preferida por las pollerías, metalurgia, industria farmacéutica y cuya gran demanda fomenta la tala ilegal de la especie, sobre todo en la región norte del Perú. El Ministerio Agricultura (1997) y (1998), registran desde el año 1974 vedas de tala y carbonización de árboles de algarrobo que provienen de Bosques Naturales de los Bosques Secos que incluye los departamentos de Piura, Tumbes y Lambayeque incluyendo las cabeceras de las cuencas de los ríos Zaña, Chancay y la Leche del departamento de Cajamarca, autorizando la extracción de leña de árboles secos maduros solo para uso domestico. En el año 1997 según ley 26721 se expande la veda de tala al departamento de Ica; así como se prohíbe la producción, transporte y comercialización de leña y carbón hasta el año 2008, excepto en el año 1998 para aquellos individuos que estén en áreas bajo regímenes de manejo forestal.

Sin embargo, la interrogante es que se propone para mejorar el control del comercio, si no se cuenta con una herramienta práctica que permita hacer la identificación del carbón vegetal.

En las garitas de control el inspector hace la identificación del carbón vegetal teniendo en cuenta aspectos generales de peso, brillo, la procedencia del

carbón y de lo que manifiesta el transportista.

Por tal motivo, en el presente trabajo se busco validar una metodología de identificación de carbón empleando para ello el estudio anatómico de la madera y carbón del genero *Prosopis* para establecer una metodología práctica y aplicativa en la identificación de carbón de algarrobo y también para otras especies comerciales.

Del genero y legislación sobre veda del uso del algarrobo

Zevallos (1998) realizó la descripción dendrológica del género *Prosopis*, reporta que es un árbol pequeño de fuste sub cilíndrico e irregular, de hasta 10m de altura y de un promedio de 60 cm. de diámetro, con copa horizontal globosa y regularmente nudosa.

Acevedo (1994) indica que la especie *Prosopis pallida* en condición seca al aire presenta la albura de color crema y el duramen marrón oscuro. Anillos de crecimiento ligeramente diferenciados por bandas oscuras de forma irregular, grano entrecruzado, textura fina y veteado en arcos superpuestos. La especie presenta poros solitarios y múltiples radiales de forma redonda y oval; con 9 a 15 poros/mm², con contenido de gomas. El tipo de parénquima es paratraqueal vasicéntrico, aliforme unilateral y también parénquima terminal. Los radios son homogéneos multiseriados, no estratificados.

Según Villagra (1997) la especie *Prosopis argentina* presenta poros en grupo formados en promedio por 9

¹ Bachiller en Ciencias Forestales.

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: mchavesta@lamolina.edu.pe.

³ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: egonzales@lamolina.edu.pe.

poros. Presenta poros solitarios y múltiples radiales en menor proporción. El parénquima es del tipo paratraqueal aliforme confluyente, ocasionalmente aliforme o vasicéntrico, con presencia de cristales prismáticos.

Carbón vegetal

Earl (1975); indica que es un producto obtenido en el proceso de carbonización; cuyo proceso consiste en exponer la madera a altas temperaturas (450 a 500 °C) en un tiempo determinado en ausencia de oxígeno.

Rivera (1994) señala que en el proceso de carbonización de la madera se producen cambios físicos, mecánicos y químicos. Pastor (2001) agrega, que en este proceso se producen cambios físicos como la contracción de poros y la disminución del volumen de poros que es directamente proporcional al incremento de la temperatura.

Según Cáceres (2005), la especie forestal con mayor decomiso en el año 2005 es el algarrobo, siendo su comercialización ilegal de 404Tn que representa el 88% en el ámbito nacional del carbón decomisado.

Identificación de carbón vegetal

La Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria (1995) y (2003) en dos decomisos de carbón realizados por INRENA, empleó la técnica de microscopia estereoscópica la cual consiste en emplear patrones de madera y carbón, tomándose fotografías en el estereoscopio en una determinada área de la sección transversal de la madera y carbón para ser analizadas en lo referente a sus características anatómicas como textura, poros, parénquima y radios. En su informe del año 2003, se reporta que en un lote de 21Tn; 4% de carbón corresponde a Olivo, 48% de carbón de Huarango y 48% de carbón de Algarrobo en función al tamaño de muestra tomado.

