



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

Secuestrador de carbono mediante energías renovables

Ingeniería Eléctrica
Ingeniería Ambiental
Jefatura de Posgrados

Autores

- Ing. Juan Carlos Cobos Torres, PhD.
- Ing. Manuel Salvador Alvarez Vera, PHD.

Cuenca, 17 de octubre de 2019

N° Proyecto

PICVII19-40



1 TABLA DE CONTENIDOS

1	TABLA DE CONTENIDOS.....	2
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
3	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS	4
3.1	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO	4
3.2	INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	5
3.3	ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	9
3.4	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	10
4	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	10
4.1	RESUMEN DEL PROYECTO.....	10
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
4.3	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	11
4.4	PALABRAS CLAVE	13
4.5	HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	13
4.6	DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	13
4.7	OBJETIVOS	14
4.7.1	GENERAL.....	14
4.7.2	ESPECÍFICOS.....	14
4.8	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
4.9	RESULTADOS ESPERADOS.....	15
4.10	ASPECTOS BIOÉTICOS Y SOCIALES.....	15
5	IMPACTO DEL PROYECTO	16
5.1	IMPACTO LEGAL, SOCIAL, TÉCNICO Y/O ECONÓMICO	16
5.2	IMPACTO AMBIENTAL.....	17
5.3	RIESGOS DEL PROYECTO	17
5.4	PLAN DE SOSTENIBILIDAD.....	19
6	DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
6.1	EFFECTOS MULTIPLICADORES	19
6.2	TRANSFERENCIA DE RESULTADOS	19
7	PLANIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO	20
7.1	FACILIDADES DE TRABAJO.....	20
7.2	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (ANEXO I)	20
7.3	PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN FINANCIERA (ANEXO II)	20
8	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS	20
9	DECLARACIÓN FINAL	23



2 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

TÍTULO					
Secuestrador de carbono mediante energías renovables.					
TIPO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN					
Investigación Básica <input type="checkbox"/>		Investigación (I+D+I) <input checked="" type="checkbox"/>		Investigación (I+V) <input type="checkbox"/>	
DIRECTOR DEL PROYECTO					
Ing. Juan Carlos Cobos Torres, PhD.					
CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN					
Centro de Investigación de Ingenierías.					
Grupo de Investigación de Robótica, Visión Artificial, Sistemas Inteligentes y Embebidos.					
LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL					
Ciencias Exactas, naturales y tecnológicas					
Energías renovables					
CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO					
Campo	Ciencias Tecnológicas	Disciplina	Tecnología energética	Subdisciplina	Fuentes no convencionales de energía
MODALIDAD DEL PROYECTO					
Proyecto Menor <input type="checkbox"/>		Proyecto Intermedio <input checked="" type="checkbox"/>		Proyecto Interinstitucional <input type="checkbox"/>	
Programa: En caso de que el proyecto sea parte de un programa.			Programa Smart University 2.0		
TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO					
Duración del proyecto en meses			12 meses		
TIPO FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO					
Monto financiamiento UCACUE			\$19.748,60 (diecinueve mil setecientos cuarenta y ocho dólares con sesenta centavos)		



Monto otras fuentes de financiamiento	
Monto total del financiamiento proyecto	\$19.748,60 (diecinueve mil setecientos cuarenta y ocho dólares con sesenta centavos)

3 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS

3.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

Institución Ejecutora Principal:		Universidad Católica de Cuenca		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:
Av. de las Américas y Humbolt	Cuenca	info@ucacue.edu.ec	https://www.ucacue.edu.ec/	593 (07) 2-830-751 / 2-830-877 / 2-824-365

Institución Co Ejecutora 1:		(Nombre o siglas de la institución)		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:

Institución Co Ejecutora 1:		(Nombre o siglas de la institución)		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:



3.2 INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

PERSONAL DEL PROYECTO			
Función en el proyecto	Director del Proyecto		
Nombres y apellidos:	Juan Carlos Cobos Torres		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0103767125	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	<i>REG-INV-19-03868</i>
Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN / FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.	Carrera:	INGENIERÍA ELÉCTRICA
Grado académico más alto y/o especialización	Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática.	Cargo actual:	Docente - Investigador
Teléfonos:	0962635040 o 074041654	Correo Electrónico:	juan.cobos@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:	Robótica aplicada a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. RoboCity2030-III-CM (Fase III; S2013 / MIT-2748)		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales de la Unión Europea	740.952,48 Euros	1 de octubre de 2014	1 de octubre de 2018



Nombre proyecto2:	Strategic Action in Robotics, Computer Vision and Automation 2012/00605/002		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Universidad Carlos III de Madrid:	30.000 Euros	1 de enero de 2014	31 de diciembre de 2018
Nombre proyecto 3:	OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE RECAUDO EN UNIDADES DE TRANSPORTE URBANO		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Universidad Católica de Cuenca	35.000 Dolares	7 de agosto de 2018	31 de enero de 2020
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:	Non-contact, simple neonatal monitoring by photoplethysmography		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Sensors	20-05-2019	https://doi.org/10.3390/s18124362	Q2
Artículo 2:	Measuring heart and breath rates by image photoplethysmography using wavelets technique		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
IEEE Latin America Transactions	18-11-2017	https://doi.org/10.1109/TLA.2017.8071228	Q3
Artículo 3:	Hearing loss and its association with clinical practice at dental university students through mobile APP: a longitudinal study		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Lecture Notes in Computer Science	Por confirmar	Paper aceptado en TIC.EC 2019	Q2
Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			



Título libro 1:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 2:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:

Función en el proyecto	Colaborador 1		
Nombres y apellidos:	Manuel Salvador Alvarez Vera.		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0103414322	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	
Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	Ingeniería Industria y Construcción	Carrera:	Ingeniería Ambiental
Grado académico más alto y/o especialización	Doctor en Ingeniería y Ciencias Ambientales	Cargo actual:	Docente
Teléfonos:	0984584131	Correo Electrónico:	malvarezv@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:	Tratamiento de residuos del faenamiento de aves, con aplicación de microorganismos benéficos		



Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
UCACUE	9090,00 USD	20 de septiembre de 2019	20 de septiembre de 2020
Nombre proyecto2:	Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay - Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
UNALM-UCACUE	7000,00 USD	Marzo de 2016	Noviembre de 2017
Nombre proyecto 3:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:	Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (Fragaria sp.)		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Scientia Agropecuaria	9(1): 2018	10.17268/sci.agropecu.2018.01.04	
Artículo 2:	Potencial de la flora de la provincia del Azuay (Ecuador) como fuente de microorganismos benéficos.		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Scientia Agropecuaria	9(4): 2018	10.17268/sci.agropecu.2018.04.12	
Artículo 3:	Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos.		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:



Scientia Agropecuaria	10(3): 2019	10.17268/sci.agropecu.2019.03.05	
Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			
Título libro 1:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 2:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:

3.3 ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Nombres completos	Cédula de Identidad	Correo Electrónico	Función	Unidad Académica / Carrera
Jonnathan Francisco Saquicela Moncayo	0107331522	Jfsaquicelam22@est.ucacue.edu.ec	Colaborador 1	Ingeniería Eléctrica
José Fernando Lojano Illescas	0105280531	jflojanoi31@est.ucacue.edu.ec	Colaborador 2	Ingeniería Eléctrica
Angélica Rosalía Reinoso Saraguro	0750629404	chaliareinoso25@gmail.com	Colaborador 3	Ingeniería Ambiental
Edison Daniel Fernández Rodríguez	1400880124	dannirodriguez88@hotmail.com	Colaborador 4	Ingeniería Ambiental



3.4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Descripción Beneficiarios Directos	Cantidad Estimada
Investigadores vinculados al proyecto	6
Alumnos de la Carrera de Ambiental	15
Alumnos de la Carrera de Eléctrica	10
Alumnos de la Maestría de Energías Renovables	10
Descripción Beneficiarios Indirectos	Cantidad Estimada
Carrera de Ambiental	60
Carrera de Eléctrica	50
Maestría de Energías Renovables	20
Municipios	4

4 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 RESUMEN DEL PROYECTO

La presente investigación se ejecutará en la Subdirección de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca. Se diseñará un prototipo de un horno para elaboración de biochar, constará de una cámara interna y una externa con una puerta para ingresar la biomasa. Posteriormente utilizando latón se construirá el horno para pirolisis; para calentar la cámara interna se utilizará paneles solares que permite aprovechar la radiación emitida por el sol y evita el uso de biomasa como fuente de energía. La parte central del reactor estarán atravesadas por 4 niquelinas que nos permitirá obtener temperaturas que oscilen entre los 300°C y 700°C suficiente para carbonizar materia orgánica. Se espera que la emisión de gases de efecto invernadero sean prácticamente nulas, para recolectar emisiones de vapor en la parte superior del contenedor se acoplará una tubería metálica diseñada para este fin. Con este prototipo se capturará carbón para múltiples aplicaciones ambientales, evitando su emisión a la atmósfera, de esta forma se contribuye a mitigar el cambio climático y se presenta una alternativa amigable con el ambiente para aprovechar la biomasa, secuestrar carbón y producir biochar.

4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una sociedad en constante desarrollo la gestión de residuos sólidos representa una seria amenaza para la salud de las personas y calidad del ambiente. Existe la preocupación permanente de organizaciones e investigadores para mediante técnica amigables con el ambiente recuperar la capacidad productiva de los suelos, ante lo cual el biochar es una posibilidad cierta. Se han desarrollado mecanismos para convertir la basura en productos útiles, como es el caso del biochar que es un recurso renovable único obtenido de residuos mediante pirólisis, tiene un potencial significativo para abordar varios problemas ambientales, incluida la reparación de contaminantes en el suelo, el agua y los medios gaseosos (Oliveira et al. 2017) y el secuestro de carbono, no obstante, en el proceso de obtención de biochar se presenta emisión de gases volátiles contaminantes (metano,



monóxido de carbono y otros gases combustibles), el gas de pirólisis es principalmente una mezcla de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂) con cantidades más bajas de CO₂, CH₄, H₂O y una gama de compuestos volátiles. En la producción convencional de biochar se quema diferentes tipos de biomasa que liberan humo y gases de efecto invernadero que no se capturan adecuadamente, lo cual representa una fuente importante de contaminación ambiental que contribuyen al cambio climático. No hay país en el mundo que no haya experimentado los dramáticos efectos del cambio climático. Por lo que resulta de importancia capital diseñar y construir un prototipo de horno para secuestrar carbono durante la pirólisis de residuos orgánicos, sin la emisión de gases de efecto invernadero, de esta manera secuestramos carbono sin contaminar el ambiente. En nuestro medio los hornos convencionales para obtener biochar no capturan los gases emitidos aportando contaminantes a la atmósfera, por lo que es necesario disponer de un equipo que permita secuestrar el carbono de la biomasa, pero sin la emisión de gases, lo cual se lograría aprovechando la energía solar para generar el calor requerido y ya no la biomasa contaminante.

4.3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Existen algunos procesos para obtener biochar. Entre los dos principales se encuentra la despolimerización termo catalítica y el proceso de pirólisis. La pirólisis es una tecnología termoquímica que permite transformar la biomasa en fuentes de energía renovable. Éstas pueden ser clasificadas en cuatro categorías generales: pirólisis lenta, pirólisis rápida, pirólisis ultrarrápida, gasificación y carbonización hidrotérmica. Hay que considerar que el proceso de la pirólisis debe ocurrir en ausencia completa de oxígeno, a diferencia de la gasificación que ocurre con una reducida cantidad de oxígeno (Brick 2010).

