UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

EL BIOCHAR EN LA NUTRICIÓN ANIMAL: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

AUTOR(ES):

Tatiana Alexandra Alvarez Huisuma

Benjamin Fausto Andi Vegay

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

EL BIOCHAR EN LA NUTRICIÓN ANIMAL: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

AUTOR(ES):

Tatiana Alexandra Alvarez Huisuma

Benjamin Fausto Andi Vegay

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	97/100	97

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	97

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ARMANDO VINICIO
PAREDES PERALTA

Armando Vinicio Paredes Peralta

PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple según el criterio planteado.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Si cumple, aunque debió profundizar en resultados
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	Cumple según el criterio planteado, aunque se debe incorporar una párrafo de potenciales aplicaciones en el caso ecuatoriano.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	Si bien tiene conceptos sólo son una sucesión subsecuente de definiciones, sin tener un cuerpo sólido bajo un hilo conductor.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple según el criterio planteado

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	Cumple según el criterio planteado, aunque se debe profundizar en las explicaciones de los resultados
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	Cumple según el criterio planteado, aunque se debe reflexionar sobre las aplicaciones en Ecuador.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	La literatura atiende a las normas APA,
VALORACIÓN TOTAL	100	91 /100

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	91/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO ERNESTO BURGOS MORAN

Blgo. Msc. Ricardo Ernesto Burgos Morán
Docente Investigador Titular Agregado II
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 5 días del mes de Marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante **ALVAREZ HUISUMA TATIANA ALEXANDRA** (C.I. 1600662926) con el Tema: **"El biochar en la nutrición animal: Análisis bibliográfico"** de la carrera de AGROPECUARIA. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del 2 %, Informe generado con fecha 02 de marzo 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
WILLAN ORLANDO CAICEDO QUINCHE

Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD
160044611-4
Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	TIC_Alvarez T. y Andi B._El biochar en la nutrición animal.doc (D159885257)
Submitted	3/2/2023 2:53:00 PM
Submitted by	
Submitter email	agp2017133@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / TIC Rodriguez y Tapia.doc**
Document TIC Rodriguez y Tapia.doc (D159830629)
Submitted by: ta.rodriguez1@uea.edu.ec
Receiver: wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

5

Entire Document

El biochar en la nutrición animal: Análisis bibliográfico
Alvarez Huisuma Tatiana Alexandra 1 Agp2017133@uea.edu.ec Andi Vegay Benjamín Fausto1 Agp2017124@

100% **MATCHING BLOCK 1/5** SA TIC Rodriguez y Tapia.doc (D159830629)

uea.edu.ec Caicedo Quinche Willan Orlando, PhD1 wcaicedo@uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra, Carrera de Agropecuaria (1) Resumen

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante **ANDI VEGAY BENJAMIN FAUSTO** (C.I. 2200515175) con el Tema: **"El biochar en la nutrición animal: Análisis bibliográfico"** de la carrera de AGROPECUARIA . Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del 2 %, Informe generado con fecha 02 de marzo 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
WILLAN ORLANDO
CAICEDO QUINCHE

Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD
160044611-4
Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	TIC_Alvarez T. y Andi B._El biochar en la nutrición animal.doc (D159885257)
Submitted	3/2/2023 2:53:00 PM
Submitted by	
Submitter email	agp2017133@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / TIC Rodriguez y Tapia.doc**
Document TIC Rodriguez y Tapia.doc (D159830629)
Submitted by: ta.rodriguez1@uea.edu.ec
Receiver: wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

5

Entire Document

El biochar en la nutrición animal: Análisis bibliográfico
Alvarez Huisuma Tatiana Alexandra 1 Agp2017133@uea.edu.ec Andi Vegay Benjamín Fausto1 Agp2017124@

100% **MATCHING BLOCK 1/5** SA TIC Rodriguez y Tapia.doc (D159830629)

uea.edu.ec Caicedo Quinche Willan Orlando, PhD1 wcaicedo@uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra, Carrera de Agropecuaria (1) Resumen

El biochar en la nutrición animal: Análisis bibliográfico

Alvarez Huisuma Tatiana Alexandra [1]
agp2017133@uea.edu.ec

Andi Vegay Benjamin Fausto[1]
agp2017124@uea.edu.ec

Caicedo Quinche Willan Orlando, PhD[1]
wcaicedo@uea.edu.ec

[1] **Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra, Carrera de Agropecuaria**

Resumen

A nivel mundial la producción animal se intensifica a medida que pasa el tiempo propiciando el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, es por ello que actualmente se están buscando fuentes de producción amigables con el ambiente, una de estas alternativas constituye el uso de biochar (biocarbón) como aditivo natural en la dieta de animales de granja para mejorar la producción y minimizar las emisiones de gases contaminantes. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis bibliográfico sobre el uso del biochar en la nutrición animal. El método de investigación que se aplicó fue exploratorio documental, ya que se obtuvo información de forma sistemáticas en las siguientes bases de datos: Google académico, WoldWideScience.org, Refseek, MDPI, Journal of Animal Science, Taylor & Francis Online. Se creó una base de datos en el software Microsoft Office Excel, donde se realizaron hojas de cálculos con los siguientes detalles; títulos, autor, país, años, especies, tipo de documento, DOI, URL, de cada documento revisado también se crearon tablas referencia al objetivo planteando. De acuerdo con la recopilación de las fuentes bibliográficas se encontró que la República Democrática de Lao y EEUU tienen el mayor número de publicaciones referentes al uso del biochar como aditivo en la nutrición animal. En animales rumiantes, el biochar de cáscara de arroz es considerado uno de los mejores aditivos para ser suministrado en su dieta ya que se mejora la conversión alimentaria, el desarrollo corporal, aumento de peso, y se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Mientras tanto en animales monogástricos, el biochar de madera haya, residuos de granjas y bambú, son los mejores para añadirlos en las dietas de cerdos aves y peces con la finalidad de mejorar el aprovechamiento de nutrientes, el rendimiento productivo, la microbiota intestinal y la inmunidad de los animales.

Palabras Clave*:* Aditivos alimentarios, carbón activado, gases de efecto invernadero, productividad animal.

Biochar in animal nutrition: A literature review

Abstract

Worldwide, animal production is intensifying as time goes by, leading to an increase in greenhouse gas emissions that contribute to global warming, which is why we are currently looking for environmentally friendly production sources. One of these alternatives is the use of biochar as a natural additive in the diet of farm animals to improve production and minimize pollutant gas emissions. The objective of this work was to carry out a bibliographic analysis on the use of biochar in animal nutrition. The research method applied was documentary exploratory, since information was systematically obtained from the following databases: Google Scholar, WoldWideScience.org, Refseek, MDPI, Journal of Animal Science, Taylor & Francis Online. A database was created in Microsoft Office Excel software, where spreadsheets were made with the following details; titles, author, country, years, species, type of document, DOI, URL, tables were also created for each document reviewed with reference to the objective. According to the compilation of bibliographic sources, it was found that the Democratic Republic of Lao and the USA have the largest number of publications referring to the use of biochar as an additive in animal nutrition. In ruminant animals, rice husk biochar is considered one of the best additives to be supplied in their diet since it improves feed conversion, body development, weight gain, and reduces greenhouse gas emissions. Meanwhile, in monogastric animals, biochar from beech wood, farm residues and bamboo are the best to be added to pig, poultry and fish diets in order to improve nutrient utilization, productive performance, intestinal microbiota and immunity of the animals.