Rivera et al (1994) en la Universidad Nacional de la Plata; identificó muestras de carbón vegetal mediante el uso del Microscopio Electrónico de Barrido empleando las microfotografías para efectuar las observaciones de las características anatómicas y obteniendo como resultado la identificación de las muestras de carbón a nivel de especie, agrega que generalmente las características anatómicas se conservan luego de un proceso de carbonización, permitiendo la identificación del material. Señala que una limitante es la imposibilidad de realizar cortes histológicos del carbón, excepto cuando se incluyen en resinas.

Zicherman citado por Asouti (2004) menciona que las muestras de carbón a pesar de las contracciones y deformaciones durante el secado, la estructura macroscópica y sus elementos micro estructurales, siguen siendo en gran parte inafectada. Agrega que para realizar la identificación macroscópica del carbón se hace uso de ciertas características organolépticas como textura, brillo y tipo de

superficie después del corte. También se hace uso de algunas características macroscópicas tales como: parénquima, distribución y tipo de poros.

Características anatómicas de la madera de especies utilizadas para hacer carbón vegetal

Con la finalidad de reforzar la discusión, se presenta la descripción macroscópica de la madera de tres especies que se emplean en la fabricación de carbón; las que posteriormente fueron carbonizadas y evaluadas, las que se presentan a continuación:

Aguano masha (*Machaerium inundatum*)

Chavesta (2005) indica que la madera presenta porosidad difusa, poros visibles con lupa de 10x; solitarios y escasos múltiples radiales de 2 poros, abundante contenido de gomas de color amarillo rojizo, taponando parcial o totalmente los vasos. El parénquima visible con lupa de 10x; en líneas finas o bandas angostas y paratraqueal aliforme. Radios visibles con lupa de 10x. Estratificados.

Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

Aróstegui (1975) menciona que la madera presenta poros visibles a simple vista, en disposición diagonal. Parénquima vasicéntrico visible con lupa 10X. Radios finos visibles con lupa 10x.

Olivo (*Olea europea*)

Taylor (1978) indica que la madera presenta poros visibles con lupa, múltiples radiales de 2 a 10 poros, textura fina y parénquima no visible aun con lupa.

2. Materiales y métodos

Las muestras de la especie *Prosopis juliflora* fueron colectadas de acuerdo con la NTP 251.008 "Selección y Colección de Muestras", y la identificación botánica fue determinada en el Herbario MOL del departamento de Manejo forestal de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Las muestras provienen del distrito de Castilla (Piura).

La descripción para madera y carbón se realizó en base a la norma COPANT 30:1-19: "Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera" así como la "IAWA List of Microscopic features for hardwood Identification" (IAWA 1989).

Las otras tres especies incluidas en el estudio como Aguano masha (*Machaerium inundatum*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Olivo (*Olea europea*) corresponden a muestras de xiloteca del Laboratorio de Anatomía de la Madera de la UNALM.

3. Resultados y discusión

Los resultados corresponden a la descripción anatómica de la madera y carbón a nivel macroscópico y el análisis de la estructura anatómica de madera y carbón, se presentan a continuación:

Descripción anatómica del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

Características generales de la madera

En condición verde la albura es de color amarillo y el duramen marrón rojizo. La transición de albura a duramen es muy marcada por el cambio brusco de color, representando la albura un 10% de la sección transversal. Sin brillo, grano entrecruzado, textura media y veteado en arcos superpuestos poco demarcados.

Descripción macroscópica y microscópica

Poros: visibles a simple vista, solitarios y múltiple radiales de 2 a 4 poros, predominando con 2 poros, taponados por gomas de color rojo oscuro. De forma redonda a ovalada. De 8 poros/mm², diámetro tangencial promedio 124 μ m. Elementos vasculares de 160 μ m, platina de perforación simple, con presencia de punteaduras intervasculares alternas de forma redonda y apertura incluida. Presencia de gomas de color rojo.

Parénquima: paratraqueal vasicéntrico, aliforme, confluyente y marginal, de color amarillo claro; radios finos. En secciones longitudinales alargadas verticalmente no estratificada, formadas por 2 a 4 células. Presencia de cristales de forma romboide en el parénquima longitudinal.