La pirólisis es el proceso termoquímico usado para transformar biomasa y otros materiales orgánicos de baja densidad energética en líquidos de alta densidad energética (bioaceites), en sólidos de alta densidad energética (biochar o biocarbón) y en gas de baja densidad energética (syngas) (Laird et al. 2009). Las transformaciones que se producen durante el proceso de la pirólisis son complejas tanto a nivel físico y químico de la materia. Dependen tanto del proceso llevado a cabo (condiciones del reactor, tiempo, temperatura), así como naturaleza de la biomasa (humedad, porosidad, composición, entre otros). Como afirma (McHenry 2009), según el tipo de tecnología usada y de las propiedades de la materia prima utilizada se puede lograr un rendimiento de masa alrededor del 30-40% (base húmeda), con producciones de energía de cerca del 30% (contenida en el carbón) y contenidos de carbono fijado arriba del 90% de la biomasa original. A continuación, se detalla de manera resumida las cinco categorías de pirólisis; **Pirólisis lenta**. Conocida como pirólisis convencional. Esta categoría se define por tiempos pausados de calentamiento de la biomasa, temperaturas bajas y largos tiempos de residencia de los sólidos y el gas. El tiempo de residencia del gas puede ser mayor de 5 s, mientras que para la biomasa puede ser de minutos a días (Brown 2013); **Pirólisis rápida**. El calentamiento es mayor a 200 °C por segundo y las temperaturas que prevalecen son usualmente mayores a los 550 °C. Debido al corto tiempo de residencia del vapor, los productos son de alta calidad, principalmente son líquidos, como los bioaceites y gases. La producción de carbón y alquitrán es mucho menor en este proceso (Brown 2013). **Pirólisis ultrarrápida**. La pirólisis ultrarrápida se caracteriza porque las temperaturas a las que se lleva a cabo el proceso son moderadas (400-600 °C) y las tasas de calentamiento son menores a 2 °C por segundo. Los tiempos de residencia del vapor son usualmente menores a 2 s. En este sistema se produce considerablemente menos alquitrán y gas (Brown 2013). **Gasificación**. En este proceso la biomasa, especialmente madera, se procesa en dos pasos. La primera es la conversión de madera a carbón. Esencialmente, es la conversión que ocurre en la pirólisis lenta. Con el biochar obtenido, se realiza una nueva pirólisis a mayor temperatura que convierte el carbón a ceniza y es llamada gasificación de carbón. Si hay demasiado oxígeno entonces todo el carbón es consumido y sólo quedan cenizas. Si la cantidad de oxígeno es limitada, entonces sólo una parte del carbón es consumido y algunos remanentes salen por el fondo del gasificador (IBI 2019). **Carbonización hidrotérmica**. Consiste en aplicar calentamiento a materiales con gran contenido de agua, pulpa de café, estiércoles, algas, entre otros, que son sumergidos en agua, y aunque la temperatura es alta, no se llega a la ebullición (Brick, 2010). Mediante este proceso ha sido posible carbonizar materiales sólidos con lignina y celulosa, y polisacáridos disueltos en agua, con la obtención de productos carbonosos nanoestructurados



(Baccile et al., 2010). Asimismo, se pueden producir biocarbones a temperaturas bajas (~200 °C) y tiempos muy cortos (Titirici et al., 2007). Además, como no es necesario secar los materiales para hacer el biocarbón, hay un gran ahorro de energía y por tanto los costos de producción disminuyen. Sin embargo, no ha tenido gran desarrollo y sólo existen algunas plantas piloto.

Secuestro de carbono. En los últimos años, la captura y utilización de carbono (UCC) se ha propuesto como una posible solución tecnológica a los problemas de las emisiones de gases de efecto invernadero y la creciente demanda de energía (Al-Mamoori et al. 2017). A medida que el cambio climático global trasciende las fronteras nacionales, es imperativo hacer tratados efectivos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (por ejemplo, CO₂ en particular) al tiempo que mejora la eficiencia del uso de la energía (Szulejko et al. 2017).

Biochar. El biochar es un recurso renovable único obtenido mediante pirólisis, que tiene un potencial significativo para abordar varios problemas ambientales con los que nos hemos encontrado en los últimos años, incluida la reparación de contaminantes en el suelo, el agua y los medios gaseosos (Oliveira et al. 2017).

El biochar es un producto de biomasa prometedor para la enmienda del suelo, la remediación y el secuestro de carbono (Li y Chen 2018), se produce a partir de una variedad de materias primas de biomasa, como residuos agrícolas, astillas de madera, estiércol y desechos sólidos municipales, a través de una variedad de tratamientos térmicos, entre los cuales la pirólisis lenta es la más utilizada (Xie et al. 2015), es ampliamente considerado como una forma efectiva de secuestrar dióxido de carbono (Gupta et al. 2018). La temperatura de producción influye en las características del biochar (Narzari et al. 2017). La eficiencia de la producción de biochar a partir de biomasa depende en gran medida de la temperatura de pirólisis, la velocidad de calentamiento, el tipo y la composición de la materia prima, el tamaño de las partículas y las condiciones del reactor (Qambrani et al. 2017).

En el proceso de obtención de biochar se presenta emisión de gases volátiles contaminantes (metano, monóxido de carbono y otros gases combustibles), el gas de pirólisis es principalmente una mezcla de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂) con cantidades más bajas de CO₂, CH₄, H₂O y una gama de compuestos volátiles. En la producción convencional de biochar se quema biomasa que libera humo y gases de efecto invernadero que no se capturan adecuadamente, lo cual representa una fuente importante de contaminación ambiental que contribuyen al cambio climático. No hay país en el mundo que no haya experimentado los dramáticos efectos del cambio climático (PNUD 2019).

