



La economía circular de los desechos generados por la gramínea de arroz frente al efecto ambiental

The circular economy of the waste generated by the rice grass versus the environmental effect

A economia circular dos resíduos gerados pelo capim-arroz versus o efeito ambiental

Julio Cesar López-Ayala ^I

julio.lopez@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8625-1091>

Ximena Rashell Cazorla-Vinueza ^{II}

ximena.cazorla@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Goering Octavio Zambrano-Cárdenas ^{III}

goering.zambrano@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6975-8539>

Wilson Ferney Chancusig-Marcillo ^{IV}

ferneychancusig@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2155-6986>

Correspondencia: julio.lopez@esPOCH.edu.ec

Ciencias de Económicas y Empresariales

Artículo de investigación

***Recibido:** 10 de enero de 2021 ***Aceptado:** 15 de febrero de 2021 * **Publicado:** 05 de marzo de 2021

- I. Magister en Formulación, Evaluación y Gerencia de Proyectos para el Desarrollo, Docente de las Carreras: Ingeniería en Minas, Tecnología de la Información, Zootecnia y Ambiental, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Macas, Morona Santiago, Ecuador.
- II. Master en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa, Docente de las Carreras: Ingeniería en Ambiental, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Macas, Morona Santiago, Ecuador.
- III. Magister en Agroindustrias Mención en la Calidad y Seguridad Alimentaria, Docente de las Carreras: Ingeniería en Zootecnia y Ambiental, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Macas, Morona Santiago, Ecuador.
- IV. Investigador Independiente, Macas, Morona Santiago, Ecuador.

Resumen

A partir de la fundición de la cascarrilla de arroz se obtuvo la extracción de sílice de alta pureza, siendo el mismo el componente principal para elaboración de células solares fotovoltaicas, con el objetivo de proporcionar un valor agregado y minimizar el perjuicio al ambiente causado por la incineración no controlada a cielo abierto de los desechos generados por la agroindustria en la producción de la gramínea del arroz. Se presentan el análisis del contenido de silicio (SiO_2) en los desechos de la C A generados en tres apiladoras del país Gran Arroz, Comagrico y Carmita ubicados en la provincia de Guayas, Los Ríos y Loja respectivamente; evaluación que brindara caracterizar este desecho identificando el contenido porcentual de silicio (SiO_2). Para ello, se empleó una metodología experimental mediante un conjunto de condiciones adecuadas con la calcinación de la cascarrilla de arroz a 600°C por una hora y posterior pulverizadas y calentadas a 850 a 900°C por veinticuatro horas, procedimiento evaluado bajo la normativa NTE INEN-ISO 12677 método de perlas fundidas (ISO 12677:2011, IDT). Se realizaron tres ensayos de distintas apiladoras del país obteniéndose un resultado de cenizas sintetizadas de carbono con un contenido superior al 95%, se demostró que existe diferencia significativa para la probabilidad ($P < 0,55$) de rendimiento en la obtención de sílice. Finalmente se concluye la factibilidad de integrar la generación de proyectos de emprendimiento que satisfagan la innovación frente a una economía circular rentable con alto grado de conciencia ambiental en la reducción de los residuos producidos en el sector agrícola por la producción de la gramínea de arroz obteniéndose beneficios ambientales como la mitigación al cambio climático, efecto invernadero, la contaminación de las fuentes de agua, e integrar el hábitat de la vida silvestre y la salud humana.

Palabras clave: Economía; derechos; efecto ambiental; arroz; Ecuador; Manabí, Los Rios; el Oro; producción.

Abstract

From the smelting of the rice husk, the extraction of high purity silica was obtained, being the main component for the elaboration of photovoltaic solar cells, with the aim of providing added value and minimizing the damage to the environment produced by the uncontrolled incineration in the open air of waste generated by agribusiness in the production of rice grass. The analysis of the content of silicon (SiO_2) in the waste of the C A generated in three stackers of the country

Gran Arroz, Comagrigo and Carmita located in the province of Guayas, Los Ríos and Loja respectively; An evaluation that will characterize this waste by identifying the percentage content of silicon (SiO_2). For this, an experimental methodology was used through a set of suitable conditions with the calcination of the rice husk at 600°C for one hour and later pulverized and heated at 850 to 900°C for 24 hours, a procedure evaluated under the NTE regulations. INEN-ISO 12677 method of molten beads (ISO 12677: 2011, IDT). Three tests of different stackers in the country were carried out, obtaining a result of synthesized carbon ash with a content higher than 95%, it was shown that there is a significant difference for the probability ($P < 0.55$) of performance in obtaining silica. Finally, the feasibility of integrating the generation of entrepreneurship projects that satisfy innovation in the face of a profitable circular economy with a high degree of environmental awareness in reducing waste produced in the agricultural sector by the production of rice grass, obtaining benefits is concluded. environmental issues such as mitigating climate change, the greenhouse effect, the contamination of water sources, and integrating wildlife habitat and human health.

Keywords: Economy; Rights; environmental effect; rice; Ecuador; Manabí, Los Rios; gold; production.

Resumo

A partir da fundição da casca de arroz, obteve-se a extração da sílica de alta pureza, principal componente para a elaboração de células solares fotovoltaicas, com o objetivo de agregar valor e minimizar os danos ao meio ambiente causados pela incineração descontrolada na região. a céu aberto com os resíduos gerados pelo agronegócio na produção do capim-arroz. A análise do teor de silício (SiO_2) nos resíduos do C A gerado em três stackers do país Gran Arroz, Comagrigo e Carmita localizados na província de Guayas, Los Ríos e Loja respectivamente; Uma avaliação que caracterizará esse resíduo por meio da identificação do teor percentual de silício (SiO_2). Para isso, foi utilizada uma metodologia experimental por meio de um conjunto de condições adequadas com a calcinação da casca de arroz a 600°C por uma hora e posteriormente pulverizada e aquecida a 850 a 900°C por 24 horas, procedimento avaliado pela regulamentação do NTE . Método INEN-ISO 12677 de grânulos fundidos (ISO 12677: 2011, IDT). Foram realizados três testes com diferentes stackers no país, obtendo-se um resultado de cinzas de

carbono sintetizado com teor superior a 95%, foi demonstrado que existe uma diferença significativa para a probabilidade ($P < 0,55$) de desempenho na obtenção de sílica. Por fim, conclui-se a viabilidade de integrar a geração de projetos de empreendedorismo que satisfaçam a inovação face a uma economia circular rentável com elevado grau de consciência ambiental na redução dos resíduos produzidos no setor agrícola pela produção de capim de arroz, obtendo benefícios ambientais. questões como mitigação de mudanças climáticas, efeito estufa, contaminação de fontes de água e integração de habitat de vida selvagem e saúde humana.