Radios: predominantemente biseriados, altura promedio de 347 μ m. En sección radial homocelulares, compuestos únicamente de células procumbentes; 6 radios/mm. Homogéneos, no estratificados.

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1018 μ m, diámetro tangencial de 103 μ m y espesor de pared de 24 μ m.

Análisis de la estructura anatómica de la madera y carbón de algarrobo

Este análisis tiene como objetivo determinar, si se puede identificar la especie de algarrobo a nivel de carbón basándose en su estructura anatómica. Para ello, se analizó la estructura anatómica tanto de la madera como de su carbón correspondiente.

En la fotografía 1, en madera se observa la presencia de poros solitarios y múltiples radiales, así como el parénquima vasicéntrico de color amarillento rodeando a los poros; en el carbón también se observa la presencia de poros solitarios y múltiples radiales, con la particularidad que estos se encuentran contraídos en sentido tangencial producto de la carbonización. El parénquima, se observa de un color negruzco rodeando a los poros. También hay la presencia de agrietamientos que siguen la dirección de los radios, esto debido a que los radios constituyen el tejido débil en la madera.

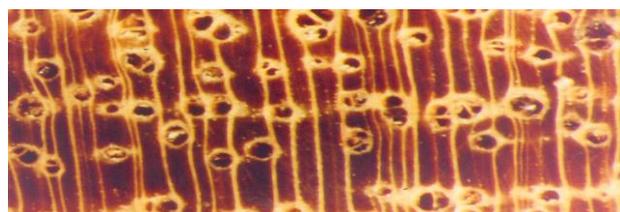
Conforme a las fotografías observadas, puede indicarse que, los elementos anatómicos referente a tipo de poros y parénquima permanecen después del proceso de carbonización, los cuales pueden ser usados, como elementos para identificar el carbón de algarrobo.

Para validar la metodología anteriormente expuesta, respecto a que las características tipo de poros y parénquima permanecen después del proceso de carbonización, y por lo tanto, puedan ser usadas para la identificación del carbón vegetal; se analizaron tres especies utilizadas en la producción de carbón.

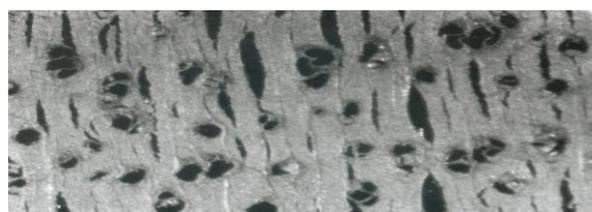
Especie: Aguano masha (*Machaerium inundatum*)

En la fotografía 2, se observan que los poros solitarios y parénquima en bandas delgadas perduran después de una carbonización; confirmándose nuevamente que estas características pueden ser

Figura 1. Sección Transversal de Madera (A) y Carbón de Algarrobo (B) (40X).



(A)



(B)

Figura 2. Sección Transversal de Madera (A) y Carbón de Algarrobo (B) (40X).



(A)



(B)

Especie: Eucalipto (*Eucaliptus globulus*)

En la fotografía 3 se observa que los poros están dispuestos en diagonal, esta característica perdura después del proceso de carbonización.

Especie: Olivo (*Olea europea*)

La fotografía 4 correspondiente a carbón de Olivo, resalta la presencia de poros múltiples radiales de 2 a 10 poros y escasos solitarios, muy pequeños dado por la textura fina de la madera, no observándose el parénquima, se mantiene el tipo de poros después del proceso de carbonización.

Descripción anatómica práctica del carbón del género *prosopis* y otras especies de interés

Con el objetivo es realizar la identificación netamente práctica del carbón del algarrobo y otras especies empleadas en la producción de carbón; se emplea una navaja y una lupa de 10x. La clave que hace posible una buena observación con lupa de 10x, es lograr tener una buena superficie de corte en la sección transversal, además de tener en cuenta que en algunos casos se necesita mover el carbón a trasluz hasta lograr la observación. De acuerdo a las observaciones, se tiene que:

Algarrobo (*Prosopis juliflora*): Presenta poros solitarios y múltiples radiales en similar proporción, contraídos en el sentido tangencial. Se observa mayormente el parénquima vasicéntrico. Es necesaria una lupa de 10x para su diferenciación. No se observa gomas que taponan los poros.

Aguano masha (*Machaerium inundatum*): Con la lupa de 10x se diferencian poros solitarios mayormente y múltiples radiales de dos poros ocasionalmente, parénquima en bandas delgadas.

Eucalipto (*Eucaliptus globulus*): Poros dispuestos en diagonal y parénquima vasicéntrico visible con lupa de 10x. Esta disposición es mucho más notoria en carbón que en madera, por la contracción que sufre durante la carbonización.

Olivo (*Olea europea*): Poros múltiples radiales de 2 a 8 poros. El parénquima no se observa con la lupa de 10x. La superficie que se obtiene después del corte es lisa.

4. Conclusiones

- La madera de algarrobo se caracteriza por presentar poros solitarios y múltiples radiales, así como la presencia de parénquima vasicéntrico y marginal.
- El tipo y distribución de poros, así como el tipo de parénquima en el género *Prosopis* son características que perduran después del proceso de carbonización.
- La presencia de inclusiones como gomas y tilosis son características que no pueden ser usados para identificar el género, pues no perduran después del proceso de carbonización.

- La identificación de carbón vegetal a nivel del género *Prosopis* es suficiente para diferenciarlas del carbón vegetal producido comercialmente a partir de otras especies maderables
- El análisis químico no es determinante para identificar el género *Prosopis*, siendo más bien indicadores de calidad en función a la metodología de la fabricación de carbón vegetal.
- Obtener una buena superficie en la sección transversal en el carbón es de importancia, pues facilita la visualización de las características haciendo uso de una lupa de 10x.
- Se valida la metodología empleada en el presente trabajo, pues comparando los patrones de madera y carbón se logra identificar el carbón vegetal.

5. Referencias bibliográficas

- Acevedo, M. 1994. Atlas de Maderas del Perú. Proyecto Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad de Nagaya - Japón. Lima (Perú) 202 p.
- Arostegui, A. 1982. Recopilación y Análisis de estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N° 2. 57p.
- Cáceres, B. 2005. Especialista Forestal de Inrena. bcaceres@inrena.gob.pe. Información obtenida vía correo electrónico.
- Chavesta, M. 2005. Maderas para Pisos. Universidad Nacional Agraria La Molina. 176p.
- Iawa. 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification. In IAWA Bulletin v. 10(3). Leiden (The Netherlands) 333 p.
- Ministerio Agricultura. 1998. Compendio Normas Legales Sector Agrario. 709 p.
- Ministerio Agricultura. 1997. Compendio Normas Legales Sector Agrario. 709 p.
- Ministerio Agricultura. 1980. Estudio Fomento del Carbon vegetal de Especies diferentes al Algarrobo. 36p.
- Normas Tecnicas Peruanas (NTP) 1980. "Maderas. Selección y Colección de Muestras". NTP 251.008. Lima, Perú. 11p.
- Pastor, J. 2001. Pore structure of chars and activated carbons prepared using carbon dioxide at different temperatures from extracted rockrose. In Journal of Analytical and Applied Pyrolysis v 57, January 213 p.
- Rivera, S; et all. 1994. Aporte del Microscopio electrónico de barrido en la identificación del carbón vegetal. In. Quebracho N° 2 p. 21-27.
- Taylor, G. 1978. La madera. Ed. Blume. 274p.
- Universidad Nacional Agraria. Informe Técnico de la Evaluación de un lote de 21 Toneladas de carbón en los almacenes de Proabonos (publicación restringida). Agosto-2003.

Universidad Nacional Agraria. Informe sobre reporte de identificación de carbón vegetal (publicación restringida). Febrero-1995.

Villagra, P. 1997. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. In IAWA. Journal. Vol. 18(1), 1997: p. 37-51.

Zevallos, P; et al.1998.Determinación botánica de 24 especies arbóreas del Departamento de Lambayeque. In. Bosques Secos y Desertificación p. 319-341.

AsoutiEleni., M.Sc., Ph. D. 2004. <http://www.ucl.ac.uk/archaeology/staff/profiles/asouti.htm>.