Aplicaciones del biochar. La pirólisis de biomasa con biochar devuelto al suelo es una posible estrategia para mitigar el cambio climático y reducir el consumo de combustibles fósiles (Roberts et al. 2010). El uso de biochar puede mejorar la eficiencia de conversión global de la biomasa (Luz et al. 2018), además, también se puede utilizar para adsorber diversos contaminantes (metales pesados, materias orgánicas), modificar el hábito y la función de los microorganismos y mitigar los problemas climáticos cambiando la disponibilidad de elementos (C, N, K etc.) en el suelo (Yuan et al. 2019).

El biochar generado por la conversión termoquímica de la biomasa reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y es útil para mejorar los sistemas ecológicos en la agricultura (Tan et al. 2017). El biochar podría potencialmente secuestrar 1 billón de toneladas de CO₂ anualmente que es esencialmente carbón vegetal de los desechos de árboles y/o granjas, tiene un gran potencial, dicen los investigadores, tanto para enriquecer los suelos como para absorber parte del exceso de dióxido de carbono que se acumula en la atmósfera y contribuye al calentamiento global (Streeter 2008).

Producción de biochar. Se están empleando pequeñas estufas en países del tercer mundo para reducir el humo de los fuegos abiertos dentro de los hogares, quemar materiales de manera más eficiente y producir una enmienda del suelo al mismo tiempo (USBI 2019).

El biochar se puede producir en un horno carbonizado. Un horno puede ser hecho de un tambor de aceite con un diseño simple. Tiene pequeños agujeros en la parte inferior (se levanta sobre ladrillos) y tiene un espacio entre la tapa y la cámara de pirólisis para permitir que entre una pequeña cantidad de aire (Narzari et al. 2015).

Las técnicas de producción de biochar no avanzaron significativamente durante siglos, ~~excepto para usar hornos en lugar de montículos de tierra. Los hornos para producir carbón están~~



hechos de tierra, ladrillos e incluso acero. Pero estos hornos aún emiten muchas partículas y humo, incluidos los gases de efecto invernadero responsables de la alteración del clima global (USBI 2019).

Energías renovables. Las actividades antropogénicas globales que resultan en la emisión de gases nocivos de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera han aumentado los desafíos que enfrenta el cambio climático (Elum y Momodu 2017). Lograr soluciones a los problemas ambientales que enfrentamos hoy requiere acciones potenciales a largo plazo para el desarrollo sostenible. En este sentido, los recursos de energía renovable parecen ser una de las soluciones más eficientes y efectivas (Dincer 2012).

La energía solar, entre otras fuentes de energía renovables, es una fuente de energía prometedora y de libre acceso para gestionar problemas a largo plazo en crisis energéticas (Kannan y Vakeesan 2016), los estudios sobre la energía fotovoltaica están aumentando y pueden desempeñar un papel importante para alcanzar una demanda de alta energía en todo el mundo (Sampaio y González 2017), el Ecuador por su ubicación tiene un alto potencial para aprovechar la energía proveniente del sol. La energía solar es la más abundante, inagotable y limpia de todos los recursos de energía renovable hasta la fecha (Parida et al. 2011), el desarrollo de nuevas tecnologías de energía solar se considera una de las muchas soluciones clave para satisfacer una creciente demanda mundial de energía (Kabir et al. 2018).

4.4 PALABRAS CLAVE

Secuestro de carbono, biochar, pirólisis, energías renovables.

4.5 HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La hipótesis. -

El diseño y construcción de un horno para la obtención de biochar, mediante el uso de energías renovables que permitirá realizar captura de carbono con emisiones casi nula de gases de efecto invernadero.

4.6 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

En primera instancia se diseñará un horno para pirólisis de residuos sólidos, constituido por una cámara interna y una externa, el cual se construirá en acero inoxidable que permita una gestión correcta de los residuos.

La cámara interna contará con suficientes perforaciones en la que se acoplará niquelinas conectadas a paneles solares que capturarán la energía requerida, directamente del sol; por medio de las perforaciones el calor saldrá hasta la cámara externa e incidirá directamente en los residuos sólidos provocando su carbonización.

La cámara externa dispondrá del espacio necesario para colocar residuos sólidos sometidos a pirólisis, en la parte interna dispondrá de una compuerta para ingreso y retiro del material vegetal.

La base del horno descansará sobre cuatro soportes metálicos y contará con un recipiente para la recolección de cenizas y fracciones pequeñas inorgánicas liberadas el momento de la actividad pirolítica.

Con el fin de verificar el calor suministrado a la biomasa se instalará un termómetro que permitirá censar los valores de temperatura registrados durante todo el proceso hasta obtener carbono secuestrado en forma de biochar.

En la parte superior del horno pirolítico se adaptará tuberías metálicas para capturar y aprovechar tanto los gases emitidos, así como los vapores liberados por la materia orgánica, para así evitar su liberación a la atmósfera.



Durante las pruebas de secuestro de carbono en forma de bichar utilizando energías renovables, se registrará todas las variaciones de temperatura, se determinará el peso de materia orgánica fresca y el peso de biochar para establecer la relación de conversión entre masa inicial y masa final, se realizará análisis de laboratorio para verificar la cantidad de carbono secuestrado, además se constatará los elementos nutrientes para las plantas obtenidas en el proceso.

Se medirá e identificará los gases emitidos en la parte superior (CHONS) Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre para establecer el beneficio ambiental de este horno de pirólisis comparado con los hornos tradicionales.

4.7 OBJETIVOS

4.7.1 GENERAL

Diseñar y construir un sistema de secuestro de carbono alimentado mediante energías renovables para transformar biomasa en biochar mediante pirolisis con emisiones casi nula de gases de efecto invernadero.

4.7.2 ESPECÍFICOS

Objetivo 1: Diseñar un reactor eléctrico eficiente energéticamente para transformar biomasa en biochar mediante pirolisis para el secuestro de carbono.

Objetivo 2: Diseñar el sistema de alimentación con energías renovables del reactor.

