



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los
suelos mediante una revisión sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Ayala Santisteban, Abelardo (ORCID: 0000-0002-0975-228X)
Peña Huamán, Haidi Alexandra (ORCID: 0000-0002-3780-8324)

ASESOR:

Dr. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mis padres: Faustino Ayala Velásquez Y Angelita Santisteban Tuñoque por ser mi inspiración de mi formación universitaria y ver el fin del largo camino hasta llegar aquí.

A mis hermanos: José Orlando Ayala Santisteban Y Javier Alfredo Ayala Santisteban por su apoyo incondicional por todas estas etapas de vida universitaria y consejos como familia.

Abelardo

A mis padres: Miguel Ángel Peña Monzones y Teresa De Jesús Huamán Ubillus por el apoyo que me brindan día a día a seguir con mis estudios universitarios a pesar de las dificultades. Gracias por sus consejos, por confiar en mí, por inculcar buenos valores y el don de responsabilidad.

A mis hermanos: Sally Indira Peña y Dante Gabriel Peña Huamán por haberme apoyado todos estos años

Haidi Alexandra

Agradecimiento

A Dios, por ser la Luz que guía mi vida, haberme dado salud para lograr mis objetivos, además, por su infinita bondad y amor por que sin él no hubiera hecho posible llegar hasta aquí.

Al Dr. Alcides Garzón Flores por su confianza durante las asesorías en esta investigación y constantes orientaciones.

Abelardo

A Dios, por darme buena salud, sabiduría, inteligencia y entendimiento para lograr mis metas planteadas.

Agradezco a mis padres y hermanos por el apoyo económico y por brindarme palabras de aliento y fuerza para lograr mis metas planteadas.

A la Universidad Cesar Vallejo (UCV) por ser el alma mater que me brindó la oportunidad de culminar mis estudios satisfactoriamente.

Al Dr. Alcides Garzón Flores por compartir sus conocimientos, por su paciencia durante las asesorías programadas, gracias por su tiempo, por su apoyo incondicional que nos brinda en nuestra formación personal.

Haidi Alexandra

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	25
3.3. Escenario de estudio.....	27
3.4. Participantes	27
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.6. Procedimiento	27
3.7. Rigor científico	29
3.8. Método de análisis de información.....	30
3.9. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS	62

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Antecedentes en relación a investigaciones donde aplicaron diferentes tipos de biomásas de biochar.....</i>	12
Tabla 2: <i>Matriz de categorización apriorística.....</i>	26
Tabla 3: <i>Resumen de criterios de búsqueda</i>	29
Tabla 4: <i>Tipos de biochar de diferentes residuos agrícolas, residuos urbanos, residuos de excretas de animales y residuos de vísceras de pescado.</i>	33
Tabla 5: <i>Cantidades de biochar en porcentajes (%), gramos (g), kilogramos (kg) y toneladas (tn) aplicados en diferentes tipos de suelo.....</i>	39
Tabla 6: <i>Propiedades químicas del suelo debidas a diferentes intensidades de uso, dosis de biochar y su interacción</i>	43

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Esquemas del proceso de producción del biochar y bioenergía durante la pirolisis.	5
<i>Figura 2:</i> Productos de la pirolisis.	8
<i>Figura 3:</i> Horno pirolítico usado en la producción del biochar.....	9
<i>Figura 4:</i> Principales efectos del biochar sobre las características del suelo.....	10
<i>Figura 5:</i> Principales motivos para la aplicación de biochar al suelo,.....	10
<i>Figura 6:</i> Flujograma de procesos de revisión sistemática.....	28
<i>Figura 7:</i> Diferentes tipos de residuos orgánicos para la producción de biochar.	36

Resumen

El objetivo de esta investigación fue explicar el uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los suelos, con el fin de analizar el uso del biochar como mejorador de los suelos agrícolas contaminados por excesivo uso de fertilizantes químicos o suelos pobres.

El tipo de investigación es básica, ya que lleva a la búsqueda de nuevos conocimientos y campos de investigación, Enriquece el conocimiento científico, el diseño de investigación es cualitativo narrativo tópicos.

Los resultados del uso del biochar fueron: residuos agrícolas, vísceras de pescado, excretas de animales, residuos urbanos, entre otros, mediante una revisión sistemática. Los biochars elaborados a temperaturas de 200 °C a 700 °C son las más óptimas. Los biochars de excretas de animales se deben incorporar al suelo con dosis de 3% y 10% según lo investigado, estas dosis de biochar han incrementado las propiedades físicas: textura, estructura, Humedad, color y porosidad, químicas: pH, CE, COT, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe, Zinc, N total y biológicas: incrementos de bacterias gram Negativa. Finalmente, los biochar logran reducir los impactos negativos al medio ambiente tales como: reducción de, gases de efecto invernadero, usos excesivos de fertilizantes químicos, olores, amoníaco.

Palabras clave: Biochar, biochar vegetal, biochar animal, biochar en el suelo, biochar enmiendas orgánicas.

Abstract

The objective of this research was to explain the use of biochar as an alternative to improve the quality of soils, in order to analyze the use of biochar as an improver of agricultural soils contaminated by excessive use of chemical fertilizers or poor soils.

The type of research is basic, as it leads to the search for new knowledge and research fields, Enriches scientific knowledge, the research design is qualitative narrative topical.

The results of the use of biochar were: agricultural residues, fish viscera, animal excreta, urban waste, among others, through a systematic review. Biochars made at temperatures from 200°C to 700°C are the most optimal. The biochars of animal excreta should be incorporated into the soil with doses of 3% and 10% as investigated, these doses of biochar have increased the physical properties: texture, structure, moisture, color and porosity, chemical: pH, CE, COT, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe, Zinc, total N and biological: increases of gram-Negative bacteria. Finally, biochar manages to reduce negative impacts on the environment such as: reduction of greenhouse gases, excessive use of chemical fertilizers, odors, ammonia

Keywords: Biochar, vegetable biochar, animal biochar, soil biochar, biochar organic amendments.

I. INTRODUCCIÓN

El potencial agrario debe hacer frente a la problemática existente como, los impactos negativos en el medio ambiente y de fertilidad de los suelos, por su excesivo uso. Los principales problemas que tienen los agricultores en la costa peruana son mayormente los suelos arenosos y francos arenosos ya que estos carecen de una estructura, conformados por abundante arena, dificultando la retención del agua y los nutrientes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Izquierdo, 2017).

La procreación de los residuos sólidos viene siendo una cuestión con natural al desarrollo del ser humano ya que estos residuos generan grandes impactos al ambiente y al mismo ser humano por no conocer los procedimientos de aprovechamiento de residuos orgánicos como es en este caso, la pirolisis asistida por microondas y la carbonización hidrotermal, estas, permiten usar gran cantidad de residuos, transformándolos en enmiendas orgánicas del suelo con valor agregado, logrando así disminuir la disposición final en rellenos sanitarios o botaderos (Bejarano y Aguilar, 2017).

Según los autores PengSun et al. (2020), la salinización de los suelos es uno de los principales problemas ambientales que amenaza la productividad agrícola desde varios años atrás y está aumentando constantemente en los diferentes países del mundo. El área total de suelo salino en el mundo es de aproximadamente 831 millones de hectáreas.

La quema de diferentes biomásas como madera, hojas, pasto, entre otros. Genera mayor fuente de contaminación del aire en diferentes partes del mundo ocasionando pérdidas de nutrientes al suelo y el aumento de la emisión de carbono atmosférico nocivo, para disminuir las emisiones atmosféricas nocivas de una forma eficaz de minimizar la contaminación de los biomateriales de desecho es transformarlos de manera efectiva en una sustancia más útil, como el biochar (Vijayaraghavan, 2019).

El investigador Díaz, (2007), argumenta que los suelos arenosos poseen estructuras naturales con características y partículas que se clasifican según su tamaño en arena, Limo y arcilla, además las partículas de tamaño superior a 2 mm se consideran fragmentos gruesos del suelo, sobre todo es importante acotar que el 50% de las partículas de rango 0.075 a 4.75 mm son suelos arenosos.

Según el autor Olmos, (2016), deduce que las zonas agrícolas son importantes para las actividades de la agricultura, al mismo tiempo estas actividades generan diferentes impactos negativos al medio ambiente y la degradación de los suelos por excesivo uso de fertilizantes químicos, pesticidas, etc.

El biochar es un carbón generado por biomasa residual al aplicar al suelo se convierte en materia orgánica rica en carbono que se utiliza sobre todo para recuperar los suelos degradados o contaminados por metales pesados, al mismo tiempo mejora las propiedades fisicoquímicas, capacidad de intercambio catiónico (CIC), regula el pH y ayuda a retener el agua (Quevedo y Tenesaca, 2019).

Otro de los problemas es la degradación de suelos por el uso excesivo de fertilizantes químicos en las actividades agrícolas. Un suelo infértil carece de mucha humedad, proteínas y enmiendas orgánicas dificultando el crecimiento de los cultivos, árboles y pastos y a la vez perjudica a la economía de los agricultores. Así mismo, las propiedades de los suelos arenosos varían de acuerdo a la ubicación geográfica (Gobierno Regional de Lambayeque, 2012), La salinidad de los suelos perjudica la productividad y calidad de las cosechas. Aproximadamente el 20 % del área cultivada a nivel mundial (Campoverde, 2012).

A medida que el ser humano ha ido evolucionando la labranza, ha ido avanzando y se ha generado una alta tasa de polución en los suelos peruanos debido al excesivo uso de los fertilizantes químicos en la agricultura ocasionando disminuciones de la biodiversidad de nuestro planeta, provocando variedades de enfermedades en los animales y en las personas (Universidad Pública Navarra, 2006).

Lo más importante de esta investigación es sintetizar información del uso del biochar como una nueva tecnología fácil de conseguir y aplicar a los diferentes tipos de suelos a través de una revisión sistemática. El biochar es amigable con el medio ambiente, esta tecnología se debe reemplazar a las tecnologías altamente contaminantes como la producción de fertilizantes y pesticidas inorgánicos, por la falta de conformidad con la legislación sectorial y el incumplimiento de las normas legales vigentes venimos sufriendo las consecuencias de pérdida de suelos hace miles de años (Perspectivas del medio ambiente, 2008).

La base de la realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos. El problema general fue ¿Cuál es el uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los suelos? Los problemas específicos de la investigación son los siguientes:

PE1: ¿Cuáles son los tipos de biochar de diferentes biomásas para el mejoramiento de la calidad de los suelos?,

PE2: ¿Qué cantidades de biochar de diferentes biomásas se debe incorporar para mejorar la calidad de los suelos?

PEN: ¿Qué impactos positivos genera el uso del biochar en los suelos?

El objetivo general fue: Explicar el uso del Biochar como alternativa de mejoramiento de calidad de los suelos mediante una revisión sistemática. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Definir los tipos de biochar de diferentes biomásas para el mejoramiento de la calidad de los suelos.
- Describir las cantidades del biochar que se debe incorporar para mejorar la calidad de los suelos
- Dar a conocer los impactos positivos del biochar en los suelos

II. MARCO TEÓRICO

Para los autores Mukhina y Rizhiya (2017), el biochar se produce a través de la pirolisis de residuos orgánicos, residuos agrícolas, forestales, lodos de depuradora, entre otros. Se caracteriza por un alto contenido de compuestos de carbono (C) estable, su aplicación al suelo como enmienda conduce al secuestro de carbono (p.2).

Para los autores Escalante et al, (2019), el biochar es un subproducto de la pirolisis de biomasa residual que genera una mejoría en sus propiedades fisicoquímicas y biológicas, lo que se traduce en un aumento de la productividad de los cultivos, así mismo el biochar por ser de forma recalcitrante de carbono, actúa como reservorio de larga duración de este elemento, retardando su retorno a la atmósfera como CO₂, situación que contribuye a mitigar el cambio climático, la materia prima a menudo causan problemas de contaminación ambiental (p.1).

Para el autor (Kyoung S. Ro 1, 2016), los biochares se componen de una combinación de minerales y carbono, así mismo revelaron que el biochar mejora la calidad del suelo disminuyendo los contaminantes que presenta. Los residuos orgánicos que genera el hombre se deben reutilizar para producir el biochar utilizándolo como enmiendas orgánicas para el suelo; el biochar a base de estiércol animal ofrece muchas ventajas para los agricultores. Produce biochar más rico en nutrientes que el biochar de origen vegetal, puede transportarse y almacenarse fácilmente sin olores molestos ni deterioro (p. 1).

Para Martines Chávez (2015), el biochar es la enmienda orgánica con gran potencial para mejorar las propiedades física y química de los suelos, se obtiene a través de la transformación de diferentes materias primas, con diferentes métodos entre ellos por medio de pirólisis, el uso del biochar, mejora el pH, (CIC), capacidad de retención de agua; y además retiene y mejora la disponibilidad de los nutrientes en el suelo como N y P (p.10).

El autor Vijayaraghava, (2019, p.2), Indica que se puede utilizar varias metodologías para producir biochar, que incluye carbonización de cenizas, gasificación, pirolisis, carbonización hidrotermal y torrefacción. Entre estos métodos, la técnica más común y ampliamente empleada para producir biochar es el pirólisis. En el proceso de pirolisis (figura 1), se utilizan temperaturas superiores a 300° C para calentar la biomasa en la ausencia de O₂. Durante este proceso, los componentes orgánicos se descomponen térmicamente en vapor.

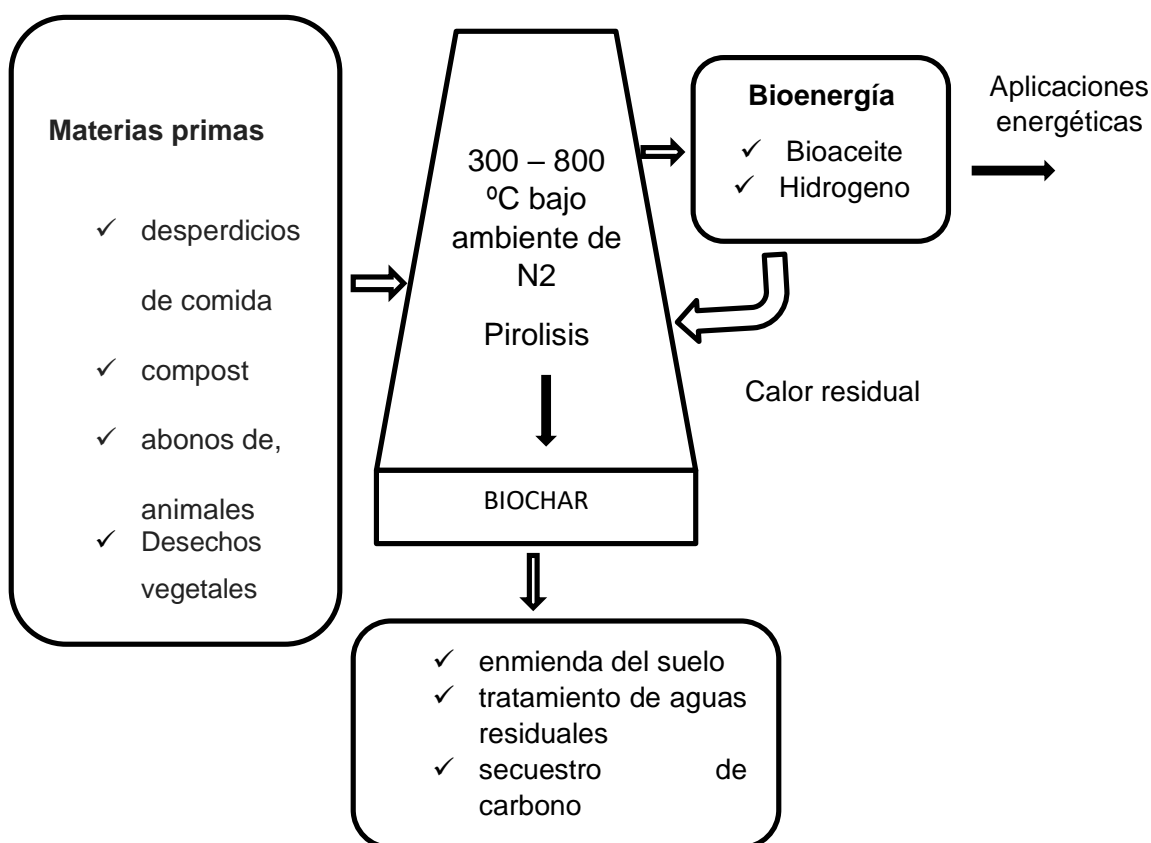


Figura 1: Esquemas del proceso de producción del biochar y bioenergía durante la pirolisis.

