



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO
DE MANABÍ”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES Y AMBIENTE
TESIS DE GRADO**

TEMA:

**“Evaluación de la calidad del carbón vegetal elaborado
del subproducto de cascara de macadamia
(Macadamia tetraphylla) producido en horno metálico
de cuatro secciones en el Cantón la Concordia, Sto.
Domingo, 2016”**

AUTORES:

**Bermúdez Tuárez George Alejandro
Rodríguez Benavides Fernando Andrés**

Tutor:

Ing. Hebert Vera Delgado Mg. SC.

**Manta -Manabí -Ecuador
2017**

DERECHO DE AUTORÍA

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, corresponden exclusivamente a los autores y el patrimonio intelectual a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

George Alejandro Bermudez Tuarez

C.I.#092594946-3

Fernando Andrés Rodríguez Benavides

C.I.#131620369-2

CERTIFICACIÓN

Ing. Hebert Vera Delgado Mg.SC. certifica haber tutelado el proyecto de titulación “Evaluación de la calidad de carbón vegetal del subproducto de cascara de Macadamia tetraphylla producido en horno metálico de cuatro secciones en el Cantón la Concordia, Sto. Domingo, 2016” que ha sido desarrollado por: Rodríguez Benavides Fernando Andrés con C.I.# 131620369-2 y Bermudez Tuarez George Alejandro con C.I.# 092594946-3; egresados de la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, previo a la obtención del título de Ingeniero(a) en Recursos Naturales y Ambientales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

ATENTAMENTE

Ing. Hebert Vera Delgado Mg. SC.

C.I. # 130114397-2

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Facultad de Ciencias Agropecuarias

PROYECTO DE TITULACIÓN

“Evaluación de la calidad del carbón vegetal elaborado del subproducto de cascara de macadamia (*Macadamia tetraphylla*) producido en horno metálico en el Cantón la Concordia, Sto. Domingo, 2016”

Proyecto de titulación presentado a los miembros del tribunal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el título de:

INGENIERO(A) EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

Yessenia García Montes Mg. Sc.

DECANA DE LA FACULTAD

Ing. Hebert Vera Delgado Mg. Sc.

TUTOR DE TESIS

Blgo. David Mero del Valle Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Blgo. Abraham Velásquez Mg. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blgo. Carlos Chinga Mg. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A dios por siempre darme las fuerzas y la sabiduría suficiente para salir adelante en todos los obstáculos que me puso la vida.

Dedico este logro a mis padres, por haberme apoyado en todo momento, y siempre ayudarme a cumplir todos mis objetivos, por siempre darme los mejores consejos para hacerme una persona de bien, después de todos sus sacrificios que han realizado por mi este logro se lo dedico a ellos que son los mejores padres que pude tener.

Para mi hermana, mi tía y mis primas las cuales siempre estuvieron cuando más las necesite, siempre dispuestas a ayudarme en todo momento y que también hicieron que este logro hoy sea posible.

A mi novia, compañera y amiga, por siempre tenerme toda la paciencia del mundo y siempre animarme a seguir adelante y hacer responsable en todas mis obligaciones, gracias por ayudarme a cumplir este logro.

Y por último a mi amigo y compañero de tesis, con el cual sufrimos y luchamos para salir adelante y hoy podemos decir que lo logramos.

George Bermúdez Tuarez

DEDICATORIA

A dios que siempre me dio sabiduría y fuerzas en los momentos difíciles del camino los cuales tengo en mi memoria como enseñanzas que perduraran por siempre.

Dedico de manera especial este trabajo a la memoria de mi padre quien fue el que inspiro metas de superación en mí, me siento dichoso de por fin ganarme esa alusión que siempre me decía; "Mi Ingeniero ".

A mi madre ya que con su sacrificio pude llegar a la meta propuesta y aunque no fue fácil ella siempre me dio fortalezas y creyó en mí, y con su ejemplo pude comprender que todo es posible si uno se lo propone.

A mis hermanos por su constante apoyo el cual fue motivación para nunca darme por vencido, A mi hermana a quien respeto y admiro mucho por su gran corazón y sabiduría.

A mis sobrinas que con su felicidad me iluminaron en momentos difíciles.

A Paola que siempre se mantuvo a mi lado y ni por un segundo dudo de mí.

A mi compañero de tesis y amigo con el que sufrimos y reímos durante el desarrollo de nuestra carrera y este trabajo.

Fernando Andrés Rodríguez

Agradecimientos:

En primer lugar agradecemos a dios por permitirnos estar con vida y poder desarrollar este trabajo, él fue quien nos ilumino en los momentos con más dificultad.

Agradecemos a nuestras familias que siempre nos brindaron su apoyo e hicieron posible que pudiéramos culminar nuestra carrera y la presente tesis.

Agradecemos a nuestro tutor Ing. Heber Vera. Mg que siempre nos dio el apoyo y guía necesarios durante el desarrollo de este trabajo, sin su esfuerzo y dedicación no habiéramos alcanzado la meta.

A nuestro tribunal que con sus exigencias mejoraron en muchos ámbitos nuestra investigación, gracias a su aporte y guía.

A la facultad de ciencias agropecuarias, la cual fue nuestro hogar por 5 años y nos brindó en todo momento los medios que nos permite culminar este trabajo.

Al Ing. Amado Flores quien nos brindó su ayuda en el laboratorio de este trabajo, gracias a su aporte pudimos con éxito y en poco tiempo culminar la fase de investigación.

Al Ing. Recalde quien nos facilitó la entrada y uso de su terreno y maquinarias, gracias a el pudimos realizar este trabajo.

A nuestros amigos que siempre nos brindaron su ayuda y apoyo.

George Alejandro Bermúdez

Fernando Andrés Rodríguez

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. ANTECEDENTES.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Hipótesis	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Taxonomía de la Macadamia	20
2.2 Nuez de macadamia	21
2.2.1 ¿Qué es la nuez de macadamia?.....	21
2.2.2 Necesidades agroecológicas de la Macadamia.....	22
2.2.2.1 Temperatura.....	22
2.2.2.2 Altitud	23
2.2.2.3 Precipitación.....	23
2.2.2.4 Suelo.....	23
2.2.2.5 Drenaje.....	24
2.2.2.6 Textura.....	24
2.2.3 Usos de la nuez de macadamia.....	24
2.2.4 Carbón de macadamia	25
2.3 ¿Qué es el carbón vegetal?	26
2.4 Producción y consumo de carbón vegetal.....	26
2.4.1 ¿Cómo la madera se transforma en carbón vegetal?.....	27
2.4.2 ¿Cómo la producción de carbón aumenta la degradación forestal?	

2.5	Métodos para la elaboración de carbón vegetal.....	29
2.5.1	Método de fosa	29
2.5.2	Método de parvas	30
2.5.3	Método de hornos de ladrillos.....	31
2.5.4	Método de hornos metálicos cilíndrico.....	31
2.5.5	Hornos tipos retorta	32
2.5.5.1	Funcionamiento de horno de retorta	33
2.5.6	Horno metálico de 4 secciones.....	34
2.5.7	Marco legal	35
2.5.7.1	Requisitos de calidad para el carbón vegetal.....	41
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1	Ubicación	43
3.2	Características climáticas y edafológicas.....	43
3.3	Tratamientos	44
3.4	Procedimientos	45
3.5	Datos necesitados y metodología de evaluación	45
3.5.1	Modo de operación para la fabricación de carbón.....	46
3.5.2	Estudio de inversión	47
3.5.3	Como se fomentó el uso de la cascara de macadamia	48
3.5.4	Prueba piloto en horno de asar pollos	48
3.5.5	Parámetros evaluados y procedimientos a seguir	49
3.6	Manejo del ensayo	51
3.6.1	Toma de muestras de carbón.....	51
3.6.2	Selección del área	51
3.6.3	Preparación de las muestras de carbón previo él envió al laboratorio.....	51
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53

4.1	Humedad del carbón	53
4.2	Contenido de Cenizas	55
4.3	Contenido de Volátiles	58
4.4	Carbono Fino	61
4.5	Tiempo de Ignición	63
4.6	Temperatura Emitida	64
4.7	Duración	70
4.8	Estudio de costos de los tratamientos	71
4.9	Prueba piloto en horno de asar pollos	74
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES	76
VII.	RESUMEN	77
VIII.	ABSTRACT	78
IX.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	80
X.	Anexos	83

Índice de Gráficos

Grafico 1	Diagrama del horno retorta	32
Grafico 2	Diagrama del funcionamiento del horno retorta	33
Grafico 3	Horno Metálico de 4 Secciones	34
Grafico 4	Ubicación de donde se realizó el proyecto.	43

Índice de tablas

Tabla 1:	Taxonomía de la macadamia	20
Tabla 2	Valor Requerido por Normas	42
Tabla 3	Evaluación de la calidad del carbón según su materia prima	44
Tabla 4	Análisis de varianza	45
Tabla 5	porcentaje de humedad	53

Tabla 6 Análisis de la varianza	53
Tabla 7 Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)	53
Tabla 8 Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13145.....	54
Tabla 9 Porcentaje de contenido de cenizas.....	55
Tabla 10 Análisis de la varianza	56
Tabla 11 Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)	56
Tabla 12 Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38049.....	56
Tabla 13 Porcentaje de volátiles	58
Tabla 14 Porcentaje de carbono fino.....	61
Tabla 15 Porcentaje de tiempo de ignición	63
Tabla 16 Porcentaje de temperatura emitida con una distancia de 15 cm.....	64
Tabla 17 temperatura emitida a una distancia de 30 cm.....	66
Tabla 18 Temperatura emitida en una distancia de 50 cm.....	67
Tabla 19 Temperatura emitida a una distancia de 1 m	68
Tabla 20 Porcentaje de duración.....	70
Tabla 21Cuadro de inversión para producción de carbón.....	73

I. ANTECEDENTES

El ser humano en busca de su comodidad a encontrado diversas fuentes de energías, una de estas es el carbón, el cual puede encontrarse de dos diferentes procedencias las cuales son de origen mineral y de origen vegetal, el carbón de origen mineral es el que normalmente encontramos en las minas y este ha sido el producto de un largo proceso de mineralización.

El Carbón vegetal es el residuo sólido que queda de "carbonizar" la madera, o se la "hidroliza", en condiciones controladas, en un espacio cerrado, como es el horno de carbón. El control se hace sobre la entrada del aire, durante el proceso de pirolisis o de carbonización, para que la madera no se quemee y quede simplemente en cenizas, como sucede en un fuego convencional, sino que se descomponga químicamente para formar el carbón vegetal (FAO, 1983).

En épocas antiguas en zonas rurales era común ver carboneras, y la mayoría de obreros se dedicaban a este oficio, el proceso generalmente se realiza con madera, y consistía en realizar grandes pilas de leñas cubiertas con ramas finas y musgos, prendiendo fuego en la parte interna de la pila, procurando la menor entrada de aire posible, el fuego duraba por días y una vez acabado el proceso quedaba el producto conocido como carbón, al momento de recoger el carbón podían caer la pila por lo cual se consideraba un trabajo riesgoso (Shenker, 2012).

El carbón vegetal se ha usado durante siglos como fuente de energía y cocción de alimentos; también como medio de calefacción en los hogares, en días de intenso frío: una práctica más que peligrosa y, por cierto, no recomendada. Pese a su difusión, la producción y uso de carbón vegetal tiene importantes

impactos ambientales, además de consecuencias para la salud humana (Shenker, 2012).

Al realizar carbón de cascaras de macadamia el proceso es un poco distinto al convencional utilizado para el carbón de madera, ya que los tamaños de las cascaras no es el suficiente para hacer una muestra de carbón representativa, y que tenga las propiedades necesarias, por lo cual se procedió a moler las cascaras habiendo pasado el proceso de carbonización, y se utilizó una briquetadora, con ayuda de un aglomerante para compactar la muestra.

Según lo que indica la FAO (1983) en su manual para fabricar carbón vegetal, hay diferentes propiedades que determinan la calidad del carbón vegetal, una de estas es la elección de materia prima a utilizar ya que unas tienen mayor contenido energético que otras, otro parámetro que determina la calidad de un buen carbón es el método de carbonización, teniendo mayor eficiencia en hornos metálicos ya que estos garantizan una carbonización más homogénea y controlada obteniendo un mejor producto.

Este carbón hecho de la cascara de macadamia se lo realizara en la concordia ya que es uno de los principales productores de macadamia en el país, en donde cerca de 25 personas, en la hacienda Vía Láctea, se reúnen diariamente para cosechar, seleccionar y empacar la nuez que se distribuye a varios mercados nacionales e internacionales (Tapernoux, 2004).