Objetivo 3: Formular soluciones y posibles mejoras para el reactor y sistema de alimentación por medio de simulaciones.

Objetivo 4: Fabricar el sistema de secuestro de carbono para transformar biomasa en biochar mediante pirolisis con emisiones casi nula de gases de efecto invernadero.

Objetivo 5: Evaluar el sistema propuesto de generación de biochar mediante sensores para determinar la energía consumida, transformada y emitida durante el proceso.

4.8 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Cada día somos más habitantes en el mundo, el incremento poblacional demanda mayor producción de alimentos. A medida que la población mundial aumenta, la presión sobre el suelo también y enfrenta una reducción continua (Koch et al. 2013) en la actualidad el suelo es un recurso limitado para la producción de energía, alimentos y materias primas (Vogel et al. 2018) ya que, debido a las prácticas agrícolas inadecuadas, aplicación indiscriminada de fertilizantes y otros productos químicos sufre constantemente el desgaste. Un problema global crítico es la degradación de los suelos, lo cual incrementa la vulnerabilidad de los sistemas agroecológicos al cambio climático (Webb et al. 2017).

Existe la preocupación permanente de organizaciones e investigadores para mediante técnica amigables con el ambiente recuperar la capacidad productiva de los suelos, ante lo cual el biochar es una posibilidad cierta.

La captura y almacenamiento de carbono es ampliamente reconocida por tener el potencial de desempeñar un papel clave en el cumplimiento de los objetivos de cambio climático, generar calor y energía con bajo contenido de carbono, descarbonizar la industria y, más recientemente, su capacidad para facilitar la eliminación neta de CO₂ de la atmósfera (Bui et al. 2018).

Las características del biochar están influenciadas principalmente por la temperatura de preparación y la biomasa (Tang et al. 2013). La evaluación de los datos ha demostrado que entre todas las condiciones del proceso, la temperatura del tratamiento tiene influencia más dominante en todas las propiedades (Weber y Quicker 2018).



La pirólisis con biochar aplicado a los suelos da como resultado cuatro coproductos: el secuestro de carbono (C) a largo plazo del C estable en el biochar, la generación de energía renovable, el biochar como enmienda del suelo y el manejo de residuos de biomasa (Roberts et al. 2010). Se ha demostrado que el biochar es eficaz para mejorar las propiedades del suelo y aumentar la biomasa de los cultivos (Tang et al. 2013).

A pesar de la importancia capital del biochar, en nuestro medio no contamos con hornos pirolíticos que funcionen en base a energías renovables, para la obtención de calor se quema biomasa, por lo tanto, se consume recursos naturales y a la par se libera gases contaminantes. Existe una conexión íntima entre las energías renovables y el desarrollo sostenible (Dincer 2012), los recientes avances económicos y técnicos han hecho que las tecnologías solares integradas en la ciudad sean cada vez más atractivas (Kammen y Sunter 2016), por lo que el diseño de un horno para pirólisis que funcione en base a energías renovables conllevaría al aprovechamiento de la biomasa con emisiones prácticamente nula de gases de efecto invernadero. Los problemas con el suministro y uso de energía están relacionados no solo con el calentamiento global, también hay preocupaciones ambientales por la contaminación del aire, la precipitación ácida, el agotamiento del ozono, la destrucción de los bosques y la emisión de sustancias radiactivas (Dincer 2012).

Además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el biochar mejora las propiedades fisicoquímicas y microbianas del suelo y absorbe sustancias venenosas y perniciosas (Tan et al. 2017). La aplicación de biochar a la agricultura puede tener un efecto significativo en la reducción del calentamiento global mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el secuestro del carbono atmosférico en el suelo (Qambrani et al. 2017), la producción y mezcla de biochar en el suelo se consideran las mejores opciones para el secuestro de carbono atmosférico, ya que proporcionan beneficios simultáneos al suelo y oportunidades para la generación de energía distribuida (Matovic 2011).

Es evidente que se necesita más investigación para establecer el potencial completo del biochar como una tecnología con múltiples potenciales beneficios para el medio ambiente (Tang et al. 2013). Se considera que el biochar es beneficioso para aliviar el cambio climático, mejorar la productividad de los cultivos, remedia el medio ambiente contaminado y recicla de residuos agrícolas (Tang et al. 2013).

El objetivo principal de esta investigación es diseñar un horno para obtención de biochar en base a energías renovables con la finalidad de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y obtener biochar con múltiples aplicaciones ambientales que contribuya al secuestro de carbono y mitigación del cambio climático.

4.9 RESULTADOS ESPERADOS

Sistema para generar para secuestrar carbono alimentado mediante energías renovables para transformar biomasa en biochar mediante pirólisis con emisiones casi nula de gases de efecto invernadero.

Metodología de asimilación de datos a través de una patente.

Participación y asimilación por parte de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado con conocimientos en electricidad, electrónica, automatización, energías renovables entre otros mejorando el nivel de formación y ayudando a la inserción laboral.

4.10 ASPECTOS BIOÉTICOS Y SOCIALES

El proyecto de investigación se centra en el diseño y construcción de un prototipo para secuestro de carbono utilizando energías renovables, por lo tanto, durante todas las fases del proyecto no se atenta contra ninguna forma de vida ni salud de las personas. Se destaca el aspecto social ya que el prototipo permitirá aprovechar biomasa y transformar en un producto útil para el suelo, por ende, para el incremento en la producción de alimentos.



5 IMPACTO DEL PROYECTO

5.1 IMPACTO LEGAL, SOCIAL, TÉCNICO Y/O ECONÓMICO

Matriz de impacto Legal.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Constitución de la República							x
2	Ley Orgánica de Educación Superior							x
3	Ley de Propiedad intelectual							x
4	Reglamento Institucional							x
TOTAL								12
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 12/4 = 3								

Análisis.