Fuente: Vijayaraghava, (2019, p.3)

Los autores Yilmaz y Ergun, (2019), afirma que la aplicación del biochar de estiércol de animal aumenta las actividades de las enzimas deshidrogenasa ureasa y arilsulfatasa del suelo y fue estadísticamente significativo, además el biochar de estiércol de pollo aumenta la actividad de las enzimas deshidrogenasa cuando se aplica en el suelo en dosis mayores (p.1).

Para el autor Molinés Cintora, (2015), el biochar de purín de cerdo tiene patógenos que suele presentar un pH neutro o básico, Posee ha cantidades importantes de hidratos de carbono, lípidos aminoácidos, proteínas, urea y compuestos azufrados, posee un alto contenido en humedad (> 90 % en peso), además biochar a partir de purín de cerdo tiene un alto contenido en carbono (30-52 %) y en cenizas (36-53 %) con una relación de carbono recuperado entre 48 y 56 %. Se conserva aproximadamente el 50 % de la energía de la materia prima. El biochar se concentra una parte importante de los nutrientes del purín, fósforo y nitrógeno (p.7).

Para el autor Guerra, (2015), el biochar de actividades agrícolas sirven para mejorar las características físicas y químicas del biochar es obtenido mediante pirolisis lenta, en un rango de temperatura de 550 - 600 °C, para determinar su aptitud como una enmienda del suelo agrícola y como un agente potencial en el secuestro de carbono atmosférico en el suelo, según sus resultados aplicados de diferentes biochar que dieron mejores resultados fueron cáscara de sachá inchi y de la corteza interna de palmito para su aplicación en el suelo como enmiendas. Así también, el biochar de cáscara de sachá inchi y del raquis de las hojas del palmito se presentan como los agentes potenciales más efectivos en el secuestro de carbono.

Para el autor Rasayan, (2020), los desechos de residuos agrícolas se producen a partir de la pirolisis lenta de biomasa a 300-400 ° C con poco o nada de oxígeno, los residuos agrícolas experimentados son la cáscara de palma aceitera, hojas de palma, cáscaras de coco, el humo líquido de las cáscaras de palma tiene un pH de alrededor de 3 y contiene varios compuestos carboxílicos y ácidos fenólicos (p.2).

Los residuos agrícolas de cascara de cacao variedad Criollo fue convertido en biochar mediante la pirolisis en un rango de temperatura de 400 – 500 °C para conocer sus propiedades del biochar, se encontró fosforo, sodio, potasio, calcio, magnesio, manganeso y zinc, así mismo la cáscara de cacao variedad Criollo resultó superior en contenido de sodio (0.40 meq/100 g), potasio (97.08 gr/kg) y calcio (5.26 gr/kg), mientras que la variedad Forastero reportó mayor concentración de boro (42 ppm), fósforo (1381.53 mg/kg), magnesio (26.80 meq/100g) y manganeso (4.27 ppm), en tanto el Trinitario resultó superior en contenido de nitrógeno (1.57 %) y zinc (12.800 ppm) (Serena y Sanz, 2020, p. 10).

Para los autores (Feyve et al, 2019). en sus estudios realizados han demostrado que la conversión de estiércol de ganado en biochar es una forma eficaz de fijar el carbono y los nutrientes, presentando una mejor fertilidad en los suelos, así mismo aumentando la porosidad e intervención de microorganismos.

Para los autores Rodríguez y Carrillo, (2020), la pirolisis es un proceso termoquímico procedente de la materia orgánica se convierte en un sólido rico en biochar y materia volátil (líquida, sólida y gaseosa) con escaso o limitado de oxígeno, así mismo han evaluado las propiedades del biochar que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la cáscara de cacao variedad Forastero, Criollo y Trinitario en fósforo, sodio, potasio, calcio, magnesio, manganeso y zinc.

Para Oses Orbegozo, (2013), la pirolisis convierte los residuos orgánicos en biochar, atrapando rápidamente el carbono en descomposición de la biomasa de las plantas de una forma más duradera, además el biochar es una oportunidad única para mejorar la fertilidad del suelo y la eficiencia de uso de nutrientes empleando recursos disponibles obtenidos de materiales renovables y sostenibles, el autor desde su punto de vista nos da a conocer que se debe adoptar una gestión del suelo con biochar ya que su uso es más eficiente y consciente del medio ambiente de los recursos ya disponibles (p. 25).

Abenza, (2012), la pirolisis es el proceso de descomposición química de la materia orgánica bajo un aporte de oxígeno limitado. Hay dos tipos de pirolisis lenta, se basa en la combustión parcial de la biomasa por calentamiento uniforme y lento (aproximadamente 0,01-2°C/seg) a temperaturas entre 450 y 650°C, prácticamente sin oxígeno, su tiempo de resistencia es de minutos a horas, la pirolisis rápida es la temperatura relativamente moderada es 450 °C respectivamente (p.24).

Para Bejerano y Aguilar (2017), los procesos de descomposición como la pirolisis lenta, se obtiene rendimientos mayores al 90 %, con respecto a los resultados obtenidos, además disminuye el impacto ambiental causado por gases contaminantes (p. 12).

Para los autores Mukhina y Rizhiya (2017), en su tema de investigación utilizaron los residuos de madera mediante la pirolisis rápida a una temperatura de 550 ° C ya que aquellos residuos contienen C, N, P, MG y H (P.3).

El proceso de pirolisis tiene tres estados diferentes que son: solidas, liquidas y gaseosas, en diferentes proporciones, dependiendo tanto de la materia orgánico como de las condiciones de pirolisis utilizadas.



Figura 2: Productos de la pirolisis.

Fuente: Rosas Mayoral, 2015, p.4

El horno pirolítico es un equipo usado para la producción del biochar y fue diseñado y fabricado en base a la necesidad de producción del biochar, su diseño y su elaboración se muestran en la figura 4, se encuentra compuesto por dos componentes. Un tambor externo en forma rectangular que tiene en común dos cámaras para la producción de biochar con perforaciones para la liberación de energía o gases volátiles de combustión de la materia prima de entrada. El otro cilindro interno con finalidad de alimentar biomasa residual para el incremento de temperatura de pirolisis condicionados con perforaciones regulables de aireación y tamizado para la recolección de cenizas. El primer tambor externo tiene medidas de 0,50 x 0,30 x 0,60 cm. El cilindro interno tiene medida de 0,60 de altura por un radio de 0,25 cm (Trujillo et al., 2020, p.3).

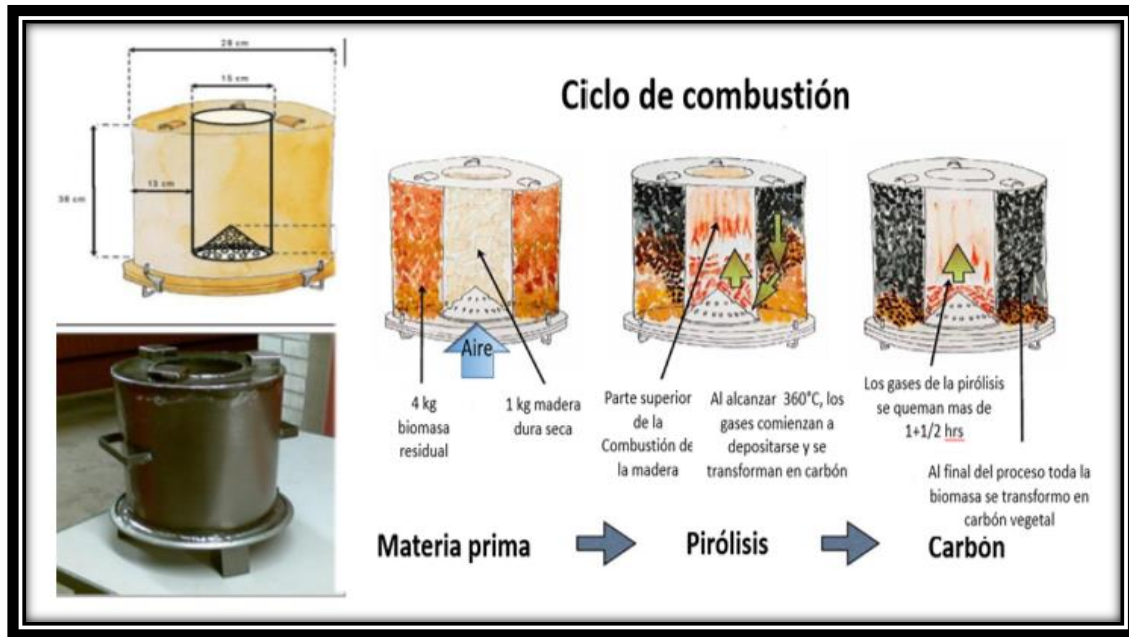


Figura 3: Horno pirólítico usado en la producción del biochar.

Fuente: Ciclo de combustión de estufa paralítico a nivel familiar, citado por Trujillo et al., 2020, p.3

Ventajas de biochar

Para Briones López, (2017), nos informa las Ventajas del Biochar son la retención de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico. Además, disminuye la acidez del suelo permitiendo plantar una variedad más amplia de cultivos en un mismo suelo, también mejora la estructura del suelo, aumenta la eficiencia de los nutrientes, mejorará el suelo, alta capacidad de almacenamiento de H₂O, reduce la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) como: el bióxido de carbono (CO₂), metano y óxido de nitroso (N₂O) (p.21). Las ventajas del uso del biochar se presenta en la figura 2: Chimbo Narváez (2019, p. 20).

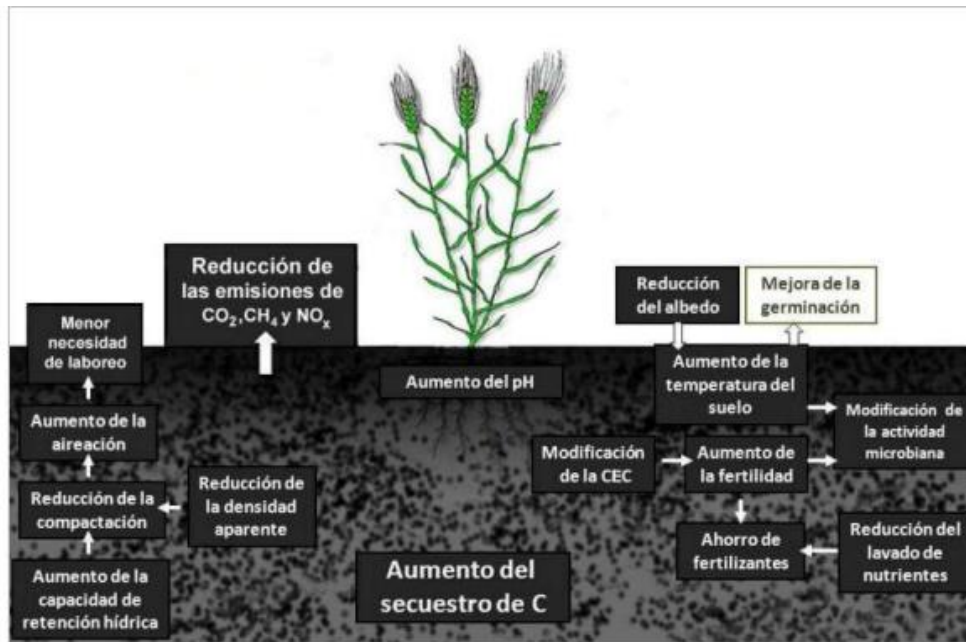


Figura 4: Principales efectos del biochar sobre las características del suelo.

Fuente: Chimbo Narváez, 2019



Figura 5: Principales motivos para la aplicación de biochar al suelo,

Fuente: Fernández Boy, 2015, p. 45

Para el Gómez Chirinos (2015), la calidad del suelo está determinada por los componentes físicos, químicos y biológicos, aquellos componentes físicos son textura, profundidad efectiva, infiltración, capacidad retener agua, así mismo la calidad física de los suelos está asociada principalmente con las propiedades hidráulicas que determinan la infiltración y almacenaje de agua en los suelos, así como la porosidad y compactación de los mismos que se determinan con los índices físicos del suelo (p. 15).

Para el autor Hosokay Oliveros, (2012), la calidad del suelo es dinámica y puede variar en corto plazo de acuerdo al uso y a las prácticas de manejo que le dan al suelo como el uso de la agricultura (p.15).

La humedad del biochar es considerada como la cantidad de masa de agua perdida durante el secado de la muestra, asumiendo que este es el único material volátil presente a los 105°C. Se considera que el vapor de agua puede expulsar solventes orgánicos de bajo punto de ebullición (<105°C) como el metanol y ácido acético, fáciles de detectar por su olor (McLaughlin (2010), citado por (Guerra Laura, 2015, p.19).

El contenido de ceniza es la fracción no orgánica del biochar libre de humedad, la cantidad y la composición de ceniza influye sobre ciertas propiedades deseadas en el biochar. La ceniza del biochar es un indicador de concentración de nutrientes. Por lo general, los principales minerales son silicio (Si), calcio (Ca), potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg) y cantidades más pequeñas de azufre (S), fósforo (P), hierro (Fe), manganeso (Mn) y de aluminio (Al). Estos elementos se encuentran en sus formas de óxidos, silicatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y fosfatos en el biochar (Ravedraan et al., 1995). Citado por (Guerra Laura, 2015, p. 20).

Tabla 1: Antecedentes en relación a investigaciones donde aplicaron diferentes tipos de biomásas de biochar.

N°	Tipo de biochar	Temperatura de pirólisis y tiempo	Dosis de biochar/tiempo de duración	Dosis de suelo	Tipos de suelos	Impacto del biochar en el suelo	País	Referencia
1	Residuos de poda del arbusto molle costeño (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	500° C	20% de biochar-20 días (4 tratamientos)	soluciones de plomo (10, 20, 40 y 80 ml)	Suelo contaminado con plomo	T1 pH inicial (8.45); al 20% de biochar pH:(9.02);C.E Inicial:(0.27); 20% C.E:(6.42); M.O inicial (0.72);20% M.O:(0.64); C.I.C inicial (9.81), 20% C.I.C:(19.58).T2 PH Inicial (8.34); 20% PH:(8.99); C.E inicial (0.31); 20% C.E:(7.55); M.O Inicial:(0.35); 20% M.O:(0.59); C.I.C inicial:(10.15), 20% C.I.C:(20.15).T3 pH inicial:(8.33); 20% pH:(9.01); C.E Inicial:(0.36); 20% C.E:(6.59); M.O inicial:(0.54); 20% M.O:(0.72); C.I.C inicial:(11.03); 20% C.I.C:(21.11). T4 pH inicial:(8.08); 20% pH:(9.31); C.E inicial:(0.42); 20% C. E:(8.46); M.O inicial:(0.13); 20% M.O:(0.48); C.I.C inicial:(11.07); 20% C.I.C:(18.99).	Perú	De la Cruz, 2018
2	Vísceras de pescado	600° C	5% ,10% y 15% de biochar	95, 90 y 85 kg de suelo árido	Suelo Árido	pH inicial:(7,77); al 5% de biochar pH:(7,99); al 10% de biochar pH:(7,86); al 15% de biochar pH:(7,93); C.E inicial:(8,90) ; al 5% de biochar C.E:(8,80); al 10% de biochar C.E:(8,42); al 15% de biochar C.E:(8,75); M.O inicial:(0,23) ; al 5% de biochar M.O:(0,52); al 10% de biochar M.O:(1,46); al 15% de biochar M.O:(2,01); Fosforo(P) ppm, inicial:(5,0) ; al 5% de biochar P:(44,57); al 10% de biochar P:(129,0); al 15% de biochar P:(128,15); Potasio (K) inicial:(189) ; al 5% de biochar K:(299,75); al 10% de biochar K:(539,25); al 15% de biochar K(728); C.I.C inicial:(2,40) ; al 5% de biochar C.I.C:(4,84); al 10% de biochar C.I.C:(5,24); al 15% de biochar C.I.C:(5,64); Boro inicial:(2,2) ; al 5% de biochar B:(4,90); al 10% de biochar B:(4,88); al 15% de biochar B:(4,30); Cobre inicial:(0,8) ; al 5% de biochar Cu:(0,85); al 10% de biochar Cu:(1,25); al 15% de biochar Cu:(1,47); Hierro inicial:(9,7) ; al 5% de biochar H:(7,02); al 10% de biochar H:(14,27); al 15% de biochar H:(14,82); Manganeso inicial:(1,8) ; al 5% de biochar Mn:(2,5); al 10% de biochar Mn:(4); al 15% de biochar Mn:(4,37); Zinc inicial:(1,4) ; al 5% de biochar Zn:(3,25); al 10% de biochar Zn:(6,07); al 15% de biochar Zn:(7,72)	Perú	Zegarra, 2015
3	Biochar de acícula de pino pátula	—	2% y 4% de biochar	100g suelo andino	Suelo negro Andino	pH inicial:(4,4); al 2% de biochar pH:(4,68); pH inicial:(4,5); al 4% de biochar pH:(4,78)	Ecuador	Díaz, 2017