En esta hacienda según Tapernoux (2004), gerente de Operaciones, indicó que actualmente se producen de 30 a 40 toneladas de nuez y 35 toneladas de cascaras al año, además a estos se suman los cultivos de los agricultores independientes que se dedicaron a sembrar macadamia, la cual cosechan para la cocina del hogar, o venden por fundas de nueces, y las cascaras son utilizadas para abono o para verterlos en caminos resbaladizos.

1.1 Planteamiento del problema

El proceso para realizar carbón comúnmente usa como materia prima la madera, que habitualmente es recolectada de diferentes tipos de árboles, dependiendo de la especie que se utilice para el proceso de carbonización.

Normalmente se usan maderas de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), también algarrobo (*Prosopis pallida*) y guayaca (*Tabebuia chrysantha*), para la producción de carbón vegetal, exigiendo una alta demanda de estas especies, generando así una problemática, con la desaparición de cobertura vegetal.

La deforestación de estas especies o de cualquier otra que se utilice para otro fin, genera un desequilibrio en el ecosistema, porque todos estos árboles que son talados tienen un porcentaje de limpieza del aire, y también sirven para la protección de distintas especies de fauna que dependen de su conservación.

El uso de procesos tradicionales de carbonización también tiene múltiples repercusiones al ambiente, ya que los carboneros en su gran mayoría realiza grandes pilas para realizar su carbón, teniendo como consecuencia, una contaminación mayor no solo de emanación de CO₂ y demás gases producto del proceso de carbonización, sino también una contaminación del suelo ya que se utiliza agua para enfriar el carbón, ocasionando que las sustancias del proceso junto con el agua terminen en el suelo contaminándolo.

1.2 Justificación

En la actualidad se están reduciendo los cultivos de macadamia, por las dificultades que hay en la exportación y la poca demanda del fruto a nivel nacional, el uso de las cascara para su aprovechamiento fomentara el cultivo de esta planta, ya que la zona de la concordia es una zona de alta producción de carbón por lo cual hay una demanda alta de materia prima.

La nuez de macadamia que si bien es cierto es autóctona de Australia también se desarrolla bien en algunas zonas húmedas de nuestro país, además de esto la nuez de macadamia es muy rica en muchas vitaminas, por esto es muy solicitada en muchos mercados internacionales, también es caracterizada por tener una cascara muy dura y con alto contenido de aceite, lo que hace que sea una materia prima ideal para realizar carbón.

La utilización de la madera como materia prima fomenta la desaparición de cobertura vegetal sumándose a otras actividades que también aportan a la destrucción de nuestros bosques, es por esto que se deben buscar alternativas para apaciguar estos problemas y fomentar el uso de una nueva fuente de energía.

Este problema de deforestación por demanda de carbón vegetal se puede evitar si se realiza como materia prima una materia vegetal que no signifique la tala de un árbol sino más bien el aprovechamiento del fruto de uno, en este caso la macadamia (*M. tetraphylla*), que produce una nuez que es utilizada para la cocina, su cascara que se ve como un desperdicio el cual no se utiliza en la mayoría de veces, presenta las características indicadas para utilizarla para la producción de carbón.

De esta manera el carbón de macadamia como el carbón hecho de leña es eficiente supondría un impacto menor al ambiente, siendo una gran alternativa a la hora de buscar variantes para la producción del carbón, además de sacar provecho de dicha cascara en vez de solamente desecharla. Todo esto acompañado con un método eficiente para producir carbón nos garantizara un gran rendimiento del producto.

El uso de un horno metálico para la elaboración de carbón permite un mayor control del proceso teniendo un producto de mayor calidad a comparación con los métodos tradicionales, además de también tener un mayor control de los contaminantes que se desprenden del procedimiento, ya no sería necesario usar agua para enfriar el carbón evitando la contaminación del suelo y agua.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar la calidad del carbón vegetal elaborado de cascara de macadamia realizado en horno metálico de 4 secciones.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el rendimiento del carbón tradicional de leña de árboles, comparado con el carbón de macadamia.
- ✓ Analizar leyes y normativas que regulan el proyecto para producir carbón vegetal y estándares de calidad del producto.
- ✓ Realizar una estimación económica de costos de los tratamientos.
- ✓ Fomentar el uso de cascara de macadamia mediante trépticos para la elaboración de carbón vegetal en el cantón la concordia.

1.4 Hipótesis

“El subproducto de cascaras de macadamia para la elaboración de carbón vegetal, será alternativa al uso de madera como materia prima para la producción de carbón vegetal en el Cantón La Concordia, provincia Sto. Domingo de los Tsachilas”

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Taxonomía de la Macadamia

La macadamia, es una especie arbórea clasificada taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 1: Taxonomía de la macadamia

Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledonae
Orden	Proteales
Familia	Proteaceae
Genero	Macadamia
Especie	Integrofilia y Tetraplylla

Fuente: (Enriquez, 1994)

Familia de unos 75 géneros y más de 1000 especies representados esencialmente en regiones tropicales del hemisferio sur, sobre todo en Australia y Sudáfrica. A esta familia también pertenecen los árboles ornamentales conocidos como “grevilias” (*Grevillea banksii*), bonitos árboles frondosos introducidos de Australia. Otras nueces comestibles pertenecientes a la familia Proteaceae son: Gevuín, nuez de Chile (*Gevuina avellana*), La nuez Helicia (*Helicia diversifolia*), La nuez rosa (*Hicksbeachia pinnatifolia*). Sin embargo, ninguna de éstas ha alcanzado la importancia económica de la macadamia (Quintas, 2011).

2.2 Nuez de macadamia

En la actualidad, Australia y Estados Unidos son los países más importantes como productores de macadamia de alta calidad, no sólo por ser una nuez con aroma y sabor deseables sino también porque es nutritiva, baja en colesterol, grasas saturadas y sodio. También se cultiva en Alemania, Japón, Brasil, Ecuador y Colombia, (Montoya & Osorio, 2010).

En Ecuador esta especie fue introducida en 1976, pero fue en 1988 cuando se realizó la primera importación comercial de plantas de macadamia. A partir de ese momento la cultivan pequeños productores y se destinan aproximadamente 700 hectáreas, de las cuales la mitad posee plantas en edad productiva (Reyes & Moreno, 2009).

El cultivo de macadamia en Ecuador es relativamente nuevo; las plantaciones productoras se encuentran en zonas subtropicales de la Costa y la Región Amazónica, como Quinindé, Santo Domingo de los Tsáchilas, Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, Quevedo, La Maná, La Concordia, San Lorenzo, Francisco de Orellana (El Coca), Tena y Lago Agrio (Aulestia, 2010)

2.2.1 ¿Qué es la nuez de macadamia?

La macadamia es originaria de la zona subtropical de Australia, al sudeste de Queensland, y de la zona norte de Nueva Gales del Sur; es considerado uno de los cultivos exóticos con gran futuro en Ecuador, a nivel de exportaciones y consumo local. Esta especie fue introducida en el país por primera vez en el año 1976 y sus cultivos se establecen en zonas cálido – húmedas; en la actualidad tiene una buena distribución y un crecimiento constante. Por su alto contenido de aceite monoinsaturado, es un alimento de excelente calidad y valor nutritivo (Reyes & Moreno, 2009).

El fruto de Macadamia denominado nuez es, desde el punto de vista botánico, un folículo que consiste en una sola cavidad que por lo general contiene una semilla o almendra comestible. Tiene forma más o menos esférica, de 2.5 a 5.0 cm. de diámetro, con un apéndice corto y duro. La nuez en cáscara tiene 3 cm. de diámetro en promedio; la nuez en concha 2.5 cm. y la almendra 1.5 cm. (Canet, 1983).

La nuez de macadamia se ha utilizado desde su descubrimiento para la extracción de aceite, la cáscara se utiliza como abono orgánico y como combustible para grandes hornos, y la torta, que es el residuo de la extracción de aceite de macadamia, se ha utilizado como biomasa en la producción de energía (Montoya & Osorio, 2010).

2.2.2 Necesidades agroecológicas de la Macadamia

2.2.2.1 Temperatura

La temperatura es la variable climática más determinante en el crecimiento y la productividad de la macadamia. La temperatura óptima es de 16 a 25°C; períodos prolongados de exposición a altas temperaturas pueden producir un estrés en el árbol que se observará en la coloración amarilla de los nuevos brotes de las hojas. Altas temperaturas mayores a 35°C en los períodos de floración pueden reducir la cosecha y causar un alto porcentaje de nueces inmaduras que se caerán durante las primeras etapas de desarrollo. La fotosíntesis se inhibe a temperaturas menores a 3°C o mayores a 33°C (Quintas, 2011) .

2.2.2.2 Altitud

Se puede cultivar los árboles de macadamia desde los 400 hasta los 1900 msnm. La altura sobre el nivel del mar tiene un efecto notable sobre la calidad y el volumen de producción (Quintas, 2011).

2.2.2.3 Precipitación

Sin la existencia de sistemas de riego, la macadamia puede cultivarse en áreas con precipitaciones mínimas anuales de 1000 mm bien distribuidos a lo largo del año. El riego puede suplir las deficiencias de precipitación en algunas zonas; sin embargo, es difícil lograrlo al 100%. Es muy importante que los árboles jóvenes tengan humedad en el suelo en temporada de sequía, ya que esto ayudará a comenzar con su período de floración y fructificación en menor tiempo. Los períodos más críticos para las necesidades de riego son desde la floración hasta el desarrollo de la nuez y la formación de aceites en árboles maduros. Las altas temperaturas acompañadas de viento reducen la humedad ambiental provocando que en temporada de floración se reduzca la polinización; en este caso, se recomienda instalar definitivamente un sistema de riego (Quintas, 2011).

2.2.2.4 Suelo

La macadamia se adapta a un amplio rango de suelos; sin embargo, el requerimiento básico de los árboles de macadamia es un suelo profundo, en promedio de 80 cm de profundidad, y bien drenado, además de un PH ligeramente ácido 6.5 (Quintas, 2011).

2.2.2.5 Drenaje

El drenaje es el factor más importante para el crecimiento de la macadamia y depende del tipo de suelo. El suelo no debe presentar ninguna obstrucción como piedras o capas de arcilla que eviten el movimiento del agua en el primer metro de profundidad, ya que las raíces de los árboles mueren en suelos saturados y que no permiten el movimiento adecuado del oxígeno (Quintas, 2011).

2.2.2.6 Textura

La textura ideal del suelo para sembrar nuez de macadamia debe contener entre el 20 y el 30% de arcilla. Un alto contenido de materia orgánica favorece el crecimiento y desarrollo de los árboles (Quintas, 2011).

2.2.3 Usos de la nuez de macadamia

Para Reyes & Moreno (2009), la macadamia es reconocida a nivel mundial como la nuez más fina del mundo, por su buen sabor y alto valor nutritivo; es utilizada por el mercado gourmet en cualquier clase de comidas, ensaladas y en los cócteles; se las puede consumir de forma natural, asadas o saladas, según el gusto de las personas.

A nivel industrial y en confitería, se la utiliza en la elaboración de chocolates, galletas, pasteles, panecillos, helados o postres. El aceite de macadamia es considerado mejor que el aceite de oliva ya que posee un punto de ignición inferior para flamear y puede ser utilizado como aceite de cocina o de ensaladas (Aulestia, 2010).

Los residuos obtenidos de la nuez después de la extracción del aceite son utilizados como alimento para el ganado; la cáscara verde previa a su descomposición se utiliza como fertilizante para la plantación o incluso para elaborar combustible, y la concha se somete a un proceso de carbonización, en donde se muele y se mezcla con aglomerantes naturales para obtener carbón vegetal al que se le da un uso doméstico como combustible en las brasas o parrillas (MAKANUT, 2010).

2.2.4 Carbón de macadamia

La cascara de macadamia , puede ser usada para realizar carbón vegetal, ya que su alto contenido de aceite, la hace un combustible de alto rendimiento por su poder calorífico y el prolongado tiempo de combustión, si bien es cierto no se ha explotado mucho esta idea en nuestro país, pero el gran contenido de cultivos de macadamia, en el noreste del país , en las provincias de esmeraldas y santo domingo , hace que esta opción sea una buena idea para evitar pérdidas por desperdicios, ya que la nuez dentro de la cascara es el preciado fruto que los agricultores que se dedican a este oficio venden a muchos compradores, dejando la nuez a un lado sin darle ningún uso (Reyes & Moreno, 2009) .

La combustión de las cascara de macadamia, sirve para la estufa, ya que esta no bota un mal olor ni tanta cantidad de humo, siendo así una forma de combustible amigable con el ambiente (Guardado, 2010).

En algunos países se ha realizado investigaciones de diferentes formas de hacer carbón con la cascara de macadamia, un ejemplo es el proyecto de la "preparación de carbón activado de cáscara de nuez de macadamia por activación química", en esta investigación se realizó la activación del carbón por un método químico de hidróxido de potasio y cloruro de zinc teniendo buenos resultados de muestras de carbón activado (Montoya & Osorio, 2010).

La explotación de la cascara de macadamia no se ha desarrollado a su esplendor en el Ecuador pero un pequeño grupo de personas del Cantón la concordia se dedica a realizar carbón y en ocasiones han usado la cascara de macadamia en combinación con madera, y dicho por ellos obtuvieron un carbón con un porcentaje mayor de energía calorífica (Tapernoux, 2004).

2.3 ¿Qué es el carbón vegetal?

Carbón vegetal es el residuo sólido que queda cuando de "carbonizar" la madera, o se la "hidroliza", en condiciones controladas, en un espacio cerrado, como es el horno de carbón. El control se hace sobre la entrada del aire, durante el proceso de pirolisis o de carbonización, para que la madera no se quemara simplemente en cenizas, como sucede en un fuego convencional, sino que se descomponga químicamente para formar el carbón vegetal (FAO, 1983).

2.4 Producción y consumo de carbón vegetal

La producción de carbón vegetal representa alrededor del 8% de la extracción mundial global de madera (FAO, 2005). Existen una gran diversidad de situaciones con respecto a la oferta y demanda de carbón vegetal en el mundo. Así por ejemplo, Brasil es el principal consumidor para la industria del acero (Muylaert, 1999) -y el principal productor mundial, mientras que los países del África Sub-Sahariana concentran el consumo global residencial urbano (Girard, 2002). Los sistemas de oferta de madera y su transformación en carbón son igualmente variables: la madera puede provenir de plantaciones forestales certificadas, de desechos de la industria forestal, de subproductos de la expansión agrícola, de remanentes de huracanes, o directamente del

aprovechamiento de bosques nativos sin manejo o regulación alguna (Arnold, 2003).

Los hornos pueden ser tradicionales, mejorados o tecnificados con rendimientos de entre el 5% con alta emisión de GEIs a la atmósfera al 40% con baja emisión de GEIs y generando calor y electricidad como subproductos de la carbonización- (Pennise, 2001).

2.4.1 ¿Cómo la madera se transforma en carbón vegetal?

La fase de la carbonización puede ser decisiva en la fabricación de carbón vegetal, si bien no se trata de la más costosa. A menos que se complete lo más eficientemente posible, puede crear un riesgo para la operación global de la producción de carbón, puesto que los bajos rendimientos en la carbonización repercuten a lo largo de toda la cadena de producción, en la forma de mayores costos y desperdicios de los recursos (FAO, 1983).

Antes de que la carbonización ocurra, el agua en la madera tiene que ser totalmente eliminada como vapor. Se necesita una gran cantidad de energía para evaporar el agua, por lo que, si se usa lo más posible al sol para el presecado de la madera antes de la carbonización, se mejora mucho la eficiencia. El agua que queda en la madera que tiene que ser carbonizada, deberá ser evaporada o en la fosa o en el horno, y esta energía deberá proporcionarse quemando parte de la misma madera, que podría ser en vez transformada en carbón vegetal aprovechable (FAO, 1983).

El primer paso, en la carbonización en el horno, es secar la madera a 100° C, o menos, hasta un contenido cero de humedad se aumentan luego la temperatura de la madera secada al horno a alrededor de 280°C. Cuando la madera está seca y calentada a alrededor de 280°C, comienza

espontáneamente a fraccionarse, produciendo carbón más vapor de agua, mañanas, ácido acético y compuestos químicos más complejos, fundamentalmente en la forma de alquitranes y gases no condensables, que consisten principalmente en hidrógeno, monóxido y bióxido de carbono (FAO, 1983).

Se deja entrar aire en el horno o fosa de carbonización para que parte de la madera se quemé, y el nitrógeno de este aire estará también presente en el gas. Este proceso de fraccionamiento espontáneo o carbonización, continúa hasta que queda sólo el residuo carbonizado llamado carbón vegetal (FAO, 1983).

2.4.2 ¿Cómo la producción de carbón aumenta la degradación forestal?

El impacto sobre la vegetación de la extracción de madera para energía bajo patrones de aprovechamiento tradicional ha sido un tema controversial desde finales de los 70's, cuando en el marco de la crisis energética mundial se publicaron algunos reportes que predecían el fin de los bosques como fuentes de leña y madera para carbón hacia el año 2000 (Eckholm & Foley & Barnard, and L. Timberlake, 1984).

Contrario a la leña para uso residencial, la producción de carbón vegetal en países en desarrollo ha sido señalada con mayor frecuencia como una causa directa de degradación forestal (Ahrends & Burgess & Milledge, & Bulling, & Fisher & Smart, & Clarke & Mhoro, and Lewis, 2010). Esto se debe básicamente a que la cosecha de madera para carbón vegetal a) se concentra en bosques (a diferencia de la leña que proviene frecuentemente de tierras no boscosas como pastizales y árboles fuera del bosque); b) se extrae en grandes cantidades y de manera simultánea; casi siempre con técnicas de tala rasa; y

c) mientras que el consumo de leña a nivel global se ha estabilizado en las últimas dos décadas, el de carbón vegetal sigue en aumento porque se consume en centros urbanos y periurbanos de cuya población de menores ingresos está en crecimiento, más aún en los países en vías de desarrollo (Arnold, 2003)

A diferencia de la extracción de leña, la extracción de madera para producir carbón alrededor de centros urbanos representa una de las causas de degradación y deforestación de los bosques nativos (Hofstad, 1997), con la consecuente pérdida de los servicios ecosistémicos asociados: infiltración de agua, retención de suelos, captura de carbono, pérdida de biodiversidad, entre otros. El aprovechamiento de madera en forma no-renovable, el proceso de producción de carbón y su quema en dispositivos de uso final son fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs): CO₂, CH₄, CO e hidrocarburos no derivados del metano. (Pennise, 2001)

2.5 Métodos para la elaboración de carbón vegetal

2.5.1 Método de fosa

Hay dos modos diversos de usar la barrera de tierra en la fabricación de carbón vegetal:

Una es la de escavar una fosa, rellenarla de madera y taparla con tierra escavada para aislar la cámara (FAO, 1983).

La otra es de tapar un montículo o pila (parva) de madera sobre el suelo, con tierra. La tierra viene a formar la barrera aislante impermeable a los gases necesarios, detrás de la cual puede tener lugar la carbonización sin infiltraciones de aire, que haría quemar el carbón hasta reducirlo en cenizas (FAO, 1983).

Para este método se necesita una capa de suelo profundo. Depósitos adecuados de suelo liviano pueden normalmente encontrarse a lo largo de los bancos de un arroyo. Pueden hacerse fosas muy grandes y un ciclo puede

abarcar hasta tres meses para completarse. La inversión de capital es mínima; no se necesita nada más que una pala, un hacha y una caja de fósforos, pero es un método que desperdicia mucho los recursos ya que es muy difícil controlar la circulación de los gases en la fosa. Mucha madera se quema quedando en cenizas, porque le llega demasiado aire y otra parte queda sólo parcialmente carbonizada (FAO, 1983).

2.5.2 Método de parvas

La alternativa a excavar una fosa es la de apilar la madera sobre el suelo y cubrir la parva con tierra. Este también es un método muy antiguo y se usa ampliamente en muchos países, encontrándose con muchas variaciones al método fundamental. La parva es también más práctica en zonas agrícolas, donde las fuentes de leña pueden hallarse dispersas, y es deseable hacer el carbón vegetal cerca de los pueblos u otros emplazamientos permanentes (FAO, 1983).

El sitio de una parva puede ser usado repetidamente. La leña que será carbonizada en una parva puede también ser juntada sin apuro durante un lapso de meses, apilada en posición, haciendo que se seque bien antes de tapar y quemar. Ello va de acuerdo con la manera de vivir de un pequeño agricultor, quien puede juntar pedazos de madera, ramas y trazas y apilarlos con cuidado para formar el montón. Al cabo de algunos meses, según la estación, según los precios del carbón vegetal, etc., recubre el montón con tierra y quema el carbón. Genera de esta manera un pequeño ingreso en efectivo, sin tener necesidad de un gasto inicial en moneda (FAO, 1983).

2.5.3 Método de hornos de ladrillos

Los hornos de ladrillos, contruidos y operados correctamente, representan sin duda uno de los métodos más efectivos para la producción de carbón vegetal. En el curso de varias décadas de uso, estos hornos han demostrado ser una inversión de capital moderada, requerir poca mano de obra y poder dar rendimientos sorprendentemente buenos de carbón vegetal de calidad apta para todos sus usos industriales y domésticos (FAO, 1983).

Para tener éxito, el horno de ladrillo debe satisfacer una cantidad de requisitos importantes. Tiene que ser sencillo en su construcción, que las tensiones térmicas al calentarse y enfriarse, relativamente no lo afecten, y que sea suficientemente robusto para aguantar las tensiones mecánicas de la carga y descarga. Por un período de seis a diez años no se perjudican a causa de las lluvias o del clima (FAO, 1983).

2.5.4 Método de hornos metálicos cilíndrico

En los años 30 se difundió en Europa, para la fabricación de carbón vegetal, el empleo de hornos metálicos cilíndricos transportables. Durante la Segunda Guerra Mundial su técnica fue desarrollada aún más por el Reino Unido (U.K) en su laboratorio de investigación de productos forestales (UK Forest Products Research Laboratory). Diversas versiones del diseño original fueron usadas de una extremidad a otra en el Reino Unido. Esta tecnología fue transferida a los países en vía de desarrollo a fines de los años 60(FAO, 1983).

Según la FAO, (1983) las principales características del horno metálico tipo cilíndrico son:

Se usa una chapa de acero de 3mm de espesor para fabricar la sección del fondo del horno; para la sección superior y para la tapa se usa chapa de acero de 2mm de espesor.

Las dos secciones principales del horno son cilíndricas.

Se usan repisas con perfiles de hierro ángulo de 50 mm, para soportar la sección superior y la tapa. Estos soportes están soldados en la parte interna del borde más alto de las dos principales secciones cilíndricas.

Los ocho tubos de entrada/salida, ubicados debajo de la sección inferior del horno, se abren en la base. Alrededor del hueco en la cara superior de cada canal, se ha previsto un collar para sostener la chimenea durante el funcionamiento del horno.

En la tapa del horno hay cuatro bocas a igual distancia, para la liberación del vapor.

2.5.5 Hornos tipos retorta

El diseño de los hornos tipo retorta permite una combustión indirecta que calienta la madera y logra el proceso de pirolisis, cuidando diversas propiedades importantes del carbón que cuando se enciende directamente se pierden (Guardado, 2010).

Grafico 1 Diagrama del horno retorta



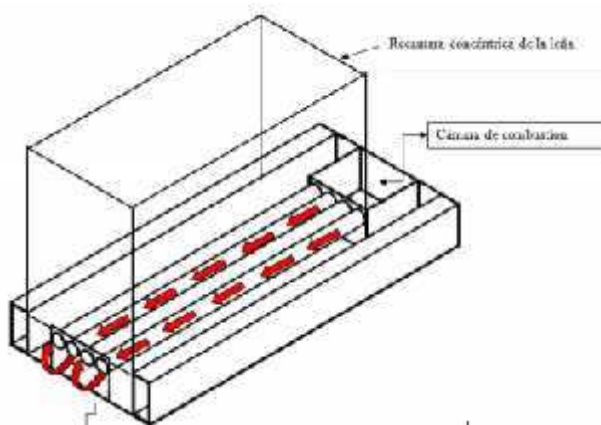
Fuente: (Guardado, 2010)

Como se puede notar en el grafico el diseño del horno de retorta permite usar algunos subproductos del carbón, los cuales pueden ser utilizados para dar calor al mismo horno, aprovechando así diversos gases que serían contaminantes en la atmosfera, además este diseño permite tener carbón vegetal de mejor calidad (Guardado, 2010).