Se toma de forma global el aporte fundamental que provocará la presente investigación en el ámbito legal, no podemos ni debemos aislarle de este campo, lejos de ello, más bien resulta muy impactante, en virtud de que, si bien existe todo un cuerpo legal que como indicadores se anotan y a los que se les ha asignado un valor de (3), amerita que sobre esta misma base legal, se vaya trabajando a fin de lograr una clarificación de leyes a aplicar en estos casos de creación de captura de carbono, que le den soporte y razón de existencia a los mismos, lo que servirá para que la ciudadanía se vea beneficiada de varias maneras ya que se mejora el bienestar en muchos ámbitos.

El nivel de impacto Legal genera en la presente investigación una calificación de "Impacto Alto Positivo" (3)

Matriz de impacto Socio - Económico.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Fuentes de trabajo							x
2	Calidad de vida							x
3	Efecto multiplicador						x	
4								
TOTAL							2	6
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 8/3 = 2.66 = 3								



Análisis.

Los indicadores “Fuentes de trabajo” y “Calidad de vida” tienen una calificación de (3) cada uno, en razón de que el proyecto busca generar fuentes de trabajo y en un número considerable, con una particularidad de que las personas que accedan a este trabajo serán las encargadas de brindar una mejor calidad de vida a la población del área de influencia, con las actividades a desarrollarse, produciéndose una relación simbiótica de correlación.

Al indicador “Efecto Multiplicador” se le ha asignado una calificación (2), pues se considera que los Sistemas a desarrollarse en las áreas de ingenierías eléctricas, ambiental entre otras dentro de la universidad y ciudad de Cuenca se espera tenga en el corto o mediano plazo un reconocimiento de la población y se estima que tendrá un nivel de propagación hacia otras latitudes de la Patria.

El nivel de impacto Socio-Económico genera en la presente investigación una calificación de “Impacto Alto Positivo” (3)

Matriz de impacto Técnico.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Elaboración de sistema							x
2	Implementación sistema							x
3	Validación del sistema							x
TOTAL								9
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 9/3 = 3								

Análisis.

A los indicadores descritos se les ha asignado una calificación (3) ya que se trata de la implementación de un sistema muy novedoso con varias sublíneas de investigación innovadoras en el área, en virtud de que a través de este sistema se tiene previsto desde la generación de biochar sin emisiones de efecto invernadero hasta el análisis de la utilización del biochar en cultivos, remediación de suelos empobrecidos, tratamiento de biomasa contaminada con toxinas, entre otros.

5.2 IMPACTO AMBIENTAL

Matriz de impacto ambiental.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Contaminación medio ambiental						x	



2								
3								
4								
TOTAL								
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 2/1 = 2								

Análisis.

Considerando como impacto ambiental negativo o nocivo, toda alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas del medio ambiente, causadas por cualquier forma de materia o energía resultante de las actividades humanas que directamente perjudiquen o dañen: La salud, seguridad o calidad de vida de la población; las condiciones estéticas, culturales o sanitarias del medio; la configuración, calidad y diversidad de los recursos naturales. Amerita de sobremanera, sustentar cualquier proyecto que implique lo anotado en líneas anteriores, a través de un estudio de impactos ambientales serio y que justifique el porqué de la investigación a realizarse. Sin embargo, en la presente investigación como no se trata de un proyecto que atente contra el medio ambiente y en virtud de que es menester cumplir con este tipo de análisis, el mismo se enfoca así. En lo referente al indicador "Contaminación Medio Ambiente" se le ha asignado un valor de (2), por cuanto se considera que el impacto por el uso de equipos tecnológicos, provoca contaminación de manera indirecta sobre el medio ambiente, considerándose como un perjuicio a la naturaleza aunque hay que considerar que se presenta una alternativa amigable con el ambiente para aprovechar la biomasa, secuestrar carbón y producir biochar. Este sistema de manera amplia tendrá mas impacto positivo sobre el medio ambiente que negativo.

5.3 RIESGOS DEL PROYECTO

La ejecución de la presente propuesta de investigación no presenta riesgos para su implementación en cuanto a cada uno de los objetivos propuestos a excepción de su patentabilidad. No se debe olvidar que para que un producto sea patentado se debe realizar la búsqueda en el CENADI, la misma que solo se puede efectuar una vez aprobado el proyecto y construido un prototipo. Se ha realizado una búsqueda en fuentes de información e internet y los autores pensamos que la presente propuesta es nueva. Además en este punto el prototipo debe cumplir tres requisitos que son: novedad (ser único a escala mundial), nivel inventivo (cuando genera modificaciones) y aplicación industrial (poder comercializar en el mercado), lo cual pensamos los autores que tiene la presente propuesta pero dependerá de muchos factores que pueden hacer que no se cumpla con uno de los tres requisitos. Por ejemplo, puede que en el lapso de tiempo de aprobación del proyecto se solicite una patente en otro lugar del mundo Por lo mismo, la patente será una meta pero podría no ser alcanzable. Con respecto a la diseño y construcción del reactor eléctrico eficiente energéticamente para transformar biomasa en biochar mediante pirolisis para el secuestro de carbono contamos con la propuesta necesaria en base varios estudios técnicos realizados; para diseñar el sistema de alimentación con energías renovables del reactor utilizaremos paneles solares de fácil adquisición; para formular soluciones y posibles mejoras para el reactor y sistema de alimentación por medio de simulaciones contamos con el software requerido; para fabricar el sistema de secuestro de carbono para transformar biomasa en biochar mediante pirolisis con emisiones casi nula de gases de efecto invernadero contamos en nuestro medio con los materiales necesarios y para evaluar el sistema propuesto de generación de biochar mediante sensores para determinar la energía consumida, transformada y emitida durante el proceso no tenemos riesgos potenciales ya que todos los implementos requeridos se pueden conseguir en el mercado.