Palavras-chave: Economia; Direitos; efeito ambiental; arroz; Ecuador; Manabí, Los Rios; o ouro; Produção.

Introducción

Impacto ambiental por el desecho producido por la gramínea de arroz

En la última década el impacto ambiental que enfrenta el planeta relaciona directamente al ser humano en la generación de desechos, gran parte proviene de la agricultura. El tema del medio ambiente, con la necesidad de la minimización de las emisiones globales del dióxido de carbono (CO₂), es un punto favorable para el uso de la biomasa.

En Ecuador, la producción la gramínea de arroz es una actividad notable debido que es un alimento altamente consumido por la población. De acuerdo al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) se conoce que su producción en el tercer semestre de 2019 fue de 289 655 ha, representada en una producción de 1 465 674 t.

La provincia del Guayas concentro alrededor del 74% de la producción nacional, seguido por los Ríos, Manabí y el Oro. (MAGAP, 2019). Durante su producción las operaciones agroindustria desechan un subproducto conocido como Cascarilla de Arroz (CA) equivalente al 20% del peso total y convirtiéndose en un residuo. Por consiguiente, la cantidad de CA al tercer trimestre de 2019 considera un valor de 366.418,5 t.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), establece que solo 35% de la cascarilla de arroz se utiliza en la industria florícola y criaderos de animales; la Figura 1 identifica a partir de un total de 65% de generación de la C A, un 50% es quemada dentro de las apiladoras, 25% es quemada en terrenos aislados, 15% colocada al borde de las carreteras, 5 % es depositada en fuentes hídricas y 5% se mezcla con el ambiente por factores del viento, motivo por el cual la presente investigación identificó alternativas de destino final acorde a políticas

ambientales y desarrollo de procesos productivos que identifiquen criterios actuales frente a una economía circular.

Figura 1: Destino de la cascarilla de arroz



Fuente: MAGAP, 2010.

Por otra parte, la combustión y las emisiones producidas por la biomasa están relacionadas al carbono y oxígeno, el caso de la CA su análisis considera el quemar su biomasa y analizar su reacción química; al observar su comportamiento se considera la formación de dióxido de carbono (CO₂) como una combustión completa, es decir la biomasa se quema totalmente. Por otro lado, cuando la combustión es incompleta, se forma monóxido de carbono (CO) hidrocarburos (HCs, e.g. metano), N₂O y otros materiales; generando impactos ambientales con la generación de gases de efecto invernadero y problemas a nivel de la salud de los seres vivos.

El silicio presente en los desechos generados en la producción agrícola del arroz

La cascarilla de arroz tiene características de poseer un tejido vegetal constituido por celulosa y compuestos inorgánicos como el dióxido de silicio (SiO₂) conocido como sílice. A partir del análisis aproximado mediante el tratamiento térmico se puede obtener cenizas de la cascarilla de arroz, las mismas están compuestas principalmente por dióxido de silicio.

La cascarilla de arroz calcinada contiene un alto contenido de sílice. Mediante un procedimiento de calcinación produce una alta cantidad de ceniza, entre 13 y 29% del peso inicial, la cual está compuesta principalmente por sílice, 87-97%, y pequeñas cantidades de sales inorgánicas. (Cerón, 2012). A través de la calcinación y fundición de la cáscara de arroz, a través de un horno, que llegue a temperatura a entre 900 grados, donde se transforma la cáscara bruta en arena como

primera fusión, posterior la arena depurada en silicio mediante una segunda fusión y el silicio común es obtenida para la aplicación de grado solar donde se cortan las células y se instalan en los paneles fotovoltaicos. Proceso que garantiza un rendimiento productivo en un 20% y de alta calidad. (Caroldi, 2006).

Los residuos de la cascarilla de arroz se pueden aprovechar y extraer el silicio orgánico líquido actividad que es utilizada mediante un proceso simple por los agricultores del país, según SINAGAP (2013), la producción de arroz en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí es del 95 % de la producción nacional, siendo los cantones Daule en la provincia del Guayas y Babahoyo en la provincia de Los Ríos los de mayor producción.

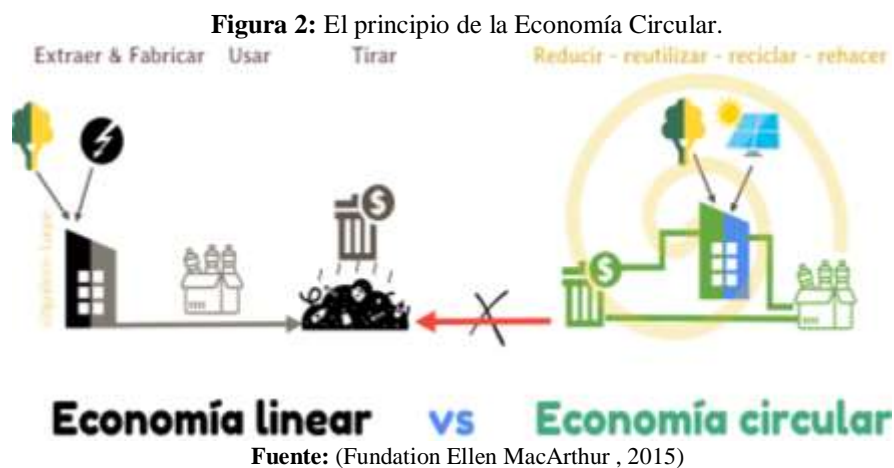
La economía circular de los desechos generados por la gramínea de arroz frente al efecto ambiental

De acuerdo, a la demanda mundial de silicio su tendencia al año 2006 por la industria de los paneles solares fue alrededor de 25.000 toneladas; en el nuestro país, según Rafael Horna Zapata (2018), la C A se produce silicio orgánico, valioso fertilizante para la agricultura, y puede ser aprovechado el 65% de silicio que contiene la cascarilla y poder devolver a la tierra como silicio líquido o silicio sólido que constituye la ceniza, apto para todos los cultivos agrícolas. Un producto que puede ser obtenido de la CA, es la sílice, que actualmente es utilizado en el mercado innovador con la producción de paneles solares, línea de negocio que establece un estrecho vínculo en la generación de proyectos de emprendimiento con conciencia ambiental y generador de valor agregado a una economía circular conforme el uso racional de este tipo de residuos.

El mercado mundial demuestra una gran demanda en la producción de dióxido de silicio (SiO_2) de alta pureza, es ahí que se ha identificado alternativas tales como su extracción a partir de los desechos de la C A. Según Carlos del Cañizo (Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid, 2018), menciona que el silicio de las células solares fotovoltaicas, se suele extraer de la arena siendo un procedimiento bastante complejo, con ello el quemar la cáscara de arroz es una opción viable donde se obtendrá un 18 % de ceniza, que contiene un 92 % de silicio (SiO_2). Pureza que es posible por medio de una aplicación de métodos tecnológicos por medio de un tratamiento térmico.