Keywords: food additives, activated carbon, greenhouse gases, animal productivity.

1. INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población humana a nivel mundial esta provocando que se desarrollen sistemas agropecuarios no-convencionales más eficientes y sustentables con el medio ambiente, respecto a los convencionales. El ser humano realiza diferentes actividades agropecuarias que están involucradas en la producción de alrededor de dos tercios de las emisiones de gas metano a la atmósfera (Saunois, Jackson, Bousquet, Poulter, & Canadell, 2016). La producción de bovinos emite el 39% de los gases, (USDA, 2013), y los pequeños rumiantes el 10%. Los animales monogástricos como porcinos, aves y otros animales representan del 17 al 18% de las emisiones de NH_3 (Islam & Lee, 2019).

En la producción pecuaria se utilizan diferentes aditivos que ayudan a mejorar los patrones de aprovechamiento de nutrientes y con ello disminuye la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera; entre esas alternativas se propone el uso del biochar (biocarbón) como aditivo natural para un uso eficiente en la nutricional de animales de interés zootécnico.

El biochar es un aditivo natural para piensos, se obtiene mediante una descomposición de la biomasa a una alta temperatura y sin oxígeno en un ambiente amplio (a través de pirolisis o torrefacción). El biocarbón presenta una estructura de alto nivel de porosidad con una gran superficie interna (Thies & Rillig, 2009), por lo que facilita la absorción de gases y genera biopelículas de hábitat para la proliferación de la microbiota (Hansen, Storm, & Sell, 2012). Esto a la vez confiere propiedades mediadoras de electrones en reacciones redox biológicas y aportan un mayor beneficio extra para la eficiencia en la conversión alimenticia y la disminución de GEI (Leng, 2017).

La mezcla de biochar con piensos para animales reduce la formación de micotoxinas, suprime la formación de ácido butírico, aumenta la cantidad de bacterias lácticas, además mejora el crecimiento animal, el estado de la sangre, la inmunidad, reduce los patógenos y la producción de metano al mejorar la fermentación microbiana ruminal, sirve como desparasitante del animal, así mismo muestra aportes beneficiosos directo hacia la cría de animales, ayudando a aumentar la viabilidad económica y a lo largo del tiempo proporciona numerosos beneficios para el medio ambiente (Kammann, Draper, Hagemann, & Schmidt, 2019).

Por lo antes mencionado, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis bibliográfico sobre el uso del biochar en la nutrición animal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Se realizó una revisión bibliográfica-sistemática en fuentes de información verídica. Los documentos fueron extraídos de revistas científicas, tesis, memorias de eventos, publicados en idioma español en inglés. Cada estudio fue seleccionado de acuerdo con la utilización del biochar en la nutrición de los animales; tipos especies, materia prima, duración del experimento, país de estudio, porcentaje del nivel de inclusión de biochar,

entre otros. De 63 documentos científicos revisados, 48 estuvieron relacionados con la temática.

Métodos de investigación

El método de investigación que se aplicó fue exploratorio documental, ya que se obtuvo información de forma sistemáticas en las siguientes bases de dato: Google académico, WoldWideScience.org, Refseek, MDPI, Journal of Animal Science, Taylor & Francis Online.

Descriptores de búsqueda

Los descriptores de búsquedas que se utilizó fueron las siguientes; The use of biochar in animal feed; Effect of biochar diet supplementation on the performance ok chiken broilers; Use of biochar as feed supplements for animal husbabdry; ¿Puede el biochar mejorar la sostenibilidad de la producción animal?; ¿Cuáles son los efectos del Biochar al ser aplicado en el pienso la alimentación animal?; Evaluation of the effects of biochar on diet digestibility and methane producction; Biochar dietary supplements for laying hens.

Criterios de inclusión

Para la búsqueda de información de esta investigación documental se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

Palabras claves:

Biochar, animal, nutrition, greenhouse gases, additive, ruminant and non-ruminant, monogastric.

Año de publicación:

La búsqueda de información se llevó a cabo entre los meses de enero y febrero del año 2023. En donde se tomó en cuenta bibliografías de los últimos 10 años.

Manejo de la información

Se creó una base de datos mediante el software Microsoft Office Excel, en el cual se realizó hojas de cálculos que contenían los detalles; títulos, autor, país, años, especies, tipo de documento, DOI, URL, de cada documento revisado también se crearon tablas referencia al objetivo planteando. Para la elaboración del artículo de revisión bibliográfica se trabajó con el software Microsoft Office Word.

Las estrategias que se consideraron para la selección del articulo fueron las siguientes: La aplicación de aditivo en piensos en diferentes animales, la cantidad que se aplica el aditivo en los piensos en diferentes edades, el peso del animal que se obtiene por días o semanas, regulación del crecimiento, los efectos que pueden ocasionar, los gases que pueden reducir, el funcionamiento de la digestibilidad y reducción de patógenos.

Con la información encontrada se dio el cumplimiento con el objetivo planteado, es decir, se realizó un breve análisis de los resultados obtenidos, se seleccionaron

diferentes métodos de aplicación del biochar como aditivos en diferentes animales, el uso de biochar en el crecimiento y digestibilidad de nutrientes, peso obtenido por días, la inclusión del biochar aplicado para cada individuo, la duración de los experimentos, la reducción de gases y la calidad de carne. Se descartaron las investigaciones que no se relacionaban con el tema de estudio de la investigación.

Por último, los resultados encontrados se muestran en las: tablas 1 y 2, inclusión del biochar en la dieta de los rumiantes y pequeños rumiantes y en las tablas 3, 4 y 5, la inclusión del biochar los animales monogástricos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El campo relacionado con el uso del biochar en la nutrición animal es relativamente nuevo. Para esta investigación se encontró un total de 63 documentos científicos; de estos, 48 tuvieron estrecha relación con la temática, y 25 se encuentran plasmados en los resultados. Los 25 artículos científicos se encuentran en idioma inglés y se clasificaron de acuerdo con el número de publicaciones, así como se presentan en la figura 1, tablas 1-5.

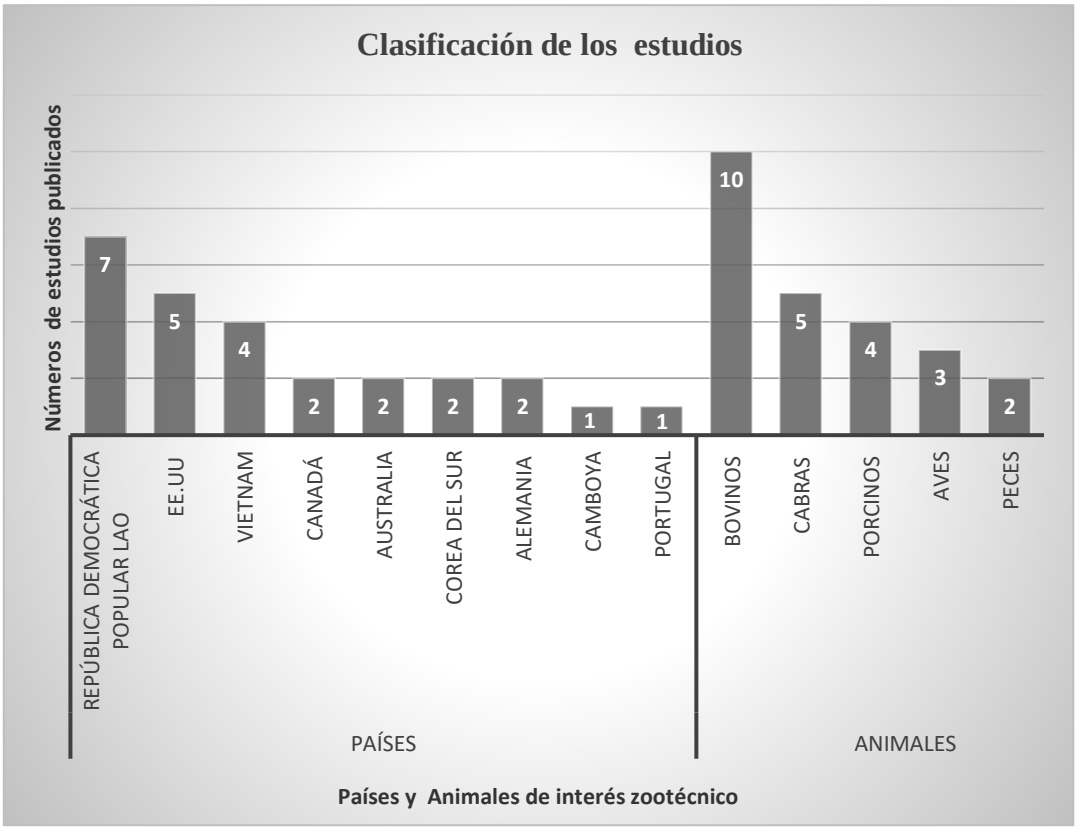


Figura 1. ***Clasificación de las fuentes bibliográficas que aportan los resultados de la investigación***

3.1 Inclusión del biochar en dietas de rumiantes

En las tablas 1 y 2, se observa el lugar del estudio de los experimentos con sus respectivas categorías, la duración del experimento, el porcentaje de la inclusión de la

aplicación de biochar en las dietas, la mezcla aplicada y los resultados obtenidos.

Diferentes estudios realizados en países como; Canadá, Australia, Portugal, Alemania, Vietnam, EE. UU, Corea del Sur y República Democrática de Lao han realizado experimentos con diferentes razas de bovinos y han empleado varias materias primas para la elaboración del biochar. Al respecto, con la inclusión biochar de pino en la dieta de bovinos se han obtenido mejoras en la calidad de la canal. Así mismo, al suministrar biochar de cáscara de arroz en la dieta, se ha logrado mejorar la tasa de crecimiento, el peso, la conversión alimenticia y es muy efectivo para reducir los gases de efecto invernadero. Además, el biochar de la cáscara de arroz mezclado con levadura (*Sacharomyces cerevisiae*) constituye una buena alternativa de suplementación como probiótico, porque fortalece al crecimiento y mejora la inmunidad del bovino a través de la supresión de toxinas y la protección de bacterias ruminales anaeróbicas de la oxidación.

Un estudio realizado en Estados Unidos revela que la adición del biochar de pino y álamo temblón al 2% en la dieta de ovejas, mejoró la digestibilidad del alimento y el crecimiento de microorganismos benéficos en el rumen. Mientras que, en otros estudios realizados en Vietnam, y La República Democrática Popular Lao, revelan que la adición de biochar elaborado a partir de cáscara de arroz y melaza diluida a 10 Brix con diferentes niveles de inclusión (0,5: 1; 1,5%) en la dieta de las cabras de la raza Bach Thao dieron como resultado un mejoramiento del consumo de alimento, ganancia de peso vivo, conversión alimentaria, así mismo aumentó el consumo de MS.

En este sentido, Gerlach & Schmidt, (2013) manifiestan que la inclusión de biochar es muy importante en la alimentación del ganado para la absorción de sustancias tóxicas en el tracto gastrointestinal, la desintoxicación a través de la reabsorción de toxinas lipofílicas en el plasma y la promoción de la oxidación y la degradación de ánimas biógenas en los intestinos.

Tabla 1. Inclusión del biochar en dietas de bovinos

Lugar del estudio	Animales	inclusión de Biochar en Porcentaje (%)	Materia prima	Mezcla	Duración en días	Resultados y observaciones	Autores
Lethbridge - Canadá	Novillo de engorde	Biochar mejorado a un 0%; 0,5%; 1,2%	Pino	Alimentados con dietas altas, forraje y granos	112 días	Disminuye el peso total y la ganancia diaria al agregar 2% de biochar mejorado, pero mejora la calidad del canal hasta un 2%.	Terry *et al.* (2020)
Universidad de Sydney- Australia	Bovino de la raza Holstein	Inclusión al 3,6% a 7,2%	Madera dura	Dietas de control: pasto de avenas; ensilaje de maíz; concentrado de 35:30: p/p.	30 días	Mejora la síntesis de proteína microbiana, aumenta la digestibilidad de nutrientes y reduces los gases entéricos	Teoh *et al.* (2019)
Portugal	Vacas Holstein Adultas	Dos niveles de inclusión 5% a 10%	Cascara de patata	Heno y ensilaje de maíz.	30 días	Aumenta la producción de CH_4, Y modifica el patrón de fermentación ruminal.	Rodrigues *et al*. (2020)
Universidad Nebraska Lincoln de EE. UU	Novillos en crecimientos y acabados	0%; 0,8%; 1%	Pino ponderosa	40% ensilaje de maíz, 40% de paja de trigo, 15% de granos destilados y más solubles y 5% de suplementos.	5 días	En novillo de crecimiento se altera y mientras en acabado reduce CH_4.	Sperber, Troyer, Erickson, & Watson (2022)
Canadá	Novillas Angus x Hereford	0%; 1%; 2%	Pino	60% de ensilaje de cebada, 35% de granos de cebada y 5% de suplemento mineral.	28 días	Un biochar mejorado no disminuye las emisiones entéricas de CH_4, pero altera el microbiota ruminal.	Terry *et al.* (2019)

Xayabouly-República Democrática Popular Lao	Incubación in vitro	0% a 1% de inclusión de biochar, y RBD (subproducto) de 0% a 4%.	Cáscara de arroz	Ensilaje de yuca con urea al 2% de la MS, follaje fresco al 25% (variedad dulce) y paja de arroz al 1% del peso vivo.	120 días	Mejora la tasa de crecimiento en un 37%. EL Combinado RBD y bichar mejora el peso vivo en un 60% (500 a 600 g/día), aumenta la conversión alimenticia al 38% y disminuye el Dióxido de carbono en un 36%.	Sengsouly & Preston (2016)
Universidad de Souphanouvong-República Democrática Popular Lao	Bovinos criollos "Raza amarilla"	Fuente NPN; Nitrato de potasio al 6 % de la dieta, urea al 8,3 de la dieta de DM. 0,6% de biochar y sin biochar.	Cáscara de arroz	Chip de yuca ad libitum y follaje fresco de yuca al 1%. Sulfato de sodio y cloruro de sodio al 0,4 a 0,5 de la DM.	98 días	Aumenta de peso en un 25%, mejora la conversión alimenticia y reduce la producción de metano en un 22 a 29%.	Leng, Preston, & Inthapanya (2012)
Universidad de Svay Rieng - Camboya	Bovinos criollos "Raza amarilla"	Inclusión de biochar con urea-melaza al 0; 2; 4; 6; 8% y subproducto destilería de arroz de 0 a 4%.	Cáscara de arroz carbonizada	Arroz ad libitum, follaje de yuca al 1% de su peso vivo, raíz de yuca ad libitum y el 4% destilería de arroz.	120 días	Incrementa la tasa de crecimiento al 53% y aumenta la conversión alimenticia al 35%.	Saroeun, Preston, & Leng (2018)
República Popular de Lao	Incubación ruminal in vitro de Bovinos criollos "Raza amarilla"	1%	Cáscara de arroz	Hoja de yuca fresca y seca tanto amarga como dulce.	24 horas	La producción de gas no se difirió entre los tratamientos, mientras redujo el porcentaje de gas en hojas dulces.	Phanthavong, Viengsakoun, Sangkhom, & Preston (2015)

Universidad Soupphanouvong República Democrática de Lao	Incubación in vitro ruminal	1%; 2%	Cáscara de arroz	Polvo de arcilla Benedito de Australia y Vietnam.	24 horas	Disminuye la producción del metano a un 14%.	Leng, Inthapanya, & Preston (2013)

EE, UU, Estados Unidos; RBD, producto de la destilería de arroz; DM, Materia seca; NPN, Compuestos que se utiliza en la alimentación y nutrición del bovino; CH4, metano.

Tabla 2 Inclusión del biochar en dietas de pequeños rumiantes

Lugar del estudio	Animales	Inclusión de biochar en porcentaje (%)	Materia prima	Mezcla	Duración en Días	Resultados y observaciones	Autores
Universidad Estatal de Utah-EE. UU	Ovejas	2%	Pino y álamo temblón	Ración de alfalfa y Cebada	10 días	La alimentación con o sin inclusión tuvieron una respuesta similar en el rendimiento y en la ingesta de alimento.	Avoy, Burritt & Villalb (2020)
Universidad de An Giang - Vietnam	Cabras en crecimiento	4 niveles de Tratamientos; 0%; 0,5%; 1,5%	Cáscara de arroz	Follaje de yuca, Granos de cervecero ensilado al 4% (base MS)	120 días	Aumenta la tasa de crecimiento al 26% así mismo, aumenta el peso y mejora la conversión alimenticia de la dieta y al aplicar el 1,3% reduce el gas metano.	Thuy, Preston, Ba, & Dung (2018)
Provincia de An Giang -Vietnam	Cabras "Bach Thao"	1%	Cáscara de arroz	Tallo de yuca tratados con urea más el suplemento de agua de espinaca al 1% y sin urea	17 días	Aumenta la ingesta de DM al 18%. Al combinar aumenta la retención del N en un 46% y el valor biológico de N a un 12%.	Thuy, Preston, Leng & Ba (2018)

Universidad e Souphanouvong-Republica de Democratica Popular Lao	Cabras hembras	1%	Cáscara de arroz	Muntingia (capulín), Picado de caña aun 10% y agua de espinaca al 30% de la MS.	14 días	No se encontró diferencias de ingesta de alimento, pero al aplicar Muntingia y agua de espinaca aumenta la ingesta al 32 % y la proteína al 10% y una retención de N al 94%.	Phongpanith, Inthapanya S, & Preston (2013)
Universidad de Nong Lam- Vietnam	Cabras machos Bach Thao	1%	Cáscara de arroz	Grano de cerveza al 4% de MS Y variedad de yuca dulce y amargo	23 días	Mejora la ingesta de MS al 26%, menora la retención de N al 23 al 58% y reduce la producción de metano ruminal un 16%.	Phuong, Preston, Van, & Dung (2019)
Universidad Soupphanouvong-República Democrática Popular Lao	Cabras en crecimiento (6 a 7 meses)	4 tratamientos con inclusión al 1% de biochar	Melaza diluida a 10 Brix	*Bauhinia acuninata* (Pata de Vaca) al 30 y 70% combinadas	97 días	Incrementa la tasa de crecimiento, el peso, mejora la conversión alimenticia, la digestibilidad de materia seca, la proteína y produce una mayor retención del N.	Silivong & Preston (2015)

EE, UU, Estados Unidos; T, Tratamientos; MS, Materia seca; N, Nitrógeno.

3.2 Inclusión del biochar en animales monogástricos

En las tablas 3, 4, y 5, se observa el lugar del estudio de los experimentos con sus respectivos individuos y la duración del experimento, así mismo, se indica el porcentaje de la inclusión de la aplicación de biochar en los piensos, la mezcla aplicada y los resultados que se han obtenido en estas investigaciones.

Estudios realizados en Estados Unidos y Australia, indican que, al aplicar distintos niveles de inclusión de biochar elaborado de madera haya en diferentes dietas alimenticias de las aves (gallinas ponedoras y de engorde), se ha logrado una mejora de bienestar animal, la conversión alimentaria, el aumento de peso, incremento del rendimiento de puesta de huevo, resistencia y el grosor del huevo, también disminuye la concentración del olor de las heces y las emisiones de NH_3. El biochar elaborado a partir de residuos verdes leñosos actúa en el control de ciertos patógenos como: *Campylobacter hepaticus* y *Gallibacterium anasti* que ocasiona daños directos en los intestinos de las aves.

En otras investigaciones realizadas en Estados Unidos y Vietnam en peces *Catla catla* y Bagre pangasius (*Pangasius hypophtalmus*) demostraron que al incluir biochar de vegetales de granja en su alimentación ayuda a mejorar el crecimiento. En otras investigaciones, al incorporar biochar de cáscara de arroz en la dieta, han demostrado que pueden mejorar la tasa de crecimiento y aumentar la extensión de la digestión del alimento, de la misma manera ayuda a mejorar la calidad de agua reduciendo los niveles de amoniaco, pero si se aplica directamente al agua puede producir efectos negativos.

Investigadores de Alemania, Corea del Sur y República Democrática de Lao, han realizado algunos experimentos con biocarbón en diferentes razas de porcinos de engorde; y demostraron que al aplicar el aditivo con maderas (haya, alerce, abeto, roble y bambú) se mejora la digestibilidad aparente del tracto total, la materia orgánica, el extracto etéreo, el extracto libre de nitrógeno, la fibra cruda. Mientras tanto, al suplementar las dietas de cerdas en gestación y lactancia con biochar de cáscara de arroz, incrementaron el tamaño de las camadas y el peso al nacimiento de los lechones.

Tabla 3. Inclusión del biochar en dietas de aves

Lugar del estudio	Aves	inclusión de biochar en porcentaje (%)	Materia prima	Mezcla	Duración en días	Otro resultados y observaciones	Autores
EE. UU	Pollo de engorde	5 tratamiento con inclusión al 2%; 3%, 4,6%	Madera haya	BC- Glicerina - aluminosilicatos	35 días	La conversión alimenticia aumenta en un 8%, mejora el rendimiento, aumenta el peso hasta un 7%, se mantiene las emisiones de olor de NH3 y se reduce un 17%.	Kalus *et al*. (2020)
Australia	Aves de corral	inclusión de 0%; 1%; 2%; 4% (p/p)	Residuos verde leñosos	Utilizado con diferentes raciones diéticas	133 días	La aplicación de un 2% (p/p) de la inclusión de biochar en la dieta, reduce los patógenos del *Campylobacter hepaticus*, agente causante de la enfermedad hepática irregular en el microbiota intestinal.	Willson *et al*. (2019)
EE. UU	Gallinas ponedoras	inclusión de 1%; 1.5%; 2%; 3%	Madera haya	Aluminosilicatos 24 % y glicerina 9% (BCM)	78 días	Aumenta un 6% a 10% el rendimiento de la puesta y la resistencia de la cascara de huevo. El contenido de excrementos se mantiene y reduce las emisiones de NH3.	Kalus *et al*. (2020)

BC, Glicerina – aluminosilicatos; BCM, Glicerina como agente antipolvo; NH3, Amoniaco.

Tabla 4. Inclusión de biochar en peces

Lugar del estudio	Peces	inclusión de biochar en porcentaje (%)	Materia prima	Mezcla	Duración en días	Otro resultados y observaciones	Autores
Faisal abad-EE. UU	Peces Catla catla en crecimientos	5%	Residuos de granjas y vegetales a 2mg/kg	Harina de semilla de *Moringa olifeira* (El árbol del rábano picante)	90 días	Aumenta el peso a 16,3 g y su porcentaje de 256,58%, mejora la digestibilidad de proteínas, grasa y de energía bruta hasta 22,8%, 3,71% 2,14%.	Khalid, Hussain, & Riaz (2022)
Universidad de An Giang-Vietnam	Bagre pangasius (*Pangasius hypophtalmus)*	1%	Cáscara de arroz	Mesclado con harina de pescado, trigo, maíz y harina de soja	90 días	La tasa de crecimiento aumenta a un 36% y reduce los niveles de amoniaco, nitrógeno (N), Nitrito (NO_2-), fosfato (PO_4^{3-}) del agua.	Lan, Preston, & Leng (2016)

N, Nitrógeno; NO_2-, Nitrito; PO_4^{3-} Fosfato

Tabla 5. Inclusión de biochar en dietas de porcinos

Lugar del estudio	Animal	inclusión de biochar en porcentaje (%)	Materia prima	Mezcla	Duración en días	Otro resultados y observaciones	Autores
Alemania	Cerdo de crecimiento	Inclusión de 0%; 1%; 2%	Maderas haya, alerce, abeto y roble	Alimentos granulados	91 días	Aumenta la ingesta de alimento, la eficiencia de alimento y el peso corporal.	Schubert, *et al*. (2021)
Alemania	Cerdos de engordes intactos	Inclusión de 2% a 4%	Cebada, trigo, tricacle, centeno, cebada de trigo, y harina de extracto de soja y entre otras	Alimento de control de dietas experimentales (CON) y alimento con biochar (BCF).	28 días	En base a las concentraciones de escatol y el indol en cerdos macho de engorde tuvo una disminución considerable.	(Schubert, *et al*. (2022)
Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Gyeongnam – Corea del sur	Cerdos Crecimiento	Inclusión de 0,3% a 0,6%	Bambú (*Phyllostachys pubescens*)	Dieta basal compuesta, maíz al 51,80%, 14,5 trigo, 11,12 harina de soya, granos secos (DDGS) 7%.	42 días	Reduce las concentraciones significativamente de lácteos deshidrogenasa, glicéridos y nitrógeno ureico en la sangre.	Chu, *et al*. (2013)
Universidad Nacional de Laos - Republica Democratica Popular Lao	Cerdas Moo Lath	Inclusión al 1%	Cáscara de Arroz	Sin suplemento, Subproducto de destilería de arroz al 4% y combinación de subproducto y el biochar	Se efectúa durante el embarazo y la lactancia	Se mantiene la ingesta alimenticia, las camadas aumentan un 39% y al nacer su peso aumenta al 33%. La conversión alimenticia global durante el embarazo y lactancia mejoro un 25%.	Sivilai & Preston (2019)

Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Gyeongnam – Corea del sur	Cerdos de engorde	Inclusión de 0,3% a 0,6%	Bambú (*Phyllostachys pubescens*)	Dieta basal compuesta, maíz al 51,80%, 14,5 trigo, 11,12 harina de soya, ganos secos (DDGS) 7%.	42 días	Aumentaron su peso de 110,0 ± 5 kg, mejora las concentraciones de ácidos grasos de la carne no saturados y disminuyo el ácido graso saturado.	Chu, Kim, Kang, & Song (2013)

CON, Alimento de control de dietas experimentales; BCF, alimentos con biochar; DDGS, granos secos de destilería con solubles; Escatol, compuesto del mal olor de la carne; indol, olor sexual; T, Tratamientos.

4. CONCLUCIONES

La República Democrática de Laos y Estados Unidos son los países que han desarrollado el mayor número de experimentos publicados para mejorar el rendimiento productivo y cuidar el medio ambiente.

El biochar de cáscara de arroz es considerado uno de los mejores aditivos para ser suministrado en la dieta de los rumiantes, al incluir 1% en la dieta se mejora la conversión alimentaria, el desarrollo corporal, aumento de peso, y la reducción de gases de efecto invernadero.

Los biochars procedentes de madera haya, residuos de granjas y bambú, son los mejores para añadirlos como aditivo en las dietas de animales monogástricos; en cerdos, incrementan la ingesta de alimentos, el peso de las camadas, el tamaño de las camadas y concentraciones de ácidos grasos; en aves, mejora la calidad de huevos y reduce las concentraciones de amoniaco; y en peces ayuda a mejorar la tasa de crecimiento e incrementa su peso corporal.

5. REFERENCIAS

Amin, F. R., Khalid, H., Zhang, H., Rahman, S. U., Zhang, R., Lui, G., & Chen, C. (2017). Pretreatment methods of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion. *AMB express, 7*(72), 1-12. doi:https://doi.org/10.1186/s13568-017-0375-4

Avoy, D., Burritt , B., & Villalb, J. (2020). Use of biochar in sheep: impacts on diet selection, digestibility and yield. *Journal of Animal Science, 98*(12), 1-9. doi:10.1093/suit/skaa380

Chu, G., Jung, C., Kim, H., Ha, J., Kim, J., Jung, M., . . . Song, Y. M. (2013). Effects of bamboo charcoal on growth performance, blood characteristics and noxious gas emission in fattening pigs. *Applied Animal Research Journal, 41*(1), 48-55. Obtenido de https://doi.org/10.1080/09712119.2012.738219

Chu, G., Kim, J., Kang, S., & Song, Y. (2013). Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth performance, immune responses, and fecal microflora population in fattening pigs. *Korean Society of Animal Resources Food Sciences, 33*(3), 348-355. doi:10.1111/j.1740-0929.2012.01045.x

Galindo, J., Elías, A., Muñoz, E., Marrero, Y., González, N., & Sosa, A. (2017). Activadores ruminales, aspectos generales y sus ventajas en la alimentación de animales rumiantes. *Cuban Journal of Agricultural Science, 51*(1), 11-23. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802017000100002&script=sci_arttext&tlng=en

Gerlach, A., & Schmidt, H. (2013). The use of biochar in cattle farming. *Ithaka Journal*, 281–285. doi:10.13140/RG.2.2.13255.44967

Gómez Cortéz, P., & De la Fuente, M. A. (2020). Origen metabólico y propiedades bioactivas de ácidos grasos ramificados e impares en leche de rumiantes. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11*(4), 1174-1191. doi:https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5171

Hansen, H., Storm, I., & Sell, A. (2012). Effect of biochar on the in vitro production of ruminal methane. *Acta Agriculture*, 35-36. Obtenido de https://doi.org/10.1080/09064702.2013.789548

Iñiguez Heredia, F. A., Espinoza Bustamante, X. E., & Galarza Molina, E. L. (2021). Uso de probióticos y ácidos orgánicos como estimulantes del desarrollo de aves de engorde: artículo de revisión. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria, 5*(14), 166-172. doi:https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.107

Islam, M., & Lee, S. (2019). Advanced estimation and mitigation strategies: a cumulative approach for ruminant enteric methane reduction. *Science Technology*, 122-137. doi:10.5187/jast.2019.61.3.122

Jindo, K., Mizumoto, H., Sawada, Y., Sanchez-Monedero, M. A., & Sonoki, T. (2014). Physical and chemical characterizations of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences Discussions, 11*(23), 6613-6621. doi:https:/ /doi.org/10.5194/bg-11-6613-2014, 2014

Ka Yan, M., Ka Lai, C., Yu Bon, M., Wing Yin, M., & Ming Hung, W. (2021). Use of biochar as feed supplements for animal farming. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 51*(2), 187-217. doi:https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1721980

Kalus, K., Konkol, D., Korczy, M., Koziel, J., & Opalin, S. (2020). Effect of biochar dietary supplementation on chicken broiler performance, NH3 and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animal Science, 10*(9), 2-11. doi:10.3390/ani10091539

Kalus, K., Konkol, D., Ski, M., Koziel, J., & Opalin, S. (2020). Biochar dietary supplements for laying hens: effect on yield, excreta content, NH3 and VOC emissions, egg traits and egg consumer acceptance. *Agriculture, 10*(6), 1-12. doi:10.3390/agriculture10060237

Kalus, K., Kosiel, J. A., & Opaliński, S. (2019). A Review of Biochar Properties and Their Utilization in Crop Agriculture and Livestock Production. *Applied Sciences, 9*(17), 16. doi:https://doi.org/10.3390/app9173494

Kammann, C., Draper, K., Hagemann, N., & Schmidt, H. (2019). The use of biochar in animal feed. *PeerJ, 7*(15), 3-5. doi:10.7717/peerj.7373

Khalid, M., Hussain, S., & Riaz, M. (2022). Biochar as a food supplement for nutrient digestibility and growth performance of Catla catla fingerlings. *Arabia Journal of Biological Sciences*(29), 2-10. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103453

Lan, T., Preston, T., & Leng, R. (2016). Feeding biochar or charcoal increased the growth rate of striped catfish (Pangasius hypophthalmus) and improved water quality. , 28(84), 2-6. *Livestock Research for Rural Development, 28*(84), 2-6. Recuperado el 6 de febreo del 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd28/5/lan28084.html

Le Thi, T. H., TR, P., Nguyen, X. B., & Dinh, V. D. (2019). Effect of biochar on growth and methane emissions of goats fed fresh cassava foliage. *Livestock Research for Rural Development, 31*(5), 63. Obtenido de http://lrrd.cipav.org.co/lrrd31/5/thuyhang31067.html

Leng, R. (2017). Biochar in ruminant nutrition and health", in Proceedings of the Australia and New Zealand Biochar conference. *Wagga Wagga NSW: AgriFutures Australia*, 12-13.

Leng, R., Preston, T., & Inthapanya, S. (2012). Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livestock Research for Rural Development,*

11(24), 2-5.

Leng, R., Inthapanya, S., & Preston, T. (2013). All biochars are not equal in lowering methane production in in vitro rumen incubations. *Livestock Research for Rural Development, 25*, 2-7. Recuperado el 7 de febrero de 2023 , de http://www.lrrd.org/lrrd25/6/leng25106.htm

Leng, R., Preston, T., & Inthapanya, S. (2012). Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livestock research for rural development*(199), 2-9. Recuperado el 6 de febrero de 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd24/11/leng24199.htm

Phanthavong, V., Sangkhom, I., Preston, T., Dung, D., & Ba, N. (2018). Effect of leaves from sweet or bitter cassava and brewers' grains on methane production in an in vitro rumen incubation of cassava root pulp-urea. *Livestock Research for Rural Development, 30*(167), 2-6. Recuperado el 8 de febrero de 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd30/9/phant30167.html

Phanthavong, V., Viengsakoun, N., Sangkhom, I., & Preston, T. (2015). Effect of biochar and leaves from sweet or bitter cassava on gas and methane production in an in vitro rumen incubation using cassava root pulp as source of energy. *Livestock Research for Rural Development, 27*(72), 2-5. Recuperado el 6 de febrero de 2023 , de http://www.lrrd.org/lrrd27/4/phan27072.html

Phongpanith, S., Inthapanya S, S., & Preston, T. (2013). Effect on feed intake, digestibility and N balance in goats of supplementing a basal diet of Muntingia foliage with biochar and water spinach (Ipomoea aquatica). *Livestock Research for Rural Development, 25*(35), 2-8. Recuperado el 8 de febrero de 2023 , de http://www.lrrd.org/lrrd25/2/seng25035.htm

Phuong, C., Preston, T., Van, N., & Dung, D. (2019). Effect of additives (brewer's grains and biochar) and cassava variety (sweet versus bitter) on nitrogen retention, thiocyanate excretion and methane production by Bach Thao goats. *Livestock Research for Rural Development, 31*(1), 2-7. Recuperado el 8 de febrero de 2023 , de http://www.lrrd.org/lrrd31/1/phuong31001.html

Ramírez Lozano, R. G. (2017). *Principios De Nutrición De Rumiantes.* Palibrio.

Reyes-Sánchez, N., Piad-Barreras, R., Gonzáles-Núñez, H. D., & Ríos, M. (2014). Rendimiento de la canal y morfometría del tracto gastrointestinal de broilers suplementados con pared celular de levadura. *La Calera, 14*(22), 33-37. doi:https://doi.org/10.5377/calera.v14i22.2654

Rodrigues, A., Margarida, R., Cabrita, A., Oliveira, H., Lapa, M., Pereira, J., & Fonesca, A. (2020). Potato peel evaluation and supplementation of agroforestry biochars in in vitro rumen. *PeerJ*, 2-6. doi:10.7717/peerj.948

Salazar-Acosta, E. (2018). Almidón resistente en la nutrición de animales monogástricos I: concepto, clasificación y fuentes. *Nutricioón Animal Tropical,*

12(2), 55-69. doi:https://doi.org/10.15517/nat.v12i2.35493

Saroeun, K., Preston, T., & Leng, R. (2018). By-product and molasses from rice distillers in urea blocks containing biochar to improve growth performance of local yellow cattle fed silage cassava roots, cassava foliage and rice straw. *Livestock Research for Rural Development*(162), 2-5. Obtenido de http://www.lrrd.org/lrrd30/9/saroe30162.html

Saunois, M., Jackson, R., Bousquet, P., Poulter, B., & Canadell, J. (2016). The growing role of methane in anthropogenic climate change. Around. *Division of Applied Life Sciences*, 11-12.

Schmidt, H., Hagemann, N., Draper, K., & Kammann, C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ, 7*, e7373. doi:https://doi.org/10.7717/peerj.7373

Schubert , D., Chuppava , B., Witte, F., Terjung, N., & Visscher, C. (2021). Effect of two different biochars as a component of compound feed on nutrient digestibility and performance parameters in growing pigs. *Frontiers in Animal Science*, 2-11. doi: 10.3389/fanim.2021.633958

Schubert, D., Chuppava, B., Witte, F., Terjung, N., & Terjung, C. (2022). Evaluation of coated biochar as intestinal binding agent for skatole and indole in intact male fattening pigs . *Journal Animals, 11*(760). Obtenido de https:// doi.org/10.3390/ani11030760 11 760

Sengsouly, P., & Preston, T. (2016). Effect of rice-wine distillers' byproduct, biochar and sweet or bitter cassava leaves on gas production in an in vitro incubation using ensiled cassava root as substrate. *Livestock Research for Rural Development, 28*(180), 2-6. Recuperado el 8 de febrero de 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd28/10/seng28190.html

Silivong, P., & Preston, T. (2015). Growth performance of goats was improved when a basal diet of foliage of Bauhinia acuminata was supplemented with water spinach and biochar. *Livestock Research for Rural Development, 27*(58), 1-5. Recuperado el 8 de febrero de 2023 , de http://www.lrrd.org/lrrd27/3/sili27058.html

Sivilai, B., & Preston, T. R. (2019). Rice distillers' byproduct and biochar as additives to a forage-based diet for native Moo Lath sows during pregnancy and lactation. *Livestock Research for Rural Development, 31*(151), 1-6. Recuperado el 8 de febrero de 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd31/10/sivil31151.html

Sperber, L., Troyer, B., Erickson, G., & Watson, A. (2022). Evaluation of the effects of biochar from pine on cattle performance and methane and carbon dioxide production from farmed and finished steers. *Animal Science, 6*(4), 2-5. Obtenido de https://doi.org/10.1093/tas/txac152

Stephanie, A., Redman, P., Gabriel, O., Ribeiro, A., Chaves, K., & Tim, A. (2020). Effect of an improved pine biochar on growth performance, carcass quality and feeding behavior of steers for fattening. *Journal of Animal Science*, 3-14.

doi:10.1093/tas/txaa011

Teoh, R., Caro, E., Holman, D., Joseph, S., Meale, S., & Chaves, A. (2019). Effects of hardwood biochar on methane production, fermentation characteristics, and rumen microbiota using rumen simulation. *Frontiers in Microbiology*, 2-7. doi:10.3389/fmicb.2019.01534

Terry, S., Ribeiro, G., Gruninger, R., Chaves, A., Beauchemin, K., Okine, E., & Allister, T. (2019). A pine-enhanced biochar does not decrease enteric CH4 emissions, but alters the rumen microbiota. *Fontiers in Veterinary Science*, 2-7. doi:10.3389/fvets.2019.00308

Thies, J., & Rillig, M. (2009). Biochar Characteristics: Biological Properties, in Biochar for Environmental Management. *Science and technology*, 85-105. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/284041311_Characteristics_of_biochar_biological_properties

Thuy, L., Preston, T., Ba, N., & Dung, D. (2018). Effect of biochar on growth and methane emissions of goats fed fresh cassava foliage. *Livestock Research for Rural Development, 27*(67), 2-7. Recuperado el 8 de febrero de 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd31/5/thuyhang31067.html

Thuy, L., Preston, T., Leng, R., & Ba, N. (2018). Effect of biochar and water spinach on feed intake, digestibility and N-retention in goats fed urea-treated cassava stems. *Livestock Research for Rural Development, 30*(93), 2-6. Recuperado el 8 de febrero de 2023, de http://www.lrrd.org/lrrd30/5/thuyh30093.html

USDA. (2013). Global Mitigation of Non-CO2 Greenhouse Gases: 2010-2030. *United States Agricultural Protection Agency*, 7-8.

Willson, N., Thi, T., Bhattara, S., Courtice, J., McIntyre, J., Prasai, T., . . . Dragana, S. (2019). Biochar feed supplementation can reduce poultry pathogens, including Campylobacter hepaticus, the causative agent of irregular liver disease. *PLoS ONE, 14*(4). Obtenido de https://doi. org/10.1371/journal.pone.0214471

6. ANEXOS

6.1 Marco teórico

6.1.1 Biochar

El biochar es el resultado de la pirolisis de materia orgánica, la biomasa es tratada térmicamente con una concentración muy baja en oxígeno, donde los compuestos químicos se vuelven más simples, formando productos gaseosos y también residuos sólidos de carbono llamados carbón (Kalus, Kosiel, & Opaliński, 2019). El biocarbón es utilizado sobretodo en los suelos como enmieda y recientemente se informó que promueve el crecimiento y reduce las emisiones de metano entérico del ganado con el 1% de la materia seca en la dieta (Le Thi, TR, Nguyen, & Dinh, 2019)

6.1.2 Materias primas utilizadas para realizar biochar

Según (Ka Yan, Ka Lai, Yu Bon, Wing Yin, & Ming Hung, 2021) para el tratamiento del suelo y la eliminación de contaminates se han usado materiales de origen vegetal y animal, tales como:

- Residuos forestales (aserrín, virutas, cortezas, aquitran de pino)
- Residuos agrícolas (restos de cultivos, paja de trigo, madera y rastrojo)
- Estiércol
- Alimentos de cultivos no energéticos
- Desechos de construcción
- Residuos de digestores de metano
- Pastos

(Ka Yan *et al*., 2021) mencianan que, a partir del 2010, el biocarbón se ha utilizado cada vez más como aditivo para piensos en el sector pecuario, suele estar hecho de biomasa, como:

- Cáscaras de arroz
- Residuos de madera verde
- Astillas de pino
- Madera de jarrah

6.1.3 Producción de biochar como suplemento alimenticio

La biomasa utilizada para la producción del biocarbón debe someterse a pirolisis con o sin activación, el biochar se calienta a temperaturas entre 200°C y más de 1000°C en un ambiente libre de oxígeno, y los productos finales tienen propiedades y funciones diferentes. La temperatura, tasa de crecimiento, y el tiempo de residencia son las principales variables que determinan la funcionalidad de los productos de biochar para suplementos dietéticos (Ka Yan *et all*., 2021)

6.1.4 Propiedades del biochar

Las propiedades estructurales del biocarbón están influenciadas en gran medida por la composición de la materia primas (p. ej., contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina), así como por las condiciones del proceso (p. ej., activación y secado de la materia prima) (Amin *et al*., 2017). (Jindo, Mizumoto, Sawada, Sanchez-Monedero, & Sonoki, 2014) mencionan, que las condiciones de calentamiento como la temperatura, el tiempo de reacción y el tipo de reactor también intervienen de manera favorable en las propiedades del producto final. Las propiedades físicas y químicas del biocarbón, particularmente la porosidad, el área superficial y la composición de nutrientes, son fundamentales para su aplicación práctica.

6.1.5 Efectos del biochar en los animales

(Schmidt, Hagemann, Draper, & Kammann, 2019) menciona, que, aunque los resultados de los ensayos de alimentación a veces no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con biocarbón y de control, regularmente se observaron uno o más de los siguientes efectos cuando se alimentó a los animales con bichar como aditivo alimentario:

- Aumento de la ingesta de pienso
- Aumento de peso
- Mayor eficiencia de alimentación
- Mayor producción y calidad de huevos en aves de corral
- Fortalecimiento del sistema inmunológico
- Mejora de la calidad de la carne
- Mejora de la higiene del establo y contaminación por olores
- Reducción de enfermedades de garras y pies
- Reducción de costes veterinarios

6.1.6 Alimentación de animales rumiantes y monogástricos

(Ramírez Lozano, 2017) menciona, que los animales rumiantes pueden alimentarse con follajes, es así que pueden digerir carbohidratos, por lo consecuente la fisiología digestiva de estos animales es muy específica. Es por ello que los alimentos que se utilizan principalmente en la fermentación son realizados por diferentes tipos de microorganismos que estos animales mantienen en su tracto gastrointestinal (GA). Para ello debe existir un ambiente ruminal para establecer una ecología trófica suficiente. Es así que se produce un proceso simbiótico entre organismos y los rumiantes, los macroorganismos realizar la fermentación en el rumen y en su entorno fisicoquímico circundante en las dos primeras partes de AG y los principales productos de la fermentación ruminal corresponde a los ácidos grasos volátiles (AGV).

Según (Salazar-Acosta, 2018) la alimentación de los animales monogástricos generalmente se basa en el uso de granos, mediante una dieta balanceada o concentrada que se define como un grupo de alimentos con una alta concentración de energía y proteína por unidad de MS. Los cereales son las principales materias primas, se caracterizan por su contenido nutricional, como energía metabolizable, proteína, fibra bruta, entre otras.

6.1.6.1 Tracto gastrointestinal de los rumiantes (bovinos)

(Gómez Cortéz & De la Fuente, 2020) mencionan que los rumiantes adultos, el estómago puede llegar hasta un 75%, la cavidad abdominal y su contenido el 30% del peso corporal. Se divide en cuatro cavidades: retículo, rumen, omaso y abomaso. Las tres primeras, están cubiertos de epitelio y carecen de glándulas, mientras que la última es granular.

(Galindo *et al.*, 2017) mencionan que:

- El retículo tiene pliegues reticulares mucosos ubicados en el cráneo y en contacto con el diafragma el cual mantiene conexión con el rumen mediante los pliegues, convirtiéndose así en una unidad funcional.
- El rumen considerado como el compartimiento mas voluminoso, permanece en contacto con la pared abdominal.
- El omaso esta en la derecha de la red y se comunica por medio del esfínter retículo-omasal, mientras con el abomaso por el retículo omaso-obomasal
- El abomaso se ubica ventralmente en la cavidad abdominal a la derecha

6.1.6.2 Tracto gastrointestinal de los monogástricos (aves)

(Iñiguez Heredia, Espinoza Bustamante, & Galarza Molina, 2021) menciona que en animales monogástricos como las aves la estructura de los órganos tubulares consta de cuatro capas concéntricas con diferentes características histológicas y funcionales, denominadas mucosa, submucosa, musculo y serosa. De adelantes hacia atrás, existen estructuras tubulares que componen el sistema digestivo del ave: cavidad bucal, esófago, buche, y proventrículo, molleja, intestino delgado (duodeno, yeyuno, íleon) e intestino grueso las cuales también están conectadas a dos glándulas accesorias, el hígado y páncreas.

Las vellosidades intestinales, estructuras absorbentes de nutrientes en la pared del intestino delgado, actúan como protuberancias laterales de la capa celular y pueden tener un tamaño de hasta 1 mm. El intestino inferior también contiene las criptas de Lieberkühn, que son recesos glandulares responsables de la secreción de enzimas involucradas en el proceso digestivos en el intestino (Iñiguez *et al.*, 2021)

Según (Reyes-Sánchez, Piad-Barreras, Gonzáles-Núñez, & Ríos, 2014) en el tracto gastrointestinal de aves, las estructuras anatómicas en las que se ha identificado una gran cantidad de celulas inmunitarias incluyen el sistema inmunitario de la mucosa: diverticulo de Meckel, placas de Peyer, amigdalas cecales, tejido linfoide asociados al instestino y agregados linfoides instestinales.