5.4 PLAN DE SOSTENIBILIDAD

Luego de la fecha de conclusión de la presente propuesta de investigación y fabricación de un prototipo de horno para secuestrar carbono, al contar con equipo construido con las especificaciones propuestas, luego de la evaluación de su eficiencia y funcionamiento está sujeto a mejoras e innovaciones en el sistema, incluso se puede ejecutar más investigaciones a partir del prototipo. Inclusive se podría construir réplicas de mayor capacidad para evaluar su eficiencia en el tratamiento de residuos orgánicos en comunidades en las que los residuos se transformen en materia útil para recuperar la fertilidad del suelo sin emisión de gases de efecto invernadero, por lo que el plan de sostenibilidad es prometedor en un futuro inmediato.

6 DIFUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 EFECTOS MULTIPLICADORES

Se promoverá efectos multiplicadores claros tales como:

Tecnología. – La mejora en el estado del arte de sistemas de secuestro de carbono.

Desarrollo Social. – Contar con mejores técnicas para la fabricación de biochar mediante el uso de energías renovables, con lo cual las emisiones de gases de efecto invernadero es mínima. Se está ayudando al medio y esto ya está siendo apoyado por MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) bajo el Protocolo de Kioto con enfoque en la aforestación y reforestación, vistas como los medios más eficaces fácilmente medibles para el secuestro de carbono en la biomasa encima del suelo y debajo de la superficie del suelo.

Economía. – En diversos lugares ya está evidenciado que el uso del biochar es una tecnología que ha demostrado proveer beneficios al suelo, aumentando su fertilidad a través de su influencia en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y presenta un alto potencial para ayudar al secuestro de carbono en el suelo. Ambos aspectos tienen gran futuro, ayudando a la economía de los agricultores, de los agros ecosistemas y de los consumidores quienes disfrutarán de mejores verduras, frutas y demás productos de cultivos que se benefician con el uso de biochar.

6.2 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Se espera obtener los siguientes resultados:

- Sistema para generar para secuestrar carbono alimentado mediante energías renovables para transformar biomasa en biochar mediante pirolisis con emisiones casi nula de gases de efecto invernadero.
- Metodología de asimilación de datos a través de una patente.
- Participación y asimilación por parte de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado con conocimientos en electricidad, electrónica, automatización, energías renovables entre otros mejorando el nivel de formación y ayudando a la inserción laboral.
- Dos publicaciones en las revistas a continuación detalladas:

Publicaciones con ISSN planificadas en la propuesta				
Cantidad	Nombre de la revista	Base de datos*	País	Cuartil
1	Applied Sciences MDPI	SCOPUS	Suiza	Q2



2	Agronomy MDPI	WOS	Suiza	Q2
Publicaciones Libro o Capítulo de Libro planificadas				
Cantidad	Libro / capítulo de libro	Editorial		

7 PLANIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO

7.1 FACILIDADES DE TRABAJO

La UCACUE, mancomunadamente, brindará todo el contingente necesario para la óptima utilización de su infraestructura y equipamiento científico-técnico, constituida por instalaciones amplias y modernas y equipos informáticos de alta capacidad del centro de investigación de Ingenierías, Industria y Construcción y de la Jefatura de Posgrados, con el fin de crear un ambiente amigable para los investigadores, que permita alcanzar resultados de alto nivel que puedan ser entregados a la comunidad científica a nivel nacional e internacional.

7.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Anexo I)

Anexo I: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES.

7.3 PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN FINANCIERA (Anexo II)

Anexo II 1: DETALLE DE PRESUPUESTO.

Anexo II 2: PRESUPUESTO CONDENSADO.

Anexo II 3: PRESUPUESTO POR FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

8 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS

Brick, S. 2010. Biochar: Assessing the Promise and Risks To Guide U . S . Policy Author. Madison, Wisconsin, NRDC Biochar Scoping Study Peer Review Committee.

Brown, RC. 2013. Introduction to Thermochemical Technologies for Production of Fuels and Biobased Products. Center for Sustainable Environmental Technologies .

Bui, M; Adjiman, CS; Bardow, A; Anthony, EJ; Boston, A; Brown, S; Fennell, PS; Fuss, S; Galindo, A; Hackett, LA; Hallett, JP; Herzog, HJ; Jackson, G; Kemper, J; Krevor, S; Maitland, GC; Matuszewski, M; Metcalfe, IS; Petit, C; Puxty, G; Reimer, J; Reiner, DM; Rubin, ES; Scott, SA; Shah, N; Smit, B; Trusler, JPM; Webley, P; Wilcox, J; Dowell, N Mac. 2018. Carbon capture and storage (CCS): The way forward. Energy and Environmental Science 11:1062-1176. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7ee02342a>.

Dincer, I. 2012. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. Regional Development 4(2):157-175. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0882-5.ch302>.



Elum, ZA; Momodu, AS. 2017. Climate change mitigation and renewable energy for sustainable development in Nigeria: A discourse approach (en línea). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76:72-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.040>.

Gupta, S; Kua, HW; Low, CY. 2018. Use of biochar as carbon sequestering additive in cement mortar (en línea). *Cement and Concrete Composites* 87:110-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.12.009>.

IBI. 2019. International Biochar Initiative (en línea, sitio web). Disponible en <https://biochar-international.org/>.

Kabir, E; Kumar, P; Kumar, S; Adelodun, AA; Kim, KH. 2018. Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82:894-900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>.

Kammen, DM; Sunter, DA. 2016. City-integrated renewable energy for urban sustainability (en línea). *Science* 352(6288):922-928. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aad9302>.

Kannan, N; Vakeesan, D. 2016. Solar energy for future world: - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62:1092-1105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.022>.