La C A es un residuo que tiene gran potencial hacia una economía circular en remplazo a una lineal que conlleva ‘tomar, usar y desechar’; actualmente y en busca de una verdadera conciencia ambiental, el recurso de los desechos circula a valores altos, evitando o reduciendo la necesidad de los recursos primarios y por ende la contaminación y emisiones (Fundation Ellen MacArthur , 2015).

La Figura 2 esquematiza la diferencia entre una economía lineal frente a la nueva tendencia de una circular. El proceso de obtención de silicio, su precio de producción para energía solar se ve reducido en un 60%, ya que un kilo de silicio cuesta 60 dólares en el mercado convencional mientras que, gracias al aprovechamiento de las cáscaras del arroz, ahora el precio está por debajo de los 20 dólares. (Caroldi, 2007). La creciente variación de precios y las restricciones en el suministro de recursos primarios, han obligado a generar proyectos en base a políticas ambientales, normativas sobre responsabilidades del productor y nueva cultura del consumidor; para ello el desarrollo la solución a la disposición final de desechos obliga a generar ideas innovadoras con el principio fundamental de reducir, reutilizar, reciclar y rehacer.



Metodología

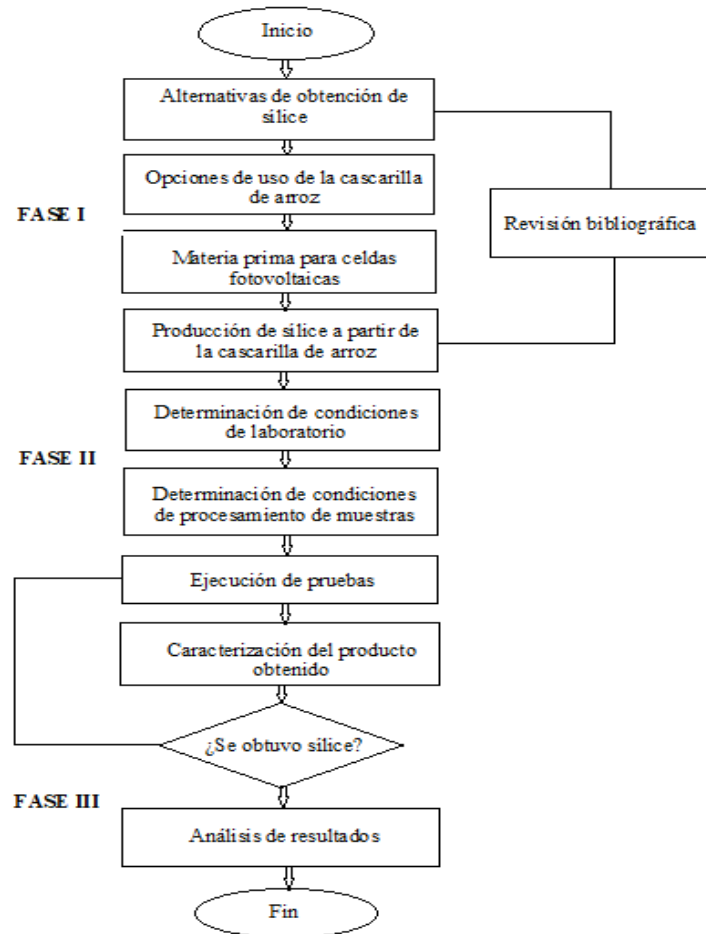
Producción de sílice a partir de cascarilla de arroz

La metodología en la presente investigación fue de tipo cuantitativa experimental, donde se estableció como fase inicial la identificación y obtención de silicio a partir de la C A; posterior a ello se realizó los ensayos de laboratorio donde su principal variable experimentada es la temperatura de calcinación con distintas muestras registradas en tres piladoras del país.

En la actualidad existen varios estudios que relacionan el proceso de producción de cenizas de cascarilla de arroz, sin embargo la investigación desarrollada permitió observar la importancia del medio ambiente en cuanto a una posible reducción de la C A mediante la ejecución de un proceso térmico para obtención de sílice, caracterización porcentual que contrastó la utilización como materia prima en la aplicación productiva para generar valor agregado con la implementación de un proyecto de emprendimiento que aportara de forma significativa a la economía circular del país.

El flujograma mencionado la Figura 3, muestra las tres fases al desarrollo de la metodología investigativa donde inicialmente se identificó el problema de investigación, posterior se establecieron parámetros de experimentación en conjunto a pruebas de laboratorio y finalmente se analizaron los resultados obteniéndose una caracterización del compuesto obtenido.

Figura 3: Flujograma de muestras en tres fases al desarrollo de la metodología investigativa



Obtención del sílice a partir de las cenizas de la C A

La Ceniza de Cascarilla de Arroz es el residuo sólido obtenido luego del proceso de combustión de la CA. Entre sus propiedades y composición química dependen de las características del lugar de procedencia, tratamiento químico y condiciones de incineración; las variaciones se deben al contenido y comportamiento del óxido de silicio, con una morfología no amorfa a temperaturas entre 800 a 850°C siendo parcialmente cristalina de color blanca por presencia de la sílice en su composición. (Prasara-A & Gheewala, 2016).

La cascarilla de arroz térmicamente tratada contiene un alto contenido de sílice. Al ser sometida a un procedimiento de calcinación produce concentraciones elevadas de ceniza, entre 14 y 30% del peso inicial, misma que está compuesta principalmente por sílice, 88-98%. Debido al fino tamaño de partícula y su reactividad de la sílice, la ceniza calcinada de la C A se lo utiliza en la industria del cemento y como fuente para la preparación de compuestos de silicio; así como en la producción de sílice activada y silicio grado solar. (Cerón, 2012).

Prasad & Pandey, (2012) menciona que la CCA obtenidas mediante un proceso de combustión al someterse a una calcinación sus componentes químicos son evaluados de acuerdo al peso porcentual, valores que son expuestos en la Tabla 1 se menciona un alto contenido de materia orgánica con presencia de humedad (73.87%). Los compuestos restantes son de origen inorgánico, resaltando el óxido de silicio o sílice al ser el compuesto mayoritario (entre 20% a 22%), sobre los óxidos metálicos de aluminio, hierro, calcio, magnesio, entre otros considerados como impurezas.

Tabla 1: Análisis químicos obtenidos de la calcinación de la cascarilla de arroz

Compuesto	% Peso
Silicio (SiO ₂)	22.12
Aluminio (AL ₂ O ₃)	1.23
Hierro (FE ₂ O ₃)	1.28
Calcio (CaO)	1.24
Magnesio (MgO)	0.21
Materia organica y humedad	73.87

Fuente: Prasad & Pandey, 2012.