2.5.5.1 Funcionamiento de horno de retorta

Como se puede notar en el grafico existen una recamara principal en donde se realizara el carbón, la cual tiene un aislamiento térmico para concentrar más el calor del horno, para la producción del calor cuenta con una cámara de combustión en donde se quemaran parte de los gases que el mismo proceso genera, este calor pasa a la recámara principal por medio de tubos, dándose así el proceso de pirolisis (Guardado, 2010).

Grafico 2 Diagrama del funcionamiento del horno retorta



Fuente: (Guardado, 2010)

Según Guardado (2010) los gases que resultan del proceso son dirigidos hasta un condensador para luego quedar en tres fracciones:

- 1.- una parte gaseosa, la cual va a ser utilizada para el quemador de gases, ya que contiene combustibles en su mayoría monóxido de carbono.
- 2.- otra parte líquida en su mayoría agua pero con diversas sustancias tales como: alcoholes, cetonas, fenoles, aldehídos.
- 3.- una tercera parte pastosa, conocida como alquitrán, este contiene muchos hidrocarburos.

2.5.6 Horno metálico de 4 secciones

Este horno metálico nos permite tener un buen control del proceso de carbonización y contaminantes resultantes, la alimentación de este horno es con madera reciclada, consta de 4 secciones en forma de cilindro, con una base de ladrillo y planchas de metal de revestimiento, la hornilla del horno se encuentra en la parte inferior, esta indirectamente calienta cada una de las secciones permitiendo el proceso de carbonización, las temperaturas generadas fluctúan alrededor de los 400 – 500 grados proporcionando un buen producto final.

Grafico 3 Horno Metálico de 4 Secciones



2.5.7 Marco legal

A continuación se presenta las leyes que regulan a proyectos que pueden tener una afectación al ambiente, un proyecto como una carbonera necesita cumplir de ciertos requisitos antes de obtener un permiso de funcionamiento, no son muchos los que tienen tales permisos, pero como algo principal en una carbonera es no tener una población a la cual afectar con las emanaciones de CO₂, por lo tanto esta debe estar en un lugar estratégico lejos de la ciudad, además de estar alejadas de las cuencas de los ríos para evitar la contaminación de aguas.

Mucho de esto depende del proceso que se utilice ya que los procedimientos tradicionales no tienen un cuidado al ambiente, generando una mayor contaminación, la metodología que propone este trabajo es amigable con el ambiente, además de que trata de innovar en el uso de materia prima, haciendo cumplimiento de leyes que fomentan el uso de los recursos naturales pero manteniendo su conservación y entorno.

Además de la legislación ambiental, hay normas de calidad del carbón vegetal, ya que es mucha la demanda de este producto en Europa y demás continentes, existen estándares de calidad para la exportación de carbón, de esta manera hacemos una comparativa de todos los tratamientos propuestos para ver si se cumple o no con tales estándares, para así determinar si se está haciendo o no un buen producto.

TÍTULO III

DEL SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL CAPÍTULO I RÉGIMEN INSTITUCIONAL

Art. 6 Obligaciones Generales.- Toda obra, actividad o proyecto nuevo y toda ampliación o modificación de los mismos que pueda causar impacto ambiental, deberá someterse al Sistema Único de Manejo Ambiental, de acuerdo con lo que establece la legislación aplicable, este Libro y la normativa administrativa y técnica expedida para el efecto. Toda acción relacionada a la gestión ambiental deberá planificarse y ejecutarse sobre la base de los principios de sustentabilidad, equidad, participación social, representatividad validada, coordinación, precaución, prevención, mitigación y remediación de impactos negativos, corresponsabilidad, solidaridad, cooperación, minimización de desechos, reutilización, reciclaje y aprovechamiento de residuos, conservación de recursos en general, uso de tecnologías limpias, tecnologías alternativas ambientalmente responsables, buenas prácticas ambientales y respeto a las culturas y prácticas tradicionales y posesiones ancestrales. Igualmente deberán considerarse los impactos ambientales de cualquier producto, industrializados o no, durante su ciclo de vida.

CAPÍTULO IX

PRODUCCIÓN LIMPIA, CONSUMO SUSTENTABLE Y BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

Art. 232 Consumo Sustentable.- Es el uso de productos y servicios que responden a necesidades básicas y que conllevan a una mejor calidad de vida, además minimizan el uso de recursos naturales, materiales tóxicos, emisiones de desechos y contaminantes durante todo su ciclo de vida y que no comprometen las necesidades de las futuras generaciones.

Art. 233 Producción limpia.- Significa la aplicación continua de estrategias y prácticas ambientales preventivas, reparadoras e integradas en los procesos, productos y servicios, con el fin de reducir los riesgos para las personas, precautelar los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Art. 234 Buenas Prácticas Ambientales.- Es un compendio de actividades, acciones y procesos que facilitan, complementan, o mejoran las condiciones

bajo las cuales se desarrolla cualquier obra, actividad o proyecto, reducen la probabilidad de contaminación, y aportan en el manejo, mitigación, reducción o prevención de los impactos ambientales negativos. Aquellas políticas de responsabilidad social empresarial que tienen un enfoque ambiental (fomento de viveros, actividades de reforestación y restauración ambiental participativa, apoyo a actividades de aprovechamiento de residuos sólidos y orgánicos, entre otras), pueden ser consideradas un ejemplo de buenas prácticas ambientales.

Art. 235 Uso eficiente de recursos.- Entiéndase como uso eficiente el consumo responsable de materiales, energía, agua y otros recursos naturales, dentro de los parámetros establecidos en esta norma y en aquellas aplicables a esta materia.

Art. 238 Obligaciones generales para la producción más limpia.- Todas las instituciones del Estado y las personas naturales, jurídicas, comunidades, pueblos y nacionalidades se obligan, según corresponda a:

- a) Incorporar en sus estructuras administrativas, técnicas y de gestión programas, proyectos y actividades; basándose en la normativa y principios generales relacionados con la prevención de la contaminación, establecidos en este Libro y demás normativa aplicable; y enmarcados en el respeto de los derechos de la naturaleza y los derechos ambientales de las personas;
- b) Propender a la optimización y eficiencia energética;
- c) Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes, considerando el ciclo de vida del producto;
- d) Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones y descargas;
- e) Minimizar y aprovechar los desechos, considerando el principio de la cuna a la cuna, que implica que el residuo de un producto, proceso o servicio es materia prima de otros productos, procesos o servicios La Autoridad Ambiental Nacional establecerá a través de la normativa administrativa y técnica correspondiente los parámetros, metodologías, criterios y demás elementos para la aplicación de esta disposición

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

CAPITULO I DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire: a) Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y, b) Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

Art. 3.- Se sujetarán al estudio y control de los organismos determinados en esta Ley y sus reglamentos, las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica.

Las actividades tendientes al control de la contaminación provocada por fenómenos naturales, son atribuciones directas de todas aquellas instituciones que tienen competencia en este campo.

Art. 4.- Será responsabilidad de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, en coordinación con otras Instituciones,

estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Art. 5.- Las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar a los Ministerios de Salud y del Ambiente, según corresponda, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

CAPITULO II

DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

CAPITULO III

DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las substancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 12.- Los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de substancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

Art. 13.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, en coordinación con las municipalidades, planificarán, regularán, normarán, limitarán y supervisarán los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural. En igual forma estos Ministerios, en el área de su competencia, en coordinación con la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, limitarán, regularán, planificarán y supervisarán todo lo concerniente a la disposición final de desechos radioactivos de cualquier origen que fueren.

Art. 14.- Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia.

Art. 15.- El Ministerio del Ambiente regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.

Art. 16.- Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades competentes, toda actividad que contamine el medio ambiente.

Art. 17.- Son supletorias de esta Ley, el Código de la Salud, la Ley de Gestión Ambiental, la Ley de Aguas, el Código de Policía Marítima y las demás leyes que rigen en materia de aire, agua, suelo, flora y fauna.

2.5.7.1 Requisitos de calidad para el carbón vegetal

Requisitos y Barreras de Importación

Normas DIN EN 1860-2:2005

Existe una norma DIN EN que se establece en cooperación del Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung) con los institutos certificadoras europeos; el carbón vegetal corresponde a la norma DIN EN 1860-2:2005. Actualmente, casi todos los productos de carbón vegetal para barbacoas y briquetas de carbón vegetal que se venden en Alemania, son certificadas y su empaque están marcado con el símbolo de « DIN-Geprüft ».

Esta norma no es un criterio obligatorio para la venta, sin embargo, como casi todos los productos en venta comprueben con la norma una buena calidad, es altamente recomendable ofrecer un producto certificado. Objetivos de la norma y beneficios para el cliente El objetivo principal de la norma DIN EN 1860-2:2005 es de fijar la denominación y las especificaciones para garantizar al cliente un producto de excelente calidad libre de sustancias adicionales dañinas. Cumpliendo este criterio, el carbón no contiene rebabas de metal, pedazos de vidrio, escoria, herrumbre u otros añadimientos, ni brea o betún.

Respecto a la madera que fue tratada con conservante de madera u otras pinturas, esta no puede ser utilizada para la producción de carbón vegetal con el fin de obtener el clasificado del DIN EN 1860-2:2005, ya que dichos residuos

dejan huellas en el sabor de la carne y pueden afectar la salud. Además de hacer énfasis a los composición general, la norma establece valores óptimos para la cantidad de carbono, agua y ceniza en el contenido de carbón; esto con el fin de garantizar una combustión más eficiente. Una mezcla de carbón de madera y de briquetas es conforme a la presente norma, siempre y cuando cada uno de los constituyentes de la mezcla corresponde a las respectivas especificaciones.

La certificación se realiza a través de la empresa DIN CERTCO, una compañía subsidiaria del instituto DIN, la base para otorgar la certificación es la norma DINEN 1860-2:2005. Una vez obtenido el certificado, el producto se tiene que someter una vez al año a una prueba con la misma empresa DIN CERTCO que compruebe una constante calidad del producto.

Los productos que DIN CERTCO certifica provienen de diferentes países, por ejemplo de Australia, Brasil, Francia, Indonesia, Nigeria, Polonia, África del Sur y Hungría. DIN CERTCO se encarga con sus exámenes a base de la norma DIN de que todos los productos, independientemente de su origen, cumplen las mismas expectativas de seguridad y criterios de salud. Símbolo de certificación „DIN-Geprüft”

Tabla 2 Valor Requerido por Normas

Valor requerido por Normas			
Propiedades físico-químicas	DN 51749	EN 1860-2	Mercado Japonés
Contenido Humedad	8.0	8.0	7.5
Material Volátil	16	9	12
Contenido de Cenizas	6	8	4
Carbón Fino	78	75	76
Poder Calorífico	27754	29115	30539

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

La investigación de campo se realizó entre Septiembre y Diciembre del 2016 , en las inmediaciones del Cantón la Concordia de la Provincia de Santo domingo de Tsáchilas ubicado a 0°00'38.43" Norte y 79°22'34.10" Oeste (Google Earth ,2016).

Grafico 4 Ubicación de donde se realizó el proyecto.



Fuente: (Google Earth ,2016)

3.2 Características climáticas y edafológicas

La zona de estudio, presenta las siguientes características reportados en base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMHI, 2014)

Temperatura : 25,9 °c*

Precipitación : 4259,7 mm*

Humedad relativa : 87 y 91%

Evaporación : 1443 mm

Heliofania : 1050 horas anuales de sol

SUELO

Topografía : Localmente se hallan pequeñas superficies con suaves pendientes, así como también pequeños valles aluviales

Textura : Franco a franco arenosas aparentemente limosas

Origen : Bosque húmedo tropical

3.3 Tratamientos

Tabla 3. Tratamientos del estudio: “Evaluación de la calidad del carbón vegetal elaborado del subproducto de cascara de macadamia (*M. tetraphylla*) producido en horno de 4 secciones en el Cantón la Concordia – Sto. Domingo, 2016”

Tabla 3 Evaluación de la calidad del carbón según su materia prima

T	Materia prima	Mezclas
1	Carbón de macadamia	100%
2	Leña de laurel	100%
3	Leña de samán	100%
4	Leña de guayaca	100%
5	Leña de teca	100%

* (INAMHI, 2014, http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)

* (INAMHI, 2014, http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)

3.4 Procedimientos

Características unidades experimentales

Número de unidades experimentales: 20

Número de tratamientos: 5

Número de repeticiones: 4

Diseño experimental: Bloques Completos al Azar en cuatro repeticiones.

Tabla 4 Análisis de varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL (rt-1)	19
REPETICIONES (r-1)	3
TRATAMIENTOS (t-1)	4
ERROR [(rt+1) – (r-1) (t-1)]	12

Información del análisis estadístico.

$$CV (\%) \sqrt{\frac{e}{x}} \times 100$$

Prueba de TUKEY AL 5 % de probabilidad.

3.5 Datos necesarios y metodología de evaluación

Primero se recolectaron cada una de las materias prima para realizar el carbón utilizando teca, guayacán, samán, laurel y la cascara de macadamia, luego de la recolección traslado al terreno asignado para la realización de carbón.

En el caso de la cascara de macadamia se realizó el carbón mediante una maquina briqueteadora, luego de que las cascara haya sido debidamente carbonizada en el horno se procedió a mezclar con agua más aglomerante, de esta manera se formó una mezcla más compacta para ser llevada a la briqueteadora de donde saldrá el carbón y luego se lo deja secar, se lo empaca y el carbón estará listo para utilizarlo.

En el caso de las otras materias prima simplemente se las cortara en pedazos pequeños y se la introducirá en el horno hasta que estén completamente carbonizadas.

3.5.1 Modo de operación para la fabricación de carbón

A continuación se indica una lista de los puntos básicos para operar el horno metálico de cuatro secciones:

1. Secar la leña del quemador y las cascara de macadamia que serán convertidas en carbón.
2. Cargar el horno con porciones de la cascara de macadamia para carbonizar, dejando espacio entre los trozos para que circulen los gases producto de la pirolisis.
3. Cerrar las puertas del horno y verificar que cierren bien, seguido de esto se pone tierra mojada en los filos de las puertas para evitar la salida de gases, no se debe de abrir nunca estas puertas mientras el horno esté en operación.
4. Quemar la leña en la hornilla para comenzar a calentar el horno, y llegue a la temperatura óptima.
- 5.- Se puede verificar que se llega a la temperatura requerida cuando comienza a salir humo por las válvulas de alivio.
6. Se debe seguir poniendo leña continuamente sin dejar que se consuma en su totalidad para no perder temperatura.

7. El proceso generalmente dura 4 horas, después de esto se debe dejar que se consuma toda la leña de las hornillas y verificar que estén bien apagadas para dejar enfriar el horno

8. Para el enfriamiento del horno debe pasar un día entero

9. Una vez frío el horno, se puede abrir las puertas y sacar las cascaras de macadamia carbonizadas, luego de esto pasaran a la trituradora donde dejara las cascaras hecho polvillo.

10. Se deberá contar con almidón de yuca y agua para poder hacer una mezcla junto con el polvillo de macadamia, esta mezcla debe ser homogénea y debe tener un punto óptimo; de contextura pastosa que no quede muy suave ya que si no las briquetas pueden tener un mayor nivel de resquebrajamiento.

11. La mezcla se pondrá en la maquina briqueteadora que facilitara el trabajo.

12. Las briquetas son puestas en hornillas donde son expuestas a fuego lento durante toda la noche, esto le dará al carbón la dureza necesaria para poder ser utilizado

12. El carbón será empacado en sacas inmediatamente después de ser sacado de las hornillas.

3.5.2 Estudio de inversión

Para el estudio de inversión se toma en cuenta los principales factores para la producción de carbón, como es la inversión inicial; la cual es significativa cuando se realiza la carbonización en horno metálico, además de que en la producción de briquetas se suma el costo de otras maquinarias.

Se hará una comparativa de la producción de 100 sacos de carbón de los distintos tratamientos, aquí se toman en cuenta los valores de materia prima, mano de obra, comercialización, y gastos varios como el gasto de luz para la maquinaria de producción de briquetas.

Cabe destacar que la producción en horno metálico garantiza un mejor producto, y el único realizado mediante este método es el carbón de macadamia por lo tanto tendrá una mayor inversión inicial.

Para comparativa de los demás tratamientos se tomara en cuenta los precios de los métodos tradicionales para palpar la realidad de mercado actual y tener bien definido cuales son las diferencias reales entre las dos formas de producción.

3.5.3 Como se fomentó el uso de la cascara de macadamia

Esto se lo hizo mediante la repartición de trípticos en el Cantón la Concordia, se hicieron 300 trípticos para ser repartidos entre la clientela del asadero "Rey Pollo" donde se realizó la prueba con el carbón de macadamia; con el objeto de que las personas valoren la calidad del pollo hecho con las briquetas de macadamia y ellos mismos tomen su opinión, esto se realizó en los días 13, 14 y 15 del mes de enero del 2017

3.5.4 Prueba piloto en horno de asar pollos

Esta prueba se la realizo en el Cantón la concordia entre el 13, 14 y 15 de enero en los mismos días de la repartición de los trípticos, así los clientes pudieron observar el comportamiento del carbón. Para esto se tomó el tiempo en que se ingresó los pollos y se entrevistó al propietario para que dé su opinión sobre el carbón y haga un análisis en base a su experiencia en el uso de carbón vegetal.

3.5.5 Parámetros evaluados y procedimientos a seguir

Humedad superficial: es la humedad más superficial que tiene el carbón se pierde con facilidad cuando se le seca al aire del medio ambiente del laboratorio (Guardado, 2010)

Humedad residual: es el contenido de humedad que tiene una muestra de carbón, se puede calcular con una muestra representativa de carbón tomando en cuenta su peso y sus medidas, para luego triturarla en un mortero, seguido de esto se calienta esta muestra por tres horas a una temperatura promedio de 105° c, se saca la muestra y se toma nuevamente el peso, luego se determina el porcentaje de humedad con la fórmula de peso inicial – peso final dividido para el peso inicial y multiplicado por 100 . (Guardado, 2010).

Contenido de cenizas: las cenizas se expresan como el residuo que queda del carbón después de que pase por el proceso de combustión, se calcula tomando una muestra representativa de carbón de 5 gramos, tomamos el peso exacto inicial, lo calentamos en la mufla con una temperatura de 700°c - 800 °c luego se pesa hasta que entre muestra no varié más del 0.25% luego se aplica la siguiente formula (Guardado, 2010).

$$C_i = \frac{p_i - p_f}{p_i} \times 100$$

Volátiles y carbón fino: al momento de calentar la muestra de carbón en carencia de oxígeno, varios gases son expulsados, los cuales son llamados volátiles los cuales son vapores alquitranados y gases que no se pueden condensar (Guardado, 2010).

Se tomó una muestra representativa de carbón de 3 gramos, se procedió a triturarla en un crisol de porcelana y se lo tapo.

Luego de ubicar las tapas se procedió a meterlo en la mufla, a una temperatura de 900 °c, se lo dejó durante un tiempo de dos horas hasta que el crisol este al rojo vivo, esto significa que todas las materias volátiles fueron expulsadas, después se ubicó el crisol en un desecador con un poco de gel silica como desecante y seguido de esto se pesa la muestra (Guardado, 2010).

La diferencia del peso inicial y el peso final se la toma como el contenido de volátiles (Guardado, 2010) .

Para calcular el porcentaje de volátiles se calcula:

$$p\% \text{ d v} = \frac{p_i - p_f}{p_i} \times 100$$

Para calcular el porcentaje de carbón fino se lo realiza de la siguiente forma:

$$p\% \text{ d c}_f = 100 - (\% \text{ d v} + \% \text{ d c}_i)$$

Tiempo de ignición: Esto se entiende como el tiempo que demora en hacer efecto una reacción que emite calor a una muestra representativa.

El procedimiento para calcular este tiempo de ignición se realiza haciendo muestras representativas de carbón de unos 3 cm de diámetro en forma de cubo, poniendo juntas las dos muestras se somete a calor con un mechero bunsen a distancia (Guardado, 2010).

Temperatura Emitida: Para calcular la temperatura emitida necesitamos de una muestra representativa de carbón, luego se la coloca en un trípode y se la calienta con el mechero de bunsen hasta que ya este encendido el carbón luego se lo mide mediante un termómetro de infrarrojo a distintas distancias de 15 cm, 30 cm, 50 cm y 1 metro para obtener la temperatura emitida.

Duración: Para determinar el tiempo que dura un carbón encendido, se lo realizo agrupando una parva de carbones con similares pesos y se lo encendió, tomándole el tiempo hasta que se transforme todo en cenizas.

Prueba de asado de pollo de forma artesanal: Esta prueba se la realizo para analizar el comportamiento del carbón de cascara de macadamia al momento de usarlo en la cocción de alimentos.

Esto se lo realizo en el asadero Rey Pollo en el Cantón La Concordia, en el cual se usó el carbón de la cascara de macadamia para asar los pollos. Por lo general para realizar el asado de estos pollos el carbón tradicional se lo revuelve para obtener más poder calorífico, al contrario del carbón macadamia que no se lo debe de revolver ya que se quebraría porque son briquetas y son realizadas mediante compactación de mezcla y al revolverla se pueden deshacer.

3.6 Manejo del ensayo

3.6.1 Toma de muestras de carbón

Se tomara la muestra de carbón completamente al azar y con sus pesos específicos para ser llevados al laboratorio y poder determinar la calidad del carbón de macadamia, lo mismo se realizó para la toma de muestra de carbón realizado de diferente materia vegetal que el de la macadamia para poder ser comparados.

3.6.2 Selección del área

El área donde se realizó el proceso de carbonización será en el Cantón "la concordia" ya que es la zona donde se encuentran los cultivos de macadamia en una buena cantidad, y es donde se puede implementar el horno de prueba para realizar el carbón.

3.6.3 Preparación de las muestras de carbón previo él envió al laboratorio.

Se realizó la carbonización con diferentes tipos de materia prima vegetal, usando cuatro diferentes que sean de buena calidad para producción de carbón, de esta forma obtendremos una comparación de calidad, las muestras

se tomaran completamente al azar, para lo cual dichas muestras deben ser las más homogéneas posibles, luego serán llevadas al laboratorio para sus debidos análisis y al final presentar los resultados de las distintas muestras y obtener la comparación según su origen.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Humedad del carbón

Tabla 5 porcentaje de humedad

Humedad					
Carbón	H1	H2	H3	H4	Promedio
Macadamia	0.55	0.56	0.55	0.40	0.51 a
Laurel	0.29	0.25	0.23	0.19	0.28 bc
Teca	0.38	0.46	0.31	0.29	0.36 b
Guayaca	0.24	0.23	0.29	0.15	0.22 c
Samán	0.19	0.35	0.39	0.29	0.25 bc

Nivel de significación **

Turkey 5% probabilidad 0,0034

Los resultados indican diferencia altamente significativa al porcentaje de humedad existiendo diferencia, el carbón de macadamia es el de mayor contenido de humedad con un promedio de 0.51% y el de menor contenido de humedad es el de guayaca con un 0.22%.

Tabla 6 Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Humedad(%)	20	0,86	0,78	17,70	

Tabla 7 Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	0,25	7	0,04	10,50	0,0003
Tratamientos	0,22	4	0,05	15,98	0,0001
Repetición	0,03	3	0,01	3,20	0,0623
Error	0,04	12	3,4E-03		
Total	0,29	19			

Tabla 8 Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13145

Error: 0,0034 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Mc(01)	0,52	4	0,03 A
Te(03)	0,36	4	0,03 B
Sa(05)	0,31	4	0,03 B C
La(02)	0,24	4	0,03 B C
Gu(04)	0,23	4	0,03 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El carbón fresco, apenas abierto el horno, contiene muy poca humedad, generalmente menos del 1%. La absorción de humedad del aire mismo es rápida, y gana con el tiempo humedad que, aun sin mojarse con la lluvia, puede llegar a un contenido del 5 al 10%, aun para el carbón vegetal bien quemado. Cuando no se ha quemado correctamente el carbón o cuando los ácidos piroleñosos y alquitranes solubles han sido retomados por el carbón vegetal a causa de la lluvia, como puede suceder en la quema en fosas o parvas aumenta la higroscopicidad del carbón y su contenido de humedad natural o en equilibrio puede subir al 15% o más (FAO, 1983)

Según lo descrito por la FAO (1983); todo carbón tiende a ganar humedad así no esté en contacto con el agua, ya que el ambiente también tiene un contenido de humedad, si es así podría decirse que en la zona de la concordia es una zona con mayor humedad a otras zonas del país, Manabí por ejemplo, donde el clima es más seco, esto supondría que el carbón gane más humedad dependiendo la zona.

Otro determinante para que el carbón gane humedad es el método que se utilice ya que los métodos tradicionales como fosas o parvas en donde el proceso dura varios días, para apagar el carbón utilizan agua haciendo que el carbón gane aun todavía más humedad pudiendo llegar al 15 %, además de estos procesos que no garantizan una carbonización al 100% como son los métodos tradicionales, pueden tener como producto un carbón que gane

humedad aún más rápido que los que están hecho en hornos metálicos donde la carbonización es más homogénea.

Los resultados nos mostraron que el carbón de macadamia es el de mayor contenido de humedad, lo cual puede ser explicado por la materia prima que son las cascaras de macadamia las cuales tienen un alto contenido de humedad además de que se utiliza el almidón de yuca como aglomerante.

Ninguno de los carbones sobrepaso el 1 % de humedad, son valores relativamente bajos ya que según ciertas normas como la DIN EN 1860-2:2005 que se establece en cooperación del instituto alemán de normalización (Deutsches Institut für Normung) con los institutos certificadoras europeos; esta norma está fijada para la entrada de carbón vegetal al mercado europeo e indica un porcentaje de 8 % de humedad como tope, ya que si sobrepasa de esto el carbón sería difícil de prender y habría mayor pérdida por rescrebajamiento del carbón. Es evidente que el carbón vegetal con un elevado contenido de humedad (10% o más) tiende a desmenuzarse y produce carbonilla fina cuando se calienta en las fundiciones, lo que no es deseable en la producción de hierro. (FAO, 1983)

4.2 Contenido de Cenizas

Tabla 9 Porcentaje de contenido de cenizas

Contenido de cenizas					
Carbón	C1	C2	C3	C4	Promedio
Macadamia	4.60	4.50	4.80	4.85	4.69 a
Laurel	4.80	4.62	4.50	4.65	4.64 ab
Teca	4.34	4.46	4.61	4.65	4.51 b
Guayaca	4.38	3.95	4.38	4.40	4.27 ab
Samán	4.38	3.94	4.71	4.65	4.42 ab

Nivel de significación **

Turkey al 5 % probabilidad 0,38

Los resultados de contenido de cenizas fueron significativos estadísticamente iguales en todos los carbones, ninguno de ellos bajo de 4% ni subió el 5%, el carbón de macadamia tiene mayor contenido de cenizas con un promedio de 4.69% y el de menor contenido de cenizas es el de guayaca con un 4.27%. Podría decirse que el contenido de cenizas de todas las muestras de carbón es normal.

Tabla 10 Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
Cont.Cenizas(%)	20	0,70		0,53	3,74

Tabla 11 Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor	
Modelo.	0,80	7	0,11	4,03	4,03	0,0169
Tratamientos	0,44	4	0,11	3,90	3,90	0,0296
Repetición	0,36	3	0,12	4,20	4,20	0,0302
Error	0,34	12	0,03			
Total	0,15	19				

Tabla 12 Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38049

Error: 0,0285 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Mc(01)	4,69	4	0,08 A
La(02)	4,64	4	0,08 A B
Te(03)	4,52	4	0,08 A B
Sa(05)	4,42	4	0,08 A B
Gu(04)	4,28	4	0,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El contenido de cenizas por lo general varía del 0.5% al 5% según la FAO en 1983, Además de esto la norma DIN EN 1860-2:2005 establece un contenido de ceniza de 6 % como tope, lo que quiere decir que todas las muestras están dentro del límite establecido por esta norma.

Esta propiedad condiciona las propiedades caloríficas, ya que mucho contenido de cenizas supondría un menor valor calorífico, además de que cuando se usa el carbón para grandes hornos, la ceniza después del proceso será mayor por lo tanto será también subiría la inversión para la limpieza.

Los bajos contenidos de cenizas indican que la carbonización no se efectuó en su totalidad, ósea, que la temperatura final de carbonización no fue lo suficientemente alta. (Robin Beek, Sayra Navas, 1994)

Según la FAO en 1983 indica que un buen pedazo de carbón tiene alrededor de un 3 % de contenido de cenizas, lo que nos dejaría en una conclusión de que el contenido de cenizas no debe ser bajo 3% ni tampoco sobrepasar los 6 % según la norma para el mercado europeo, si tomamos estos estándares todos los carbones están en el punto óptimo de contenido de cenizas incluido el carbón de cascaras de macadamia.

4.3 Contenido de Volátiles

Tabla 13 Porcentaje de volátiles

Volátiles					
Carbón	V1	V2	V3	V4	Promedio
Macadamia	2.30	3.60	3.58	3.47	3.23 b
Laurel	2.44	4.50	4.30	4.45	3.92 a
Teca	1.95	3.70	3.79	3.87	3.33 b
Guayaca	2.80	4.21	4.35	4.19	3.81 a
Samán	1.97	4.09	4.15	4.03	3.56 ab

Nivel de significación **

Turkey 5% probabilidad 0, 10

En los resultados de materia volátil son igualitarios no pasan al 4 % y se mantienen en el 3 %, el carbón de macadamia fue el de menor contenido de volátiles con un 3.23 % de promedio y el carbón de laurel tiene mayor contenido de volátiles con un 3.92%. Con diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, la prueba de turkey 5 % de probabilidad establece tres rangos de significacion, dos superiores que corresponden al carbón de laurel y guayaca, el intermedio que corresponde a samán y los de menor porcentaje de volátiles que se ubican en un mismo rango a b son de teca y macadamia.

Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
Cont.Cenizas(%)	20	0,96		0,94	5,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	12,76	7	1,82	46,97	<0,0001
Tratamientos	1,57	4	0,39	10,13	0,0008
Repetición	11,18	3	3,73	96,08	<0,0001
Error	0,47	12	0,04		
Total	13,22	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,44394

Error: 0,0388 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
La(02)	3,92	4	0,10 A
Gu(04)	3,89	4	0,10 A
Sa(05)	3,56	4	0,10 A B
Te(03)	3,33	4	0,10 B
Mc(01)	3,24	4	0,10 B

La materia volátil en el carbón vegetal comprende todos esos residuos líquidos y alquitranosos que no fueron eliminados completamente durante el proceso de carbonización. Cuando la carbonización es prolongada y a alta temperatura, el contenido de volátiles es entonces bajo. Cuando la temperatura de carbonización es baja y el período en el horno es breve, entonces el contenido de sustancia volátil aumenta. (FAO, Metodos simples para fabricar Carbon Vegetal, 1983)

Según la FAO (1983) el proceso determina el contenido de materias volátiles, con una mayor temperatura de carbonización se eliminan las materias volátiles, esto se traduciría en que el carbón de macadamia fue realizado con el proceso de mayor temperatura, dando razón a la eficiencia del método de carbonización.

Los efectos se reflejan sobre el rendimiento en carbón vegetal obtenido a partir de un determinado peso de madera. A bajas temperaturas (300°C) es posible un rendimiento en carbón de casi el 50%, Con temperaturas de carbonización de 500-600°C los volátiles son escasos y son típicos los rendimientos del 30% en la carbonera. Con temperaturas muy altas (alrededor de 1.000°C) el contenido volátil es casi cero y el rendimiento cae a alrededor del 2%. Como se ha dicho anteriormente, el carbón vegetal puede reabsorber los alquitranes y los ácidos piroleñosos con el lavado de la lluvia en los métodos de quema en fosa o similares. Por ello, el carbón vegetal puede ser bien quemado pero, por

este motivo, tener un elevado contenido de sustancia volátil. Se produce así una variación adicional en el carbón quemado en fosas, en climas húmedos. Los ácidos reabsorbidos hacen que el carbón se vuelva corrosivo, provocando la podredumbre de las bolsas de yute, lo que es un problema durante el transporte; y además, no tiene una combustión limpia. (FAO, 1983)

Según lo que dice la FAO (1983) el contenido de volátiles no debe ser muy alto, y pues en si ninguna de las muestras de carbón analizadas presentaron niveles altos, lo que pondría a destacar que aunque el carbón de macadamia es el de menor contenido de sustancia volátil, los otros carbones no son muy altos en si la diferencia es mínima.

Además según la norma del mercado europeo DIN EN 1860-2:2005 indica un valor de 9 % máximo de materia volátil, lo que daría como resultado que el carbón de macadamia está dentro de los valores establecidos, pero aun así es de resaltar que las muestras de carbón están muy bajo al respectivo de las muestras normales de carbón vegetal que en ciertos casos el contenido de materia volátil varia del 8% al 11%.

Según la FAO (1983) "El carbón vegetal con mucha materia volátil se enciende fácilmente pero al quemar produce humo. El carbón de pocos volátiles tiene dificultades al encenderse y su combustión es muy limpia", tomando en cuenta esta referencia el carbón de macadamia es el que más tardo en encenderse lo que daría razón a esta cita , pero así mismo esto supondría que el carbón de macadamia tiene una combustión mucho más limpia que los demás carbones, cabe resaltar que fue el que menos emanación de humo tuvo pero si se notó un olor diferente en su combustión, no siendo tan nocivo como el humo del carbón de leña

4.4 Carbono Fino

Tabla 14 Porcentaje de carbono fino

Carbono fino					
Carbón	CF1	CF2	CF3	CF4	Promedio
Macadamia	93.1	91.9	91.62	91.68	92.08 a
Laurel	92.76	90.88	91.2	90.9	91.43 b
Teca	93.71	91.84	91.60	91.48	92.15 a
Guayaca	92.82	91.84	91.27	91.41	91.83 ab
Samán	93.65	91.97	91.14	91.32	92.02 ab

Nivel de Significación **

Turkey 5% probabilidad 0,070

El contenido de carbono fino en cada una de las muestras de carbón fue alto y dio como el de mayor contenido de carbono fino al de Teca con 92.15% y el de menor porcentaje el de laurel con 91.43%. Con diferencia estadísticas altamente significativo y con tres rangos de diferenciación.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Carb.fino(%)	20	0,94	0,90	0,29	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	13,00	7	1,86	26,33	<0,0001
Tratamientos	1,33	4	0,33	4,70	0,0163
Repetición	11,68	3	3,89	55,17	<0,0001
Error	0,85	12	0,07		
Total	13,85	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,59868

Error: 0,0706 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Te(03)	92,16	4	0,13 A
Mc(01)	92,08	4	0,13 A
Sa(05)	92,02	4	0,13 A B
Gu(04)	91,84	4	0,13 A B
La(02)	91,44	4	0,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El contenido de carbono fijo en el carbón vegetal varía desde un mínimo del 50% hasta uno elevado del 95%, en cuyo cano el carbón vegetal consiste principalmente en carbono. El contenido de carbono se estima normalmente como una "diferencia", o sea, todos los otros componentes se deducen de cien como porcentajes y se supone que lo que queda es el porcentaje de carbono "puro" o "fijo". El contenido de carbono fijo es el componente más importante en metalurgia, puesto que el carbono fijo es el responsable de la reducción de los óxidos de hierro en el hierro fundido durante su producción. Pero el usuario industrial, para obtener una operación óptima de fundición, debe encontrar un balance entre el carácter quebradizo de un carbón vegetal con elevado contenido de carbono fijo y la mayor fuerza de un carbón vegetal con un contenido inferior en carbono fijo, y superior en materia volátil. (FAO, 1983)

Entonces según la FAO (1983) un alto contenido de carbono fino es bien visto en la metalúrgica, y pues todos los carbones fueron de porcentaje alto, además que en la norma del mercado europeo DIN EN 1860-2:2005 establece un mínimo de 75% de carbono fino, poniendo en definitiva que todos los tratamientos están dentro de los estándares de carbón fino, pero si hay que tomar en cuenta que son valores altos comparados con valores de distintos carbones que normalmente se utilizan, manteniéndose en los valores entre el 70% a 80% de contenido de carbono fino.

4.5 Tiempo de Ignición

Tabla 15 Porcentaje de tiempo de ignición

Tiempo de Ignición					
Carbón	TI1	TI2	TI3	TI4	Promedio
Macadamia	7.25	8.50	6.58	6	7.08 b
Laurel	6.45	8	6.56	5.07	6.52 b
Teca	8.76	9.23	8.41	9.21	8.90 a
Guayacán	7.10	7.04	6.16	6.05	6.58 b
Samán	5.36	5.78	5.58	4.65	5.34 c

El tiempo de ignición de cada muestra varía desde los 5 min hasta los 9 min, hay que tomar en cuenta que para esta prueba se encendió totalmente el carbón no solo una parte es por eso que los tiempos son altos, el de mayor tiempo es el de teca con 8.30 min y el más rápido en encenderse fue el de samán con 5.34 min, el de macadamia está entre los 7.08 min el segundo que más tarde en encender

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
T. Ignición (%)	20	0,91	0,86	7,34	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	31,733	7	4,53	17,60	<0,0001
Tratamientos	26,46	4	6,61	25,68	<0,0001
Repetición	5,27	3	1,76	6,82	0,0062
Error	3,09	12	0,26		
Total	34,82	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,14389

Error: 0,2576 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Te(03)	8,90	4	0,25 A
Mc(01)	7,08	4	0,25 B
La(02)	6,68	4	0,25 B
Gu(04)	6,59	4	0,25 B
Sa(05)	5,34	4	0,25 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Hay que tomar en cuenta también que el tiempo de ignición de una sola muestra varia, a comparación del tiempo de ignición de varias muestras juntas, pero igual es un indicador que nos muestra cual es el de mayor tiempo de espera para su ignición, de cierta forma el contenido de humedad del carbón de macadamia condiciona el tiempo de ignición es por eso que cuesta un poco más en prender, pero como punto a favor el carbón de macadamia conserva de mejor manera su calor.

4.6 Temperatura Emitida

Tabla 16 Porcentaje de temperatura emitida con una distancia de 15 cm

Temperatura Emitida (15 cm)					
Carbón	T1	T2	T3	T4	Promedio
Macadamia	456	499	492	440	472 a
Laurel	451	425	493	422	447 a
Teca	357	307	485	463	403 a
Guayacán	459	473	418	476	456 a
Samán	441	453	496	436	457 a

Nivel de significación *

Turkey 5% probabilidad 20,84

La temperatura emitida en el rango de los 15 cm fueron altos no bajando ninguno de 400 °c, el más alto es el de macadamia con una temperatura de 472 °c y el más bajo es el de teca con una temperatura de 403 °c.

Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
T. emitida °C 15 cm	20	0,41		0,07	10,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	17584,10	7	2512,01	1,21	0,3700
Tratamientos	10918,30	4	2729,58	1,31	0,3213
Repetición	6665,80	3	2221,93	1,07	0,3999
Error	25011,70	12	2084,31		
Total	42595,80	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=102,89800

Error: 2084,3083 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Mc(01)	471,75	4	22,83 A
Sa(05)	456,50	4	22,83 A
Gu(04)	456,50	4	22,83 A
La(02)	447,75	4	22,83 A
Te(03)	403,00	4	22,83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 17 temperatura emitida a una distancia de 30 cm

Temperatura Emitida(30 cm)					
Carbón	T1	T2	T3	T4	Promedio
Macadamia	359	454	427	408	412
Laurel	393	324	450	409	394
Teca	336	232	458	455	370
Guayacán	405	460	389	425	419
Samán	412	455	463	403	433

Nivel de significación *

Turkey 5% probabilidad 20,84

La temperatura emitida a 30cm demuestra que dos muestras de carbón bajaron del rango de los 400 °c, pero el de macadamia sigue en el rango con una temperatura de 412 °c siendo el tercero con más temperatura, el de mayor temperatura fue el de Saman con 433 °c.

Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
T. emitida °C 30 cm	20	0,33		0,00	14,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	20797,65	7	2971,09	0,84	0,5768
Tratamientos	9558,30	4	2389,58	0,67	0,6226
Repetición	11239,35	3	3746,45	1,06	,4034
Error	42540,90	12	3545,08		
Total	63338,55	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=134,19572

Error: 3545,0750 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Sa(05)	433,25	4	29,77 A
Gu(04)	419,75	4	29,77 A
Mc(01)	412,00	4	29,77 A
La(02)	394,00	4	29,77 A
Te(03)	370,25	4	29,77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 18 Temperatura emitida en una distancia de 50 cm

Temperatura Emitida (50 cm)					
Carbón	T1	T2	T3	T4	Promedio
Macadamia	310	417	395	382	376
Laurel	328	317	416	376	359
Teca	319	220	424	443	351
Guayacán	345	455	365	409	393
Samán	396	443	450	393	420

Nivel de significación NS

La temperatura emitida a 50 cm nos indica que todos menos el de samán bajaron del rango de los 400 °c, el de samán mostro una temperatura de 420 °c el de macadamia mostro una temperatura de 376 °c, y el de menor emanación de temperatura fue teca con 351 °c.

Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
T. emitida °C 50 cm	20	0,41	0,07	15,06	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	27567,75	7	3938,25	1,20	0,3719
Tratamientos	12324,80	4	3081,20	0,94	0,4740
Repetición	15242,95	3	5080,98	1,55	0,2527
Error	39350,80	12	3279,23		
Total	66918,55	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=129,06608

Error: 3279,2333 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Sa(05)	420,50	4	28,63 A
Gu(04)	393,50	4	28,63 A
Mc(01)	376,00	4	28,63 A
La(02)	359,25	4	28,63 A
Te(03)	351,50	4	28,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 19 Temperatura emitida a una distancia de 1 m

Temperatura Emitida (1 m)					
Carbón	T1	T2	T3	T4	Promedio
Macadamia	300	339	371	368	344
Laurel	310	265	407	330	328
Teca	297	200	422	368	321
Guayacán	302	383	354	390	357
Samán	351	366	408	378	375 c

Nivel de significación NS

Y por último la temperatura emitida a 1m nos muestra que todos bajan al rango de 300 °c, y ubica como el de mayor temperatura al de samán, el de macadamia en tercer lugar con 344 °c y de ultimo el de teca con 321 °c.

En general todas las temperaturas fluctúan en valores similares pero sobresalen los carbones de samán, macadamia y guayaca, siendo los que más temperatura presentaron, estas temperatura son tomadas como un indicador de la emanación de temperatura de cada braza de carbón, pero puede que se generen diferencias el comportamiento de la combustión del carbón en grupo, por ejemplo el carbón de macadamia cuando se lo encendió en grupo mostro mayor duración de brazas rojas en comparación que los demás carbones incluso más que el de guayaca y samán.

Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
T. emitida °C 1 m	20	0,59		0,35	12,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	32665,45	7	4666,49	2,43	0,0843
Tratamientos	7697,70	4	1924,43	1,00	0,4433
Repetición	24967,75	3	8322,58	4,34	0,0274
Error	23011,50	12	8322,58		
Total	55676,95	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=98,69788

Error: 3279,2333 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Sa(05)	375,75	4	21,90 A
Gu(04)	357,25	4	21,90 A
Mc(01)	344,50	4	21,90 A
La(02)	328,00	4	21,90 A
Te(03)	321,75	4	21,90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7 Duración

Tabla 20 Porcentaje de duración

Duración					
Carbón	D1	D2	D3	D4	Promedio
Macadamia	1:59	2:10	1:55	1:57	2:10 a
Laurel	41	50	47	55	48 c
Teca	1:03	1:02	1:07	1	1:03 b
Guayacán	1:14	1:10	1:16	1:19	1:15 b
Samán	1:08	1:06	1:11	1:09	1:09 b

Nivel de significación **

Turkey 5% probabilidad

La duración de la quema del carbón sin lugar a dudas es una de las propiedades más importantes ya que los consumidores de carbón quieren fuego con intensidad y que dure mucho, en esta prueba y con diferencias altamente significativa el de mayor duración es el de macadamia con 2:10 h siendo el ganador por mucho demuestra que es el que mayor conserva su calor en grupo, tal vez pudiendo emanar más temperatura que los demás, ya que en todo momento conservo el color rojo vivo, el de menor duración fue el de teca, siendo un carbón de rápido consumo por lo tanto a la larga mayor inversión, otro dato a tomar es que el carbón de macadamia siendo una briqueta supero las expectativas en esta prueba ya que las briquetas tienen las características de tener una buena emanación de temperatura pero no mucha duración.

Análisis de la varianza

Variable	N	R2	R2	Aj	CV
Duración (horas)	20	0,94	0,90	11,79	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo.	3,04	7	0,43	26,29	<0,0001
Tratamientos	3,00	4	0,75	45,52	<0,0001
Repetición	0,03	3	0,01	0,64	0,6013
Error	0,20	12	0,02		
Total	3,23	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28953

Error: 0,0165 gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.
Mc(01)	1,70	4	0,06 A
Gu(04)	1,15	4	0,06 B
Sa(05)	1,09	4	0,06 B
Te(03)	1,03	4	0,06 B
La(02)	0,48	4	0,06 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.8 Estudio de costos de los tratamientos

Los tratamientos elegidos tienen diferentes costos para su efectuar, normalmente para realizar carbón de leña en el Cantón "La Concordia" se realizan parvas o pilas, los cuales no necesitan mucha inversión económica como si supone realizarlos en hornos metálicos por la inversión inicial, por lo tanto siempre que se produzca en hornos metálicos será la mayor la inversión en un inicio, pero los resultados se verán realizados en la calidad de carbonización.

Generalmente las pilas o parvas son realizadas por obreros que cobran por metro cuadrado alrededor de 20 \$, para producir unos 100 sacos de carbón se realizan alrededor de 4 pilas, de 3m² aproximadamente.

La cantidad de madera para estas pilas son medidas por “viajes” según obreros que trabajan en distintas carboneras de la zona de la concordia- La independencia, en cada viaje alcanzan para unas 3 pilas, es decir lo necesario para 100 sacos de carbón, esto sin contar las posibles pérdidas por mala carbonización. El costo de estos viajes está alrededor de 140 dólares en casi la mayoría de especies de madera.

Para la producción del carbón de macadamia se tiene que invertir mucho más en la parte inicial, ya que hacer un horno metálico de 4 secciones parecido al que se utilizó para este estudio, está a unos 500 dólares además de eso el resto de la maquinaria como son; la briqueteadora, trituradora, máquina homogeneizadora, instalaciones de secado de las briquetas. Todo esto supone un gasto de 1100 \$.

Para la compra de cascaras de macadamia la tarifa es de 10 ctvs. El kg, y para la producción de 100 sacos de briquetas se compra aproximadamente 1500 kg de cascaras de macadamia lo que da una inversión de 150 \$, además de esto la compra del aglomerante y demás implementos supone un gasto de 50 \$. La mano de obra para la producción de carbón en hornos metálicos, está a 25 diarios por persona y se necesitan dos personas para hacer funcionar el horno.

Además de esto se suman los gastos de luz que dependen de la producción mensual, según el dueño de la maquinaria si se producen 100 sacos de carbón en luz se paga alrededor de 75 \$.

Cabe indicar que el peso del saco de carbón de macadamia es de 20 kg, el doble de lo que pesa un saco de carbón de leña.

Tabla 21 Cuadro de inversión para producción de carbón

	teca	Guayaca	Samán	Laurel	macadamia
Mano de obra	180 \$	190\$	200\$	180\$	100\$
Comercialización; transporte	50\$	50\$	50\$	50\$	50\$
Materia prima producción en 100 sacos	140\$	140\$	150\$	130\$	200\$
Inversión inicial; maquinarias	-	-	-	-	1500\$
Otros; consumo de luz	-	-	-	-	75\$
Total	370\$	380\$	400\$	360\$	1925\$

El estudio de producción en función a 100 sacos de carbón.

Como se divisa en el cuadro la inversión para producir en cada uno de los tratamientos es similar, pero la diferencia la hace la inversión inicial, ya que para producir las briquetas de cascaras de macadamia, necesita del horno el cual garantiza un buen producto pero muchos carboneros prefieren minimizar costos y hacerlo con métodos tradicionales sin saber las repercusiones que tienen estos métodos sobre el ambiente o simplemente no le toman importancia, además del horno se suman los elementos como son la briqueteadora y la trituradora.

En el cuadro el carbón de macadamia tiene una inversión más alta que los demás, por la inversión inicial, pero sin tomar en cuenta este valor, el costo de producción es parecido al de los demás carbones. A esto se suma el costo de venta, ya que generalmente un saco de carbón de leña esta entre los 9 a 12 dólares mientras que un saco de 20 kilos de carbón de macadamia está a 20 dólares además que existen más presentaciones de menor precio.

En cuestión de ganancia en ventas, los 100 sacos de carbón de leña de los tratamientos acumularían unos 900 a 1200 dólares mientras que el carbón de macadamia obtendría 2000 en ganancias, casi el doble del carbón hecho de leña.

4.9 Prueba piloto en horno de asar pollos

Para esta prueba se obtuvo el aporte del Sr. Honorio Rodríguez propietario del asadero rey pollo en el Cantón la concordia, para esto se tomó el tiempo de asado de cada una de las varillas de pollos , las cuales contienen 6 pollos dando vueltas con ayuda de un motor, los resultados mostraron que el carbón de macadamia tiene un gran rendimiento pudiendo asar una varilla en una hora quince minutos, según la experiencia del Sr. Rodríguez es de los mejores carbones con el cual ha asado pollo ya que normalmente una varilla suele demorar entre una hora y media hasta dos horas.

Hay que decir que en esta prueba el carbón de macadamia no se revolvió como se hace con los demás carbones para sacar mayor poder calorífico, ya que son briquetas y su comportamiento es diferente y solamente se debe dejar quemar y en tal caso agregar más carbón.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusión se obtienen las siguientes conclusiones:

1. El carbón de cascara de macadamia tiene sus ventajas y desventajas, una de las desventajas es el tiempo de ignición ya que es mayor al de los hechos de otra materia prima, debido a que el carbón de macadamia posee más humedad por lo cual tiene un encendido lento, pero por lo contrario en el análisis de duración es el mejor de todos, durando hasta una hora más a los otros carbones.
2. Otra de las desventajas es su costo a diferencia de los otros carbones analizados en este documento, ya que para la elaboración del carbón de macadamia se necesita un proceso más complejo que requiere una mayor inversión inicial.
3. Sopesando las ventajas con las desventajas entre los carbones, podemos determinar que el carbón de macadamia está por encima de los otros analizados anteriormente, debido a que tiene el doble de duración que justifica su costo y además es capaz de llegar a las mismas temperaturas que los otros carbones.
4. En la parte ambiental es una buena alternativa al momento de generar energía, debido a que la contaminación es menor, ya que es realizado de un desecho de la producción de nuez de macadamia, por lo que no se necesitara talar árboles y contribuiríamos a conservar los bosques de nuestro planeta.
5. Mediante la difusión de trípticos, se logró fomentar el uso de la cascara de la macadamia en el cantón la Concordia, en lo cual mucha gente se quedó sorprendida del uso que tenía una cascara la cual simplemente era un desecho, de esta manera tratamos de hacer que tengan conciencia ambiental las personas y nos ayuden a proteger el medio ambiente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la elaboración y uso de carbón de macadamia debido a que es más eficiente energéticamente, posee mayor duración y en todas sus fases de elaboración y uso son amigables con el ambiente.
2. Realizar el carbón en hornos tipos retorta modificado ya que no permiten la salida de muchos gases hacia la atmosfera, y además estos hornos elaboran un carbón de alta calidad a diferencia de los realizados tradicionalmente.
3. Realizar nuevos estudios con la cascara de macadamia, debido a que es un desecho que tiene un gran potencial energético, por lo cual se lo podría utilizar como carbón activado y un gran filtro para las aguas residuales.
4. Revisar y mejorar el Marco Jurídico para las regulaciones de carboneras, debido a que se produce una gran contaminación al momento de realizar carbones en forma tradicional.

VII. RESUMEN

La presente investigación se realizó entre septiembre del 2016 a enero del 2017 en el Cantón la Concordia de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas ubicado a 0°00'38.43" Norte y 79°22'34.10" Oeste.

El objetivo fue evaluar la calidad del carbón vegetal de la cascara de macadamia realizado en hornos metálicos de cuatro secciones, comparados con 4 tipos de carbones tradicionales realizados de materia prima distinta o leña (Laurel, Teca, Guayacán, Samán) pero producidos en el mismo horno (Trabajo de Campo).

Se utilizaron 20 unidades experimentales, que corresponden a cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El tipo de diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Azar y prueba de significación turkey 5 % de probabilidad.

Las variables respuestas fueron: Humedad, Tiempo de ignición, Volátiles, Carbono finos, Temperatura Emitida, Contenido de Cenizas y Duración, mismo que se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Agropecuaria en la ULEAM. Adicionalmente se realizó una prueba piloto de asado de pollo en forma artesana, comparando los mejores tratamientos.

Los resultados muestran las ventajas del carbón elaborado de la cascara de macadamia, valores que son altamente significativos respecto a las variables de duración, de volátiles y de contenido de cenizas a diferencia de los otros tipos de carbones, de esta manera se determinó que el carbón de macadamia es de alta calidad y preserva el medio ambiente, ya que emite menos volátiles en su uso y para su elaboración no se necesita de talar ningún árbol, por el contrario se le saca provecho a un subproducto de la macadamia.

Pero sopesando las ventajas con las desventajas entre los carbones, podemos determinar que el carbón de macadamia está por encima de los analizados anteriormente, debido a que tiene el doble de duración que justifica su costo y además es capaz de llegar a las mismas temperaturas que los otros carbones.

Palabras claves: Macadamia – carbón – subproducto – hornos

VIII. ABSTRACT

The present investigation was carried out between September 2016 and January 2017 in the Canton of Concordia of the Province of Santo Domingo de los Tsáchilas located at 0°00'38.43 " North and 79°22'34.10 " West.

The objective was to evaluate the charcoal quality of the macadamia peel made in modified type retort furnaces, compared to 4 types of traditional coals made of different raw material or firewood (Laurel, Teca, Guayacán, Samán) but produced in the same furnace (Field work).

Twenty experimental units were used, corresponding to five treatments and four replicates. The type of experimental design used was the Completely Random Design and test of significance turkey 5% probability.

The variables responses were: Humidity, Time of ignition, Volatile, Fine Carbon, Emitted Temperature, Ash Content and Duration, same that were realized in the laboratory of the Faculty of Agriculture in the ULEAM. In addition, a pilot test of chicken roast in artisan form was carried out, comparing the best treatments.

The results show the advantages of the elaborated charcoal of the macadamia peel, values that are highly significant with respect to the variables of duration, of volatile and of ash content unlike the other types of coals, in this way it was determined that the coal Of macadamia is of high quality and preserves the environment, since it emits less volatile in its use and for its elaboration it does not need to cut down any tree, on the contrary it takes advantage to a waste of the macadamia.

As for the emitted temperature and the fine carbon there were no major differences between the types of coals, since the elaborated carbon of the macadamia peel maintained at the same level as the best ones such as those made in Samán and Guayacán.

But by weighing the advantages with the disadvantages between the coals, we can determine that the coal of macadamia is above those analyzed before,

because it has twice the duration that justifies its cost and also is able to reach the same temperatures as the Other coals.

Keywords: Macadamia - charcoal - byproduct – ovens

IX. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Ahrends, A., N. D. Burgess, S. A. H. Milledge, M. T. Bulling, B. Fisher, J. C. R. Smart, G.P. Clarke, B. E. Mhoro, and S. L. Lewis. 2010. *Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city*. Obtenido de PNAS: <http://www.pnas.org/content/107/33/14556.full>
- Arnold, M. G. 2003. *Fuelwood revisited: what has changed in the last decade?*, Center for International Forestry Research (CIFOR). Obtenido de Cifor: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-39.pdf
- Aulestia, X. 2010. *Estudio de Factibilidad para la exportación de confites, elaborados a base de nuez de macadamia ecuatoriana hacia el mercado chileno*. Recuperado el 08 de julio de 2016, de Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ibarra, Ecuador: <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/109/1/T%2072467.pdf>
- Canet B. Guillermo. 1983. *El cultivo de la macadamia*. San Jose, Costa Rica.
- Eckholm, E., G. Foley, G. Barnard, and L. Timberlake. 1984. *Fuelwood: the energy crisis that won't go away*. Obtenido de Research gate: https://www.researchgate.net/publication/38979422_Fuelwood_the_Energy_Crisis_That_Won't_Go_Away
- Enriquez, G. C. 1994. *Atlas Agropecuario de Costa Rica*. San jose, Costa Rica.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1983. *Metodos simples para fabricar Carbon Vegetal*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/X5328S/X5328S00.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2005. *Global Forest Resources Assessment 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/008/a0400e/a0400e00.htm>
- Girard, P. 2002. *Producción y uso de carbón vegetal en África*. Obtenido de FAO: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4450s/y4450s05.pdf>

Guardado. 2010. *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CARBÓN VEGETAL PRODUCIDO EN HORNOS RETORTA Y HORNOS METÁLICOS EN EL SALVADOR*. Recuperado el 08 de julio de 2016, de UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMON CAÑAS: http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/evaluacion_de_la_calidad_del_carbon_vegetal_producido_en_hornos_retorta_y_hornos_metalicos_portatiles_en_El_Salvador.pdf

Guardado, M. 2010. *evaluacion_de_la_calidad_del_carbon_vegetal_producido_en_hornos_retorta_y_hornos_metalicos_portatiles_en_El_Salvador*. Obtenido de CEF: http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/evaluacion_de_la_calidad_del_carbon_vegetal_producido_en_hornos_retorta_y_hornos_metalicos_portatiles_en_El_Salvador.pdf

Hofstad, O. 1997. *Woodland deforestation by charcoal supply to Dar es Salaam*. *Journal of Environmental Economics and Management*. Obtenido de research gate: https://www.researchgate.net/publication/4974232_Woodland_Deforestation_by_Charcoal_Supply_to_Dar_es_Salaam

INAMHI. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) 2014. Obtenido de Servicios Meteorológicos: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

MAKANUT. 2010. *Makanut*. Recuperado el 08 de julio de 2016, de Makanut: <http://makanut.com/>

Montoya, A., & Osorio, D. 2010. *Evaluación Físico-Química y microbiológica de la torta de macadamia (integrifolia y tetraphylla), para su potencial uso en la industria*. Recuperado el 08 de julio de 2016, de Facultad de Tecnología, Universidad Técnica de Pereira.: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1836/664001579M798;jsessionid=77C90D10008E215F6EBCD3BD2E10EEFE?sequence=1>

- Muylaert, M. S. 1999. *The charcoal's production in brazil*. Obtenido de Renewable Energy: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09601481>
- Pennise, D. K. 2001. *Emissions of Greenhouse Gases and Other Airborne Pollutants from Charcoal-Making in Kenya and Brazil*. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*. Obtenido de Online Library: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000JD000041/epdf>
- Quintas, G. S. 2011. *Manual tecnico para productores de macadamia*. Obtenido de Macadamiamexico: <http://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>
- Quintas, G. S. 2011. *Manual tecnico para productores de nuez de macadamia*. Obtenido de Macadamiamexico: <http://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>
- Reyes & Moreno. 2009. *Proyecto para la industrialización de la macadamia y su influencia en el desarrollo de frutas no tradicionales en el Ecuador*. Recuperado el 08 de julio de 2016, de Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaqui, Ecuador.: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1635/1/3246.pdf>
- Robin Beek, Sayra Navas. 1994. *Técnicas de Producción y calidad del Carbon Vegetal en los Robledales de Altura de Costa Rica*. Costa Rica: Centro Agronomo Tropical De Investigación y enseñanza; CATIE.
- Shenker, I. A. 2012. *ABC: Energía renovable pero no limpia*. Obtenido de <http://www.abc.com.py/edicion-impresas/suplementos/abc-rural/el-carbon-vegetal-471051.html>
- Tapernoux, M. 2004. *La macadamia, alternativa de diversificación en el país*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/2004/07/24/0001/71/9819879DAF0A4029833E0E8D491BE180.html>

X. Anexos

Anexo 1: Elaboración del carbón vegetal del subproducto de la cascara de macadamia.



1. Cascara de macadamia en el horno.
2. Horno listo para ser encendido.
3. Cascara de macadamia carbonizada.
4. Cascara de macadamia triturada.
5. Hirviendo la mezcla de aglomerante con agua.
6. Mezclando el aglomerante con la cascara triturada.
7. Mezcla pasada por la briqueteadora.
8. Briquetas de cascara de macadamia.
9. Calentamiento de las briquetas para eliminar humedad.

Anexo 2: Laboratorio; análisis de humedad



1. Muestras trituradas.
2. Pesando las muestras en el crisol
3. Muestras listas para meterlas en la estufa.
4. Pesando las muestras luego de salir de la estufa.

Anexo 3: Análisis de cenizas



1. Muestras listas para ser pesadas.
2. Pesando todas las muestras.
3. Mufla donde se ubican las muestras.
4. Muestras después de salir de la mufla.

Anexo 4 : Análisis de volátiles



1. Pesando las muestras y ubicándolas en su respectivo crisol
2. Muestras listas para meter en la mufla.
3. Metiendo las muestras en las mufla,
4. Sacando las muestras de la mufla para ser ubicadas en el desecador.

Anexos 5: Análisis de temperatura emitida



1. Termómetro infrarrojo
2. Calentando una muestra representativa de carbón de macadamia.
3. Carbón completamente encendido
4. Medición de temperatura.

Anexos 6: Análisis de duración



1. Carbón de samán
2. Carbón de teca
3. Carbón de laurel
4. Carbón de guayacán
5. Carbón de macadamia