4	excretas porcina y avícola	300° C	5%, 10% y 15% de biochar	Suelo Agrícola, en mesetas (8kg de suelo para cada tratamiento)	Suelo contaminado con Cadmio	DESPUES DE 2 MESES DE BIOCHAR EXCRETAS DE PORCINA - pH inicial:(6,25); al 5% de biochar se obtuvo un pH: (7.11), AL 10% pH:(7,46) y al 15% pH:(7,77); C.E inicial:(3,90); al 5% de biochar se obtuvo C.E:(5,76); al 10% C.E:(6,90); al 15% C.E:(8,70); CIC inicial:(23,11); al 5% de biochar C.I.C:(18,57), al 10% de biochar C.I.C:(19,14); al 15% de biochar C.I.C:(20,17). BIOCHAR AVICOLA pH inicial:(6,25); al 5% de biochar pH:4,93); al 10% de biochar pH:(5,66); al 15% de biochar pH:(7,23); C.E inicial:(3,90); así 5% de biochar C.E:(4,93); al 10% de biochar C.E:(5,66); al 15% de biochar C.E:(7,23);C.I.C inicial:(23,11); al 5% de biochar C.I.C:(17,61); al 10% de biochar C.I.C:(19,37); al 15% de biochar C.I.C:(22,89). La dosificación al 5% fue el más óptimo	Perú	Remigio, 2018
5	Residuos de poda de los árboles de ficus	500° C / Tiempo de 2 horas	1%, 2% y 5% de biochar	3,360g, 3,320g y 3,200g de suelo (EX SITU); 6670g, 6590g y 6350g de suelo (IN SITU) / 6 baldes de 5 litros, utilizando 16 baldes en los 3 tratamientos.	suelo arenoso	Muestra 3; pH inicial (8.9); 5% de biochar pH:(8.48); al 2% de biochar pH:(8.40); al 1% de biochar pH:(8.35); C.E inicial:(35.20); al 5% de biochar C.E:(32.09); al 2% de biochar C.E:(31.89); al 1% de biochar C.E:(31.79) a los 15 días del tratamiento 1. Acotar que, de las 9 muestras empleadas por el autor con diferencia de control de días, solo uno de las muestras género mejoras, las demás alteraron las propiedades de las diferentes muestras.	Perú	Escalante Abril, 2018
6	Bagazo de caña de azúcar	310°C/ Tiempo de 4 horas	3%, 5%, 10% y 50% de biochar	3 kilogramos de suelo	suelo presenta 1304 mg/kg de plomo	pH inicial:(9.2); al 3% de biochar pH:(8.97); al 5% de biochar pH:(8.92); al 10% de biochar pH:(8.66); al 50% de biochar pH:(8.85). Los resultados a los 45 días de la investigación, indican que el pH obtuvo una variación promedio de 0.35 menos alcalina.	Perú	Condeña, 2017
7	Excretas avícolas (Codorniz)	500°C	1%, 3% y 10% de biochar.	500g	Suelo prístino forestal	pH inicial: (6.74); al 1% de biochar pH:(6.94); al 3% de biochar pH:(7.13); al 10% de biochar pH:(7.81); C.E inicial:(0.52); al 1% de biochar C.E:(0.78); al 3% de biochar C.E:(1.19); al 10% de biochar C.E:(2.53).	Argentina	Rominchin et al, 2019

8	Biochar derivados de residuos sólidos de almazara	300°C, 500°C y 700°C	1% y 3%	1kg de suelo	Suelo arenoso arcilloso	pH inicial:(7.85); BC 300°C; al 1% de biochar pH:(8.05); al 3% de biochar pH:(8.28); BC a 500°C; al 1% de biochar pH:(8.15); al 3% de biochar pH:(8.31); BC a 700°C; al 1% de biochar pH:(8.11); al 3% de biochar pH:(8.32)	Arabia Saudita	Adel et al, 2020
9	Tallo de cultivos de colza (<i>Brassica campestris L.</i>) y de paja de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	550°C	1%, 2%, 5% y 10%	—	Suelo Calcáreo/franco arenoso	pH inicial:(8.23); al 1% de biochar pH:(8.27); al 2% de biochar pH:(8.36); al 5% de biochar pH:(8.49); al 10% de biochar pH:(8.57); Materia orgánica en el suelo (%) inicial:(3.14); al 1% de biochar M.O:(5.25); al 2% de biochar M.O:(7.33); al 5% de biochar M.O:(8.35); al 10% de biochar M.O:(14.50).	China	Bing et al, 2018
10	Biomasa animal y vegetal / excreta de pollo y maleza de higuera	300° C a 700° C.	Dosis de 5%, 10% y 15%	1kg de salino	Suelo / franco arenoso con características salinas	pH inicial (8.88); al 5% de biochar pH:(7.74); al 10% de biochar pH:(7.12); al 15% de biochar pH:(6.16); C.E inicial (9.48); al 5% de biochar pH:(7.43); al 10% de biochar pH:(5.71); al 15% de biochar PH:(3.68); Humedad inicial (9); al 5% de biochar H (10.86); al 10% de biochar H:(12.75); al 15% de biochar H:(14.63)	Perú	Obregon, 2019

11	Residuos vegetales	400 °c	Dosis de 0%, 2%, 4% y 6%	Parcelas de medida 1 m ² de superficie (0,6 m * 1,65 m)	Franco Arenoso	pH inicial (8.42); al 2% de biochar pH:(8.21); al 4% de biochar pH:(8.1); al 6% de biochar pH:(8.16); C.E inicial (1.045); al 2% de biochar C.E:(1.076); al 4% de biochar C.E:(1.096); al 6% de biochar C.E:(1.056); C.I.C inicial (22.3); al 2% de biochar C.I.C:(24.43); al 4% de biochar C.I.C:(24.5); al 6% de biochar C.I.C:(22.38); M.O inicial (3.09); al 2% de biochar M.O:(4.08); al 4% de biochar M.O:(4.1); al 6% de biochar M.O:(3.39); Potasio inicial (3.2); al 2% de biochar K:(3.57); al 4% de biochar K:(3.26); al 6% de biochar K:(3.66); Carbono Organico Inicial (0.7); al 2% de biochar C.O:(2.04); al 4% de biochar C.O:(2.05); al 6% de biochar C.O:(1.7); Nitrógeno inicial (0.14); al 2% de biochar N:(0.2); al 4% de biochar N:(0.23); al 6% de biochar N:(0.18)	Bolivia	Quispe, 2019
12	<i>Mespilus germánica L.</i> (níspero) y <i>Mangifera indica L.</i> (mango),	Pirolisis rápida, típicamente a 400°C.	5%,10% y 20% de biochar de <i>Mespilus germánica L.</i> , 5%, 10% y 20% de biochar de <i>Mangifera indica L.</i>	1 kilogramo de suelo	suelo franco arenoso/contaminado con plomo	C.E inicial (0.75); al 20% de biochar C.E:(2.19); pH inicial (7.53); al 20% de biochar pH:(8.42); M.O inicial (1.17); al 20% de biochar M.O:(4.20); Fosforo inicial (57.43); al 20% de biochar P:(61.69); Potasio inicial (404); al 20% de biochar K:(1864). Resultados de biochar de <i>Mangifera Indica L.</i> De los demás porcentajes de utilizados de biochar no presento el autor.	Perú	Ríos Tello, 2018
13	Biochar de restos vegetales	700°C	10 % - 20 %	900g de suelo	Suelo contaminado con Cadmio	Concentración Inicial de Cd (ppm)(148); al 10% de biochar concentración final (136); concentración inicial de cadmio (137); al 20% de biochar se obtiene una concentración final (118).	Perú	Panéz Delgado, 2017
14	Compost de residuos sólidos urbanos	380°C / Durante 2 Horas	0.5, 1, 2, y 3 %	100g de suelo	suelos agrícolas/franco, arcillosos y arenosos	pH inicial (7.51); 0.5% pH:(7.50); 1% pH:(7.52), 2% pH:(7.47); 3% pH:(7.49); Carbonato de calcio inicial (7.57); 0.5% CaCo:(7.18); 1% CaCo: (7.09); 2% CaCo:(6.83); 3% CaCo:(7.08);Nitrógeno inicial (0.18); 0.5% N:(0.19); 1% N:(0.20); 2% N:(0.22); 3% N:(0.23); Carbono inicial (2.60); 0.5% C:(2.96); 1% C:(3.13); 2% C:(4.12); 3% C:(4.36).	Serbia	Zivano et al, 2020

15	Biochar producido a partir de residuos agrícolas de sachachi (<i>Plukenetia volubilis</i>) y cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	400° / 5 a30 Min(lenta)	5%, 10%, 15%, 20% y 25%	1.9;1.8;1.7;1.6 y 1.5 kg	suelo degradado por la agricultura	Para SACHA INCHI; pH inicial:(3.50); al 5% de biochar pH:(5.88); al 10% de biochar pH:(7.55); al 15% de biochar pH:(8.51); al 20% de biochar pH:(9.25); al 25% de biochar pH:(9.87); C.E inicial:(0.56); al 5% de biochar C.E:(0.97); al 10% de biochar C.E:(1.74); al 15% de biochar C.E:(2.65); al 20% de biochar C.E:(3.17); al 25% de biochar C.E:(4.58); C.I.C inicial:(9.39); al 5% de biochar C.I.C:(9.33); al 10% de biochar C.I.C:(10.91); al 15% de biochar C.I.C:(10.27); al 20% de biochar C.I.C:(10.13); al 25% de biochar C.I.C:(10.45); M.O inicial:(1.02); al 5% de biochar M.O:(1.73); al 10% de biochar M.O:(1.94); al 15% de biochar M.O:(2.19); al 20% de biochar M.O:(2.18); al 25% de biochar M.O:(3.44). Para Cacao pH inicial:(3.50); al 5% de biochar pH:(7.26); al 10% de biochar pH:(9.58); al 15% de biochar pH:(10.05); al 20% de biochar pH:(10.30); al 25% de biochar pH:(10.13); C.E inicial:(0.56); al 5% de biochar C.E:(1.88); al 10% de biochar C.E:(4.06); al 15% de biochar C.E:(4.69); al 20% de biochar C.E:(5.93); al 25% de biochar C.E:(4.60); C.I.C inicial:(9.39); al 5% de biochar C.I.C:(9.55); al 10% de biochar C.I.C:(9.23); al 15% de biochar C.I.C:(10.51); al 20% de biochar C.I.C:(10.40); al 25% de biochar C.I.C:(9.76); M.O inicial:(1.02); al 5% de biochar M.O:(1.59); al 10% de biochar M.O:(1.76); al 15% de biochar M.O:(2.15); al 20% de biochar M.O:(2.77); al 25% de biochar M.O:(2.82).	Perú	Aróstegui, 2019
16	biocarbón derivado de cáscara de grano de arroz	—	1% y 5% de biochar	—	Suelo contaminado con Cu y Zn	Efectos del biochar en el crecimiento de las plántulas de trigo: Longitud del gemen inicial:(2,61 cm); 1% de biochar L.G:(3.36); 5% biochar L.G:(6.13); Longitud de la radícula inicial (0.20 cm): 1% biochar L.R:(0.23); 5% de biochar L.R:(0.86); Masa de yemas frescas inicial (0.16 g); 1% biochar M.Y.F:(0.51); 5% biochar M.Y.F:(2.28); masa de raíces frescas inicial (0.01 g); 1% biochar M.R.F:(0.05); 5% biochar M.R.F:(0.37).	China	Wang et al, 2019
17	Residuos de madera de pino pátula (BCP) y biochar de	800°C	20%, 50%, 80% y 100% de biochar	—	suelo agrícola	Después del trasplante, el desarrollo foliar de las plantas BCP 20% y BCP 50%, así como el de las plantas BCA 20%, BCA 50% y BCA 80% fue muy similar al de las plantas mientras que algunas especies con alta proporción de biochartestigo, (la planta restante BCP 80% y la planta restante BCA 100%) presentaron retrasos físicos en su desarrollo	Colombia	Gallo, Lugo y Barretta, 2018

casca
ra de
arroz
(BCA)

18	Excretas de codorniz	500°C/ minutos	30	1%, 10%	3%	y	_	Suelo prístino forestal (SP)	pH inicial (6.74); 1% biochar pH:(6.94); 3% biochar pH:(7.13); 10% biochar PH:(7.81); C.E inicial:(0.52); 1% biochar C.E:(0.78); 3% biochar C.E:(1.19); 10% biochar C.E:(2.53); Carbono orgánico (g Kg-1) inicial (39.20); 1% biochar C.O:(40.89); 3% biochar C.O:(39.41); 10% biochar C.O:(39.37); Nitrógeno (g Kg-1) inicial (3.70); 1% biochar N:(3.84); 3% biochar N:(3.73); 10% biochar N:(3.67).	Argentina	Dominchin et al, 2019
19	Excretas de codorniz	500°C/ minutos	30	1%, 10%	3%	y	_	Suelo agrícola bajo manejo sostenible (MS)	pH inicial (6.37); 1% biochar pH:(7.01); 3% biochar pH:(7.47); 10% biochar pH:(8.51); C.E inicial:(0.33); 1% biochar C.E:(0.58); 3% biochar C.E:(1.13); 10% biochar C.E:(2.74); Carbono orgánico (g Kg-1) inicial (22.62); 1% biochar C.O:(23.75); 3% biochar C.O:(25.31); 10% biochar C.O:(30.06); Nitrógeno (g Kg-1) inicial (2.08); 1% biochar N:(2.18); 3% biochar N:(2.13); 10% biochar N:(2.32).	Argentina	Dominchin et al, 2019
20	Excretas de codorniz	500°C/ minutos	30	1%, 10%	3%	y	_	Suelo agrícola bajo laboreo intenso (LI)	pH inicial (5.85); 1% biochar pH:(6.75); 3% biochar PH:(7.38); 10% biochar pH:(8.38); C.E inicial:(0.21); 1% biochar C.E:(0.44); 3% biochar C.E:(0.82); 10% biochar C.E:(2.06); Carbono orgánico (g Kg-1) inicial (21.14); 1% biochar C.O:(21.19); 3% biochar C.O:(23.48); 10% biochar C.O:(25.97); Nitrógeno (g Kg-1) inicial (1.92); 1% biochar N:(1.92); 3% biochar N:(1.99); 10% biochar N:(2.08).	Argentina	Dominchin et al, 2019
21	Biochar de residuos sólidos orgánicos	400°C y 450°C/ 3 horas y 30 min		5%, 15%	10%	y	Parcelas de 1m2/ profundidad de 30cm	de suelo agrícola	Se pudo observar las diferencias relacionadas al indicador "Peso", ya que en comparación con el control	21	Biochar de residuos sólidos orgánicos

22	Cascar a de cacao y de arroz.	—	4 kg, 6 kg, 8 kg y 10 kg	5 bloques de 200 cm de largo por 80 cm de ancho (parcelas).	Franco Arenoso	En 20 días; pH inicial (6.65); 10kg de biochar pH:(7); 8kg de biochar pH:(7); 6kg de biochar pH:(7.20); 4kg de biochar pH:(7); C.E inicial (15.85)mhos/cm; 10kg C.E:(1.36); 8kg C.E:(9.62); 6kg C.E:(1.47); 4kg C.E:(16.99); M.O inicial (1.00%); 10kg M.O:(1.30); 8kg M.O:(1.25); 6kg M.O:(1.10); 4kg M.O:(1.00); fosforo inicial (38 ppm); 10kg P:(44); 8kg P:(22); 6kg P:(17); 4kg P:(13); Potasio inicial (299 ppm), 10kg K:(300), 8kg K:(302); 6kg K:(301); 4kg K:(290); Carbonatos de calcio inicial (1.18); 10kg C.C:(1.65);8kg C.C:(1.50); 6kg C.C:(1.20); 4kg C.C:(1.61); en 45 días;10kg de biochar pH:(7), 8kg de biochar pH:(7) ; 6kg de biochar pH:(7.05); 4kg de biochar pH:(7.05);10kg C.E:(24.91) mhos/cm ; 8kg C.E:(9.62);6kg C.E:(1.36), 4kg C.E:(14.72);10kg M.O (1.32); 8kg M.O:(1.27); 6kg M.O(1.15); 4kg M.O:(1.15); 10kg P:(41); 8kg P:(23); 6kg P:(38), 4kg P:(22) ; 10kg K:(300); 8kg K:(285); 6kg K:(280); 4kg K:(295); 10kg C.C:(1.55); 8kg C.C:(1.55); 6kg C.C:(1.62); 4kg C.C:(1.57)	22	Cascar a de cacao y de arroz.	
23	biochar procedente de raquis de banano	—	Dosis 5,10 y 20 g	300 g de suelo	Franco Limoso	tomadas a profundidad de 0-30cm: Clase textural Franco Limosa; Densidad real 2,083 (g cm-1); Densidad aparente1,47 (g cm-1); Porosidad 29,43%; Ph 7,236; M.O.1,10% Conductividad eléctrica;610 us cm-3	Ecuador	Cuena, Quevedo y García, (2019)	
24	Biochar de cascara de avellana /Estiércol de animal maduro	380°C/ minutos	270	5 y 10 t/ha	—	suelo arcilloso	M.O inicial (1.80), BC+AM/5 t/ha obtiene M.O:(5.10); BC+AM/10 t/ha obtiene M.O:(5.72); Nitrógeno inicial (0.10); BC+AM/5 t/ha obtiene N:(0.14); BC+AM/10 t/ha obtiene N:(0.13)	Turquía	Yilmaz, 2019
25	biochar procedente de la poda invernal de plantas de vid	400° y 600° C	20 y 40 t/ha	—	—	suelo franco arcilloso/arenoso	El análisis de datos univariante para cada tipo de suelo muestra diferencias significativas en el peso seco de la raíz para el caso del sustrato 1 de origen franco-arenoso con adición de biochar producido a 400°C, el peso seco de las raíces en este tratamiento se incrementó en un 47,5% respecto al tratamiento control. El análisis no muestra diferencias significativas (p = 0,817) en el caso del sustrato 2 de origen franco-arcilloso.	España	Divergí et al, 2019