Caracterización de la C A de la piladoras del cantón Guayas, Macará y Babahoyo

La obtención de silicio a partir de la C A converge a una tecnología acorde a un proceso de combustión con el control al aire (O₂), alcanzando una generación de (CO₂) menor al convencional, para que esto suceda es necesario el secado de la CA (entre 100° C y 150 °C) obteniéndose la vaporización del agua, posterior se inicia la etapa de calentamiento a una temperatura entre (150° y 230° C), el calor es liberado e inicia un proceso de oxigenación y fundición alrededor de los 300° C y 400° C experimentándose la combustión espontanea. (Toscano, 2009).

Para obtener la caracterizaron a la CA es necesario obtener un procedimiento normado para la presente investigación se generó un muestreo en tres piladoras del país y posterior mediante técnicas de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier [FTIR, por sus siglas en inglés], Microscopía Electrónica de Barrido [SEM, por sus siglas en inglés] se obtuvieron resultados

Inicialmente se arrancó con el análisis de la población de estudio obteniéndose tres muestras tomadas a los residuos de la CA generados por las piladoras Carmita en el cantón Macará en la provincia de Loja, Comagrigo en el cantón Babahoyo en provincia de Los Ríos y Gran Arroz cantón Yahuachi en la provincia del Guayas; muestras que fueron caracterizadas para lo cual la Tabla 2 complementa la información de la capacidad productiva en las tres piladoras de arroz, mismas que generan gran cantidad de C A siendo estas parte central al análisis y desarrollo de la investigación.

Tabla 2: Población de estudio en generación de C A en piladoras de arroz.

PROVINCIA	PILADORA ARROCERA	CANTÓN	PRODUCCIÓN DE CASCARILLA DE ARROZ (T/MES)
GUAYAS	Gran Arroz	Yahuachi	4.400,00
LOS RÍOS	Comagrigo	Babahoyo	2.000,00
LOJA	Carmita	Macará	960
TOTAL			7.360,00

Fuente: Autores, 2021

Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra (n), se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{Z^2 P Q + N e^2}$$

Dónde:

(Z): es el nivel de confianza = 1,96

(e): es el grado de error = 0,05 (5%)

(N): es el universo de biomasa de la cascarilla de arroz = 7.360 t/mes

(P): es la probabilidad de ocurrencia = 0,5

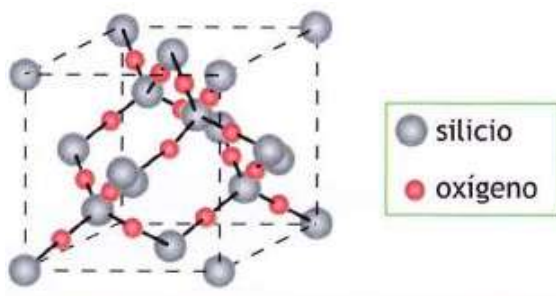
(Q): es la probabilidad de no ocurrencia = 0,5

El universo está constituido por la producción total de C A de las tres piladoras definidas anteriormente en la Tabla 2; con un nivel de confianza del 95%, que equivale al valor de 1,96 con un margen de error del 5%, con una probabilidad de éxito del 50%, al igual, un 50% de probabilidad de fracaso. Obteniéndose una muestra (n) de C A de 0,000130489 toneladas equivalente 1 kilogramo.

Caracterización del silicio

La C A es rica en dióxido de silicio (SiO_2); estructuralmente es una red tridimensional que se genera cuando todos los átomos de oxígeno de cada tetraedro son compartidos con tetraedros adyacentes como se muestra en la Figura 24.

Figura 4: Estructura del dióxido silicio.



Fuente: (Sisla, 2011).

La C A es sometida a caracterización fisicoquímica, las 3 muestras fueron trasladadas a la ciudad de Azogues al laboratorio de control de calidad de la empresa UCEM S.A, mediante el método de perlas fundidas, las muestras de cascarilla y de ceniza, fueron analizadas con la finalidad de

obtener su composición química, determinándose los componentes básicos de la cascarilla de arroz (TA) descrito a continuación:

- Documento normativo: NTE INEN-ISO 12677 TÍTULO: análisis químico de productos refractarios por fluorescencia de rayos X (XRF). Método de la perla fundida (ISO 12677:2011, IDT).
- Revisión del estado de la cascarilla, verificando que no haya impurezas y no se haya condensado ya que las muestras fueron almacenadas en fundas plásticas.
- Se aplica el protocolo para perlas fundidas NTE INEN-ISO 12677. Citado de (INEN, 2014).
- Molienda de la muestra
- Se pulveriza 10 gramos de cascarilla de arroz con un mortero
- Pérdida por calcinación (y/o secado)
- Se procede con la medición de pesos con la Balanza marca OHAUS visualizada en la Figura 5, se aplica 10 gramos de fundente y 10 gramos de CA.
- Elección del fundente y proporción fundente/muestra
- El fundente es un elemento que acompaña a la muestra, de la marca de Katanax, generalmente es un fundente de borato de litio, es sólido a temperatura ambiente y debe licuarse para disolver cualquier cosa. Ésta es la única razón por la que el proceso requiere calor. Por lo tanto, la temperatura de fusión real depende casi exclusivamente de la mezcla de fundente, citado de la página de la máquina: (Katanax company, 2020).
- Compensaciones para la humedad del fundente
- Se valida visualmente que no haya presencia de humedad, y se ingresa al horno de precalentamiento, los hornos de precalentamiento son ideales para la combustión de muflas y de masas de inclusión rápidas.

Figura 5: Balanza electrónica OHAUS.



Fuente: (UCEM S.A., 2020).

- Se coloca a 950 °C por el lapso de 30 minutos, en este proceso se verifica que la fundición no contenga grumos, burbujas.
- Se vierte la colada en los moldes que contendrán las perlas fundidas, no debe existir burbujas para la lectura por fluorescencia.
- Básicamente el equipo se encarga de fundir el material, en este caso la cascarilla y las cenizas de la cascarilla, para obtener perlas fundidas o muestras fundidas sin flamas.
- Fusión de las muestras y colado de las perlas.
- Preparación automática de las perlas.
- Almacenamiento.
- Terminada la fusión se deja reposar para que tenga temperatura ambiente y se proceda a codificar o marcar y se almacena en una vitrina de vidrio libre de humedad.
- Puede existir riegos de seguridad industrial por lo que se recomienda el uso de EPP's más de 0,25 g de agente no humectante LiBr por crisol.
- Nunca vierta directamente fundidos de fusión en calientes preparados con fundentes a base de sodio. (Deje que la masa fundida se enfríe en el crisol y luego disuelva manualmente el sólido en el ácido diluido).
- Nunca supere una proporción de 1: 5 (muestra: fundente de litio)
- Utilice siempre el equipo de protección adecuado: careta (o gafas de seguridad), bata de laboratorio y guantes, y en cuanto a la calidad de la pastilla fundida debe estar libre de burbujas y sedimentos.

Los materiales ingresan al analizador de rayos XRF, equipo representado en la Figura 6, máquina de fusión Katanax K2 Prime tiene 6 posiciones, permitiendo la preparación de hasta 24/30 muestras por hora, también puede hacerse oxidación de sólidos en K2 Prime. Citado de la página de la máquina: (Katanax company, 2020), equipo que analiza la mineralogía presente en las distintas muestras, identificando porcentaje de óxidos y minerales, para obtener resultados en cuanto a valores de saturación y módulos de sílice y alúmina.

Figura 6: Analizado de rayos XRF.



Fuente: (UCEM S.A., 2020).

1. Se procede a dejar las muestras bajo una temperatura de 950°C para obtener el ensayo de perlas fundidas identificadas en la Figura 7, evitando que exista burbujas y grumos.
2. Estas muestras permanecen por el lapso de 40 minutos, es el tiempo que tarda en concluir el método de perlas fundidas.
3. Una vez terminado el proceso se debe marcar, para enviar a la máquina de fluorescencia S8 TigerBruker para analizar los componentes que existen en las perlas fundidas.
4. El tiempo de duración es de 4 a 5 minutos para analizar los materiales existentes en las perlas.
5. Los equipos deben ser calibrados después de un turno de producción de 8 horas.

Figura 7: Ensayo de perlas fundidas.



Fuente: (UCEM S.A., 2020).

Resultados

El análisis químico de la cascarilla de arroz, determino que posee carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre, ceniza comprobándose que tiene los componentes elementales de una sustancia combustible. La Tabla 3, emite los resultados de la composición de minerales de las cenizas de la CA seleccionados del análisis de la composición química de las muestras de cascarilla pertenecientes a los cantones de Babahoyo, Macará y Yaguachi con los porcentajes de contenido y sus elementos químicos, con niveles superiores al 90% de silicio.

Tabla 3: Composición mineral de las cenizas de las cascarillas seleccionadas para la investigación.

<i>ELEMENTOS QUÍMICOS</i>	<i>CASCARILLA BABAHOYO</i>	<i>CASCARILLA MACARÁ</i>	<i>CASCARILLA GUAYAS</i>
<i>Fecha</i>	15/2/2019	15/2/2019	15/2/2019
<i>SiO₂ (%)</i>	92,81	91,94	93,15
<i>Al₂O₃ (%)</i>	0	0	0
<i>Fe₂O₃ (%)</i>	0,09	0,09	0,11
<i>CaO (%)</i>	0	0	0
<i>MgO (%)</i>	0,58	0,46	0,35
<i>Na₂O (%)</i>	0,42	0,93	0,43
<i>K₂O (%)</i>	3,28	3,39	3,39
<i>SO₃ (%)</i>	0,31	0,29	0,39
<i>TiO₂ (%)</i>	0	0	0
<i>P₂O₅ (%)</i>	1,16	1,05	0,85
<i>MnO (%)</i>	0,12	0,62	0,1

A continuación, se detalla los valores obtenidos de la composición de las cenizas tomadas en la piladora Gran arroz en la provincia del Guayas, misma que después de haber sido utilizada como combustible para el secado de arroz, su residuo es ceniza, este elemento contiene el 94,18 % de silicio.

Demostración experimental

En base al análisis de caracterización y bajo una sustitución porcentual, la frontera del estudio se limita al análisis físico químico de la cantidad presente del mineral del silicio, para lo cual la Tabla 4 muestra el procesamiento realizado en base a una codificación generada en las distintas muestras recolectadas los resultados entregados por el laboratorio contratado para la presente investigación, mismos que son tabulados mediante el uso de ANOVA entre el grupo de tratamiento y control de cascarilla de arroz (CA)- sílice (SI) de la zona de tratamiento Macara, Babahoyo y Guayala respectivamente.

Tabla 4: Porcentaje de mezcla en peso de la cascarilla de arroz

MUESTRA	% PESO CASCARILLA DE ARROZ	% SILICE
CA/PK-A	20%	80%
CA/PK -B	30%	70%
CA/PK -C	40%	60%

Para su demostración se detalla mediante procedimiento analítico y aplicación de paquetes informáticos estadísticos Excel en la Tabla 5 resultados que son presentados a continuación:

Tabla 5: Procedimiento analítico mediante Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1353128,82	2	676564,4099	6,966115	0,074577974	9,5520944
Dentro de los grupos	291366,5628	3	97122,1876			
Total	1644495,38	5				

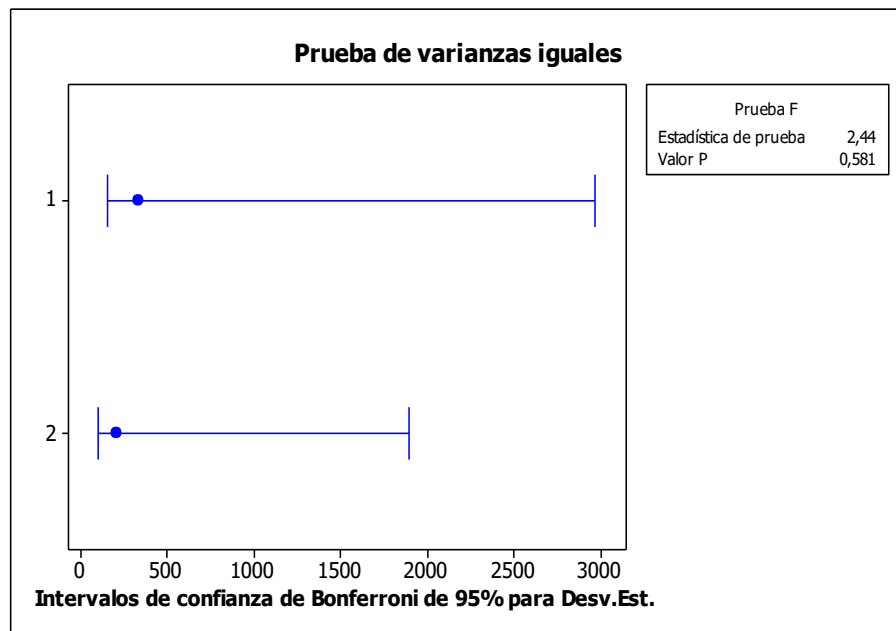
La Hipótesis nula se ACEPTA ya que el valor de F o resultante es menor al valor crítico como resultado no rechazamos la hipótesis nula

Valor de F o resultante

F		Valor crítico para F
6,96611584	<	9,552094496

De acuerdo a propiedades físico-químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables del porcentaje de Sílice en cada una del análisis porcentual de la zona de tratamiento Macara, Babahoyo y Guayas. La Figura 4, analiza la muestra comparativa de la prueba de varianza entre la C A y sílice

Figura 4: Muestra comparativa entre C A y sílice



Conclusiones

El material mineral evaluado posee una morfología microestructural acorde a una composición de carbono presente más del 96% atómico, en conjunto con trazas de oxígeno y silicio evidente en el espectro Analizado de rayos XRF; además, posee una gran estabilidad térmica. Debido a estos resultados, se considera factible el uso de la cascarilla de arroz ecuatoriana para la obtención de sílice de alta pureza. La factibilidad de obtención de este material sintetizado depende tanto de la metodología y parámetros de operación empleados como de la calidad de los materiales de laboratorio apropiados para su logro. En la etapa experimentación el desarrollo de la investigación la reproducibilidad de los ensayos fue exitosos, por lo que los datos obtenidos son estadísticamente representativos. Con estos datos obtenidos podemos obtener una la capacidad de producción de sílice de alta calidad, en relación a una demanda insatisfecha. Técnicamente se puede concluir que el proceso no presenta gran complejidad, ya que el país cuenta con la

tecnología necesaria para la producción de sílice puro. Dadas las conclusiones expuestas anteriormente, se determina que el estudio investigativo conlleva la factibilidad, de integrar la generación de proyectos de emprendimiento que satisfagan la innovación frente a una economía circular rentable con alto grado de conciencia ambiental en la reducción de los residuos producidos en el sector agrícola por la producción de la gramínea de arroz obteniéndose beneficios ambientales como la mitigación al cambio climático, efecto invernadero, la contaminación de las fuentes de agua, e integrar el hábitat de la vida silvestre y la salud humana.

Referencias

1. Acero, H., & Rodríguez, J. (julio de 2011). Reemplazar el uso de Diesel por Cascarilla de Arroz, empleado para generación de vapor, aspectos técnicos y económicos. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20037/1/INFORME%20DE%20MATERIA%20DE%20GRADUACION.pdf>
2. Agencia Nacional Minera. (08 de 2003). www.anm.gov.co. Obtenido de Agencia Nacional Minera: <file:///C:/Users/USUARIO%20PC/Downloads/glosariominero.pdf>
3. Alava, M., & Poaquiza, J. (2018). La producción arrocera del Ecuador: Caso Samborondón, 2011-2015. *Espacios*, 39(34), 12. Recuperado el 02 de 2020, de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p12.pdf>
4. Asamblea Constituyente (Lexis). (20 de Octubre de 2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
5. Balderrama, S., Luján-Álvarez, C., Lewis, D., Ortega-Gutiérrez, J., de Jong, B., & Nájera-Ruiz, T. (2011). Factibilidad de generación de electricidad mediante gasificación de residuos de aserradero en el norte de México. *Madera y bosques*, 17(2), 67-84.
6. Barrera, R., & Perez Bayer JF, S. J. (2014). Carbones Colombianos: clasificación y caracterización termoquímica para aplicaciones energéticas. *Revista ION*, 43-54.
7. BBC News. (17 de 12 de 2018). La enorme fuente de CO2. La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías, págs. 1-2. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783#>

8. Bonilla, J. (2012). USO EFICIENTE DE LA CASCARILLA DEL ARROZ MEDIANTE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMERCIALIZACIÓN ORIENTADO AL SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO EN EL CANTÓN DE BABAHOYO. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/106/1/T-UTB.FAFI-IC-000025.pdf>
9. Cambio Global España 2020/50. (2012). Cambio Climático y Salud. Asturias - España: Centro Computense de Estudios e Información Medioambiental.
10. Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario de Madrid. (22 de Mayo de 2012). Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. Obtenido de Universidad de Valladolid: <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>
11. Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. Cuadernos económicos de ICE. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38687177/CICE_83_117-140__78E2E154C2BB213409D09C083013930C.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEnergia_obtenida_a_partir_de_biomasa.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=A
12. Cerón Silva, S. A. (2012). Uso eficiente de la cascarilla del arroz mediante la implantación de un sistema de comercialización orientado al sector público y privado en el cantón de babahoyo. Teis de pregrado. Universidad Técnica De Babahoyo.
13. Elias, X. (2012). Recicleje de Residuos Industriales. Madrid, España: Díaz de Santos. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA49&lpg=PA49&dq=Los+primeros+esfuerzos+de+la+Comisi%C3%B3n,+que+elaboro+la+Directiva+del+Concejo+\(84/360/CEE\),+hicieron+especial+hincapi%C3%A9+en+aquellos+sectores+que+por+su+propia+naturaleza+eran+cap](https://books.google.com.ec/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA49&lpg=PA49&dq=Los+primeros+esfuerzos+de+la+Comisi%C3%B3n,+que+elaboro+la+Directiva+del+Concejo+(84/360/CEE),+hicieron+especial+hincapi%C3%A9+en+aquellos+sectores+que+por+su+propia+naturaleza+eran+cap)
14. Estrella, Y. (27 de Noviembre de 2017). Modelamiento termodinámico del proceso de clinkerización en una planta de producción de cemento a partir de un análisis basado en balances de masa y energía. Foz de Iguazú, Paraná, Brasil. Obtenido de

- <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/3108/Trabalho%20de%20conclusao%20de%20curso-Yuri%20Estrella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Fundación CEMA. (2013). Recuperación energética de residuos en fábricas de cemento y salud ambiental. Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente, 12. Obtenido de https://www.recuperaresiduosencementeras.org/wp-content/uploads/2017/09/Folleto_Recuperaci%C3%B3n-energ%C3%A9tica-de-residuos-en-f%C3%A1bricas-de-cemento-y-salud-ambiental_F.CEMA-2.pdf
 16. Foundation Ellen MacArthur . (2015). www.ellenmacarthurfoundation.org. Obtenido de https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf
 17. Galán Madruga, D., & Garrido Morales, J. (2012). Cambio Climático, Perspectivas Futuras. Madrid: Observatorio Medio Ambiental.
 18. GIZ. (Mayo de 2017). Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos. Obtenido de Guía para los Responsables de la Toma de Decisiones en Países en vías de Desarrollo y Emergentes: <https://www.giz.de/de/downloads/Guia%20GIZ%202017%20WasteToEnergy%20-%20SP.pdf>
 19. GIZ. (05 de 2017). Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos. Obtenido de Guía para los Responsables de la Toma de Decisiones en Países en vías de Desarrollo y Emergentes: <https://www.giz.de/de/downloads/Guia%20GIZ%202017%20WasteToEnergy%20-%20SP.pdf>
 20. González Pulido, J. (2016). Estudio del efecto de los parámetros del proceso en la producción de Cliker. IPN Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, 27-28. Obtenido de <https://docplayer.es/82213970-Instituto-politecnico-nacional.html>
 21. González, J. (2016). Proceso de fabricación de cemento. Elementia (pág. 40). México: tpm Sta Anita. Obtenido de https://jorgegonzalez.com.mx/Documentacion/Proceso_Fabricacion_Cemento_RP.pdf
 22. Hernández, R., & Carlos, F. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

23. Holcim, G. (2006). Guía para el co-procesamiento de residuos en la producción de cemento. GTZ - HOLCIM, 130.
24. Houghton, E. (1996). Climate change 1995: The science of climate change: contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
25. INEC. (2019). Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. Guayaquil: INEC. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>
26. INEN. (1 de Enero de 2014). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_12677.pdf: ANÁLISIS QUÍMICO DE PRODUCTOS REFRACTARIOS POR
27. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). Cemento Hidráulico Definición de Términos. En INEN. Quito: INEN.
28. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. (2014). Análisis del Ciclo de Vida de La Producción de Electricidad. Obtenido de <https://prezi.com/jchbg4emsegj/iner-2014/>
29. Intertek Group. (2012). Intertek, 145. Obtenido de <https://www.intertek.es/carbon-combustibles-solidos/analisis/>
30. Jhoansen, B. (2009). The encyclopedia of Global Warming Science Technology (Vol. 1). Santa Barbara: Greenwood. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=la-jRvBf74sC&pg=PA526&lpg=PA526&dq=Kleiner+\(2007\),&source=bl&ots=5V2wZKkI8t&sig=ACfU3U1o23bBmr2wvNsRy_DJ6iP2u_Es9A&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjHwPCKttboAhWpmOAKHfiOD5EQ6AEwD3oECAsQLQ#v=onepage&q=Kleiner%20\(2007\)%2C&f=fa](https://books.google.com.ec/books?id=la-jRvBf74sC&pg=PA526&lpg=PA526&dq=Kleiner+(2007),&source=bl&ots=5V2wZKkI8t&sig=ACfU3U1o23bBmr2wvNsRy_DJ6iP2u_Es9A&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjHwPCKttboAhWpmOAKHfiOD5EQ6AEwD3oECAsQLQ#v=onepage&q=Kleiner%20(2007)%2C&f=fa)
31. Katanax company. (26 de 07 de 2020). <https://www.katanax.com/cgi-bin/show.cgi?aboutfusion.l=en.html>. Obtenido de <https://www.katanax.com/cgi-bin/show.cgi?aboutfusion.l=en.html>: <https://www.katanax.com/cgi-bin/show.cgi?aboutfusion.l=en.html>

32. La Vanguardia, Junior report. (9 de noviembre de 2019). Consecuencias del calentamiento global. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20170516/422502022833/consecuencias-calentamiento-global.html>
33. Lafferriere, R. (2008). El Mecanismo de Desarrollo Limpio del protocolo de Kyoto. Buenos Aires: Lulu.com.
34. León-Velez, A., & Guillén-Mena, V. (2020). Energía Contenida y emisiones de CO2 en el proceso de fabricación de Cemento en el Ecuador. Ambiente Construido. Obtenido de https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212020000300611&tlng=es
35. Lideres. (22 de Septiembre de 2015). Unión Cementera produce más. Revista Lideres. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/union-cemento-produccion-ecuador.html>
36. Lucas Herguedas, A., & Del Peso, C. (2012). Biomasa, Biocombustibles y sostenibilidad. Madrid: Centro Tecnológico y Aroalimentario. ITAGRA. CT. Obtenido de ISBN: 978 - 84 - 931891 - 5 - 0
37. MAE. Ministerio del Ambiente. (2003). Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas. Texto Unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas, 22. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112182.pdf>
38. Mariana, E., & Scheelje, J. (2003). El cambio Climático principales causantes, consecuencias y compromisos de los países involucrados. Obtenido de <http://www.fao.org/3/XII/0523-B2.htm>
39. Martínez, J. (2005). Guía para la gestion integral de residuos peligrosos. Montevideo: SEMA.
40. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de Madrid - España. (Marzo de 2013). Cambio Climático: Bases Físicas. Guia Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC grupo de trabajo I. Madrid - España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
41. Ministerio de Energía de Chile. (07 de Enero de 2018). Fundación Chile aprende con energía. Obtenido de educarchile: <https://www.aprendeconenergia.cl/carbon/>

42. Ministerio de Energía y Minas del Perú. (6 de Septiembre de 2019). Guía de industrias cementeras. Obtenido de https://www.minem.gob.pe/minem:https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/12_%20%20guia%20industrias%20cementeras%20DGEE%2006-09-19.pdf
43. Ministerio del Ambiente. (03 de Mayo de 2011). Norma Técnica para el Coprocesamiento de Desechos Peligrosos en Hornos Cementeros. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-048-COPROCESAMIENTO-DE-DESECHOS-PELIGROSOS.pdf>
44. Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE). (julio de 2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012 - 2025. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140074.pdf>
45. Ministerio del Ambiente, d. E. (29 de Marzo de 2011). NORMA TÉCNICA PARA EL COPROCESAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS EN HORNOS. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-048-COPROCESAMIENTO-DE-DESECHOS-PELIGROSOS.pdf>
46. Ministerio del Ambiente y Agua. (01 de 10 de 2020). Programa PNGIDS Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
47. Miteco. (10 de 2017). www.miteco.gob.es/es/. Obtenido de Sistema Español de inventario de emisiones: file:///C:/Users/USUARIO%20PC/Downloads/040612-descarbonatac-fabric-cemento_tcm30-429851.pdf
48. ML. (15 de 02 de 2020). Master Logística. Obtenido de www.masterlogistica.es:https://www.masterlogistica.es/el-carbon-sus-caracteristicas-y-propiedades/
49. Observatorio del Principio 10, en América Latina y el Caribe. (20 de Octubre de 2008). Constitución del Ecuador. Obtenido de <https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumentos/constitucion-ecuador>
50. OFICEMEN. (23 de 06 de 2016). La recuperación de Residuos como combustibles y materias primas alternativas en la industria Cementera. Obtenido de

<http://www.flacema.org>:

http://www.flacema.org/images/stories/Articulos_MA/produccif3n20sostenible20de20cemento.pdf

51. Organización Internacional para las Migraciones. (2008). Migración y Cambio Climático. En OIM. Ginebra: Los procesos climáticos son cambios lentos como la elevación del nivel. Obtenido de https://publications.iom.int/system/files/pdf/mrs-31_sp.pdf
52. Peláez, M., & Espinoza, J. (2015). Energías renovables en el Ecuador. Cuenca: Universidad de Cuenca.
53. Presidencia de la República. (13 de Abril de 2012). Norma de calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidosno peligrosos. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112185.pdf>
54. Quezada, D. (2001). La recolección y utilización de neumáticos desechados como combustible alternativo en fábricas de cemento. Universidad de Talca, 28. Obtenido de https://www.alipso.com/monografias/2271_tesis/
55. Refinadora Costarricense de petróleo, S.A. (2011). Red Nacional para la distribución de combustibles en el territorio Nacional. Recope, 121.
56. Renato, S., Roland, P., & Karl, L. (2017). Innovative technical solutions for reduction of waste fuel specific emissions in cement plants. Waste management, 483. doi:ISBN 978-3-944310-37-4 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky
57. Renovables, E. (11 de 2016). Energías Renovables. Obtenido de <https://sites.google.com/site/lasenergiaass/7-energias-renovables/7-4-biomasa/7-4-2-procesos-termoquimicos-y-bioquimicos>
58. Rodríguez, M. (2007). Determinación de la composición Química y Propiedades Físicas i Químicas del Pulido de Arroz (*Oryza sativa*) (Tesis Pregrado). Valdivia. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far696d/sources/far696d.pdf>
59. San Juan, M., & Chinchón, S. (2014). INTRODUCCIÓN A LA FABRICACIÓN Y NORMALIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/45347>

60. Santana, M. (2011). Búsqueda y aplicaciones de combustibles alternativos para la industria cementera de la Comunidad Valenciana. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11009/memoria.pdf?sequence=1>
61. Santos, A., & Silva, R. (2008). Análisis del Consumo de Coque de Petróleo en Algunos Sectores Industriales. *Informacion Tecnologica*, 19(2), 93-101.
62. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México. (16 de Diciembre de 2016). Gobierno de México. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-sobre-cambio-climatico?idiom=es>
63. Sellitto, M., & Kadel Jr, e. a. (2013). Coprocessamento de cascas de arroz e pneus inservíveis e logística reversa na fabricação de cimento. *Ambiente & Sociedade*, 16(1), 141-162.
64. SEMARNAT. (2018). RUTAS DE INSTRUMENTACIÓN DE LAS CONTRIBUCIONES NACIONALMENTE DETERMINADAS EN. México: Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas. doi:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461752/Industria_Mineria_y_Gases_F.pdf
65. Serrano, T., Borrachero, M. V., Monzó, J. M., & Payá, J. (2012). Morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades. *Dyna*, 79(175), 128-136.
66. Sista, L. (08 de Noviembre de 2011). Quifi. Obtenido de <https://quifi.es/index.php/formulacion-inorganica-bachillerato-11/ud-2-enlace-quimico>: <https://quifi.es/index.php/formulacion-inorganica-bachillerato-11/ud-2-enlace-quimico>
67. Speight, J. (2004). New Approaches to Hydroprocessing. *Catalysis Today*, 98(1-2), 55-60.
68. The New York Times. (14 de Diciembre de 2018). Más inundaciones y sequías extremas a causa del cambio climático. *The New York Times*, págs. 1-5.
69. Tipanluisa, L. &.-O. (03 de Marzo de 2015). Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo. Quito, Pichincha. Obtenido de

- https://www.researchgate.net/publication/291830215_Estudio_experimental_de_la_combustion_de_la_cascarilla_de_arroz_en_una_camara_de_lecho_fijo
70. Tipanluisa, L., Moreno, G., Guasumba, J., Celi, S., & Molina, J. (25 de Marzo de 2015). Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/291830215_Estudio_experimental_de_la_combustion_de_la_cascarilla_de_arroz_en_una_camara_de_lecho_fijo
71. Travindy. (16 de Febrero de 2018). Los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Origen, causas, consecuencias y reflexiones. Obtenido de <https://www.travindy.com:https://www.travindy.com/es/2018/02/los-gases-de-efecto-invernadero-gei-origen-causas-consecuencias-y-reflexiones/>
72. UCEM Guapán. (17 de 03 de 2017). Desechos peligrosos Guapán UCEM. Obtenido de <https://maecanar.files.wordpress.com/2017/07/eia-desechos-peligrosos-ucem-guapan.pdf>
73. UCEM S.A. (10 de 01 de 2020). cementoschimborazo.com. Obtenido de Cemento Chimborazo: <https://cementoschimborazo.com/rse/>
74. Universidad de Colima. (2008). Evolución reciente de la industria del cemento estudio comparativo entre Mexico y la India. *Revist mexicana de estudios sobre la cuenca del Pacífico*, 31.
75. Universidad de Colima. (2008). Evolución reciente de la industria del cemento estudio comparativo entre Mexico y la India. *Revist mexicana de estudios sobre la cuenca del Pacífico*, 31.
76. Universidad de Sevilla. (5 de Septiembre de 2013). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla. Obtenido de http://bibing.us.es:http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70450/fichero/TFM_TQA_CSR_RDF_19_09_13.pdf
77. Universidad Industrial de Santander. (20 de 03 de 2015). Semillero de Física. Obtenido de <https://sites.google.com/site/semillerofisicauisbca/energia-hidraulica/molino-hidraulico>
78. Urdiales, L., & Espinoza, J. (Enero de 28 de 2016). Energia solar en el Ecuador. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/291356953>

79. Urquizo, J., Acero, H., & Rodriguez, J. (2011). Reemplazar el uso de diesel por cascarilla de arroz empleado para generación de vapor. aspectos técnicos y económicos. ESPOL.
80. Valverde, A., & Bienvenido Sarria López, J. P. (12 de Diciembre de 2007). Dialnet. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4784298>: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4784298>
81. Valverde, A., & Monteagudo, J. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica*, 1(37). Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4055>
82. Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica* año XIII-No.37, 255-260.
83. Villarino, O. (2010). *Ciencia y Tecnología de los Materiales*. En O. Villarino, *Ingeniería Técnica de Obras Publicas* (pág. 128). Ávila : Escuela Superior Politécnica de Ávila.
84. Walpole, R. E., & Myers, S. L. (2012). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Obtenido de https://verenciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole_8.pdf
85. Wang, J., Anthony, J., & Abanades, J. (2004). Clean and efficient use of petroleum coke for combustion and power generation. *Fuel*, 83, 1341-1348.
86. Williams, P. &. (12 de Diciembre de 2007). Comparison of products from the pyrolysis and catalytic pyrolysis of rice husks. Pereira, Colombia.
87. Williams, P. T., & Nugranad, N. (2000). Comparison of products from the pyrolysis and catalytic pyrolysis of rice husks. *Energy*, 25(6), 493-513.