



TLATEMOANI
Revista Académica de Investigación
Editada por Eumed.net
Año 13, no. 40 – Agosto 2022.
España
ISSN: 1989-9300
revista.tlatemoani@uaslp.mx

**ALGUNAS ESPECIES LEÑOSAS QUE SE UTILIZAN PARA
ELABORAR CARBÓN VEGETAL EN SAN LUIS POTOSÍ**
**SOME WOODY SPECIES USED TO PRODUCE CHARCOAL IN SAN
LUIS POTOSÍ**

AUTORES:

Oneyda Vianel López Butrón

oneyda.vianel.butron@hotmail.com

Laura Yáñez Espinosa

lyaneze@uaslp.com

Jorge Alberto Flores Cano

jorge.cano@uaslp.com

Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP-México

RESUMEN

El carbón vegetal es un producto forestal maderable valorado por su uso energético en el ámbito doméstico e industrial. En San Luis Potosí su demanda es de 2200 t año⁻¹, lo que propicia su elaboración y transporte ilegal. Estas actividades ilegales conducen el aseguramiento precautorio del producto por PROFEPA, pero resulta difícil documentar las especies de árboles utilizados. La mayor parte del carbón

vegetal con más valor en mercado proviene de especies como mezquite y encino, Por lo que este trabajo contribuye al reconocimiento de las especies utilizadas.

Palabras clave: carbón vegetal, microscopía, anatomía, características estructurales.

ABSTRACT

Charcoal is a wood-based forest product valued for its domestic and commercial energy use. In San Luis Potosí, the demand for charcoal is 2200 t/year-1, which leads to its illegal processing and transportation. These illegal activities lead to the precautionary seizure of the product by PROFEPA, but it is difficult to register the species. Most of the charcoal with the highest market value comes from species such as mesquite and oak, so this work contributes to the recognition of the species used.

KEYWORDS: charcoal, microscopy, anatomy, structural features.

INTRODUCCIÓN

Los bosques y selvas han sido de gran importancia para la existencia humana y seguridad alimentaria por su gran fuente de ingresos y permitiendo el aprovechamiento de varios recursos.

El 80% de la superficie forestal en México se encuentra en ejidos y comunidades agrarias (Madrid et al., 2009). La producción forestal maderable en México tiene un gran impacto en los grandes mercados con diferentes productos importantes para la industria forestal como durmientes, morillos, leña y carbón, que se pueden obtener de diferentes especies de árboles dependiendo del lugar en donde se encuentren como son: Oyameles, Pinos, Encinos, Mezquite (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014). Esto ha tenido como consecuencia que el aprovechamiento de dicho recurso se ha de gran importancia para el desarrollo de México dándonos lugar como unos de los principales países con abundantes recursos naturales. Desafortunadamente, así como el aprovechamiento de los recursos de una forma formal (legal) ha ido en aumento, la

TLATEMOANI, No. 40, agosto 2022.

<https://www.eumed.net/es/revistas/tlatemoani>

producción forestal de manera informal (ilegal) también. La extracción de madera de forma ilegal en México tiende a llevar dos agentes principales de esta actividad: Los grupos organizados que extraen el producto con fines industriales y las poblaciones rurales conocidos comúnmente como “Grupos hormigas” que son gente que están en contacto con el recurso y son dependientes de él para consumo doméstico, artesanías e industrial en menor cantidad con la elaboración de carbón vegetal, otra de los casos de esta problemática es el transporte ilegal del producto que a lo largo de las décadas ha ido aumentando con prácticas como el transporte del producto sin autorización, sobornos, entre otras.(Caballero,2020)

Una forma de aprovechar los recursos forestales de una manera formal es fomentando la fabricación del carbón vegetal para el consumo doméstico y comercial por su valor energético y crear alternativas por diferentes procesos y tipos de hornos para hacer carbón. Este puede tener ventajas económicas y sociales, como generar empleo en el sector rural, y la obtención de ganancias en la exportación de carbón.

El carbón vegetal es un producto maderable y se define como el material sólido, seco, compactado, ligero y combustible de color negro, utilizado para generar fuego (Canul Tun, 2013). Se obtiene en el proceso de carbonización, el cual consiste en exponer la madera a altas temperaturas y poco oxígeno (Valverde et al., 2018) es importante señalar que Las temperaturas empleadas en este proceso pueden variar dependiendo de método que se utilice, aunque de manera estándar se estima que se puede ser entre 350 y 500 °C para la obtención de este producto ya que este depende de la temperatura, presión, velocidad y la especie utilizada para ser de buena calidad (Pinheiro,2017). De acuerdo a los Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal la fabricación de carbón vegetal ha ido en aumento del 2010 con 378,686 t año⁻¹ a 620,195 t año¹ en el 2018. (SEMARNAT, 2018). La comercialización de carbón vegetal en México ha tenido un gran crecimiento y vías de mercado como son los restaurantes por los bajos costos que manejan, supermercados y pequeñas tiendas (Teresita, 2006).

El proceso para la fabricación de carbón vegetal es variado por lo tanto el método que se usa para la elaboración del carbón define en su mayoría la calidad

del producto; desde la elaboración en hornos creados exclusivamente para este fin, dichos hornos son fabricados de materiales como ladrillos incluso de arena y tierra (Argueta Spínola, 2006). Los hornos para la elaboración del carbón vegetal varían en cuanto a sus dimensiones y por lo tanto en la capacidad de producción, otras de las características que diferencian a uno horno de otro es son los materiales con los que son elaborados, la forma, la temperatura que es empleada como se mencionó anteriormente y el control de cada uno del proceso que se emplea (Rodríguez y Braghini, 2019).

En la producción de carbón vegetal es importante la clasificación de hornos para así saber que tecnología aplicar en el proceso de carbonización, tomando en cuenta la topografía y tipo de clima del lugar donde se encuentre el productor, aunque el tipo de horno es utilizado de acuerdo con los recursos económicos y el acceso a la materia prima en este caso a las especies que son aptas para generar un producto de calidad (Fao, 1983).

Normalmente para la fabricación vegetal en México son seleccionados los hornos tradicionales u “hornos de tierra” como se conoce comúnmente. Una de las ventajas de este tipo de horno es que se puede realizar en el lugar donde se corta la madera, por lo que es más fácil el transporte de la madera aliviando recursos económicos para el productor, una de las contras de este horno es que deben de ser vigilados durante todo el proceso, para evitar que la en montículo se desborde y provoque un incendio de largo alcance (García, et al, 2021).

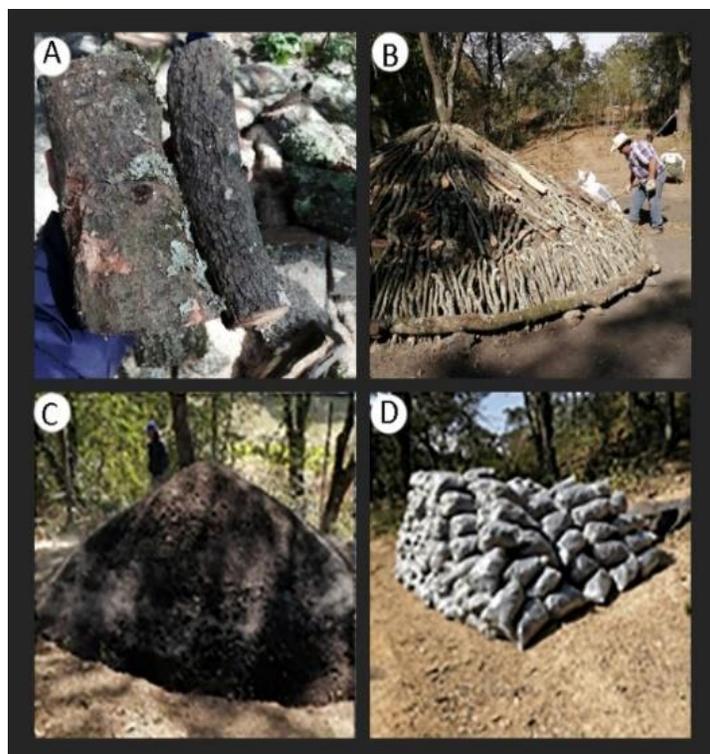


Figura 1. Carbonización de la madera. A) Troza de madera de encino, B) Horno de carbón artesanal, C) Liberación de gases, F) Carbón vegetal empacado. (Autor propio)

La mayor parte del carbón vegetal se obtiene principalmente de la madera, lo que lleva a la tala de árboles, debido a que las particularidades físicas y químicas que tiene el carbón vegetal como producto que pueda ser de utilidad dependen de la materia prima en este caso la madera y de las condiciones del proceso de carbonización. El material primario para la obtención del carbón vegetal proviene de especies como mezquite (*Prosopis laevigata*) y encino (*Quercus* spp.), por su alto valor en mercado y el rendimiento y la calidad del carbón (De la Cruz, 2020).

Debido a que el carbón se hace tradicionalmente con especies que están al alcance del productor muchas veces estas no son aptas para la realización del producto, cabe destacar que la demanda también tiene mucho que ver ante esta práctica masiva.

Dentro del estado de San Luis Potosí la demanda de carbón vegetal es de 2,200 t año⁻¹ (SEMARNAT, 2018), por lo que su producción ha desatado una gran problemática para el medio ambiente debido a la deforestación y la falta de

capacitación, la elaboración y transporte ilegal. Al menos en 2018 este problema de acuerdo con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), propició el aseguramiento precautorio de 138 t a nivel nacional (SEMARNAT,2018). En ocasiones se dificulta determinar la especie del carbón asegurado, ya que, aunque se conocen las especies más comunes en el estado, no se conocen sus características y esto ocasiona la mala clasificación del producto, dificultando procurar la justicia ambiental a través del estricto cumplimiento de la ley.

Ante esta problemática propusimos a la Delegación Estatal de PROFEPA determinar las especies leñosas para la elaboración de carbón vegetal decomisadas en San Luis Potosí y elaborar un catálogo describiendo las características anatómicas y físicas y elaborar una herramienta práctica para su identificación.

Una de las formas mas sencillas para la identificación de la madera es por medio de la microscopia y describiendo sus características anatómicas conforme a las normas ya establecidas, que tradicionalmente se emplea bajo las normas de IAWA (Wheeler,1989), en este sentido se entiende que la anatomía de la madera forma parte importante dentro de la tecnología y la industria, ya que gracias a sus descripciones en las especies vegetales se puede conocer con detalle la funcionalidad y el uso correcto de dicho recurso (Giménez et. al. 2005).

A diferencia de la madera el carbón vegetal al estar sometido al proceso de carbonización no puede prepararse en muestras planas para su observación y esto puede complicar la caracterización e identificación de especies carbonizadas debido a que la madera se contrae y puede perder ciertas características necesarias para la observación.

“Una de las formas de determinar la procedencia del carbón vegetal es identificando este material, determinando cual es la especie utilizada, la legalidad de su explotación, y su posible lugar de origen” (De Muñiz et al., 2013). La antracología se utiliza para la identificación del carbón vegetal, comparando las muestras de carbón vegetal con muestras de madera, o con sus descripciones anatómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La descripción de las características macroscópicas y microscópicas del carbón de las distintas especies se llevan a cabo mediante una observación cuidadosa, comparándolas con especies sin carbonizar para lograr una descripción más clara de la muestra que se está siendo observada minuciosamente.

La identificación del carbón de una forma rápida y sencilla ha podido ser observada y estudiada a través de la microscopía, por su amplia variedad de aumento, ayudando a caracterizar y describir las muestras de una manera más precisa de todas las secciones (Transversal, tangencial y radial) y así lograr ha determinar las especies (Stella Rivera et al. 1994).

Para realizar la identificación de cada una de las especies aseguradas por PROFEPA, se tomó en cuenta en primera instancia el uso de normas para la identificación de madera general, además, de visitar productores de carbón vegetal en los municipios Villa de Zaragoza y Venado S.L.P., para obtener muestras de las especies del sitio para compararlas con las proporcionadas por PROFEPA y así lograr organizar cada una de las muestras decomisadas y seleccionar las más óptimas para su análisis, tomando en cuenta como premisa de que para estudios anatómicos se usan planos de cortes tradicional (Giménez et al. 2014).

En este sentido se entiende que para lograr determinar cualquier especie se utilizan los mismos planos de corte (transversal, tangencial y radial) ya que el aspecto de la madera al ser un material anisotrópico varía de acuerdo a la posición en la que se encuentre.

El método empleado para el reconocimiento de cada una de las muestras fue a través de la antracología ayudando a comparar muestras de ya carbonizadas con otras muestras de madera para poder caracterizarla.

CARACTERIZACIÓN DEL CARBÓN VEGETAL

Para poder determinar las especies se prosiguió a reunir 14 muestras de carbón asegurado por PROFEPA en esta etapa fue necesario realizar las identificaciones prometidas se inició a observar con una lupa cada muestra para

poder dar una pequeña clasificación del producto y así poder apartar en partes pequeñas las muestras a identificar con el microscopio óptico.

una vez seleccionadas se procedió a pulir, es importante establecer que superficie va hacer observada en este caso en cada una de las muestras serán enfocadas en sus tres caras radial, tangencial y transversal. En cada muestra se establecieron longitudes de (1cmx1cm) formando 39 pequeños ejemplares de carbón y posteriormente pegándolas al portaobjetos para identificarlas con el microscopio óptico aplicando luz incidente y comparado con la colección de laminillas de especies leñosas ya identificadas. Durante este proceso se pudo notar que las muestras a través del microscopio óptico solo lograban clasificar ciertas características de diferenciación entre especies no mostraban todos los elementos principales para la identificación por lo cual se optó por utilizar el microscopio electrónico de barrido (JSM-6390LV). Para poder observar minuciosamente algunos detalles que ayudaron para presentar una clave dicotómica con las características de cada una de las especies enfocando cada muestra identificada y así lograr analizar cada parte de ella como: anillos de crecimiento, parénquima, radios, porosidad y vasos.

Se comenzó por un análisis en plano transversal, después en el plano tangencial y radial. Para poder notar mejor la disposición de las características.

ANÁLISIS CON MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)

El análisis de acuerdo a la observación del microscopio electrónico garantiza que las imágenes que se obtienen mediante la detección, procesamiento y visualización buscan la información necesaria considerando la estructura de la muestra. La imagen logra obtenerse mediante señales despedidas por la muestra, una vez la señal sea detectada la muestra puede ser analizada y manipulada a través de la computadora. Uno de los aspectos más importantes al analizar muestras bajo el microscopio electrónico de barrido (JSM-6390LV) son con los materiales que no son fácilmente conductores (Ipohorski, 2013). Debido a esto es importante conocer el proceso y la dinámica por la que tienen que pasar para que se logre apreciar cada detalle bajo el microscopio, como lo es el recubridor de

muestras el cual se encarga de cargar y codificar la muestra para que sea compatible con el microscopio electrónico de barrido (Ipohorski, 2013).

El codificador de pulverización de catódico que se uso fue “SPI- MODULE sputter Coater” el cual hizo la tarea de recubrir la muestra por medio de un emisor de oro que se encuentra ubicado en la parte superior donde está la muestra y con ayuda de un tanque de argón el cual es el que proporciona una atmosfera interna y una bomba de vacío en donde se golpean iones que hacen que dispersen los átomos del oro que está en cámara recubriendo así las muestras.

En esta segunda etapa que es la observación bajo el microscopio electrónico de barrido (JSM-6390LV) se evaluaron las características anatómicas para cada una de las muestras y así poder describir dichas muestras. Por lo cual fue necesario volver a pulir cada ejemplar de las 13 muestras en sus tres cortes (transversal, tangencial y radial) con una longitud de (4mm x 4mm) las cuales pegaron con una cinta negra de carbón y se colocaron cuidadosamente en un portaobjetos de cobre para ser colocado en el codificador de pulverización de catódico (SPI- MODULE sputter Coater) mencionado anteriormente, en donde dichas muestras fueron recubiertas ligeramente con una capa de oro para que se pudiera percibir la imagen, es importante que el ejemplar a observar pase por este proceso de recubrimiento, al no ser un material metálico para ser conductora ya que si no se recubría la muestra no se lograría presenciar ningún detalle.

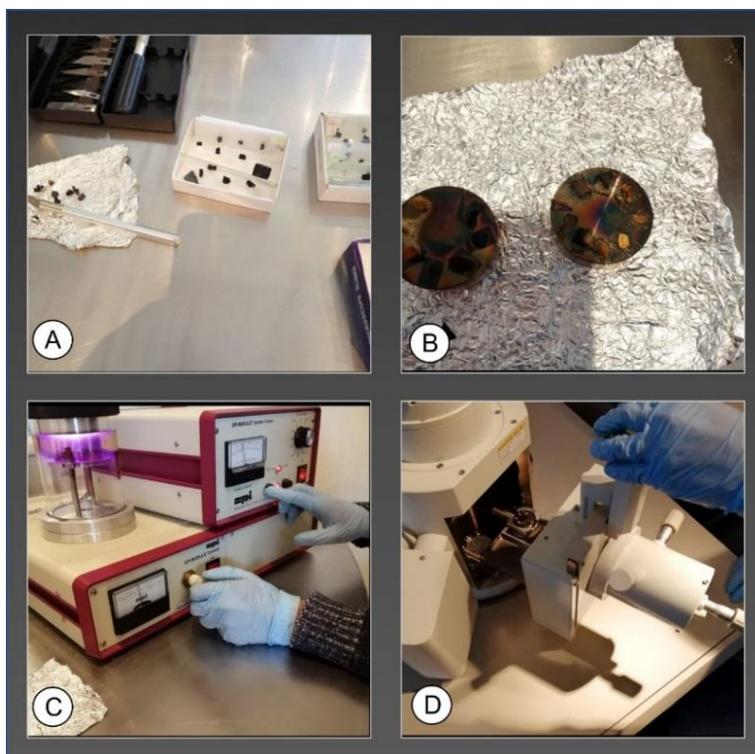


Figura 2. Observación en microscopio electrónico de barrido. A) Muestras pulidas(4mmx4mm), B) Acomodo de muestras para análisis, C) Recubrimiento de oro en muestras, 4) Análisis en microscopio electrónico de barrido. (Autor Propio).

DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES CARBONIZADAS

Una vez que las muestras fueron analizadas bajo los distintos microscopios se logró dar una clasificación más amplia tomando las diferentes características que presentaban y determinando cada una de ellas.

La descripción de las muestras de carbón vegetal de las distintas especies se llevó a cabo comparándolas con especies sin carbonizar, en donde se utilizaron laminillas de cuatro especies de madera que se localizan dentro del estado, las cuales se presentaron debidamente en sus tres secciones de corte (transversal, tangencial y radial) ayudando a la elaboración de una clave dicotómica para la identificación de especies utilizadas para elaborar carbón dentro del estado de San Luis Potosí. La descripción de las muestras se realizó bajo las normas de IAWA (Wheeler,1989) tomando en cuenta el tamaño de los radios, la porosidad, parénquima axial y anillos de crecimiento que se fueron presentando durante la observación en el microscopio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversos estudios mencionan que las muestras de carbón a pesar de las contracciones y deformaciones que se producen durante el proceso de carbonización, conservan la estructura macroscópica y microscópica, así como sus elementos estructurales, facilitando en varias especies su determinación (Pipa, 2009).

Con base a lo anterior, las técnicas de observación con el microscopio óptico y el MEB, permitieron clasificar las muestras, como se ha visto en otros estudios en que el carbón sigue presentando la mayoría de sus características anatómicas permitiendo que la identificación de la especie sea más fácil (Badal, 1988). Otros estudios han demostrado que la identificación del carbón de una forma rápida y sencilla es con MEB por su amplia variedad de aumento, ayudando a caracterizar y describir las muestras de una manera más precisa de todas las secciones (Transversal, tangencial y radial) determinando las especies (Stella Rivera et al.

Durante la observación a través del microscopio electrónico de barrido (JSM-6390LV) se logró observar que 8 de las especies identificadas como Mezquite mostraron los anillos de crecimiento visibles pero no muy definidos y radios de 283 μm , mientras las especies de encino mostraban los anillos de crecimiento muy marcados de un promedio de 2-3 mm y variedad en los radios, las especies que menos presentaron características anatómicas fueron eucalipto y pirul con anillos de crecimiento ligeramente marcados casi ausentes.

De acuerdo con las normas para la identificación de especies leñosas y de carbón, el parénquima axial es considerado una de las principales características anatómicas a evaluar, así como los poros, anillos de crecimiento, entre otros (Bustamante et al. 2019).

Con base al análisis y a la clave dicotómica se logró definir las características de las especies (Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2008).

1	Parénquima axial poco perceptible, porosidad difusa, radios uniseriados a multiseriados cortos, anillos de crecimiento ausentes.....	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
1'	Parénquima axial evidente.....	2
2	Porosidad difusa.....	3
3	Radios multiseriados extremadamente anchos (0.52 mm) y altos (1.5 cm), anillos de crecimiento muy marcados (2-3 mm).....	<i>Quercus resinosa</i>
3'	Radios multiseriados extremadamente anchos (0.52 mm) y muy altos (3 cm), anillos de crecimiento marcados (1 mm).....	<i>Quercus rugosa</i>
3''	Radios uniseriados a triseriados, cortos (265 µm), poros múltiples en líneas radiales (2-3), anillos de crecimiento ligeramente marcados, parénquima axial difuso y escaso.....	<i>Schinus molle</i>
2'	Porosidad anular o semianular.....	4
4	Radios multiseriados extremadamente altos (5 cm), anillos de crecimiento marcados (1mm), parénquima axial difuso.....	<i>Quercus potosina</i>
4'	Radios multiseriados muy cortos (283 µm), anillos de crecimiento marcados, parénquima axial abundante	<i>Prosopis laeviagata</i>

Se determinó que, de las 14 muestras decomisadas por PROFEPA, ocho muestras correspondieron a mezquite y cuatro a encino las cuales producen carbón de alta calidad, se reconoció una muestra de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) y otra de pirul (*Schinus molle*), mostrando dificultad al momento de identificar las muestras. Se lograron observar los radios y los vasos de cada una de las especies resaltando más los de *Quercus resinosa*, *Q. potosina*, *Q. rugosa* y *Prosopis Laevigata*, son de las especies más utilizadas para elaborar carbón en el estado de San Luis Potosí. Actualmente el estado no cuenta con información para conocer el rendimiento y la calidad del carbón.

Un estudio realizado por Sánchez (1997) logro hacer una descripción de las especies más utilizadas en las tres regiones: norte, centro y sur, destacando la demanda que las especies como *Quercus sp.* y *Prosopis sp* por ser especies de maderas duras y tomando en cuenta las características que suelen ser apreciables a simple vista como: peso, brillo, que no desprenda mucho humo, de material resistente al desquebraje, tamaño aceptable y que dure tiempo ardiendo, estas características hacen que el producto pueda tener una aprobación al momento de su comercialización dependiendo al mercado donde se requiera lanzar.

El rendimiento de las especies de *Quercus* y *Prosopis* lograr alcanzar al menos arriba del 25% por la forma artesanal y un poco más de 30% cuando son hornos elaborados con ladrillo, con esto se puede interpretar que la calidad y rendimiento del carbón dependen del proceso que se lleve como se mencionó al inicio de este estudio, así como la duración que tenga en el proceso tratando de aprovechar toda la troza que sea posible (Rojas,2014). Este mismo estudio muestra que la especie *Eucalyptus camaldulensis* puede ser aprovechable dada algunas de sus características energéticas que se conservan después del proceso de carbonización manejando un horno metálico de tambor tipo japones mejorado llegando a producir un buen carbón.

Este estudio muestra la posibilidad de experimentar con especies exóticas para la elaboración de carbón vegetal y así poder generar nuevas rutas de mercado cumpliendo con las necesidades de calidad si se remplaza la manera convencional en que se fabrica actualmente dicho producto; así mismo invertir en la mejora de

hornos más actuales (Rojas,2014). Otro estudio señala que una de las principales razones para considerar esta especie (*Eucalyptus camaldulensis*) es que no cuenta con un alto mercado de comercialización en otros productos maderables como son; postes, morillos y leña debido a las características que llegan a generarse que como son, los diámetros, pequeños y algunas deformaciones del tallo. Con base a lo anterior se puede interpretar que la calidad que presenta esta especie puede generar ventajas a favor del carbón vegetal evaluando las circunstancias en las que se presenta dicha producción. Es importante mencionar que uno de los requisitos para esta especie al momento del proceso de carbonización es que la madera esta seca y que los hornos sean los más adecuados posibles para un resultado satisfactorio (Guillen, 2008).

De acuerdo con varios estudios el uso de la antracología la determinación y descripción de la especie es más fácil de detectar ya que al comparar las muestras carbonizadas con las de madera nos da una visualización más certera de la especie (Solari,2000).

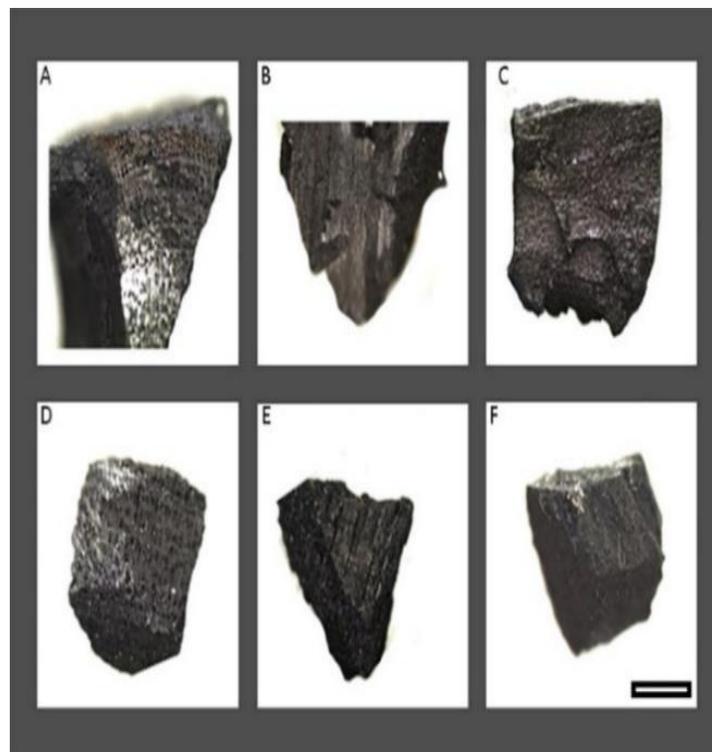


Figura 3. Fragmento de carbón de *Quercus resinosa* en plano A) transversal, B) tangencial y C) radial. *Prosopis laevigata* A) transversal, B) tangencial y C) radial. Barra = 5mm. (Autor propio)

La observación a través del microscopio electrónico de barrido (JSM-6390LV) contribuyó a distinguir con detalle las muestras que presentaban deformación de las características por el proceso de carbonización deficiente o difícil de observar en el microscopio óptico. (Fig. 4). Ya en otros estudios se han utilizado las técnicas de microscopía electrónica de barrido y de luz reflejada 3D para la identificación de muestras de carbón con buenos resultados, particularmente en especies tropicales, contribuyendo a la comprensión del tráfico de carbón vegetal (Haag et al. 2020; Zemke et al. 2020).

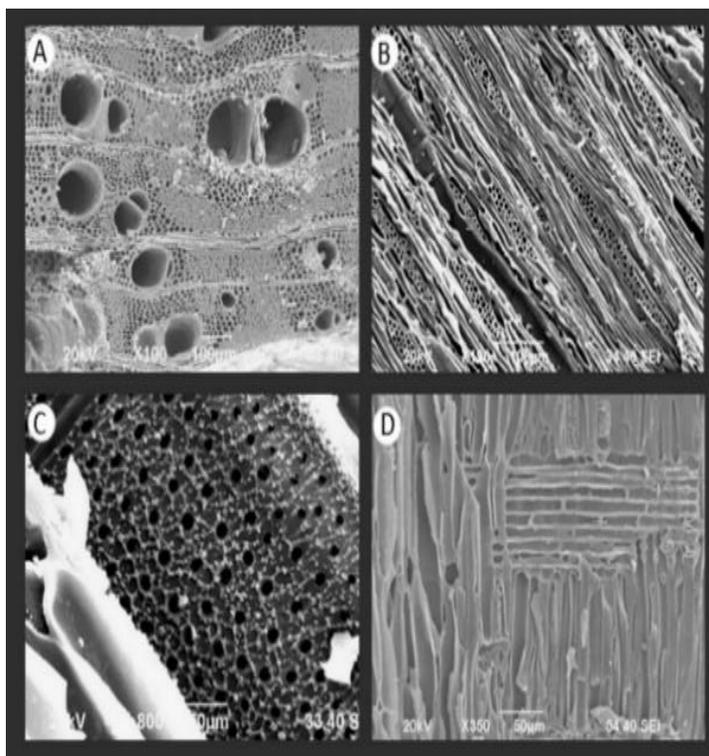


Figura 4. Fragmento de carbón de carbón A) sección transversal de *Quercus resinosa*, B) sección tangencial de *Prosopis laevigata*, C) sección transversal de *P. laevigata*, D) sección radial de *Schinus molle*. (Autor propio).

CONCLUSIÓN

Con este estudio se logró determinar que, de las 13 muestras decomisadas por PROFEPA, ocho muestras correspondieron a mezquite y cuatro a encino, una de eucalipto y otra de pirul.

De las 13 muestras se determinó que 7 son de *Quercus* sp., 3 de *Prosopis laevigata*, 2 de *Schinus molle* y 1 de *Eucalyptus* sp. Se puede decir que gracias a la antracología por su metodología con el análisis de carbón y madera se pudo obtener información más precisa al momento de observar las especies y la gestión de los recursos vegetales que se obtiene de los mismos.

Las especies identificadas como *Prosopis laevigata* siguen conservando sus microestructuras aun después de la carbonización al igual que las especies de *Quercus* spp. permitiendo que la observación sea más acorde, estas, las especies como *Eucalyptus camaldulensis* y *Schinus molle* mostraron una gran deficiencia estructural después del proceso de carbonización y dificultando su caracterización, es importante señalar que algunas de las características de la madera se pierden en su totalidad al momento de ser carbonizadas dificultando la identificación a través del microscopio como son las gomas, resinas y algunos casos puntiaduras.

La microscopía aplicada, así como la identificación de especies a través de las propiedades físicas y anatómicas fueron de gran importancia para la obtención de resultados de manera eficaz, se reafirmó que las propiedades anatómicas del carbón se siguen conservando, los resultados sugieren que, aunque se logró identificar la especie usando el microscopio óptico es más funcional observar la muestra por medio del microscopio electrónico de barrido ya que logra un gran alcance apreciando cada propiedad anatómica de la especie dando una visión más funcional al momento de realizar las fotografías.

Con base a los resultados de este estudio se pueden explorar nuevas alternativas del uso de otras especies o residuos maderables como arbustos que logren también potenciar la comercialización del carbón vegetal en el estado, así mismo la utilización de hornos que puedan lograr una mejora para el productor. Para finalizar la elaboración de una clave dicotómica de acuerdo a la identificación de especies observadas en este estudio contribuirá a la aplicación de la ley ambiental. Esto podrá ayudar a que se pueda saber con mejor detalle la especie y

su origen en el estado de San Luis Potosí así mismo poder lograr un listado de especies que son utilizadas para la elaboración de carbón y moderar la tala ilegal que crece de una manera intensa cada año en el estado.

BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante Karina., Chavesta Manuel., Gonzales Héctor. (2019). Caracterización anatómica de la madera y carbón de cinco especies leñosas para su identificación. *Revista forestal de Perú*, 34(2), 144–162.
- Badal G. E. (1988), La antracología: Método de recogida y estudio del carbón prehistórico. In:
<http://roderic.uv.es/handle/10550/34964> SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia, 1987-1988, No. 21: 169-182.
- Canul Tun, S. A. (2013). *Rendimiento y calidad del carbón vegetal elaborado en horno tipo fosa con subproductos forestales de Piscidia piscipula (L.) Sarg. y Lonchocarpus castilloi Standl. en Campeche*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 61 p.
- Caballero Deloya, Miguel. (2020). «EL “OTRO” MÉXICO FORESTAL (LA ACTIVIDAD FORESTAL ILÍCITA)». *Revista Mexicana De Ciencias Forestales* 33 (103). México, ME:149-75. [En línea]
<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/745>
- De la Cruz Montelongo, C. (2020) “Caracterización energética del carbón vegetal producido en el Norte-Centro de México”, *maderas y bosques*, abril, pp. 1–13.
- De Muñiz I., Faria Franca R., Edis Fiorese A., Nisgoski S., B. (2013).- Análisis de la estructura anatómica de la madera y del carbón de dos especies de sapotaceae. *Maderas ciencia y tecnologia*, 3(2013), 311–320.
- García Quezada Juan, Musule L. R, Carrillo Á.N, Carrillo P.A, (2021). Tipo de hornos para la producción de carbón vegetal en México. En B. V. Martí (Ed.), *Optimización de los procesos de extracción de biomasa sólida para uso energético* (pp. 69–88). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).
- Gimenez A. Maria., Moglia J.G., Hernandez P.G., Roxana. (2005). *ANATOMIA DE LA*

MADERA. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>.

Guillen Hernandez R.I., (2008). Fabricación de carbón vegetal aprovechando los raleos en bosques energéticos, San Salvador, El Salvador [En línea] https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=dpro_86588_1_30052014.pdf.

Haag, V., Zemke, V. T., Lewandrowski, T., Zahnen, J., Hirschberger, P., Bick, U., Koch, G. (2020). The European charcoal trade, *IAWA Journal*, 41(4), 463-477. [En línea] <https://doi.org/10.1163/22941932-bja10017>

FAO (1983)., PROCESOS DE CARBONIZACION, Métodos simples para fabricar carbón vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación CAPITULO 4.

Madrid L., Nuñez J.M., Quiroz G., Rodriguez, Y. (2009). La propiedad Social en México. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública*, 1(2), 179–196.

Rodriguez, T., Braghini Junior, A. (2019). Charcoal: A discussion on carbonization kilns. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 143(July), 16. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104670>

Rojas D. Elba, (2014). *Calidad de carbon vegetal de Eucalyptus camaldulensis Dehnh producido en Horno metalico de tambor tipo japones mejorado*. Universidad Autonoma Chapingo.

Pérez Olvera, C.P., Dávalos Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas. Madera y Bosques. *Madera bosques*, 14(3), 43–80.

Pinheiro, P. Cesar (2017). LA PRODUCCION DEL CARBON VEGETAL. En *Energia* (pp. 69–88). Bahia Blanca: Universidad Nacional de Sur, Ediuns.

Pipa C., E., Chavesta C., M., & Gonzales M., H. (2009). Validación de una Metodología de Identificación del Carbón Vegetal del género Prosopis (Algarrobo) a partir de la estructura anatómica. *nales Científicos*, 70(2), Pág. 132–136. <https://doi.org/10.21704/ac.v70i2.506>

Ipohorski Miguel, P. B. B. (2013). MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES. *REVISTA CEL*, 63(3), 43–53.

- Sánchez, R. L. (1997). *Métodos de producción de carbón vegetal en México*. Tesis de doctorado, Pacific Western University, E.U.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal [SEMARNAT]. (2014). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos - San Luis Potosí 2014*. Impresos Yos Sant S.A. de C.V.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal. (2018). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2018*.
- Solari María Eugenia., (2000). Antracología, Modo de Empleo: En Torno a Paisajes, Maderas y Fogones. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 4, 167–174.
- Spínola, C. A. (2006). *Descripción y análisis de dos métodos de producción de carbón vegetal en el estado de Tamaulipas*. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 57 p.
- Stella M. Rivera, S. Magnin, M. Cavatorta. (1994). Aporte del microscopio electrónico de barrido en la identificación del carbón vegetal. *quebracho*, 2(1994), 21–27.
- Teresita Arias., Chalico Kalina., Miranda Perkins., Paola Bacalini. (2006). *Diagnóstico del Mercado de Carbón Vegetal en el Noreste de México*. [En línea] <http://nyde.org.mx/wp-content/uploads/Diagnostico-del-mercado-de-carbon-vegetal.pdf>
- Valverde J.C. Arias D. Campos R Guevara M. (2018). *Caracterización física y química del carbón de tres segmentos de fuste y ramas de Eucalyptus camadulensis Dehnh. proveniente de plantaciones dendroenergéticas*. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(1), 16–24. [En línea] <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v15i1.3774>.
- Wheeler, E.A., Baas, P., & Gasson, P.E. (Eds.). (1989). List Of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Journal*, 10(3), 219-232. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000496>
- Zemke, V., Haag, V., & Koch, G. (2020). Wood identification of charcoal with 3D-reflected light microscopy. *IAWA Journal*, 41(4), 478-489. [en línea] <https://doi.org/10.1163/22941932-bja10033>