(Vitis
vinifera
)

26	Residuos de madera	550°C	106g	Masetas	Arena	Nutrientes adsorbidos por biochar: N, mg recipiente antes (0.9.006), después (17.3,1.21); P mg vaso antes (1.6, 0.1), después (4.0, 0.28); K mg vaso antes (11.8, 0.81), después (32.0, 2.22); Mg mg en recipiente antes (153.0, 10.41), después (7.4, 0.55)	Rusia	Mukhina y Rizhiya, 2019
27	Residuos de cascara de cacao forastero, criollo y trinitario	400-550°C	15kg, 19kg y 22kg	-	-	El biochar de cáscara de cacao variedad Criollo resultó superior en contenido de sodio (0.40 meq/100 g), potasio (97.08 gr/kg) y calcio (5.26 gr/kg), mientras que la variedad Forastero reportó mayor concentración de boro (42 ppm), fósforo (1381.53 mg/kg), magnesio (26.80 meq/100g) y manganeso (4.27 ppm), en tanto el Trinitario resultó superior en contenido de nitrógeno (1.57 %) y zinc (12.800 ppm)	Perú	La serna y Sanz
28	Cascara de arroz	200-300°C/30 min	-	-	-	cantidad de tipos lignocelulósicos de agrícola desechos: Celulosa (28.50), Hemicelulosa (25.49), lignina (25.68)	Tailandia	Nakason, 2019
	Cascara de coco	200-300°C/30 min	-	-	-	cantidad de tipos lignocelulósicos de agrícola desechos: Celulosa (26.27), Hemicelulosa (26.00), lignina (43.34)	Tailandia	Nakason, 2019
	Rizoma de yuca	200-300°C/30 min	-	-	-	cantidad de tipos lignocelulósicos de agrícola desechos: Celulosa (44.41), Hemicelulosa (25.18), lignina (25.26)	Tailandia	Nakason, 2019
	Mazorca de maíz	200-300°C/30 min	-	-	-	cantidad de tipos lignocelulósicos de agrícola desechos: Celulosa (37.27), Hemicelulosa (36.32), lignina (23.35)	Tailandia	Nakason, 2019

29	Cascara de arroz	450-500°C	-	-	-	Cascara de arroz: Variación de grupos que contienen O Mejora de la capacidad de sorción y cascara de mani: Aumento de grupos funcionales que contienen O (como grupos carboxilo en superficies hidrocarburos). Mayor sorción de varios cationes metálicos.	India	Vijayar aghavan, 2019
	Gabazo de caña de azúcar	600°C	-	-	-	Gabazo de caña de azúcar: Biochar-1% tiene mejor estabilidad térmica, mayor área de superficie y mayor volumen de poros.	India	Vijayar aghavan, 2019
	Cascara de mani	300°C	-	-	-	Cascara de mani: Aumento de grupos funcionales que contienen O (como grupos carboxilo en superficies hidrocarburos). Mayor sorción de varios cationes metálicos.	India	Vijayar aghavan, 2019
30	Cascara de nuez	300°C/4 horas	0.2g	-	-	Los resultados mostraron que era una hoja lisa y una estructura de disposición irregular. Los elementos de C, H, O y N del biocarbón son 45,21%, 5,18%, 46,16% y 3,45% respectivamente.	china	Huang et al, 2019
31	Biocarbón de cáscara de café modificado con surfactante	450°C	-	-	-	Los resultados muestran que la adsorción de tinte aumentó rápidamente con el tiempo de contacto en la absorción inicial, después de lo cual aumentó lentamente y finalmente se saturó. El proceso de adsorción alcanzó el equilibrio en 3 h para todos los tintes reactivos y adsorbentes	Tailandia	Kosaiyanon y Kungsanant, 2019

32	Estiércol animal (Estiércol de cerdo, camada de pollo y estiércol de lechería)	pirólisis lenta/30 min	—	—	—	El análisis cinético del pirólisis mostró que cuanto mayor era la temperatura, más corto era el tiempo de reacción necesario para la descomposición térmica y la carbonización del estiércol animal.	Nueva York	Kyoun g, 2016
33	S. wightii, una especie de alga parda	300°C, 350°C, 400°C, 450°C y 500°C/30 a 60 min	—	—	—	Los cambios en la estructura de la superficie inducidos por pirólisis se aclaran mediante imágenes SEM (Microscopio electrónico de barrido). La propiedad podría favorecer las aplicaciones adsorbtivas de biocarbón en el tratamiento de aguas de acuicultura. El aumento en las proyecciones de la superficie y la porosidad aumenta el área de adsorción, la propiedad que se puede utilizar para aplicaciones como la eliminación de contaminantes, la remediación del agua de acuicultura y la mejora del suelo. Este aumento en el área de superficie se debe al escape de volátiles de la superficie debido al aumento de temperatura que forma una superficie más desordenada	India	Ajith et al, 2019
34	—	300 y 1000 ° C	7.5 t/ ha, 15 t/ha y 30 t/ha	—	suelo salino	BC se aplicó con la dosis adecuada a 15 t ha ⁻¹ (BC2) en combinación con FA (ácido fúlvico) mostró efectos óptimos sobre la mejora de la salinidad del suelo, la regulación de las propiedades físicas del suelo, la mejora de la nutrición del suelo y el aumento de los rendimientos de los cultivos.	China	PengSun, 2019
35	—	250°C	—	—	suelo agrícola	biocarbón aumentó significativamente la tasa de fotosíntesis en un 27,1% y mejoró la conductancia estomática, la tasa de transpiración, la eficiencia del uso del agua y la concentración de clorofila en un 19,6%, 26,9%, 26,8% y 16,1%, respectivamente.	China	Yanghui et al, 2020
36	Cáscara de avellana de Ordu	308°C/270 min	5-10-20 ton / ha	—	—	conductancia estomática, la tasa de transpiración, la eficiencia del uso del agua y la concentración de clorofila en	Turquía	Rmak y Ilmaz, 2019

37	Paja de yuca cocido	400°C	-	-	Suelo agrícola	Almidón sintasa unida a gránulos (GBSS), la ADP-glucosa pirofosfóricas (ADPG) y la enzima de síntesis de almidón (SS) mostraron una mayor actividad en 40 y 60 t B / ha a través de las tasas de N. En conclusión, la aplicación de biocarbón de 60 t / ha junto con 270 kg N / ha es una opción prometedora para mejorar la del suelo y aumentar la fotosíntesis, el rendimiento y los atributos de rendimiento del arroz con fideos.	China	Ali et al, 2020
38	Paja de arroz	-	19,71-24,12 t / hm ² .	-	-	biochar> fertilizante nitrogenado> agua; efecto de la cantidad de riego en el CH 4 la emisión aumenta al principio, seguida de fertilizantes nitrogenados y biocarbón puede reducir significativamente el CH 4 emisión de una disminución. El aumento cargas la interacción entre dos factores tiene un efecto inhibitorio sobre el CH 4 emisiones y se muestra a continuación: biocarbón> agua + biocarbón> agua + fertilizante de nitrógeno; en combinación con el rendimiento.	China	Colgar et al, 2020
39	-	-	10 y 20 t / ha	-	-	Se mostraron que la aplicación de sustratos de biocarbón solo aumentó la humedad del suelo, el volumen de los poros contenido de macroagregados estables en agua capilares y disminuyó la aireación y el volumen de los poros no capilares. La aplicación de sustratos de biocarbón con fertilizantes minerales aumentó la aireación.	China	Dusan, 2020
40	Paja de trigo	500°C	1/2, 1y 5 t/ha	-	Suelo agrícola	pH inicial:(5.5), BC 1/2: pH (5.9); BC 1: pH(6.0) y BC 5: PH(6.2); CIC inicial: (11.9); BC 1/2: CIC(11.9); BC 1:CIC(12.3); BC 5:CIC(13,7); MO inicial: (2.26); BC 1/2: MO(2.96); BC1:MO(3.99); BC5: MO(3.19).	China	Zhang et al, 2020
41	Desechos industriales	350°C	0, 5, 10, 15 y 20%	-	-	La modificación de la materia prima con un 20% de biocarbón aumentó significativamente los rendimientos de larvas húmedas (89%) y secas (86%) que el control (materia prima no modificada). Sin embargo, La enmienda con 15% de yeso provocó una disminución en los rendimientos de larvas húmedas (34%) y secas (30%) pero conservó la mayor cantidad de N en los excrementos. Además, la inclusión de 20% de biocarbón registró el mayor rendimiento de fertilizante de excremento y dio un aumento del 21% en la retención de N en el fertilizante de mientras que la tasa de conversión de biomasa aumentó en un 195% en comparación con el control.	Canada	Beesig amuka ma et al, 2020
42	-	-	0, 2, 5, 10, 15 y 20 g / kg	-	-	Efecto del contenido de biocarbón en las propiedades físicas y químicas del suelo. Densidad relativa de partículas inicial (2.71). 2g BC:(2.62), 5g BC:(2.45), 10g BC:(2.379), 15g BC:(2.29) Y 20g BC(2.20); Límite de plástico(%) inicial:(20.68); 2g BC:(20.91); 5g BC: (20.96); 10g BC.(21.33); 15g BC:(21.73); 20g BC:(22.17); Límite líquido(%) inicial:(36.30); 2g BC:(37.14); 5g BC:(37.90); 10g BC:(38.64); 15g BC:(39.36) Y 20g BC:(40.61); Valor de PH inicial:(8.63); 2g BC:(8.63); 5g BC.(8.64); 10g BC:(8.67); 15g BC:(8.68) Y 20g BC:(8.71).	China	Yang et al, 2020

43	Rastrojo de soja	300° - 600°C	1, 3 y 5%	—	Suelo de loess	Se demostró que todos los suelos tratados con BC300 y BC600 tienen un aumento en la abundancia relativa de Gemmatimonadetes y una disminución en Actinobacterias y Cloroflexi. Proteobacterias también mostró un aumento significativo en la mayoría de los suelos tratados con biochar. Biochar provocó un cambio en la comunidad microbiana del suelo y provocó un aumento significativo en la abundancia relativa de bacterias del género <i>Lysobacter</i> .	China	Zhao, Niebuh r y Douan gdalansy, 2019
44	Cáscaras de palma aceitera	380-400 ° C	—	—	—	Los resultados muestran que la eficiencia de adsorción se vio influenciada por el tiempo de contacto y la concentración inicial. La máxima eficiencia de adsorción (95%) se obtuvo a los 180 minutos de tiempo de ppm. Los resultados de la evaluación de los modelos de equilibrio muestran que la isoterma de Langmuir fue más descriptiva de la adsorción de cadmio, con capacidad máxima de adsorción (qm) y constantes de Langmuir a 14,8 g / mg y 0,131 mg / g respectivamente.	—	Gani y Faisal, 2020
45	Bambú	450°C	10g	—	—	Los resultados mostraron que la superficie de Mg @ Bestá cubierto con el compuesto de Mg (OH) 2. El proceso de adsorción encaja bien con la ecuación cinética de pseudo segundo orden. El proceso quimisorción, que implica un intercambio de electrones entre el adsorbato y la superficie del adsorbente. El factor que de reacción es principalmente el número de sitios tensioactivos del adsorbente.	China	Dai et al, 2020
46	—	—	—	—	suelo agrícola	Los resultados de la secuenciación de alto rendimiento revelaron grupos de comunidades bacterianas con mayor capacidad de ciclo metabólico de nutrientes bajo el tratamiento con fertilizantes nitrogenados de liberación controlada a base de biocarbón (BCRNF) durante la etapa de cosecha. En con el tratamiento con urea, amoníaco y la reducción de la emisión de óxido nitroso limitando la abundancia de nirS y nirK. BCRNF mejoró con éxito el rendimiento (~ 16.6%) y NUE (~ 58.79%) de colza liberando lentamente N y modulando la de microbios funcionales a través del aumento de la nitrificación del suelo y la reducción de la desnitrificación, en comparación	China	Liao et al, 2020
47	Madera blanca	700°C	0,5 y 2g	50g suelo	suelo arenoso alcalino	pH inicial en 1 hora:(5.57), BC 0,5g: pH (5.49); BC 2g: pH(5.44); C.E inicial 1 hora: (221), BC, 0.5g(94.0), BC, 2g (124)	Reino Unido	Heaney, 2018

48	Cascar a de arroz	300, 400 y 500°C	-	-	-	Producción de BC a 3 temperaturas de pirolisis, Conversión en (%), 300°C: (62.50), 400°C: (67.20) y 500°C: (69.44); rendimiento de BC en (%), 300°C	Paki stán	Salee m y Baig, 2018
49	Mazorc as d maíz	100 a 450°C	10, 20 y 30 t / ha.	Arena 0,6 a 1,4 mm de diámetro.	-	Características que presento el biochar, PH: (10.34), C.E:(7.21), humedad (1.18), carbono fijo (78.98), material volátil: (14.48) y contenido de cenizas: (6.52).	Alem ania	Intani, latif, islam y muller, 2018
50	Cascar a de arroz	-	20 t/ha	-	Suelo agrícola	El aumento de la dosis de N de 90 a 150 kg ha ⁻¹ resultó en un aumento significativo en el rendimiento de grano en fue la eficiencia de uso en el rendimiento de grano en 2017 en comparación con 2016, porque temporada de crecimiento no condujo a una reducción significativa aumentando la tasa de N. Además, curiosamente, casi el 20% responsable del aumento del rendimiento de grano con resultante del aumento de la radiación solar interceptada estudiar.	Chin a	Yin, Chen, Cao, Tao y Huang , 2020

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es básica o pura, realizada con el propósito de aumentar los conocimientos teóricos para el progreso de una determinada ciencia (Ander, 2011.p.41), formular nuevas teorías o modificar las existentes, en incrementar los conocimientos científicos o filosóficos, pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico. En cambio, la investigación aplicada, práctica o empírica, se caracteriza por que busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren (Gabriel, 2017, p. 155).

El diseño de investigación es cualitativo narrativo de tópico ya que se enfoca en una temática, fenómeno o suceso en donde se pretende entender los procesos o eventos que involucran pensamientos, donde regularmente la recolección de datos se da a través de documentos, artículos, tesis o imágenes (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), por otro lado la metodología partirá del enfoque cualitativo, utilizando el diseño narrativo, tomando al interaccionismo simbólico como la base para la interpretación de resultados, desde donde se entiende que cada sujeto construye los significados de su propia realidad en base al contexto (Morales, 2017).

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Para el desarrollo de la matriz (tabla 2), se tiene como objetivo general: Explicar el uso del biochar como alternativa de mejoramiento de calidad de los suelos mediante una revisión sistemática.

Tabla 2: Matriz de categorización apriorística

Objetivos Específicos	Problemas específicos	Categoría	Sub-categoría	Unidad de análisis
Definir los tipos de biochar de diferentes biomasas para el mejoramiento de la calidad de los suelos	¿Cuáles son los tipos de biochar de diferentes biomasas para el mejoramiento de la calidad de los suelos?	Tipos de biochar	Actividades Agrícolas	De la Cruz, 2018 - Díaz, 2017 - Escalante Abril, 2018 - Condeña, 2017 - Bing et al, 2018 - Panéz Delgado, 2017 - Aróstegui, 2019 - Wang et al, 2019 - Gallo, Lugo y Barreta, 2018 -
			Excretas de Animales	Rominchin et al, 2019- Remigio, 2018
			Residuos Urbanos	Díaz, 2017 - Zivanov et al, 2020 - Escalante, 2018
Describir las cantidades del biochar que se debe incorporar para mejorar la calidad de los suelos	¿Qué cantidades de biochar de diferentes biomasas se debe incorporar para mejorar la calidad de los suelos?	Cantidad de biochar	Porcentajes (%) de biochar	De la Cruz, 2018 - Díaz, 2017 - Escalante Abril, 2018 - Condeña, 2017 - Bing et al, 2018 - Panéz Delgado, 2017 - Aróstegui, 2019 - Wang et al, 2019 - Gallo, Lugo y Barreta, 2018 - Rominchin et al, 2019- Remigio, 2018
			Gramos, miligramos de biochar	Sacravilca Casanova, 2019 - Bengoetxea y González, 2013 - Pinedo, 2017 - Cuenca, Quevedo y García, (2019) - Yilmaz, 2019 - Videgain et al, 2019
			Toneladas de Biochar	NATES OCAMPO, 2014 - Reyes, Darghan y Ramírez, 2019
Dar a conocer los impactos positivos del biochar en los suelos	¿Qué impactos positivos genera el uso del biochar en los suelos?	Impactos positivos	Amigable al medio ambiente y Económico	Bejarano y Aguilar, 2017 - pengSun et al. 2020

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudios ayuda al investigador a sumergirse en los elementos que estructuran el fenómeno para poder llegar a su comprensión. Esta aproximación al escenario de estudio permite además que los participantes se sientan identificados

3.4. Participantes

Los participantes en esta investigación, son artículos científicos de revistas indexadas, libros, obtenidas de fuentes como: ProQuest, Scielo, EBESCO Host, Scopus, Google académico y Renati- SUNEDU.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información extraída relacionada a la aplicación de diferentes biomásas eficientes para la obtención del biochar, incluye título, autor (es), objetivos, tipo de documento, tipo de biochar, temperatura de pirolisis, dosis de biochar/ tiempo de duración, dosis de suelos, tipo de suelos, impacto del biochar en el suelo. La tabla se encuentra ubicada en anexo 1.

La técnica usada fue el análisis documentario, la cual consiste en la búsqueda de información, la cual se selecciona, organizan y analizan el material que otros autores han realizado dentro del campo estudiado, es decir responden a las interrogantes planteadas durante el desarrollo del tema (Peña y Pírela, 2007, p. 58), además comprende el procesamiento analítico - sintético que, a su vez, incluye la descripción bibliográfica y general de la fuente, la clasificación, indización, anotación, extracción y la confección de reseñas (Iglesias y Molina, 2004).

3.6. Procedimiento

Para la investigación narrativa de tópicos, inicialmente se realizó un muestreo de documentos, en las que se consideraron artículos de revistas indizadas, de fuentes académicos como: ProQuest, Scielo, Ebesco Host, Scopus, Google académico y Renati - SUNEDU, considerando las palabras claves en inglés y español, como biochar, biochar animal y biochar agrícolas.

Durante la recolección de la información se tuvo alrededor de 350 artículos, siendo descartadas 300 referencias por no guardar relación con el tema estudiado, de tal manera que se consideró alrededor de 50 referencias.

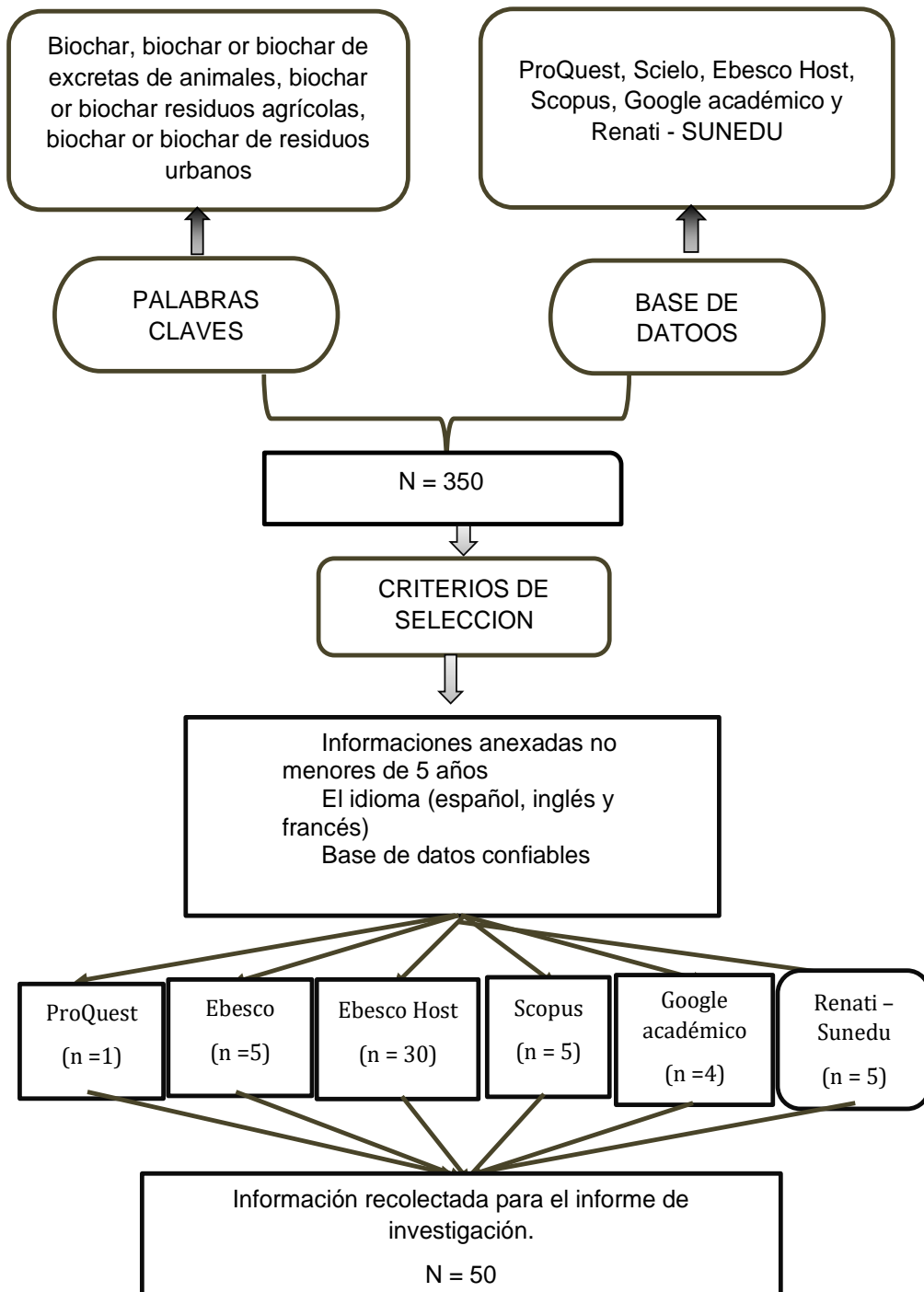


Figura 6: Flujograma de procesos de revisión sistemática.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3: El resumen todos los artículos, ProQuest, Scielo, EBESCO Host, Scopus, Google académico y Renati- SUNEDU de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 3: *Resumen de criterios de búsqueda*

Tipos de documentos	Documentos referidos	Cantidad	Palabras claves de búsqueda	Idioma	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos	Biochar de actividades agrícolas	100	Biochar or biochar agrícola	Español e inglés	Para el desarrollo del estudio, fue necesario que cada fuente tenga relación con el tema, así como el tiempo 2015 - 2020	Se desarrollaron las fuentes que superaron la antigüedad de información mayor de 5 años de fuentes confiables
	Biochar de excretas de animales	20	Biochar animal or biochar	Español e inglés		
	Biochar de residuos urbanos	20	Biochar or biochar de residuos urbanos	Español e inglés		
Tesis	Biochar de actividades agrícolas	20	Biochar de actividades agrícolas	Español		
	Biochar de excretas de animales	20	Biochar de excretas de animales	Español		

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Rigor científico

El rigor científico para el presente estudio de investigación, de tipo cualitativo narrativo de tópicos cumple con la validez y confiabilidad, basado en los siguientes criterios:

Dependencia: Este es uno de los criterios de mayor controversia entre los investigadores/as cualitativos, ya que el logro de la estabilidad es imposible cuando se estudian contextos reales y por lo tanto irrepetibles (Universidad

Autónoma de Barcelona, 1999). Así también explica (Ochoa, 2016) cómo ha evolucionado una determinada fuente de datos y en qué medida el investigador es más preciso en su percepción de la realidad con el paso del tiempo. Por lo dicho o mencionado en esta investigación está realizada por dos personas que mantienen una relación personal.

Credibilidad: La credibilidad se mira el valor verdad de la investigación, planteada ésta no desde la objetividad “positivista”, sino desde el consenso comunicativo entre los agentes implicados (Universidad Autónoma de Barcelona, 1999). Así mismo se acota que, la credibilidad en la investigación narrativa de tópicos nos ha facilitado el conocimiento para poder contribuir con la investigación basándose en fuentes confiables.

Transparencia: Se busca proporcionar el conocimiento sobre el contexto que permitirán transferir las conclusiones de contextos similares, esta busca la irrepetibilidad de la situación (Ochoa, 2016). De acuerdo al contexto descrito, la transferencia en la investigación contribuye a mejorar los conocimientos, para dar aportes a futuros investigadores.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis de datos con enfoque cualitativo tiene un potencial muy importante para el estudio de la sociedad. Es un tipo de metodología que ha ganado espacio en los círculos académicos. Entendemos que una de las tareas cruciales de este tipo de investigación es el manejo de la información que nos permite la construcción de datos, esa tarea que llamamos el análisis. (Schettini y Cortazzo, 2015).

En el presente estudio de investigación, el análisis se realizó usando el método de grupos de categorías, divididos en dos subcategorías, cada uno con su objetivo general y específico como se muestra en la tabla 2, delimitados por descripciones con criterios similares, agrupando la información de artículos según la aplicación de tipos de biochar de actividades agrícolas de excretas de animales, etc.

3.9. Aspectos éticos

Se utilizó las citas ISO para las referencias biográficas en alineamiento de ISO 690 que se ha encontrado en las plataformas actualizadas y confiables como son: artículos, ProQuest, Scielo, EBSCO Host, Scopus, Google académico y Renati- SUNEDU. En esta investigación fue necesario una guía de investigación brindada por nuestra casa de estudios. Así también se contactará a investigadores para pedir información de los artículos por lo cual garantizamos el consentimiento de uso de datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las principales propiedades fisicoquímicas y biológicas del biochar ayudan a mejorar la calidad de los suelos como textura, estructura, consistencia, color, además incrementa los nutrientes en el suelo como, fósforo total, calcio, sodio, manganeso, azufre, entre otros. El biochar se puede obtener de la descomposición termoquímica (Pirolisis) de diferentes biomásas orgánicas como residuos de actividades agrícolas, residuos de excreta de animales, residuos de urbanos, entre otros.

En el capítulo de resultados se habla de las temperaturas de pirolisis más adecuadas para la obtención de diferentes tipos de biochar y cantidades de biochar que se debe incorporar para mejorar su calidad de los suelos y conocer los impactos positivos del biochar.

Los resultados se obtuvieron a base de la información recopilada de fuentes indexadas de artículos científicos, se obtuvo un total de 50 artículos publicados en el periodo 2015 a 2020 donde se evaluaron diferentes tipos de biomásas de biochares.

En la tabla 4: se presenta los cuatro tipos de residuos generales que se utilizaron en los artículos revisados. Para obtener el biochar como: residuos agrícolas, residuos urbanos, residuos de excretas de animales y residuos de vísceras de pescado.

Tabla 4: Tipos de biochar de diferentes residuos agrícolas, residuos urbanos, residuos de excretas de animales y residuos de vísceras de pescado.

Tipos de biochar		Temperatura de pirolisis y tiempo	Referencia
	Bagazo de caña de azúcar	310°C/ Tiempo de 4 horas	Condeña, 2017
	Biochars derivados de residuos sólidos de almazara	300°C, 500°C y 700°C	Adel y Dai, 2020
	Tallo de cultivos de colza (<i>Brassica compestris L.</i>) y de paja de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	550°C	Bing et al, 2018
	Biomasa animal y vegetal / excreta de pollo y maleza de higuera	300° C a 700° C.	Obregón,2019
	Biochar de restrojos vegetales	700°C	Panéz, 2017
	Biochar de cascara de avellana /Estiércol de animal maduro	380°C/ 270 minutos	Yilmaz, 2019
Residuos agrícolas	Cáscara de avellana de Ordu	308°C/270 min	Rmak y Ilmaz, 2019
	Paja de arroz	–	Colgar et al, 2020
	Paja de yuca cocido	400°C	Ali et al, 2020
	Biochar procedente de raquis de banano	–	Cuenca, Quevedo y Garcia, (2019)
	Cáscara de cacao y de arroz.	–	Pinedo, 2017
	Paja de trigo	500°C	Zhang et al, 2020
	Rastrojo de soja	300° - 600°C	Zhao, Niebuhr y Douangdalangs y, 2019
	Cascara de arroz	300, 400 y 500°C	Saleem y Baig, 2018
	S. wightii, una especie de alga parda	300°C, 350° C, 400°C, 450°C y 500° C/30 a 60 min	Ajith et al, 2019

	Biocarbón de cáscara de café modificado con surfactante	450°C	Kosaiyakanon y Kungsanant, 2019
	Cáscara de arroz	450-500°C	Vijayaraghavan, 2019
	Gabazo de caña de azúcar	600°C	Vijayaraghavan, 2019
	Cáscara de maní	300°C	Vijayaraghavan, 2019
	Cáscara de arroz	200-300°C/30 min	Nakason, 2019
	Cáscara de coco	200-300°C/30 min	Nakason, 2019
	Rizoma de yuca	200-300°C/30 min	Nakason, 2019
	Mazorca de maíz	200-300°C/30 min	Nakason, 2019
	Residuos de cascara de cacao forastero, criollo y trinitario	400-550°C	La serna y Sanz
	Residuos de madera de pino pátula (BCP) y biochar de cascara de arroz (BCA)	800°C	Gallo, Lugo y Barreta, 2018
	biocarbón derivado de cáscara de grano de arroz	–	Wang et al, 2019
	Cáscara de arroz	300, 400 y 500°C	Saleem y Baig, 2018
	Residuos vegetales	–	Quispe, 2019
	<i>Mespilus germanica</i> L. (níspero) y <i>Mangifera indica</i> L. (mango),	250°C	Ríos Tello, 2018
	Biochar producido a partir de residuos agrícolas de sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>) y cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	400° / 5 a30 Min(lenta)	Aróstegui, 2019
	Excretas de codorniz	500°C/ 30 minutos	Dominchin et al, 2019
	Excretas de codorniz	500°C/ 30 minutos	Dominchin et al, 2019
	Excretas de codorniz	500°C/ 30 minutos	Dominchin et al, 2019
	Biochar de acícula de pino pátula	–	Diaz, 2017
Residuos urbanos	Estiércol animal (Estiércol de cerdo, camada de pollo y estiércol de lechería)	pirolisis lenta/30 min	Kyoung, 2016
	Mazorcas d maíz	100 a 450°C	Intani, latif, islam y muller,2018

	Cáscara de arroz	–	Yin, Chen, Cao, Tao y Huang, 2020
	Bambú	450°C	Dai et al, 2020
	Cáscaras de palma aceitera	380-400 ° C	Gani y Faisal, 2020
	Cáscara de nuez	300°C/4 horas	Huang et al, 2019
	Biochar de residuos sólidos orgánicos	400°C y 450°C/ 3 horas y 30 min	Huerta, 2019
	Residuos de poda del arbusto molle costeño (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	500° C	De la Cruz, 2018
	Compost de residuos sólidos urbanos	380°C / Durante 2 Horas	Zivanov et al, 2020
Residuos de estiércol de animales	Biochar de cascara de avellana /Estiércol de animal maduro	380°C/ 270 minutos	Yilmaz, 2019
	Residuos de poda de los árboles de ficus	500° C / Tiempo de 2 horas	Escalante, 2018
	Excretas avícolas (Codorniz) excretas porcina y avícola	500°C	Rominchin et al, 2019
		300° C	Remigio, 2018
Residuos de vísceras de pesado	Vísceras de pescado	600° C	Zegarra, 2015
	Biochar procede de la poda invernal de plantas de vid (<i>Vitis vinifera</i>)	400° y 600° C	Videgain et al, 2019
Otros	Residuos de madera	550°C	Mukhina y Rizhiya, 2019
	–	300 y 1000 ° C	PengSun, 2019
	Desechos industriales	350°C	Beesigamukama et al, 2020
	Madera blanca	700°C	Heaney, 2018

Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 7: Los resultados se muestran de diferentes tipos de residuos orgánicos eficientes en la producción de biochar utilizados para mejorar la calidad de los suelos, los cuales son: residuos agrícolas y residuos urbanos, con un 62% y 17% respectivamente, de porcentajes inferior de los tipos de residuos orgánicos para producción de biochar aplicados a los suelos, son residuos de vísceras de pescado, residuos de estiércol de animales y otros respectivamente, 2%,10% y 9% de total los estudios experimentales recopilados.

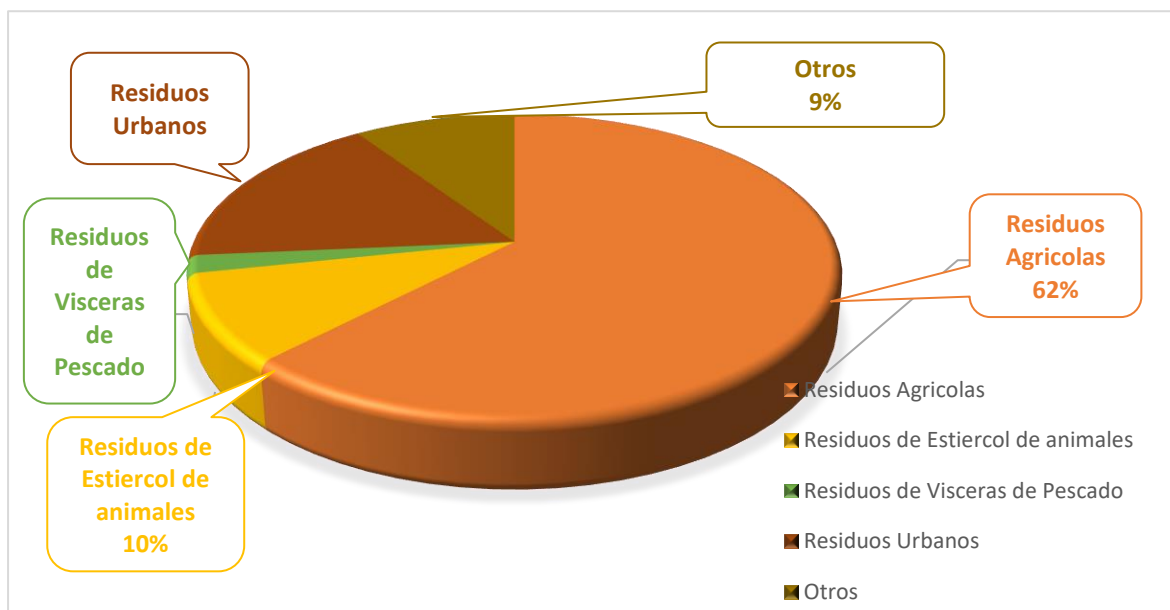


Figura 7: Diferentes tipos de residuos orgánicos para la producción de biochar.

Fuente: Elaboración propia

Temperatura

De acuerdo a la tabla 4, existen diferentes tipos de biochars para mejorar la calidad de suelos. Existe las producidas a bajas temperaturas (200-700°C) que son ácidas, y las de temperaturas superiores 700°C, son alcalinos. La concentración de N disponible decrece a altas temperaturas de pirólisis y para los micronutrientes (Fe, Ca, Mg, S, Cu y Zn, P, K, Na) se incrementa en altas temperaturas; debido a su concentración de cenizas (Hossain, 2011; Cueto, 2016.p, 15; citado por Panez, 2017.p, 26) ;(Pinedo, 2017) (Alazzaz et al. 2020, p.1); (Panez, 2017); (Cayuela, 2014; citado por Briones López); (López Cano, 2020); (Guerra, 2015); (Serena y Sanz, 2020, p. 10);(De la Cruz, 2018); (Escalante, 2018); (Chang y Xu, 2009); (Srinivasarao et al., 2013).

Las temperaturas más utilizadas para la elaboración del biochar en diferentes tipos de materia orgánica son relativamente de 200°C a 700°C en un ambiente ausente de oxígeno, la cual favorece a las propiedades fisicoquímicas y biológicas las cuales ayudan a mejorar la calidad de los suelos de la agricultura, entre otros, mejora el pH, CE, CIC, MO, micro y macro nutrientes como, fósforo, potasio, nitrógeno, calcio, magnesio, manganeso, zinc. (Cayuela, 2014; citado por Briones, 2020; Guerra, 2015); (Pérez, 2017).

Esto fue demostrado por Serena y Sanz, (2020, p.10); (De la cruz, 2018); (Escalante, 2018), los cuales trabajaron a este rango de temperaturas (400 – 500) mejoran los micro y macronutrientes en el biochar. Así mismo las temperaturas de 400 a 500 presentan de poros (50 µm) y microporos de (10 µm) que ayudan a tener mejor oxigenación en el suelo, logrando que las plantas puedan crecer y desarrollarse rápidamente, facilitando adsorción de los nutrientes micro y macronutrientes (Liu, Deng y XianyangShi, 2020, p.2); (Olmo, 2016); (Martínez, 2015); (Panez, 2017); (Sacravilla, 2019).

La producción del biochar de los distintos tipos de residuos orgánicos mencionados en la figura 7 se deben realizar a temperaturas de 200 a 600 °C a estas temperaturas se logran obtener un biochar ácido, presentando características, macro y micronutrientes más apropiadas para mejorar y recuperar la calidad de los suelos tales como: propiedades físicas, químicas y biológicas.

Origen materia orgánica

El biochar de excretas de animales presenta y retiene más nutrientes en el suelo a diferencia de las variedades de biochar que existen. Aumentando el Fósforo total, potasio, Calcio, Nitrógeno, carbono total, sodio, magnesio, cobre, Hierro, manganeso y zinc. Además, el biochar es una forma eficaz de fijar el carbono orgánico mejorando la fertilidad de los suelos para uso agrícolas (Kyoungs, 2016); (Feiyue et al., 2019); (Rmak, 2019); (Piccolla, 2013); (Rominchin et al, 2019). El biochar tiende a incrementar el exceso de bacterias Gram negativas en comparación a un suelo sin biochar (Dominchin et al., 2019).

Los tipos de biochar al incorporar al suelo pasa como enmiendas orgánicas que actúan mejor que los fertilizantes químicos, su efecto es duradero y puede aplicarse frecuentemente sin dejar secuelas perjudiciales en los cultivos o forrajes. Así mismo las plantas a través de la fotosíntesis, son los únicos seres vivos que tienen la extraordinaria capacidad de tomar el carbono que existe en la atmósfera y el suelo, combinándolo con el agua y la luz proveniente del sol para transformarlo en materia orgánica como son: la celulosa, los azúcares y los almidones (Fiallos et al., 2015); (Dai et al., 2020); (Yanghir et al., 2020); (Mukhina y Rizhiya, 2020).

El biochar tiene la capacidad de mejorar naturalmente el suelo; dada a su alta resistencia a la descomposición de la materia orgánica, así como la gran capacidad para retener nutrientes, al ser añadidos a suelos pobres, aportando carbono resistente a su mineralización en el cual es absorbido por la planta, acelerando su desarrollo, es decir, aumentando su altura (Pérez y Carril, 2009; citado por Fiallos et al., 2015).

Ajith, et al., (2019); (Azzaz et al., 2020, p.14); indican que el biochar producido a 300°C de temperatura durante 60 minutos tiene una relación C/N del biochar producido, oscila entre 23.30 y 37.27, además presento un pH alcalino de 9.9; a mayor concentración de temperatura aumenta los niveles de carbono fijo y cenizas, con características de mayor presencia de poros y microporos. El rendimiento de biochar de 40.3% de materia orgánica, disminuyo en 32.1%, 28.7%, 27.3% y 26,7% a medida que la temperatura aumentó a 400, 500, 600 y 700°C, respectivamente.

La reutilización de la materia orgánica convertido en biochar aporta a la evolución de nutrientes en los suelos, ya que las plantas para poder desarrollarse y producir, absorbieron ciertas cantidades de nutrientes durante su desarrollo y la obtención del fruto, como parte de estos nutrientes se fijaron en los tallos, hojas y frutos de la planta de esta forma se retornaría al suelo cierta cantidad de nutrientes que se encuentran en estos residuos orgánicos.

En la tabla 5: Se presentan los resultados de diferentes estudios donde utilizaron diferentes cantidades de biochar en porcentajes (%), gramos (g), kilogramos (kg) y toneladas (tn) incorporados en diferentes tipos de suelos para su mejoramiento tanto de sus características físicas y químicas.

Tabla 5: *Cantidades de biochar en porcentajes (%), gramos (g), kilogramos (kg) y toneladas (tn) aplicados en diferentes tipos de suelo.*

Concentraciones de biochar en (%)	Biochar más óptimo	Tipo de suelo	Referencia
3%,5%, 10% Y 50%	10%	Suelo presenta 1304 mg/kg de plomo	Condeña, 2017
1% y 3%	1%	Suelo arenoso arcilloso	Adel et al, 2020
1%, 2%, 5% y 10%	10%	Suelo Calcáreo/ franco arenoso	Bing et al, 2018
5%, 10% y 15%	10% y 15%	Suelo / franco arenoso con características salinas	Obregón,2019
10 % - 20 %	20%	Suelo contaminado con Cadmio	Panéz, 2017
20%, 50%, 80% y 100% de biochar	20% y 50%	Suelo agrícola	Gallo, Lugo y Barreta, 2018
2%, 4% Y 6%	4%	Franco Arenoso	Quispe, 2019
5%, 10% y 20%	20%	Suelo Franco arenoso/contaminado con plomo	Ríos Tello, 2018
5%,10%, 15%, 20% y 25%	10% y 15%	Suelo degradado por la agricultura	Aróstegui, 2019
1%, 3% y 10%	3%	Suelo prístino forestal (SP)	Dominchin et al, 2019
1%, 3% y 10%	3%	Suelo agrícola bajo manejo sustentable (MS)	Dominchin et al, 2019
1%, 3% y 10%	3%	Suelo agrícola bajo laboreo intenso (LI)	Dominchin et al, 2019
2% y 4%	2%	Suelo negro Andino	Díaz, 2017
5%, 10% y 15% de biochar	–	Suelo agrícola	Huerta, 2019

0.5, 1, 2, y 3 %	1%	Suelos agrícolas/ franco, arcillosa y arenoso	Zivanov et al, 2020
1%, 2% y 5%	5%	Suelo arenoso	Escalante, 2018
1%, 3% y 10%	3%	Suelo prístino forestal	Rominchin et al, 2019
0, 5, 10, 15 y 20%	–	–	Beesigamukama et al, 2020
5%, 10% y 15%	5%	Suelo contaminado con Cadmio	Remigio, 2018
5% ,10% y 15%	10%	Suelo Árido	Zegarra, 2015
20% de biochar- 20 días (4 tratamientos)	–	Suelo contaminado con plomo	De la Cruz, 2018
10kg, 6 kg, 8 kg y 4 kg	10kg y 8kg	Franco Arenoso	Pinedo, 2017
15kg, 19kg y 22kg	–	–	La serna y Sanz
0, 2, 5, 10, 15 y 20 g / kg	–	–	Yang et al, 2020
Dosis 5,10, 15 y 20 g	–	Franco Limoso	Cuenca, Quevedo y Garcia, (2019)
106g	–	Arena	Mukhina y Rizhiya, 2019
0.2g	–	–	Huang et al, 2019
0,5 y 2g	–	Suelo arenoso alcalino	Heaney, 2018
10g	–	–	Dai et al,2020
5 y 10 tn/ha	–	Suelo arcilloso	Yilmaz, 2019
20 y 40 t/ha	–	Suelo franco arcilloso/ arenoso	Videgain et al, 2019
7.5 t/ ha, 15 t/ha y 30 t/ha	–	Suelo salino	PengSun, 2019
5-10-20 ton / ha	–	–	Rmak y Ilmaz, 2019
10 y 20 t / ha	–	–	Dusan, 2020
19,71-24,12 t / hm ² .	–	–	Colgar et al, 2020
1/2, 1y 5 t/ha	–	Suelo agrícola	Zhang et al, 2020
10, 20 y 30 t / ha.	–	–	Intani, latif, islam y muller,2018
20 t/ha	–	Suelo agrícola	Yin, Chen, Cao, Tao y Huang, 2020

Fuente: Elaboración propia

Las proporciones/dosis

Para los autores (Brassard et al., 2016); (Castaldi et al., 2011); (Lehmann y Joseph, 2009, citado por Zivanov et al., 2020, p.1,2) la dosis más óptima es el 2% y 3% de biochar elaborado de almazara y compost de residuos urbanos añadidos en los suelos agrícolas, aumentando el pH, C y N logrando que la enmienda del pavimento con biochar cambie las propiedades físicas y químicas del pavimento, la capacidad de retención del H₂O, aireación, estructura del pavimento retención y disponibilidad de nutrientes, liberación de C soluble y disponibilidad de micronutrientes, así mismo disminuye los requisitos de fertilizantes y aumenta la adsorción de compuestos. El uso del biochar en los suelos agrícolas mejora la calidad del suelo, aumenta el secuestro de carbono, mitigando los gases del efecto invernadero.

El biochar producido a partir de residuos agrícolas de sachá inchi y cacao, mejora las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo tales como: pH, C.E, C.I.C, M.O, aumento de las poblaciones de microorganismos benéficos como las bacterias y hongos. Además, contribuye a la reducción al cambio climático favoreciendo principalmente al secuestro de carbono en suelo degradado por la agricultura.

Por lo tanto, el biochar mejora la calidad de los suelos aplicados a una dosis óptima de 5 % de diferentes tipos de biochar aplicados en el suelo, además el biochar de excretas de porcina ayuda a remover los metales pesados en suelos contaminados, así mismo el biochar tiene la capacidad de optimizar la regulación hídrica de los suelos arenosos para mejorar la producción en la agricultura. Aróstegui Cornelio, (2019, p.12); Remigio Ipanaque, (2018, p. 16); Escalante Abril, (2018, p, 14).

Otros estudios evaluaron que el biochar de excretas de animal, ha dado mejor resultado en los suelos contaminados por metales pesados, también en suelos salinos a una dosis óptima del 15 % de biochar, así mismo este porcentaje al agregar al suelo cumple la función de reducir la conductividad eléctrica en los suelos salinos con una CE. Inicial de 9.48 a 3.68 CE, pH inicial 8.88 a 6.16 y humedad inicial de 9.0 a 14.63 obteniendo así a una salinidad adecuada para estos tipos de suelos, además, el biochar de vísceras de pescado ha mejorado las

propiedades de los suelos áridos al añadir 15 % de biochar como: M.O inicial 0.23 a 2.01, pH 7.77 a 7.93, P 5.0 a 128.15, k 189 a 728, CIC 2.40 a 5.64, B 2.2 a 4.30, Cu 0.8 a 1.47, H 9.7 a 14.82, Mn 1.8 a 4.37, Zn 1.4 a 7.72 y disminuyó en CE. 8.90 a 8.75, Obregón Castro, (2019, p.9), citado por el autor Zegarra Torres, (2015, p. 8).

(Bing et al, 2018); (Condeña, 2017); Zegarra Torres, (2015, p. 8), Obregón Castro, (2019, p.9), afirman que el biochar de residuos agrícolas a una determinada concentración del 10% es el valor óptimo para mejorar los suelos contaminados por plomo y suelos franco arenosos teniendo un pH con una variación de 0.35 menos alcalino en el suelo con un pH inicial 9.2 al incorporar el biochar ha reducido el pH a 8.66, los suelos franco arenosos tiene un pH inicial (8.23), aumentando el pH en 0.34 de biochar, logrando una mejor retención de agua, M.O, micro y macronutrientes en el suelo.

El biochar de excretas de pollo, maleza de higuera, residuos agrícolas y residuos urbanos son la mejor alternativa para incorporar en los suelos arenosos, suelos contaminados por cadmio y suelos franco arcilloso salino a una concentración efectiva del 10 %, 15%, 20 % y el 1 %, teniendo un pH inicial de 8.88 y pH final 6.16 reduciendo la alcalinidad de los suelo, así mismo al incorporar el 20 % del biochar en los suelos contaminados por Cadmio ha reducido la concentración de Cadmio de 148 ppm a 118 ppm, por otra parte el 1 % del biochar agregado al suelo franco arcilloso ha modificado el pH del suelo de 7.51 y aumentado el pH a 0.01, 0.02 N y 0.53 de carbono.

El biochar elaborado a partir de excretas avícolas con una gradiente de intensificación sobre sus propiedades químicas y microbiológicas a una dosis de 1%, 3% y 10 % al incorporar el biochar ha incrementado el pH, la conductividad eléctrica (ce), el carbono orgánico total (COT), y la relación C/N. Por lo tanto, el uso del biochar tendió a incrementar la abundancia bacterias gram negativas, los ácidos grasos fosfolípidos totales (PLFA) asimismo en los suelos prístinos forestales (SP) y en los suelos agrícolas bajo laboreo intenso (li), indicando un aumento de la biomasa microbiana total. Por este motivo la aplicación de biochar puede ser de mayor utilidad en la recuperación de los suelos con alto grado de degradación edáfica (Dominichin et al., 2019, p1).

Las concentraciones de diferentes dosis no consideradas óptimas son: 0.5 %, 6%, 8%, 25% y 80% de biochar. Dichos porcentajes solo logran mejorar el 70% de la fertilidad que produce el biochar, no logrando llegar al 100%; ya que existen diferentes tipos de suelos donde se tiene que buscar cual es la dosis más óptima para recuperar el tipo de suelo que se desea mejorar o recuperar (Díaz, 2017); (Zegarra, 2015); (De la Cruz, 2018); (Remigio, 2018); (Rominchin et al., 2019); (Alazzaz et al, 2020); (Bing et al, 2018); (Ríos Tello, 2018).

Los valores más bajos de pH, se registran con dosis menores de biochar y los valores más altos de pH se evidenciaron con dosis más altas de biochar. Además, el pH es el factor más importante que controla la absorción de Cadmio a medida que el pH disminuye aumentando la absorción del Cadmio en las plantas. El aumento de carbono orgánico enmendados por biochar, logra una mineralización del carbono orgánico en el suelo contribuyendo de esta manera a su acumulación (Prayogo et al., 2014 citado por Dominchin et al., 2020, p.5); (Huaraca et al., 2020, p. 3).

Tabla 6: *Propiedades químicas del suelo debidas a diferentes intensidades de uso, dosis de biochar y su interacción*

Deterioro Edáfico	Dosis	Ph	CE (ds m-1)	COT (g kg-1)	N Total (g kg-1)	N Asimil (mg kg-1)	C/N
SP (Suelo prístino forestal)	0%	6.74	0.52	39.2	3.7	824.63	10.59
	1%	6.94	0.78	40.89	3.84	777.58	10.65
	3%	7.13	1.19	39.41	3.73	666.14	10.58
	10%	7.81	2.53	39.37	3.67	430.39	10.73
MS (Suelo agrícola bajo manejo sustentable)	0%	6.37	0.33	22.62	2.08	625.78	10.88
	1%	7.01	0.58	23.75	2.18	565.85	10.9
	3%	7.47	1.13	25.31	2.13	435.84	11.96
	10%	8.51	2.74	30.06	2.32	149.94	13.02
LI (Suelo agrícola bajo laboreo intenso)	0%	5.85	0.21	21.14	1.92	428.41	11.01
	1%	6.75	0.44	21.19	1.92	350.41	11.06
	3%	7.38	0.82	23.48	1.99	238.72	11.83
	10%	8.38	2.06	25.97	2.08	54.6	12.52

Fuente: Dominchin et al., (2020, p.5).

La recuperación de un suelo contaminado con plomo (Pb) utilizaron diferentes tipos de biochar como: gabazo de caña de azúcar, residuos de poda del arbusto molle costeño, mespilus germánica, L. (Níspero), siendo las dosis óptimas para la recuperación de este tipo de suelos son: 10% y 20 %, Condeña, (2017), De la Cruz, (2018); Ríos, (2018). Para recuperar suelos contaminados por cadmio utilizaron tres tipos de biochar cuales fueron excretas de porcinas, avícolas y biochar de rastrojo vegetales, siendo las dosis más óptimas para recuperar estos tipos de suelos fueron el 5% y 20%, Remigio, (2018) y Panèz (2017).

Así también para mejorar las propiedades que presenta los suelos arenosos, suelo calcáreo/franco arenoso, suelo franco arenoso con características salinas y suelos franco arenosos, utilizaron diferentes tipos de biochar residuos de poda de los árboles de ficus, tallo de cultivo de colza y paja de maíz, biochar de excretas de pollo y maleza de higuera, biochar de residuos vegetales, biochar de cascara de cacao y arroz, siendo las concentraciones más efectivas para mejorar los tipos de suelos mencionados son: 5%, 10%, 15%, 4%, 8kg y 10kg, Escalante, (2018); Bing et al, (2018); Obregón, (2019); Quispe, (2019); Pinedo (2017).

Para la recuperación de la calidad de los suelos agrícolas se han utilizado varios tipos de biochar como: biochar de compost residuos sólidos urbanos, biochar de residuos agrícolas de sachá inchi y cacao, biochar de residuos de madera de pino, biochar de residuos sólidos orgánicos, biochar de paja de trigo, biochar de cascara de arroz, obtenido las concentraciones más eficientes son: 1%, 10% y 15 %, 20 y 50%, 5 ton/ha, 20 ton/ha, así mismo para el 1% de biochar utilizaron una muestra de suelo de 100 gr y para el 10 % de biochar utilizaron 1.8 kg, el 15 % fue 1,7 kg de suelos, Zivanov et al, (2020), Aròstegui, (2019); Gallo, Lugo y Barreta, (2018); Zhang et al, (2020); Yin et al, (2020). Las dosis o concentraciones de biochar para mejorar y recuperar los suelos va a depender de los tipos de suelos y las características que esté presente.

Impactos positivos del biochar en los suelos

Los impactos positivos generados por el biochar son la reducir el dióxido de carbono, los GEI, reducción de emisiones de metano en el suelo, captura de carbono, reducción de olores, aumento de carbono en el suelo, mejor labranza en el suelo, además de constituir un elemento importante es amigable con el medio ambiente y la salud de las personas, siendo menos costoso que los fertilizantes químicos (Villarta y Ortega, 2018, p. 23); (Molinés, 2015); (Fernández, 2015, p. 45).

Además, los impactos encontrados al usar biochar fueron mejor, por ser un producto orgánico que no altera el medio ambiente siendo de mejor calidad que el uso de los fertilizantes químicos, que al utilizarlos altera la naturaleza. La aplicación de biochar en diferentes tipos de cultivos agrícolas se recupera en el primer ciclo anual del cultivo, teniendo un efecto óptimo de mejores rendimientos hasta los cuatro años y estimaciones de mejor productividad de 25 a 30 años, mejorando así la economía del agricultor (Iglesias, 2018, p.100).

V. CONCLUSIONES

1. El uso del biochar cumple una función muy importante como mejorador de la calidad de los suelos tanto en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, tales como: textura, estructura, porosidad, color, consistencia, temperatura, materia orgánica, pH, CIC, CE, macrofauna y microfauna. Al aplicar en los suelos contaminados, suelos estériles, suelos salinos, entre otros, se logra recuperar las propiedades físicas, químicas y biológicas, se logran la recuperación para ser nuevamente útiles aptos para la agricultura, áreas de reforestación, áreas de pastoreo, jardines, parques, etc. Aportando con la reducción de la contaminación ambiental, devolviendo nutrientes reaprovechables al suelo y aumento de productos más sanos y saludables.
2. Los tipos de biochars de diferentes biomásas que mejoran la calidad de los suelos tenemos: residuos agrícolas, residuos urbanos, excretas de animales, vísceras de pescados, residuos forestales. Estos residuos al ser reutilizados dejan de ocasionar impactos negativos al medio ambiente como gases de efecto invernadero, usos excesivos de fertilizantes químicos, malos olores, descomposición aeróbica de los animales. Así mismo pasan a ser enmiendas orgánicas para los diferentes tipos de suelos.
3. Se concluye que las cantidades de biochars que se deben incorporar para mejorar un suelo, va a depender de las características que presenta el suelo. Para un suelo contaminado con plomo que presente 400 ppm, la cantidad de biochar de excretas de porcina y residuos de poda que se debe incorporar es de 20 kg por metro cuadrado, estos 2 tipos de biochars cumplen la misma disminución de plomo llegando a una concentración de 70 ppm en el suelo, durante 20 días, además un suelo contaminado con concentraciones de 391.0 mg/kg de plomo, aplicando el biochar de *Mangifera indica* L. Logro una adsorción de 358.14 ppm en 60 días, quedando la concentración en 32.82 mg/kg de plomo. Así mismo el biochar elaborado de gabazo de caña de azúcar, al incorporar 10 kg por metro cuadrado a un suelo con concentraciones de plomo de 1792.22, obteniendo una adsorción de

1094.89 ppm de plomo en 45 días. Estas cantidades de biochars fueron las más óptimas para recuperar suelos contaminados con plomo, mencionar que, para suelos infértiles, suelo contaminado con otros metales pesados, suelos salinos, entre otros tipos de suelos, sucede de la misma forma ya que existen suelos que cada uno presenta diferentes características, cada suelo tiene una dosis adecuada para su recuperación y mejor calidad.

4. Se concluye que los impactos positivos que genera el uso de los biochars en los suelos son: incremento de micro y macro nutrientes, secuestro de carbono, mejorador de las características del suelo y en la parte económica deja buenas ganancias, por sus altos rendimientos en la producción y menor inversión que al usar fertilizantes químicos. Además, logra la reducción de impactos negativos al medio ambiente tales como: reducción de, gases de efecto invernadero, usos fertilizantes químicos, dióxido de nitrógeno, ozono al nivel del suelo, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre y material articulado.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda realizar más investigaciones experimentales y descriptivas para examinar de manera más eficiente la producción de biochar para uso agrícola en los diferentes campos de suelos que existen en las zonas de Perú, logrando más alternativas de incrementar la producción agrícola, mejorar los suelos, reducir impactos y reducir costos, entre otros.
- 2.** Se recomienda el uso de tecnologías limpias como el biochar en el suelo, en la agricultura ya que se debe mantener la productividad actual, disminuyendo los impactos negativos en el medio ambiente, es decir se trata de transformar tales sistemas tradicionales para mejorar el suelo dando a la agricultura una alternativa compatible ecológicamente y viable a nivel económico.
- 3.** Se recomienda a los agricultores deben hacer uso del biochar en los suelos agrícolas, logrando mejorar sus cultivos ya que tendrían ahorros dependiendo la expansión de tierras que tienen para uso agrícola, beneficiándose económicamente y ayudando a contrarrestar la contaminación ambiental que se produce por excesivo uso de agroquímicos que generan los agricultores.
- 4.** Para la producción de diferentes tipos de biochar se debe optar por temperaturas menores de 700 °C para obtener una mejor calidad de las propiedades físicas y químicas, tales como: textura, estructura, porosidad, N, P, K, Ca, color, pH, Hierro, etc.
- 5.** Se recomienda que todos los agricultores, ganaderos, etc. Deben utilizar sus residuos para obtener el biochar de una manera natural y aplicarlo al suelo como enmienda orgánica cumpliendo una función de mejorar la calidad de los suelos agrícolas y reducir los suelos contaminados por metales pesados y además este producto es amigable con el medio ambiente.

REFERENCIAS

ABENZA, Daniel Paco. *Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta*. 2012. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_202695/PFC_DanielPacoAbenza.pdf

AJITH, Sudhakaran, et al. Production, Characterization and Observation of Higher Carbon in *Sargassum wightii* Biochar From Indian Coastal Waters. *Journal of Coastal Research*, 2019, vol. 86, no SI, p. 193-197. https://www.researchgate.net/profile/Rojith_G/publication/337093232_Production_Characterization_and_Observation_of_Higher_Carbon_in_Sargassum_wightii_Biochar_From_Indian_Coastal_Waters/links/5de4aefa92851c83645a1533/Production-Characterization-and-Observation-of-Higher-Carbon-in-Sargassum-wightii-Biochar-From-Indian-Coastal-Waters.pdf

ALONSO GÓMEZ, Leonardo, et al. Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. 2016. <https://udca.edu.co/wp-content/uploads/2018/01/revista-udca-actualidad-divulgacion-cientifica-2016-2.pdf#page=89>

ARÓSTEGUI CORNELIO, Keiji. Evaluación del efecto de biochar de residuos de sachá inchi y cacao sobre suelos degradados de Campoverde, Ucayali, usando *Zea mays* con indicador. 2019. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/UCS/762/TL-Ar%C3%B3stegui%20K.pdf?sequence=1>

AZIZ, Sadia, et al. Fabrication of Biochar from Organic Wastes and its Effect on Wheat Growth and Soil Microflora. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2020, vol. 29, no 2. <http://www.pjoes.com/Fabrication-of-Biochar-from-Organic-Wastes-and-nits-Effect-on-Wheat-Growth-and-Soil,99825,0,2.html>

BEJARANO MORENO, Laura Milena; AGUILAR DÍAZ, Paola Alexandra. Evaluación del biochar e hidrochar como medios para captura de carbono en el suelo. 2017.

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1709&context=ing_ambiental_sanitaria

BRIONES LOPEZ, Wilson Antonio. *El cultivo de pimiento (Capsicum annum L) y sus respuestas a la aplicación de carbón vegetal (Biochar) en la zona de Baba Ecuador*. 2017. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20061/1/UNIVERSIDAD%20DE%20GUAYAQUIL%20%20proyecto%20final%2031.pdf>

BRIONES LOPEZ, Wilson Antonio. El cultivo de pimiento (Capsicum annum L) y sus respuestas a la aplicación de carbón vegetal (Biochar) en la zona de Baba Ecuador. 2017. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20061/1/UNIVERSIDAD%20DE%20GUAYAQUIL%20%20proyecto%20final%2031.pdf>

CRISTINA, Martínez Chávez Carla. Efectos de enmiendas de biochar sobre el desarrollo en Cucumis sativus L. Var. SMR-58. 2015.

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5921/Martinez_Chavez_Carla_Cristina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CRISTINA, Martínez Chávez Carla. Efectos de enmiendas de biochar sobre el desarrollo en Cucumis sativus L. Var. SMR-58. 2015.

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5921/Martinez_Chavez_Carla_Cristina.pdf?sequence=1

CUENCA RIVERA, Jaime Andrés. Evaluación de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en dos tiempos de incubación. 2019. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15160/1/DE00016_TRABAJO_DETITULACION.pdf

DAI, Xiang; ADEL, Heike. An Analysis of Simple Data Augmentation for Named Entity Recognition. *arXiv preprint arXiv:2010.11683*, 2020. <https://arxiv.org/pdf/2010.11683.pdf>

DÍAZ GRANDA, Catalina Monserrat. Uso de biochar de acícula de pino (*Pinus patula*) como enmienda de suelo negro andino (Andosol). 2017. Tesis de Maestría. Universidad del Azuay. <http://201.159.222.99/bitstream/datos/6828/1/12800.pdf>

DOMINCHIN, Maria Florencia, et al. Efecto de la aplicación de biochar avícola sobre las propiedades químicas y microbiológicas de un suelo Haplustol típico con diferentes intensidades de uso. 2019. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96739/CONICET_Digital_Nro.ddb_d5a7f-2b81-40c6-8b5e-2375a0e44c55_A.pdf?sequence

DOMINCHIN, Maria Florencia, et al. Efecto de la aplicación de biochar avícola sobre las propiedades químicas y microbiológicas de un suelo Haplustol típico con diferentes intensidades de uso. 2019. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96739/CONICET_Digital_Nro.ddb_d5a7f-2b81-40c6-8b5e-2375a0e44c55_A.pdf?sequence=2

ESCALANTE ABRILL, Daniel Josué. Optimización de la regulación hídrica de los suelos arenosos del parque “La Arboleda” empleando biochar de residuos de poda-Santa Rosa 2018. 2018. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/37124/Escalante_ADJ.pdf?sequence=5&isAllowed=y

ESCALANTE REBOLLEDO, Ariadna, et al. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 2016, vol. 34, no 3, p. 367-382. [file:///C:/Users/HP/Downloads/155-Article%20Text-443-4-10-20161017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/155-Article%20Text-443-4-10-20161017%20(1).pdf)

FERNÁNDEZ VIVANCO, Valeria Brigitte; LÓPEZ PORTILLA, Amanda Gabriela. Evaluación de la eficiencia de biochar obtenido mediante pirólisis de residuos avícolas, y lodos de depuradora. 2018. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/10174/1/236T0372.pdf>

GALLO-SARAVIA, Margarita; LUGO-SIERRA, Luis; ZAPATA, Rolando Barrera. Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate. *Scientia et Technica*, 2018, vol. 23, no 2, p. 299-303. <file:///C:/Users/HP/Downloads/17691-Texto%20del%20art%C3%ADculo-61591-1-10-20190528.pdf>