Koch, A; McBratney, A; Adams, M; Field, D; Hill, R; Crawford, J; Minasny, B; Lal, R; Abbott, L; O'Donnell, A; Angers, D; Baldock, J; Barbier, E; Binkley, D; Parton, W; Wall, DH; Bird, M; Bouma, J; Chenu, C; Flora, CB; Goulding, K; Grunwald, S; Hempel, J; Jastrow, J; Lehmann, J; Lorenz, K; Morgan, CL; Rice, CW; Whitehead, D; Young, I; Zimmermann, M. 2013. Soil Security: Solving the Global Soil Crisis. *Global Policy* 4(4):434-441. DOI: <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12096>.

Laird, DA; Brown, RC; Amonette, JE; Lehmann, J. 2009. Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 3:547-562. DOI: <https://doi.org/10.1002/BBB>.

Li, S; Chen, G. 2018. Thermogravimetric , thermochemical, and infrared spectral characterization of feedstocks and biochar derived at different pyrolysis temperatures (en línea). *Waste Management* 78:198-207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.048>.

Matovic, D. 2011. Biochar as a viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective (en línea). *Energy* 36(4):2011-2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.031>.

Mullen, CA; Boateng, AA; Hicks, KB; Goldberg, NM; Moreau, RA. 2010. Analysis and comparison of bio-oil produced by fast pyrolysis from three barley biomass/byproduct streams. *Energy and Fuels* 24(1):699-706. DOI: <https://doi.org/10.1021/ef900912s>.

Narzari, R; Bordoloi, N; Chutia, RS; Borkotoki, B. 2015. Chapter 2- Biochar: An Overview on its Production, Properties and Potential Benefits. *Biology, Biotechnology and Sustainable Development* :13-40. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3966.2560>.

Oliveira, FR; Patel, AK; Jaisi, DP; Adhikari, S; Lu, H; Khanal, SK. 2017. Environmental application of biochar: Current status and perspectives (en línea). *Bioresource Technology* 246:110-122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.122>.

P.McHenry, M. 2009. Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129(1-3):1-7.

Parida, B; Iniyar, S; Goic, R. 2011. A review of solar photovoltaic technologies (en línea). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(3):1625-1636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032>.

PNUD. 2019. Objetivos de desarrollo sostenible.



Qambrani, NA; Rahman, M; Won, S; Shim, S. 2017. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review (en línea). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79:255-273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.057>.

Roberts, KG; Gloy, BA; Joseph, S; Scott, NR; Lehmann, J. 2010. Life Cycle Assessment of Biochar Systems: Estimating the Energetic, Economic, and Climate Change Potential (en línea). *Environmental Science & Technology* 44(2):827-833. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es902266r>.

Sampaio, PGV; González, MOA. 2017. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74:590-601. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>.

Streeter, AK. 2008. Betting on Biochar to Solve Our Super CO2 Imbalance.

Tan, Z; Lin, CSK; Ji, X; Rainey, TJ. 2017. Returning biochar to fields : A review. *Applied Soil Ecology* 116:1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.017>.

Tang, J; Zhu, W; Kookana, R; Katayama, A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil (en línea). *Journal of Bioscience and Bioengineering* 116(6):653-659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.05.035>.

USBI. 2019. Biochar Production. Biochar Production .

Vogel, H-J; Bartke, S; Daedlow, K; Helming, K; Kögel-Knabner, I; Lang, B; Rabot, E; Russell, D; Stößel, B; Weller, U; Wiesmeier, M; Wollschläger, U. 2018. A systemic approach for modeling soil functions. *Soil* 4(1):83-92. DOI: <https://doi.org/10.5194/soil-4-83-2018>.

Webb, NP; Marshall, NA; Stringer, LC; Reed, MS; Chappell, A; Herrick, JE. 2017. Land degradation and climate change: building climate resilience in agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(8):450-459. DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.1530>.

Weber, K; Quicker, P. 2018. Properties of biochar (en línea). *Fuel* 217:240-261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>.

Xie, T; Reddy, KR; Wang, C; Yargicoglu, E; Spokas, K. 2015. Characteristics and applications of biochar for environmental remediation: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45(9):939-969. DOI: <https://doi.org/10.1080/10643389.2014.924180>.



9 DECLARACIÓN FINAL

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto, y la Entidad Postulante Principal, a través de su Representante, de forma libre y voluntaria declaran lo siguiente:

- Que el proyecto descrito en este documento es una obra original, cuyos autores forman parte del equipo de investigadores y por lo tanto asumimos la completa responsabilidad legal en el caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la UCACUE de cualquier acción legal que se derive por este causal.

- Que el presente proyecto no causa perjuicio alguno al ambiente y no transgrede norma ética alguna, y que en el caso de que la investigación requiera de permisos previo a su ejecución, el Director del Proyecto remitirá una copia certificada de los mismos a las autoridades competentes en la UCACUE.

- Que este proyecto no se ha presentado en ninguna otra institución pública o privada, para el financiamiento del presupuesto solicitado a la UCACUE. El incumplimiento de este acuerdo será causal para que el proyecto no sea financiado o para la terminación anticipada unilateral del convenio a firmar con la UCACUE.

- De otorgarse financiamiento por la UCACUE para la ejecución del proyecto, aceptamos que los bienes adquiridos con estos fondos permanecerán bajo la responsabilidad de la entidad postulante durante la ejecución del proyecto, pero la UCACUE se reserva el derecho de determinar el destino final de los mismos, una vez finalizado el proyecto.

- Aceptamos que si el proyecto se accede a financiamiento de la UCACUE y como parte de los resultados del mismo se genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán de la UCACUE o compartidos con la entidad postulante, la(s) instituciones que compartieron la investigación y el equipo de investigadores, según los términos definidos en el respectivo convenio específico.

Fecha: Cuenca, 17 de octubre de 2

Nombre: Juan Carlos Cobos Torres

CI: **0103767125**

DIRECTOR DEL PROYECTO

Nombre: Manuel Salvador Alvarez

CI: **0103414322**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

Nombre: María del Cisne Aguirre Ullauri

CI: **0103797254**

DIRECTOR DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN