UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

“Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento de la cáscara de coco (*Cocos nucifera L.*) para la obtención de carbón ecológico”

AUTOR(ES):

Kevin Fernando Carchipulla Tamay

DOCENTE - TUTOR:

MSc. María del Carmen Castelo Naveda

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	3.0 / 5	No hay un objetivo claro, por tanto la conclusión no es precisa
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	17.0 / 20	La información de la temática a tratar es insuficiente. No se describe suficientemente la relevancia del tema
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	14.0 / 15	No describe con claridad el procesamiento de la información

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	23.0 / 25	No entrega los resultados de manera organizada
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	7.0 / 10	No son claras y precisas
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	89	OCHENTA Y NUEVE

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICTOR RODRIGO CERDA MEJIA

VÍCTOR RODRIGO CERDA MEJÍA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple con los requisitos.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple con los requisitos.
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Cumple con los requisitos.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple con los requisitos.
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple con los requisitos.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Cumple con los requisitos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Cumple con los requisitos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple con los requisitos.
VALORACIÓN TOTAL	100	CIEN

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
REGLA MARIA BERNAL GUTIERREZ

REGLA MARÍA BERNAL GUTIÉRREZ (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 10 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Firmado electrónicamente por:
MARIA DEL CARMEN CASTELO NAVEDA

Document Information

Analyzed document	Trabajo de integracion curricular, Kevin Carchipulla.docx (D172704081)
Submitted	8/10/2023 10:40:00 AM
Submitted by	
Submitter email	kf.carchipullat@uea.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	mcastelo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **Tesis CA Jomayra Jaramillo y Gabriela Burgos 2015.docx**
Document Tesis CA Jomayra Jaramillo y Gabriela Burgos 2015.docx (D15921699) 2

SA **Becerra Bustamante Melidsa & Sena Medina Steffany Yamaly Crysedt.docx**
Document Becerra Bustamante Melidsa & Sena Medina Steffany Yamaly Crysedt.docx (D33628750) 1

W URL: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.445
Fetched: 8/10/2023 10:40:00 AM 1

Entire Document

"Análisis documental sobre el aprovechamiento de la cáscara de coco (Cocos nucifera L.) para la elaboración de carbón ecológico" "Documentary analysis on the use of coconut shell (Cocos nucifera L.) for the production of ecological charcoal"

Carchipulla Tamay Kevin Fernando kf.carchipullat@uea.edu.ec Castelo Naveda María del Carmen, M. Sc2 autor3@uea.edu.ec

"Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento de la cáscara de coco (*Cocos nucifera* L.) para la obtención de carbón ecológico"

"Documentary analysis on the use of coconut shell *(Cocos nucifera L.*) for the production of ecological charcoal"

Carchipulla Tamay Kevin Fernando[1]
kf.carchipullat@uea.edu.ec
Castelo Naveda María del Carmen M. Sc[2]
mcastelo@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Resumen

El presente trabajo surge en respuesta a dos problemas a nivel mundial y local: la contaminación por residuos agroindustriales de coco (*Cocos nucifera L.*), así como la tala de recursos forestales para la elaboración de carbón vegetal. El objetivo de la presente investigación fue desarrollar una revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento de la cáscara de coco para obtención de carbón ecológico, definiéndola como una alternativa para la generación de energía renovable por medio del aprovechamiento de residuos de diferentes industrias que utilizan como materia prima el coco. Se utilizó la metodología "Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)" para la recopilación de información tomando como referencia 42 publicaciones, esta investigación permitió realizar comparaciones entre: el carbón de origen vegetal, el carbón propuesto a partir del residuo de coco e incluso otros residuos. Entre los principales hallazgos se estableció que el carbón de cáscara de coco posee menor porcentaje de humedad y de cenizas reducidas que el carbón convencional, lo que evita la generación de humos con mal olor y disminuye las emisiones de CO_2, también se observó que el valor calorífico del carbón ecológico puede ser igual e incluso superior al carbón vegetal derivado de la madera. Por otra parte, el costo de la materia prima es prácticamente nulo por ser un desecho frente al costo del carbón de origen vegetal y el impacto ambiental que produce la deforestación. Además, se reconoció el potencial que tiene este tipo de proyectos al ser de pronta ejecución y ampliación, incluso se determinó que a partir del carbón ecológico de cáscara de coco investigado se puede obtener también carbón activado cuya aplicación y utilidad es muy amplia.

Palabras Clave: Residuos industriales, Cáscara de coco, Biomasa, Carbón Vegetal,

Combustible, Aprovechamiento de residuos, Generación de energía.

Abstract

This work arises in response to two global and local problems: contamination by agro-industrial residues of coconut (Cocos nucifera L.), as well as the felling of forest resources to produce charcoal. The objective of this research was to develop a bibliographical review on the use of coconut shell to obtain ecological carbon, defining it as an alternative for the generation of renewable energy using residues from different industries that use coconut as raw material. coconut. The "Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)" methodology was used for the collection of information taking 42 publications as a reference, this research allowed comparisons between: charcoal of vegetable origin, charcoal proposed from residue coconut and even other waste. Among the main findings, it was established that coconut shell carbon has a lower percentage of humidity and reduced ash than conventional coal, which prevents the generation of bad-smelling smoke and reduces CO_2 emissions, it was also observed that the The calorific value of ecological charcoal can be equal to or even higher than charcoal derived from wood. On the other hand, the cost of the raw material is practically zero because it is waste compared to the cost of charcoal of vegetable origin and the environmental impact caused by deforestation. In addition, the potential of this type of project was recognized as it is of prompt execution and expansion, it was even determined that activated carbon can also be obtained from the ecological coconut shell carbon that has a very wide application and utility.

Keywords*:* Industrial waste, Coconut shell, Biomass, Charcoal, Fuel, Use of waste, Power generation.

1. Introducción

Uno de los mayores problemas hoy en día es la degradación ambiental dado por la excesiva emanación de gases de efecto invernadero a la atmosfera en diferentes partes alrededor del mundo, lo que causa que esta se vaya debilitando al pasar el tiempo presentando diferentes riesgos (Al-Mulali et al., 2015). La dependencia de algunos minerales como el carbón para la generación de energía ha sido primordial desde épocas pasadas tanto para uso doméstico como para el industrial generando así cantidades grandes de CO_2, dado que la producción de carbón requiere de árboles como materia prima, esto causa la deforestación de grandes extensiones de bosques como es el caso de América Latina que desde el 2000 a 2010 incremento la pérdida neta de diferentes bosques de Brasil, Perú, Colombia, Bolivia y otros (FAO, 2010), comúnmente no se tiene conciencia de que por medio de la existencia de este "recurso" depende parte nuestra supervivencia (Adedoyin et al., 2020). Es por ello que se busca nuevas formas de obtener energía para el consumo humano que tenga menos impactos con el medio ambiente y una de estas formas es la producción de carbón ecológico (Forero Nunez et al., 2012).

En el Ecuador al igual que en otros países también se extrae madera de los diferentes bosques, esto genera un problema para el medio ambiente, desde el año 2009 a 2012 hubo una creciente tala de árboles cada año, lo que llamó la atención del Ministerio del Ambiente para ejercer control sobre esta acción (El-Comercio, 2013). El conocimiento reducido acerca del aprovechamiento de los residuos de Coco *(Cocos nucifera L.)* provenientes de las diferentes Agroindustrias hace que no sean utilizados correctamente, el plan de negocios planteado por (López, 2016) hace que los residuos de coco industriales sean aprovechados para la generación de carbón vegetal lo que genera un nuevo producto con valor agregado.

El carbón vegetal se utiliza para consumo humano por años, pero para su elaboración se emplea como materia prima madera extraída de varios árboles en diferentes bosques del mundo, el carbón vegetal se utiliza en todo el mundo para cocinar, calefacción o incluso para combustible doméstico, también se suele emplear como combustible industrial en algunas partes (Yepes-Quintero et al., 2011). La búsqueda de nuevas formas de generar energía sin afectar el bienestar del medio ambiente ha incrementado en los últimos años al percatarse de las consecuencias que causa el no emplear los recursos naturales correctamente está causando el aumento de la temperatura en el planeta, esto hace que se planteé la forma de producir un tipo de carbón que sea más amable con el

medio ambiente, una de las ideas es la elaboración de carbón ecológico partiendo de la cáscara de coco lo que resultaría en el aprovechamiento y reutilización de residuos orgánicos en gran parte agroindustriales (Mahfouz et al., 2018), reduciendo parte de la contaminación por CO_2 emitida a la atmosfera (Kabir et al., 2022).

El objeto de estudio es analizar de forma documental el aprovechamiento de la cáscara de coco para la elaboración de carbón ecológico mediante datos comparativos que muestren la eficiencia de este residuo frente a otras biomasas. La cáscara del coco (*Cocos nucifera L.*) es un residuo subutilizado y muy a menudo desaprovechado, si bien se sabe que algunas personas utilizan la cáscara de coco para la elaboración de utensilios, como materia de refuerzo en la mezcla de material de concreto o como fertilizante orgánico, se tiene limitado conocimiento sobre la utilización de este residuo orgánico para la producción de energía que tenga un menor impacto ambiental (Archana et al., 2020).

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación.

2.1.1 Investigación exploratoria y descriptiva.

Esta investigación se efectuó de manera exploratoria con el fin de hacer una recopilación de información mediante una revisión bibliográfica por medio de varias páginas de almacenamiento de datos que contienen tesis, libros, artículos revistas o noticias que tenga relación con el tema del Aprovechamiento de la cáscara de coco para la producción de carbón ecológico. Con la información recogida se obtuvieron datos y conocimientos necesarios sobre la producción de carbón ecológico a partir de la cáscara de coco.

2.2 Métodos de investigación.

2.2.1 Método sistemático y metaanálisis.

Uno de los métodos más utilizados de los tantos que existen al momento de realizar una investigación y recopilación de información en las revisiones bibliográficas es el muy conocido método sistemático, al tener este como el objetivo primordial la extracción de material informático esencial para evaluar diferentes criterios que se generan durante la investigación, permite que el ensayista vaya teniendo una idea más clara según vaya avanzando, lo cual es más importante, relevante y eficaz para que con esto se pueda informar de una manera más clara y precisa sobre lo que se investiga (Ciapponi et al.,

2016). Esta revisión bibliográfica se enfocó principalmente al aprovechamiento de residuos agroindustriales como es la cáscara de coco para la elaboración de carbón ecológico y para lograr minimizar el impacto ambiental.

2.3 Procedimiento del trabajo.

Esta investigación se elaboró con la metodología PRISMA, esta permitió obtener y clasificar la información recolectada de diferentes medios mediante un metaanálisis que interpreta y mejora los resultados del estudio investigativo, ya sea individual o grupal, obteniendo modelos, métodos y aplicativos mucho más eficientes.

El diagrama de flujo de PRISMA permitió realizar una búsqueda en diferentes bases de datos y seleccionar los archivos, consta de 4 pasos para la inclusión y exclusión de documentos, como la identificación, poner en pantalla, la elegibilidad y el incluido. Antes de realizar toda búsqueda de información primero es necesario desarrollar varios criterios de elección y después buscar los documentos como se observar en la figura 1, además de los pasos a seguir propuestos en la tabla 1. En la identificación de información hay dos pasos como el registro identificación mediante la búsqueda de la base de datos y los registros adicionales identificados en otras fuentes, en este punto es importante eliminar los archivos duplicados que no tienen criterios de elegibilidad o no tengan relación con el estudio, también se puso un registro de los documentos excluidos, después se registraron los documentos seleccionados, donde se verifico y elimino artículos con razón de exclusión, como pueden ser artículos que no tuvieron mucha información sobre el tema o artículos repetitivos.

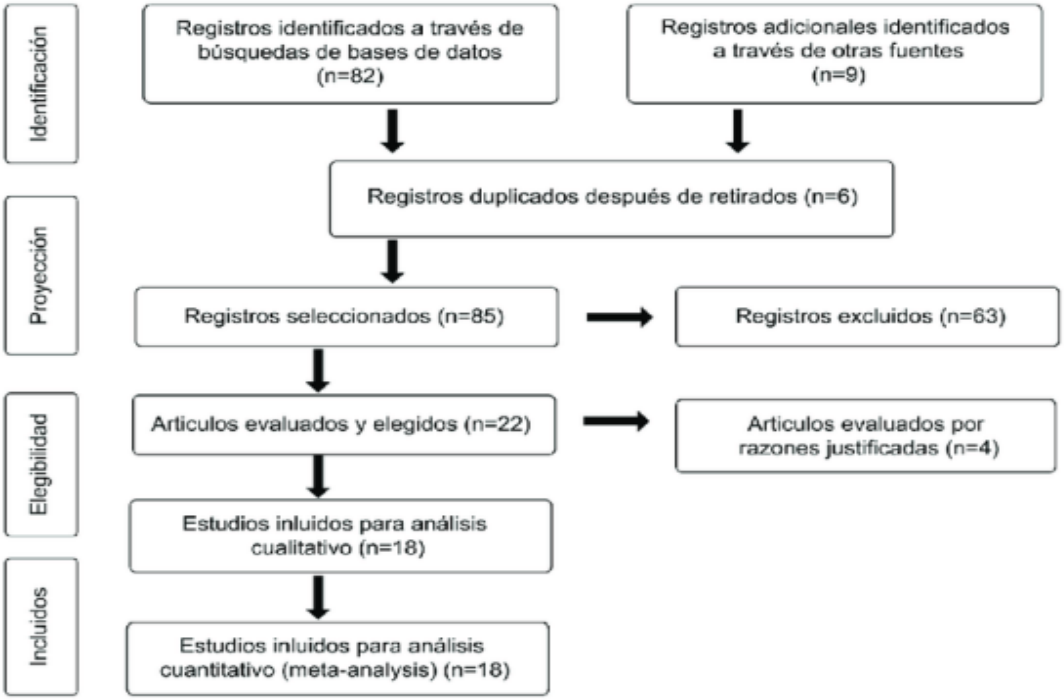

Figura 1: Diagrama de flujo de PRISMA

Fuente: (Carreño et al., 2017)

Tabla 1: Procedimientos a seguir en metodología PRISMA

Metodología PRISMA		
1	**Criterios de elegibilidad**	Se eligió información de los últimos 11 años y material extra de años más atrás del 2000, donde trate el tema de aprovechamiento de residuos del coco, en específico acerca de la cáscara de coco. Sin embargo, no se descarta información más antigua ya que puede ser una fuente madre.
2	**Fuentes de información**	Se usó las siguientes bases de datos: Sciencie Direct, Google Académico, SpringerLink y Scielo.
3	**Estrategia de búsqueda**	Se aplicó estrategias de búsqueda utilizando las mismas bases de datos ya que tienen registros de varios autores en un mismo documento.
4	**Selección de estudio**	La estrategia que se aplicó fue combinación de palabras claves tales como: Coconut Shell Charcoal, The Coconut, Ecological Charcoal, Aprovechamientos de residuos de

		coco, Carbón a partir del coco, Actívate carbón, Coconut biomass.
5	**Proceso de recogida de datos**	Se obtuvo datos acerca de la aplicación de la cáscara de coco para la elaboración de carbón ecológico por medio de la herramienta digital EndNote para procesar la información recopilada de los diferentes medios.

Fuente: Modificado de (Page et al., 2021)

2.4 Fuente de recopilación de datos.

Para recopilar información se busca bibliográficamente mediante diferentes medios de investigación científica publicados en varios sitios con información verídica y una amplia base de datos. Estas investigaciones son publicaciones de investigadores secundarios como puede ser censos, expedientes, artículos, documentos gubernamentales, estadísticas, tesis, entre otros datos. Esto se realiza con el único fin de mejorar el objetivo de estudio, la información bibliográfica recopilada se referenció mediante software inglés EndNote, con este programa se incorporó la bibliografía junto con la cita/referencia que se obtuvo de las publicaciones encontradas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características fisicoquímicas de la Cáscara de coco vs Madera.

La utilización de madera para la creación de carbón vegetal es algo frecuente hoy en día lo que causa las deforestaciones de distintos bosques en el mundo y la contaminación ambiental (FAO, 2010), por otra parte, la cáscara de coco es un residuo de múltiples industrias lo que podría ser aprovechado para la generación de energía en forma de carbón ecológico (Ahmad et al., 2022). Una comparativa que explica el potencial de la cáscara de coco frente a la madera para la utilización como fuente de energía se muestra en la tabla 2 tomando en cuenta el porcentaje de humedad y ceniza.

Tabla 2: Caracterización de la cáscara de coco y madera

Materia prima	**Características fisicoquímicas**		**Referencia**
	% Humedad	**% Ceniza**	
Madera	7.8	2.70	(Demirbas, 2016)
Cáscara de coco	5.56	1.80	(Ahmad et al., 2022)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que fueron recopilados por (Nabi et al., 2017) y (Burgos Campuzano & Jaramillo Quiroz, 2015) muestran que el contenido de humedad de la cáscara de coco es ligeramente mayor que la madera, sin embargo, (Ahmad et al., 2022) en el análisis del poder calórico del carbón de cáscara de coco demuestra que se puede disminuir el contenido de humedad y conseguir ciertos beneficios, podría tener un poder calorífico casi similar al carbón vegetal de la madera con la diferencia de que podría emanar menos humo y tener menor cantidad de residuos de ceniza debido al alto contenido de volátiles, esto hace que el carbón derivado de la cáscara de coco tenga cualidades superiores que el carbón vegetal común.

3.2 Costo de materia prima (cáscara de coco vs madera).

La adquisición de materia prima para la elaboración de un producto es una parte esencial en la fase de producción, la cáscara de coco al ser un residuo industrial puede adquirirse de empresas que no le den algún uso, para Ferrer Botero and González Vega (2021) en su plan de negocios para la comercialización de carbón vegetal a base de cáscara de coco como residuo, se determinó que el costo de materia prima para su negocio

se adquirió por el valor de 29.50$/ton, en el caso de la madera Sánchez et al. (2019) muestra que “la madera tuvo un valor promedio de $495,7$/ton”, esto hace que el valor de adquisición de la madera sea muy por encima en comparación con la cáscara de coco, el uso de este residuo como base para la creación de carbón vegetal tiene mayor potencial en este ámbito, ya que los costos de la materia prima son significativamente menores.

3.3 Carbón Vegetal de cáscara de coco.

3.3.1 Análisis de la biomasa de la cáscara de coco para la elaboración de carbón.

Según Ahmad et al. (2022) en este proceso se utiliza la biomasa cáscara de coco para la obtención de un carbón vegetal más amable con el medio ambiente, ya que contiene ciertas propiedades más adecuadas para su uso como son; el bajo contenido de humedad, abundancia óptima y un menor tiempo de preparación, todo este proceso se empieza pasando la cáscara por un triturador mediante un granulador de gama baja, también se tiene un control estricto en cuanto al contenido de humedad presente para que se efectúe una pirolisis (degradación térmica de una sustancia orgánica en ausencia de aire) adecuada por lo que se emplea el método estándar ASTM E871-82 (ASTM, 2013) para su determinación.

En cualquier biomasa base para la creación de carbón se analiza la densidad de partículas que tiene en su interior, para determinar los espacios porosos de la masa generada para que el resultado final sea un producto solido con buen rendimiento calórico, lo que hará a las unidades de carbón más comprimidos y pesados que los comunes (los elaborados a partir de madera) (Xue & Fox, 2015).