GALLO-SARAVIA, Margarita; LUGO-SIERRA, Luis; ZAPATA, Rolando Barrera. Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate. *Scientia et Technica*, 2018, vol. 23, no 2, p. 299-303. [file:///C:/Users/HP/Downloads/17691-Texto%20del%20art%C3%ADculo-61591-1-10-20190528%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/17691-Texto%20del%20art%C3%ADculo-61591-1-10-20190528%20(1).pdf)

GUO, X. F.; LI, H. S.; HU, Y. M. EFFECTS OF BIOCHAR ON THE DIVERSITY AND COMMUNITY STRUCTURE OF SOIL FUNGI IN INTERCROPPING SYSTEM. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 2019, vol. 17, no 4, p. 8817-8834. https://www.epa.hu/02500/02583/00060/pdf/EPA02583_applied_ecology_2019_4_88178834.pdf

HEANEY, Natalie, et al. Effects of softwood biochar on the status of nitrogen species and elements of potential toxicity in soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2018, vol. 166, p. 383-389. <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/48624/14/NatalieEES-18-1788R1.pdf>

HORÁK, Ján, et al. Biochar: An Important Component Ameliorating the Productivity of Intensively Used Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2020, vol. 29, no 5. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=1a2cbfbd-a18f-4be0-99f9-f611b695f75d%40sessionmgr4006>

HUANG, Chengcai, et al. Adsorption Kinetics and Isotherms of Cr (VI) Ions in Aqueous Solution by Biochar Derived from *Torreya grandis* Nutshell. *Nature Environment and Pollution Technology*, 2019, vol. 18, no 4, p. 1375-1380. [http://www.neptjournal.com/upload-images/NL-72-36-\(34\)D-938.pdf](http://www.neptjournal.com/upload-images/NL-72-36-(34)D-938.pdf)

HUARACA-FERNANDEZ, Jhon N., et al. Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Información tecnológica*, 2020, vol. 31, no 4, p. 139-152. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000400139&script=sci_arttext

HUERTA DE LA CRUZ, Anthony Junior. Influencia del biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri, noviembre 2018 a abril 2019. 2020. [file:///C:/Users/OHH_PC_05/Downloads/T033_76262382_T%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/OHH_PC_05/Downloads/T033_76262382_T%20(1).pdf)

IPANAQUE LLORCA, Gladys Enild Aella. Efecto del sustrato Bocashi en el mejoramiento de la calidad de un suelo degradado en el Valle de Moche, Trujillo. 2017. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22488>

IRMAK YILMAZ, F.; ERGUN, Y. A. IMPACT OF BIOCHAR AND ANIMAL MANURE ON SOME BIOLOGICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 2019, vol. 17, no 4, p. 8865-8876. http://www.aloki.hu/pdf/1704_88658876.pdf

IRMAK YILMAZ, F.; ERGUN, Y. A. IMPACT OF BIOCHAR AND ANIMAL MANURE ON SOME BIOLOGICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 2019, vol. 17, no 4, p. 8865-8876. http://www.aloki.hu/pdf/1704_88658876.pdf

KOSAIYAKANON, Chatsuda; KUNGSANANT, Suratsawadee. Adsorption of reactive dyes from wastewater using cationic surfactant-modified coffee husk biochar. *Environment and Natural Resources Journal*, 2020, vol. 18, no 1, p. 21-32; DOI: 10.32526/enrj. 18.1. 2020.03. <file:///C:/Users/HP/Downloads/207229-Article%20Text-643943-2-10-20191128.pdf>

LA SERNA CUBAS, Sulma Karina; SANZ SERRANO, Stefany Alexandra. Biochar a Partir de Biomasa Residual de Tres Variedades de Theobroma Cacao L. Proveniente de Sistemas Agroforestales en el Distrito de Jaén, Año 2019. 2020. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/284/La%20Serna_CSK_Sanz_SSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LI, Feng, et al. Adsorption and sequestration of cadmium ions by polyptychial mesoporous biochar derived from Bacillus sp. biomass. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 23, p. 23505-23523. https://www.researchgate.net/profile/Feng-Li-3/publication/333773945_Adsorption_and_sequestration_of_cadmium_ions_by_polyptychial_mesoporous_biochar_derived_from_Bacillus_sp_biomass/links/5d327eff299bf1995b398107/Adsorption-and-sequestration-of-cadmium-ions-by-polyptychial-mesoporous-biochar-derived-from-Bacillus-sp-biomass.pdf

LI, Zimin; DELVAUX, Bruno. Phytolith-rich biochar: A potential Si fertilizer in desilicated soils. *Gcb Bioenergy*, 2019, vol. 11, no 11, p. 1264-1282. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/gcbb.12635>

LIN, Yanyu, et al. Study on the Effect of Water, Fertilizer and Biochar Interaction on N₂O Emission Reduction in Paddy Fields of Northeast China. *Nature Environment & Pollution Technology*, 2019, vol. 18, no 3. <https://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=09726268&AN=138532490&h=Nyn0AYe8SfNiCKAtZDS6u%2bSqmCzOqNhCeGM1VkOpPwkEfJAI%2fO9SpR8R%2fJrfVI6v67L17UMbVbr4V%2bol7GqVYw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authType%3dcrawler%26jrnl%3d09726268%26AN%3d138532490>

Lu, N., Et Al. The Heavy Metal Adsorption Capacity of Stalk Biochar in an Aqueous Phase. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2020, Vol. 18, No 2, P. 2569-2579. http://Aloki.Hu/Pdf/1802_25692579.Pdf

MAROUŠEK, Josef; STRUNECKÝ, Otakar; STEHEL, Vojtěch. Biochar farming: defining economically perspective applications. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2019, p. 1-7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-019-01728-7>

MILIAN GAY, Laura. Influencia de la materia orgánica del suelo en el secuestro de carbono. *Biochar, una estrategia potencial*. 2015. <https://eprints.ucm.es/48810/1/LAURA%20MILIAN%20GAY%20%281%29.pdf>

MOLINÉS CINTORA, Fernando; RUIZ GÓMEZ, Nadia. Producción de biochar a partir de purines. <https://zaguan.unizar.es/record/48087/files/TAZ-TFG-2015-149.pdf>

MUKHINA, Irina; RIZHIYA, Elena; BANKINA, Tatiana. Biochar Effect on Nutrients Availability to Barley. *Environmental Research, Engineering and Management*, 2020, vol. 76, no 2, p. 43-53. file:///C:/Users/OHH_PC_05/Downloads/21854-Article%20Text-88412-1-10-20200703.pdf

MUKHINA, Irina; RIZHIYA, Elena; BANKINA, Tatiana. Biochar Effect on Nutrients Availability to Barley. *Environmental Research, Engineering and Management*, 2020, vol. 76, no 2, p. 43-53.
<https://www.erem.ktu.lt/index.php/erem/article/view/21854>

NAKASON, Kamonwat, et al. Torrefaction of Agricultural Wastes: Influence of Lignocellulosic Types and Treatment Temperature on Fuel Properties of Biochar. *International Energy Journal*, 2019, vol. 19, no 4.
<file:///C:/Users/HP/Downloads/2163-5597-1-PB.pdf>

NAKASON, Kamonwat, et al. Torrefaction of Agricultural Wastes: Influence of Lignocellulosic Types and Treatment Temperature on Fuel Properties of Biochar. *International Energy Journal*, 2019, vol. 19, no 4.
[file:///C:/Users/HP/Downloads/2163-5597-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/2163-5597-1-PB%20(1).pdf)

NATES OCAMPO, Evelyn María. Evaluación del efecto de biochar en el suelo y la calidad de los frutos en un cultivo de uchuva. 2014. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. <https://core.ac.uk/download/pdf/71420353.pdf>

OBREGÓN CASTRO, Gabriela del Pilar. Disminución de la salinidad de suelos aplicando biochar a base de biomasa animal y vegetal en Cañete, 2019.2019.http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35709/B_Obreg%C3%B3n_CGDP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OLMO, Manuel, y col. Los cambios en la disponibilidad de nutrientes del suelo explican el impacto del biochar en el desarrollo de la raíz de trigo. *Planta y suelo*, 2016, vol. 399, no 1-2, p. 333-343.
<https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13381/2016000001398.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OSSES ORBEGOZO, Ander, et al. Efectos de la aplicación de biochar en el modelo jerárquico de agregación de un suelo forestal bajo condiciones oceánicas. 2013. https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/210372/PFC_AnderOsésOrbegoz_o.pdf?sequence=1

PAN, Dandan, et al. A paddy field study of arsenic and cadmium pollution control by using iron-modified biochar and silica sol together. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 24, p. 24979-24987. <http://www.fangbaili.cn/UploadFiles/Soft/2019/7/201907021612049534.pdf>

POLITO, Giovanni, et al. www.nature.com/scientificreports. http://www.iet.unipi.it/g.barillaro/Publications_files/SciRep_2017.pdf

REBOLLEDO, Ariadna Escalante, et al. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Revista terra latinoamericana*, 2016, vol. 34, no 3, p. 367-382. <http://terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/155/134>

REBOLLEDO, Ariadna Escalante, et al. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Revista terra latinoamericana*, 2016, vol. 34, no 3, p. 367-382. <file:///C:/Users/HP/Downloads/155-Article%20Text-443-4-10-20161017.pdf>

REMIGIO IPANAQUE, Sandra Rocío. Uso del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21230/Remigio_ISR.pdf?sequence=4

REMIGIO IPANAQUE, Sandra Rocío. Uso del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21230/Remigio_ISR.pdf?sequence=4

RICSE MOLINA, Mariluz; PINCHE SHAREVA, Elmes. Evaluación de la influencia de fertilizantes químicos en la calidad de suelos agrícolas. 2020. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3206/Mariluz_Trabajo_Bac_hiller_2020.pdf?sequence=1

RO, Kyoung S. Kinetics and energetics of producing animal manure-based biochar. *BioEnergy Research*, 2016, vol. 9, no 2, p. 447-453. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12155-016-9724-4>

RODRÍGUEZ, Manuel García–Jaramillo. Aplicación de enmiendas orgánicas y biochars derivados de la industria oleícola en el cultivo del arroz: influencia en la dinámica de plaguicidas y en propiedades agronómicas. 2015. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. <https://core.ac.uk/download/pdf/51393427.pdf>

ROMERO LONGWELL, John Robert. Eficiencia en la Inmovilización de Plomo en el Suelo mediante la Aplicación de Cantidades de Biocarbón en el Distrito San Mateo, Lima. 2017. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3598/Romero%20LJ_R.pdf?sequence=1

ROSAS MAYORAL, José Guillermo, et al. Producción de biochar a partir de viñas agotadas mediante pirólisis en reactor a escala piloto y en reactor móvil energéticamente sostenible= Biochar production from vineyards residues in a pilot plant scale pyrolysis reactor and in a self-sustainable pyrolysis reactor. 2015. <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/4246/TESIS%20DE%20JOS%C3%89%20GUILLERMO%20ROSAS%20MAYORAL.pdf?sequence=4>

ROSAS, José Guillermo, et al. Assessment of sustainable biochar production for carbon abatement from vineyard residues. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 2015, vol. 113, p. 239-247. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165237015000236>

ROSERO YELA, Carlos Julio, et al. Producción y caracterización de biochar a partir de biomasa residual para el cultivo del hongo *Trichoderma harzianum*. 2019. Tesis de Licenciatura. Quito.
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8548/1/143788.pdf>

SACRAVILCA CASANOVA, Amparo Marilyn. Influencia del pH durante la adsorción y desorción de Pb utilizando biochar elaborado a partir de residuos de poda 2019. 2019.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41323/Sacravilca_CA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SALEEM, M.; BAIG, N. Production of bio-oil and bio-char from different biomass wastes. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2018. p. 012021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/458/1/012021/pdf>

TAŞAR, Şeyda; ÖZER, Ahmet. A Thermodynamic and Kinetic Evaluation of the Adsorption of Pb (II) Ions Using Peanut (*Arachis Hypogaea*) Shell-Based Biochar from Aqueous Media. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2020, vol. 29, no 1. <http://www.pjoes.com/A-Thermodynamic-and-Kinetic-Evaluation-of-the-Adsorption-of-Pb-II-Ions-Using-Peanut,103027,0,2.html>

TERZİOĞLU, Pınar; PARIN, Fatma Nur. Biochar Reinforced Polyvinyl Alcohol/Corn Starch Biocomposites. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 2020, vol. 24, no 1. https://www.researchgate.net/profile/Pinar_Terzioglu/publication/340771518_Biochar_Reinforced_Polyvinyl_Alcohol_Corn_Starch_Biocomposites_Biyokomur_Takviyeli_Polivinil_Alkol_Misir_Nisastasi_Biyokompozitler/links/5e9c95ba299bf13079aa273c/Biochar-Reinforced-Polyvinyl-Alcohol-Corn-Starch-Biocomposites-Biyokoemuer-Takviyeli-Polivinil-Alkol-Misir-Nisastasi-Biyokompozitler.pdf

TRUJILLO, Enmer, et al. Producción y caracterización química de biochar a partir de residuos orgánicos avícolas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2019, vol. 85, no 4, p. 489-504. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000400489&script=sci_arttext&lng=en

VIJAYARAGHAVAN, K. Recent advancements in biochar preparation, feedstocks, modification, characterization and future applications. *Environmental Technology Reviews*, 2019, vol. 8, no 1, p. 47-64. https://www.researchgate.net/profile/Vijayaraghavan_Kuppusamy/publication/333908899_Recent_advancements_in_biochar_preparation_feedstocks_modification_characterization_and_future_applications/links/5d16eda4a6fdcc2462ae9b0c/Recent-advancements-in-biochar-preparation-feedstocks-modification-characterization-and-future-applications.pdf

WANG, Bing, et al. Biochar addition can reduce NO_x gas emissions from a calcareous soil. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 2019, vol. 31, no 1, p. 38-48. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09542299.2018.1544035>

WANG, Hong, et al. Biochar Mitigates Greenhouse Gas Emissions from an Acidic Tea Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2020, vol. 29, no 1.

YIN, Xiaohong, et al. Short-term application of biochar improves post-heading crop growth but reduces pre-heading biomass translocation in rice. *Plant Production Science*, 2020, vol. 23, no 4, p. 522-528. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=5aaddbf8-1437-448e-a5d7-6bbb3173cfed%40sdc-v-sessmgr02>

YIN, Xiaohong, et al. Short-term application of biochar improves post-heading crop growth but reduces pre-heading biomass translocation in rice. *Plant Production Science*, 2020, vol. 23, no 4, p. 522-528. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1343943X.2020.1777879>

YOUNAS, Hajira, et al. Management of Tannery Solid Waste (TSW) through Pyrolysis and Characteristics of Its Derived Biochar. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2020, vol. 30, no 1. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=e34680ad-88e2-4cdc-b73a-9fd9b659ef66%40sessionmgr4006>

ZELAYA, Katherin Prissila Sevilla, et al. Biochar in sugar beet production and nutrition. *Ciência Rural*, 2019, vol. 49, no 5. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782019000500202&script=sci_arttext

ZHANG, Hongjie. *Biochar effects on soil microbial biomass and activity*. 2014. Tesis Doctoral. https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/8041/Zhang_Hongjie_201404_PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ZHANG, Leiyi, et al. Biochar amendment effects on the activities of soil carbon, nitrogen, and phosphorus hydrolytic enzymes: a meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 22, p. 22990-23001. https://www.researchgate.net/profile/Leiyi_Zhang/publication/333689129_Biochar_amendment_effects_on_the_activities_of_soil_carbon_nitrogen_and_phosphorus_hydrolytic_enzymes_a_meta-analysis/links/5d03429fa6fdccd1309936e6/Biochar-amendment-effects-on-the-activities-of-soil-carbon-nitrogen-and-phosphorus-hydrolytic-enzymes-a-meta-analysis.pdf

ŽIVANOV, Milorad S., et al. Response of chemical and microbial properties to short-term biochar amendment in different agricultural soils. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 2020, no 138, p. 61-69. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-4906/2020/0352-49062038061Z.pdf>

ANEXOS

Anexos 1: Tabla de técnicas e instrumentos de recolección de datos

Titulo			
Autor (es)			
Objetivos			
Tipos de documentos			
Tipos de biochar	Residuos agrícolas	Excretas de animales	Residuos urbanos
Tiempo de duración del biochar			
Temperatura, pirolisis	T° lenta	T° media	T° rápida
Dosis de suelos			
Tipos de suelo	Suelos arenosos	Suelos contaminados	Suelos salinos

Fuente: Elaboración propia