3.3.2 Análisis termogravimétrico.

De acuerdo con los datos de la investigación en el apartado de los análisis termogravimétricos obtenidos por Ahmad et al. (2022), se sabe que el proceso de pirolisis es muy efectiva, ya que la cáscara de coco libera mucha más energía durante el proceso de combustión como se muestra en la figura 2, esto se demuestra también en la disminución del peso durante el proceso de combustión donde al aumentar la temperatura, disminuye significativamente el peso de la cáscara de coco en dependencia al porcentaje del peso perdido, esto sucede gracias a que contiene una cantidad de volátiles muy altos dando a conocer que tiene alto contenido de lignina lo que hace que sea perfecto para la combustión y sea utilizado como combustible dejando cortos residuos de cenizas a

diferencia del carbón proveniente de la madera.

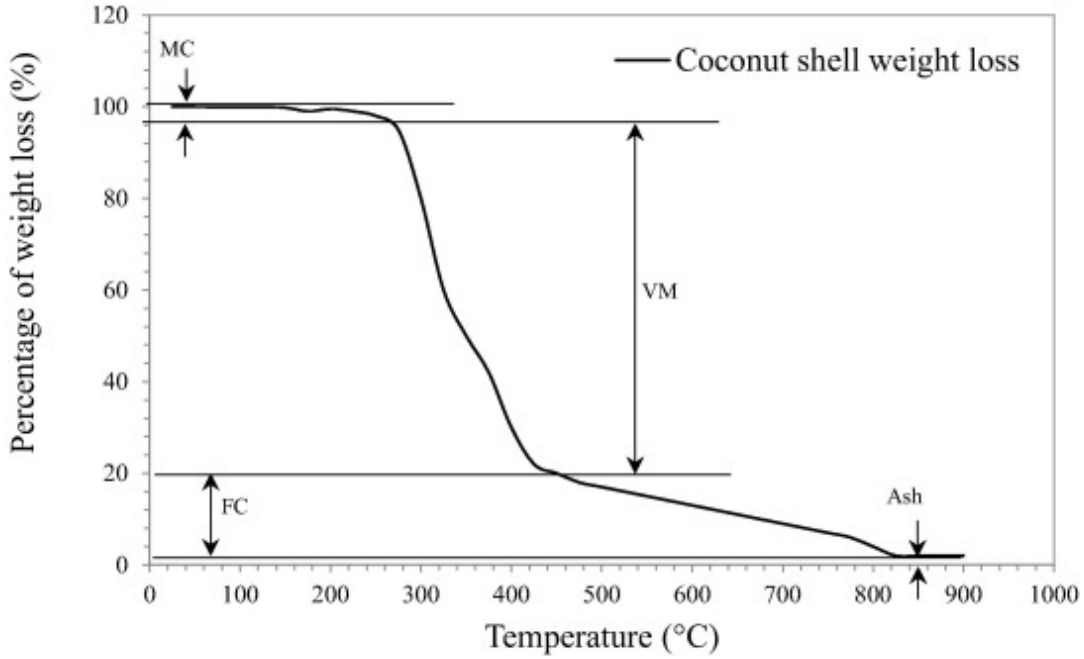

Figura 2. Pérdida de peso termogravimétrica de la cáscara de coco frente a la temperatura.

Fuente: (Ahmad et al., 2022)

3.3.3 Valor calorífico, contenido de energía e índice de valor del combustible.

Como se sabe la capacidad de un cuerpo que libera energía se llama poder calorífico que está ligado en este caso a la unidad de masa de biomasa sólida, un análisis que predice el potencial como combustible que podrá tener cierta biomasa, en la tabla 3 donde (Ahmad et al., 2022) hace una comparación de diferentes biomasas en dependencia del valor calórico expresado en Mj/kg y del índice del valor como combustible, las biomasas a comparar con la cáscara de coco son: lignito, carbón, cáscara de coco, cáscara de arroz, cáscara de almendra de palma, bagazo de caña de azúcar, madera dura y madera, estas biomasas más frecuentes que se utilizan para fabricar combustibles y biocombustibles.

Tabla 3: Valor calorífico e índice de valor combustible de la biomasa

Biomasa	**Valor calorífico (Mj/kg)**	**Índice de valor de combustible**	**Referencias**
Lignito	28		(Frau et al., 2015)
Carbón	16.2		(Song et al., 2016)

Cáscara de coco	19.4		(Ahmad et al., 2022)
Cáscara de Arroz	13.8	4441	(Saldarriaga et al., 2015)
Cáscara de almendra de palma	20.4		(Liew et al., 2018)
Bagazo de caña de azúcar	16.9		(Marrugo et al., 2016)
Madera dura	18.8		(Demirbas, 2016)
Madera	15.9	4125	(Saravanan et al., 2013)

Fuente: (Ahmad et al., 2022)

Según (Ahmad et al., 2022) para la muestra de cáscara de coco se obtuvo un poder calórico de 19.4Mj/kg. El rango estándar del valor calórico ronda entre 14-20Mj/kg, por lo que este resultado determinó que la cáscara de coco tiene un alto valor energético, pero determinó que la cantidad de humedad, cenizas y volátiles afectaban sobre todo con la energía calorífica emanada, así que experimentaron con menos humedad y se concentró la cantidad de carbón elemental con bajo contenido de oxígeno, produciendo en las pruebas un valor calorífico de 32.3Mj/kg. Como se esperaba en base a los análisis anteriores realizados por Banzon (1980), el índice de valor como combustible fue superior a otros como la madera, esto verifica aún más que la biomasa de cáscara de coco tiene un potencial calórico superior, además que la generación de cenizas es mucho menor y la densidad de materia para alimentar el fuego es superior.

3.4 Obtención de carbón de la cáscara de coco mediante el método de carbonización en horno.

3.4.1 Pirolisis de la cáscara de coco.

Según Araga and Sharma (2017) “En este método se emplean cáscaras de coco en su estado más frescos para minimizar el contenido de humedad”, es decir luego que se haga la extracción del agua de coco y demás componentes lo que hace que solo quede la nuez dura, como las capas de la nuez del coco son de tamaño mediano para una manipulación más fácil se debe reducir significativamente su tamaño mediante la trituración transformándolos en pequeños fragmentos lo que ayudara también aumentar la superficie de contacto que ocurre en el proceso de pirolisis. La reacción de la cáscara de coco ocurre

en un horno, tambor giratorio o algún otro similar que alcance las temperaturas óptimas para mantener un ambiente sin oxígeno lo que evitara que el coco llegue a calcinarse y también permitirá que la descomposición térmica sea la adecuada.

3.4.2 Descomposición térmica.

Esto sucede tras transcurrir tiempo en el horno, a medida que la cáscara de coco se calienta esta comienza a descomponerse liberando diferentes compuestos orgánicos como gases y líquidos volátiles que salen del proceso, para estos gases se debe tener un sistema que transforme el gas a líquido con el fin de que no sean liberados directamente al ambiente, sino que estos puedan guardarse en contenedores para luego ser empleados en otros fines o aplicar un tratamiento directamente, entre estos compuestos está el vapor de agua que este si puede ser liberado a medio, una vez se expulsa estos residuos quedan solo los compuestos carbonosos los cuales son requeridos para la formación del carbón sólido (Flores, 2020).

3.4.3 Compresión y moldeo.

Una vez sucede la descomposición térmica los restos carbonosos se encuentra en una especie de mezcla solida de polvo de cáscara de coco y algún aglomerante, esta mezcla debe someterse a presión utilizando una máquina especializada la cual hará que se formen los fragmentos grandes o briquetas de carbón, en esta máquina también se puede emplear distintos moldes para que el producto final sea de formación variada y que sea visualmente agradable como se muestra en la figura 3, la utilización de moldes personalizados es opcional, aunque esto también dependerá de la demanda del consumidor (Flores, 2020).



Figura 3: Carbón de cáscara de coco personalizado

Fuente: (Flores, 2020)

3.5 Carbón activado a partir del carbón de cáscara de coco.

Según Luna et al. (2007) la obtención de carbón activado es muy frecuente para los diferentes usos que se le puede dar, sin embargo, este es obtenido del carbón vegetal común que se obtiene a partir de la madera, ya que es el más existente actualmente. Para esta ocasión también se puede obtener carbón activado a partir del carbón de cáscara de coco, ya que tienen el mismo principio la acumulación de varios carbonos. El carbón activado es de diferentes capas de carbono con espacios variados, lo que se define como porosidad, su activación puede ser de 2 formas al aumentar la temperatura, haciendo que sus moléculas de carbono se activen o con agentes químicos para aumentar la capacidad de absorción.

El carbón activado obtenido de la cáscara de coco se utiliza en diversas aplicaciones, como purificación de agua, tratamiento de aguas residuales, filtración de aire, desodorización, eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, y en la industria farmacéutica, por lo que según estas utilidades hacen que el carbón obtenido de mejor manera como lo es la utilización del residuo de la cáscara de coco sea de interés investigativo (Trisunaryanti et al., 2022).

4. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de biomasas para la generación de energía limpia es una forma de contrarrestar la contaminación de la huella de carbono en la atmosfera, además a través de esto se puede dejar de extraer recursos naturales como la madera de los árboles. La creación de carbón ecológico de cáscara de coco como idea para sustituir al carbón vegetal proveniente de la madera y al carbón extraído de las minas ayuda significativamente al ambiente, además de generar emprendimiento y por ello también empleo que esto a su vez tiene un impacto económico positivo para varias personas.

Las propiedades comparativas más destacadas entre varias biomasas frente a la cáscara de coco para la creación de carbón ecológico fueron: el poder calorífico, la cantidad de carbón fijo, el contenido de humedad y ceniza. Los resultados muestran que la cáscara de coco como materia prima para generación de energía es viable y también es de calidad adecuada dado que el valor calorífico del carbón ecológico de cáscara de coco compite a la par con el valor que desprende el carbón vegetal de madera lo que incremente

el interés para la generación de energía renovable.

El bajo costo económico de este residuo lo hace bastante accesible además que su aprovechamiento es alto, es por ello que tendría un único valor económico medianamente alto sería solo en su transporte, esto influye en proceso de elaboración de carbón ecológico de cáscara de coco lo que hace que sea de baja complejidad y de alta efectividad, aprovechando la mayor cantidad de materia prima posible para la creación de briquetas de carbón, además la utilización de hornos facilitan la carbonización de la cáscara, por lo que la velocidad de carbonización es más rápida haciendo que se reduzcan los tiempos de procesamiento del carbón, también los residuos líquidos del proceso de pirolisis se puede utilizar para la generación de aceite o biogás añadiendo al proceso un apartado de recolección de compuestos volátiles para ser tratados y convertidos en subproductos.

Un subproducto que se puede obtener de este carbón ecológico es el carbón activado, ya que se utiliza el mismo principio de acumulación de carbonos para su obtención y activación, dicho carbón activado ha ganado una creciente importancia en la investigación y desarrollo para diferentes aplicaciones modernas, gracias a su versatilidad en múltiples aplicaciones industriales. Esto ha suscitado un gran interés por la utilización de la cáscara de coco y la exploración de todo su potencial aún no descubierto.

5. REFERENCIAS

Adedoyin, F. F., Gumede, M. I., Bekun, F. V., Etokakpan, M. U., & Balsalobre-Lorente, D. (2020). Modelling coal rent, economic growth and CO2 emissions: does regulatory quality matter in BRICS economies? *Science of the Total Environment*, *710*, 136284.

Ahmad, R., Sulaiman, S., Yusp, S., Dol, S., Inayat, M., & Umar, H. (2022). Exploring the potential of coconut shell biomass for charcoal production. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.05.013

Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy policy*, *76*, 123-131.

Araga, R., & Sharma, C. (2017). Síntesis directa en un solo paso de nanotubos de carbono de pared múltiple a partir de carbón vegetal derivado de cáscara de coco. *Materiales Cartas*, *188*, 205-207. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.11.014

Archana, A., Vijay Pradhap Singh, M., Chozhavendhan, S., Gnanavel, G., Jeevitha, S., & Muthu Kumara Pandian, A. (2020). Coconut shell as a promising resource for future biofuel production. *Biomass valorization to bioenergy*, 31-43.

ASTM, E. (2013). 1534-93. Standard Test Method for Determination of Ash Content of Particulate Wood Fuels–ASTM International. *West Conshohocken, PA, USA*.

Banzon, J. A. (1980). The coconut as a renewableenergy source. *Philippine Journal of coconut Studies*.

Burgos Campuzano, G. E., & Jaramillo Quiroz, J. L. (2015). *Aprovechamiento de los residuos de cacao y coco para la obtención de carbón activado, en el cantón Milagro, provincia del Guayas* Universidad de Guayaquil. Facultad Ciencias Químicas].

Bustamante García, V. (2011). *Evaluación del proceso de producción de carbón vegetal de residuos de Quercus sideroxyla humb & bonpl., en hornos tipo colmena brasileño* Universidad Autónoma de Nuevo León].

Cabrera Rodríguez, E., León Fernández, V., Montano Pérez, A. d. l. C., & Dopico Ramírez, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Centro azúcar*, *43*(4), 27-35.

Carreño, L., Salas, D., & Beltrán, K. (2017). Prevalence of leptospirosis in Colombia: systematic literature review. *Revista de salud publica*, *19*, 204-209. https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/http:/dx.doi.org/10.15446/rsap.v19n2.54235

Chavarría, L. (2010). *COCO*. DESCA:Programa desarrollo económico sostenible en centroamérica.

Ciapponi, A., Alcaraz, A., Calderón, M., Matta, M., Chaparro, M., Soto, N., & Bardach, A. (2016). Carga de enfermedad de la insuficiencia cardiaca en América Latina: revisión sistemática y metanálisis. *Revista Española de Cardiología*, *69*(11), 1051-1060.

Cruz Chaulissant, M. (1990). Salud y trabajo: el caso de las emanaciones de gases en el Complejo Industrial de Mayagüez. *PR health sci. j*, 123-125.

D. Granados Sánchez, & Ríos, G. F. L. (2002). Manejo de la palma de coco (Cocos Nucifera L.). *Revista chapingo*, *8*(001).

Demirbas, A. (2016). Calculation of higher heating values of fatty acids. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, *38*(18), 2693-2697.

El-Comercio. (2013). Ecuador no conoce con exactitud su patrimonio de árboles

maderables. *El-Comercio*. http://www.elcomercio.com.ec/sociedad/Ecuador-arboles-medio-ambiente-madera-ecosistema_0_1018698121html

FAO. (2010). *Global Forest Resource Assessment*.

FAO. (2021). *Production of Coconuts: top 10 producers*. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

Ferrer Botero, S., & González Vega, S. (2021). Plan de negocio para la producción y comercialización de carbón vegetal a base de residuo de coco.

Flores, I. (2020). *Elaboración del carbón de cáscara de coco*. https://www.youtube.com/watch?v=9oOVPDiZM30

Forero Nunez, C. A., Jochum, J., & Sierra Vargas, F. E. (2012). Characterization and feasibility of biomass fuel pellets made of Colombian timber, coconut and oil palm residues regarding European standards. *Environmental biotechnology*, *8*.

Frau, C., Ferrara, F., Orsini, A., & Pettinau, A. (2015). Characterization of several kinds of coal and biomass for pyrolysis and gasification. *Fuel*, *152*, 138-145.

Kabir, R., Sulainman, A., Yusupb, S., Dol, S., Inayat, M., & Umar, H. (2022). Exploring the potential of coconut shell biomass for charcoal production. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.05.013

Liew, R. K., Nam, W. L., Chong, M. Y., Phang, X. Y., Su, M. H., Yek, P. N. Y., Ma, N. L., Cheng, C. K., Chong, C. T., & Lam, S. S. (2018). Oil palm waste: An abundant and promising feedstock for microwave pyrolysis conversion into good quality biochar with potential multi-applications. *Process Safety and Environmental Protection*, *115*, 57-69.

López, S. (2016). *Plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de carbón vegetal a partir de cáscara de coco en la ciudad de Quito* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Quito. http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5069

Luna, D., González, A., Gordon, M., & Martín, N. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS*, *64*(10), 39-48.

Mahfouz, A., Gad, M., El Fatih, A., & Emara, A. (2018). Comparative study of combustion characteristics and exhaust emissions of waste cooking-diesel oil blends. *Ain Shams Engineering Journal*, *9*(4), 3123-3134.

Marrugo, G., Valdes, C. F., & Chejne, F. (2016). Characterization of Colombian agroindustrial biomass residues as energy resources. *Energy & Fuels*, *30*(10), 8386-8398.

Ministerio-de-Energía_Autoridad-Central-de-Electricidad_Gobierno-de-la-India. (2012). *Toda la capacidad instalada de generación de energía de la región de la India*. India Retrieved from http://www.cea.nic.in/reports/monthly/executive_rep/jun12/8.pdf

Nabi, S., Qaisar, K., Rather, S., Khan, P., & Nabi, B. (2017). Fuelwood Characteristics of Some Important Tree Species in Prevalent Agroforestry Systems of District Budgam, Kashmir Valley. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(11), 3801-3806. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.445

Nayar, M. (2017). Taxonomy and Intraspecific Classification. In M. Nayar (Ed.), *The Coconut* (pp. 25-50). Academic Press. https://doi.org/doi.org/10.1016/B978-0-12-809778-6.00003-6

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. E. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.

International journal of surgery, *88*, 105906.

Quito Loor, A. J. (2016). *Aprovechamiento de los residuos de coco para su uso interno Y exportación* Universidad de Guayaquil].

Saldarriaga, J. F., Aguado, R., Pablos, A., Amutio, M., Olazar, M., & Bilbao, J. (2015). Fast characterization of biomass fuels by thermogravimetric analysis (TGA). *Fuel*, *140*, 744-751.

Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). *Reporte del Sector Maderero de Ecuador*. https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/06/Sector-maderero-Ecuador-aprobado-1.pdf

Saravanan, V., Parthiban, K., Kumar, P., Anbu, P., & Ganesh Pandian, P. (2013). Evaluation of fuel wood properties of Melia dubia at different age gradation. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, *1*(6), 8-11.

Song, H., Liu, G., & Wu, J. (2016). Pyrolysis characteristics and kinetics of low rank coals by distributed activation energy model. *Energy Conversion and Management*, *126*, 1037-1046.

Soriano, M. D., Garcia, F., & Garcia-España, L. (2022). *Residuos de coco. Arte y vermicompostado para su reutilización*. Valencia, España.: Actas del III Congreso Internacional sobre Patrimonio Alimentario y Museos

Trisunaryanti, W., Wijaya, K., Triyono, T., Wahyuningtyas, N., Utami, S., & Larasati, S. (2022). Characteristics of coconut shell-based activated carbon as Ni and Pt catalyst supports for hydrotreating Calophyllum inophyllum oil into hydrocarbon-based biofuel. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *10*(5). https://doi.org/doi.org/10.1016/j.jece.2022.108209.

Xue, Q., & Fox, R. O. (2015). Computational modeling of biomass thermochemical conversion in fluidized beds: particle density variation and size distribution. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *54*(16), 4084-4094.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 El Coco (Cocos nucifera L.)

Es una planta del tipo palma de la familia Arecaceae que se da principalmente en zonas con ambientes tropicales, su tasa de crecimiento es rápida por lo que su longevidad suele ser alta de unos aproximados 60 años. Es una de las plantas más adaptables y valiosa, ya que, desde su tallo hasta su fruto, proporciona muchos productos y servicios sobre todo en lugares donde la región tiene un clima tropical o subtropical (Nayar, 2017).

6.1.1 Taxonomía del coco *(Cocos nucifera L.*).

Tabla 4: Información de la Taxonomía del Coco *(Cocos nucifera L.).*

Info	**Descripción**
Reino	Proviene del reino **Plantae** donde se agrupa la gran mayoría de los organismos autótrofos ya que producen su propio alimento a través de la fotosíntesis.
División	Su división es la **Magnoliophyta** la cual también es conocida como **Angiospermas** o plantas que contienen flores, esto incluye a un sinnúmero de especies de plantas terrestres que son especiales ya que contienen flores y frutos.
Clase	Pertenece a la clase de **Liliopsida** donde se incluyen a las monocotiledóneas ya que al contener una sola hoja embrionaria las demás hojas se van formando generalmente a partir de venación paralela, flores trímeras (esto quiere decir que están en partes con múltiplos de tres) y finalmente tienen las raíces de tipo adventicias lo que permite la filtración más rápida de agua y demás nutrientes del suelo.
Orden	Está catalogado en el Orden de las Arecales, ya que en este influyen las palmas, y los cocoteros se caracterizan por sus hojas grandes pinnadas verde intenso y por sus flores en inflorescencias.
Familia	Aracaceae (la cual se la conocía como Palmae), se caracteriza sobre todo por sus tallos que no son ramificados, hojas tipo pinnadas y los frutos que por lo general son carnosos con grandes recubrimientos para su protección.

Genero	El género Cocos se influye solo para dos especies más reconocidas que son; Cocos nucifera y Cocos nucifera subsp. Estas dos especies se diferencian por la forma en que generan sus frutos y su distribución geográfica.
Especie	*Cocos Nucifera L.* también conocida como cocotero es la más conocida que produce el fruto coco la cual es muy utilizada en todo el mundo para la creación de un sinfín de productos y subproductos.

Fuente: (Nayar, 2017)

6.1.2 Producción de coco a nivel mundial.

Según FAO (2021), los países más productores de coco en el mundo que se muestran en la tabla 5, está liderando Indonesia con una producción durante el año 2021 de 17,159,937 toneladas, Indonesia es uno de los países tropicales con variedad de islas donde existen centros de cultivos de coco, dentro de esta producción de cocos se encuentran diferentes tipos como coco verde, coco Early Entonk, coco Gading, coco fragante de Pandan, el coco Kopyor, entre otros.

Tabla 5: Clasificación de países productores de coco del mundo en el 2021

Ranking	**Países**	**Producción durante el 2021 expresado en toneladas (ton)**
1	Indonesia	17,159,937
2	Filipinas	14,717,293
3	India	14,301,000
4	Sri Lanka	2,496,000
5	Brasil	2,457,860
6	Vietnam	1,866,181
7	Papúa Nueva Guinea	1,813,553
8	Birmania	1,238,307
9	México	1,120,093
10	Tailandia	797,700

Fuente: (FAO, 2021)

6.1.3 Usos del coco.

a) Sector Industrial

La copra desempeña un papel esencial como materia prima versátil. Uno de sus principales usos es como fuente de extracción de aceite, utilizada en varias aplicaciones. Además, la copra se emplea en su forma deshidratada en la producción de alimentos enlatados, y también es un componente crucial en la fabricación de productos cosméticos como jabones, champús y otros artículos de cuidado personal.

El endocarpio, que es la capa protectora que rodea la copra, tiene múltiples usos importantes en la industria. Este componente se aprovecha para la producción tanto de carbón simple como de carbón activado, siendo fundamental en procesos industriales y aplicaciones de filtración y purificación. Además, el endocarpio se utiliza como una fuente de combustible para calderas industriales, contribuyendo así a la generación de energía térmica en los procesos productivos. Estas diversas aplicaciones del endocarpio de la copra demuestran su valiosa contribución en la optimización de recursos y en la producción sostenible en la industria (Chavarría, 2010).

b) Ganadería

La harina de coco se obtiene tras el proceso de extracción de aceite y tiene un propósito valioso en la alimentación. Se utiliza como fuente de alimento adicional para el ganado en períodos de sequía invernal. Cuando las lluvias son escasas durante el invierno, esta harina de coco actúa como una alternativa nutricional que ayuda a satisfacer las necesidades alimenticias del ganado, además, las hojas de coco tienen su propio uso esencial en la industria ganadera. Se aprovechan como forraje, proporcionando una fuente adicional de alimento para el ganado cuando la calidad de la alimentación afecta a condiciones climáticas adversas, como inviernos difíciles. Estas hojas de coco ofrecen un recurso alimenticio valioso que contribuye a mantener la salud y el bienestar del ganado durante situaciones desafiantes (Chavarría, 2010).

c) Construcción

La madera de coco se convierte en un recurso esencial en la construcción, aprovechada para erigir estructuras, desde viviendas y puentes hasta instalaciones agropecuarias. Las propiedades versátiles de esta madera permiten su aplicación en la fabricación de casas,

puentes y granjas, brindando una alternativa sostenible y duradera en la edificación de infraestructuras. Un uso adicional valioso proviene de las palmas de coco, cuyas hojas se emplean como material para techos. Estas hojas proporcionan una capa protectora natural que cubre las estructuras, creando refugios resistentes y a la vez respetuosos con el entorno. Además, en la esfera del mobiliario, la corteza exterior dura del coco juega un papel significativo. Esta corteza se utiliza en la fabricación de muebles, aportando una solidez y textura únicas a las piezas. Su capacidad para resistir y mantener su integridad hace que sea una elección excelente para elementos duraderos y estéticamente atractivos en la industria del mobiliario. La versatilidad de la madera de coco y sus diversas aplicaciones en la construcción y en la fabricación de muebles demuestran su valor multifacético y su contribución a la sostenibilidad en diversos sectores (Chavarría, 2010).

6.2 Cáscara de coco

Se tiene contexto que se le llama comúnmente cáscara a la parte fibrosa verde que se nota a simple vista, no obstante, esto es erróneo, el termino cáscara se aplica tanto para la parte de fibra como para el endocarpio o parte dura que recubre la zona donde se almacena el agua del coco, aunque esto relevante para algunas investigaciones, sin embargo, las dos partes tienen diferentes usos, la fibra se emplea ampliamente en el área de aislantes térmicos y en la industria de textiles, y por otra parte, el endocarpio o parte dura se utiliza como recipiente, combustible o en diferentes artesanías (D. Granados Sánchez & Ríos, 2002).

Es una parte del coco, natural, totalmente orgánico y un recurso renovable por lo que tiene un gran potencial y múltiples usos, muestra un alto contenido de lignina aproximadamente de 42.30% y bajo contenido de Holocelulosa, como se sabe la lignina es un recurso renovable ampliamente utilizado en diferentes campos de la industria no alimentaria como son la producción de biocombustibles, recubrimientos, creación de antioxidantes, entre otros. Estas características hacen que la cáscara de coco sea apta para su aprovechamiento como una fuente de energía (Cabrera Rodríguez et al., 2016).

6.2.1 Cáscara de coco para generación de energía eléctrica.

India es el tercer país productor de coco en el mundo detrás de Filipinas y Malasia, su área de cultivo se estima que es de 1.78 millones de hectáreas generando anualmente 7.562 millones de nueces de coco, esto también genera empleo a millones de personas

del país. En cuanto al sector eléctrico, India emplea el 100% de la cáscara del coco para generar energía, antes el consumo de combustibles era excesivo, el 70% de la generación pertenecían a las plantas de carbón, lo que generaba un poder energético de 143 GW (Giga watts), con la cáscara de coco incorporada para generar energía se podría producir unos 40,25 a 43,9 GW de energía, esta incorporación compensaría la demanda total de energía para todo el país. Esto indica el potencial calórico que tiene solo la cáscara de coco utilizada directamente para generar energía, además que el aprovechamiento del residuo hace que los gastos no sean tan altos (Ministerio-de-Energía_Autoridad-Central-de-Electricidad_Gobierno-de-la-India., 2012).

6.3 El carbón y la Contaminación ambiental.

El carbón vegetal es uno de los primeros materiales empleados por las personas, y su uso se remonta al inicio del fuego. Inclusive, los fragmentos de madera carbonizada que quedan en ciertas hogueras pueden considerarse una forma básica de carbón vegetal. Este tipo de carbón se utiliza como fuente de energía, no solo en el ámbito doméstico, también en el industrial, especialmente en naciones en desarrollo. La producción de carbón vegetal genera un impacto ambiental significativo que debe ser reducido buscando nuevas formas de generación de energía sin utilizar recursos naturales como los árboles.

Los gases contaminantes de efecto invernadero como son el monóxido de carbono CO y dióxido de carbono CO_2 son productos inestables que se generan a partir de la quema de carbón, leña o basura y demás combustibles. El monóxido de carbono tiene la característica de ser un gas sin color, sin olor y no irritante, que al ser emanado en cantidades grandes este se vuelve toxico (Cruz Chaulissant, 1990). Las actividades que involucran la quema de hornos de carbón no tienen las correctas restricciones que deben tener, la mayoría de las industrias o empresas no cuentan con una manera adecuada de medir cuánta contaminación causan al medio ambiente. Esto hace que no se pueda determinar con certeza cuánto daño están causando, el plan más estratégico que se escoge es el trasladar estos hornos a lugares alejados de la sociedad (Bustamante García, 2011). Para que el impacto se minimiza y no descartar el uso del carbón, se elabora un carbón ecológico que tenga características similares al carbón vegetal de madera, la diferencia radica en el uso de biomasas como materia prima, cantidad de CO_2 emanada y las cenizas luego del proceso de combustión.

El carbón ecológico a partir de biomasas es una opción adecuada para minimizar el

consumo de carbón vegetal proveniente de madera de bosques, dentro de estas posibles biomasas que actualmente son utilizadas para la generación de energía tenemos: cáscara de arroz, cáscara de arroz, bagazo de caña, cáscara de coco, paja, cáscara de cacao, tallos de maíz, entre otros. Cada una se emplea de diferente manera con el fin de aprovechar todos los recursos, unos se utilizan para la extracción de biocombustible como aceites y biogás que pueden ser aprovechados en el proceso de elaboración de cada uno de estos minimizando costos de energía externa.

6.4 Aprovechamiento de residuos.

La reutilización de residuos de origen agroindustrial para la elaboración de productos renovables es uno de los temas más prioritarios en general, sin embargo, existe una regulación por medio de normativas de diferentes estados lo que disminuye la investigación acerca del potencial en algunos de estos residuos, esto se debe a que suelen existir contaminantes emergentes por lo que suelen haber este tipo regulaciones. "Actualmente en la Agroindustria que utiliza como materia prima el coco, el porcentaje de residuos aprovechados es de 17% dejando el 83% restante residuo sin aprovechar" (Soriano et al., 2022). Es sobre todo dar nuevo propósito o valor a los materiales que originalmente se consideraban como desechos. En lugar de simplemente desechar los residuos y enviarlos a vertederos o incineradores, la reutilización implica encontrar formas de utilizar esos materiales nuevamente en la fabricación de nuevos productos o en otros usos beneficiosos.

Para la cáscara de coco existente en Ecuador, Quito Loor (2016) establece que "la creación de un centro de acopio sea una solución viable para el aprovechamiento que tienen los residuos provenientes del fruto Coco, además que contribuiría al desarrollo económico especialmente a los comerciantes de coco", se proyecta también un flujo de procesos como se muestra en la figura 4, donde explica cómo será cada una de las etapas del acopio.

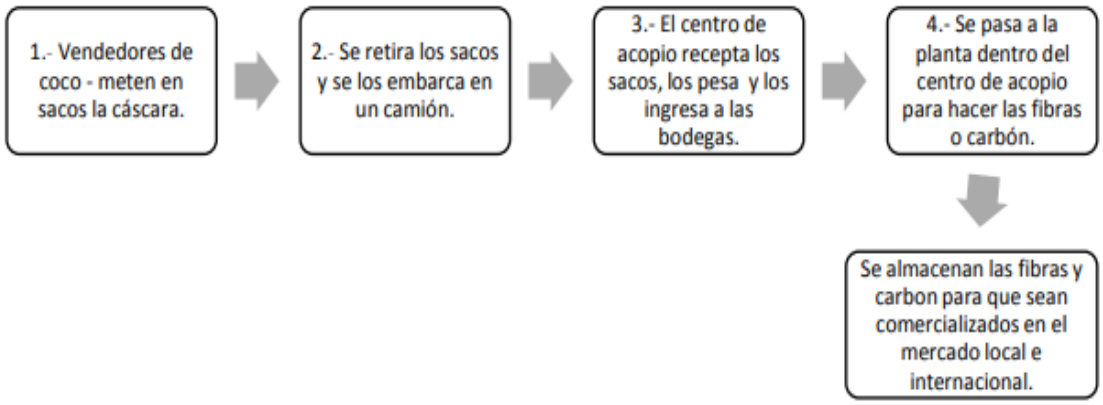

Figura 4. Proceso de operación del centro de acopio la "Cáscara de Coco"

Fuente: (Quito Loor, 2016)

Este plan estratégico permitirá la comercialización de cáscara de coco a nivel nacional y posiblemente internacional.