UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de Camote (*Ipomoea batatas* L.) suplementados con biochar de cascarilla de arroz"

AUTOR(ES):

Victor Enrique Grefa Tapuy

Angelo Jonathan Sisa Alvarado

DOCENTE - TUTOR:

M.Sc Willan Orlando Caicedo Quinche

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

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

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Si cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Si cumple
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Si cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	14.0 / 15	Solo quitaron lo recomendado, pero no ampliaron ni mejoraron

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Si cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9.0 / 10	Se recomendó realizar una sintaxis gramatical y no se lo ha realizado
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Si cumple
VALORACIÓN TOTAL	98	NOVENTA Y OCHO

DICTAMEN

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

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	98

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JUAN CARLOS MOYANO TAPIA

JUAN CARLOS MOYANO TAPIA (PAR CIEGO)

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

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

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

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Es apropiado
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Es adecuado
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Cumple con la descripción inicial del argumento
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.	10.0 / 15	Esta escueto para la calidad del trabajo presentado
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple con los argumentos para el desarrollo de la metodología

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	El trabajo está bien estructurado
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Son apropiadas
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Se han solventado las sugerencias
VALORACIÓN TOTAL	95	NOVENTA Y CINCO

DICTAMEN

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

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	95

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SANDRA LUISA

SANDRA LUISA SORIA RE (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 09 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Firmado electrónicamente por:
WILLAN ORLANDO
CAICEDO QUINCHE

Document Information

Analyzed document	revisonantiplagioGrefaVictor&SisaJonathan.docx (D172882321)
Submitted	2023-08-17 03:11:00
Submitted by	
Submitter email	ve.grefat@uea.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Casco, Villamarin antiplagio.docx**
Document Casco, Villamarin antiplagio.docx (D172878386)
Submitted by: agp2017172@uea.edu.ec
Receiver: wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

1

"Digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote (*Ipomoea batatas* L.) suplementados con biochar de cascarilla de arroz"

"Apparent digestibility in growing pigs fed with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) root silage supplemented with rice husk biochar"

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera Agropecuaria (1)

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote (*Ipomoea batatas* L.) suplementados con biochar de cascarilla de arroz. Para el estudio de digestibilidad de materia seca (MS), proteína bruta (PB), energía bruta (EB), extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN), fibra bruta (FB), fósforo (P), hierro (Fe), potasio (K), zinc (Zn), calcio (Ca) y sodio (Na). Sé utilizó 3 cerdos machos castrados del cruce comercial Blanco Belga x Duroc x Pietrain, en la etapa de crecimiento, con una edad de 70 días y 28 ± 1 kg de peso vivo promedio. Los animales se distribuyeron en tres tratamientos: T0 (dieta basal con ensilaje de camote), T1 (dieta basal con ensilaje de camote + adición de 0,03% de biochar de cascarilla de arroz) y T2 (dieta basal con ensilaje de camote + adición de 0,06% de inclusión de biochar de cascarilla de arroz), según un diseño cuadrado latino 3 x 3. Los datos se procesaron por ANOVA y la comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan ($p<0,05$). Los mejores ($p<0,05$) aprovechamientos de MS (97,17%), PB (95,11%), EB (97,31%), EE (96,34%), FB (89,83%), ELN (98,3%), P (91,55%), Zn (96,2%), Fe (96,49%), K (97,56%), Ca (90,26%) y Na (88,14%) se obtuvieron en T1 con la inclusión de 0,03% de cascarilla de arroz. Los coeficientes de digestibilidad de la MS, PB, EB, EE, Fibra, ELN, P, Zn, Fe, K, Ca y Na de la dieta basada en ensilaje de camote se mejoró con la suplementación dietética de 0,03% de biochar de cascarilla de arroz, garantizando un alimento energético con propiedades de prebiótico y probiótico para mejorar la salud intestinal y el consecuente aprovechamiento de la dieta.

***Palabras Clave**:* Biochar, aditivo natural, ensilaje, digestión, probióticos y prebióticos.

Abstract

The present study aimed to determine the apparent digestibility of nutrients in growing pigs fed sweet potato (Ipomoea batatas L.) root silage supplemented with rice husk biochar. For the study of digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP), crude energy (CE), ethereal extract (EE), nitrogen-free extracts (NFE), crude fiber (CF), phosphorus (P), iron (Fe), potassium (K), zinc (Zn), calcium (Ca) and sodium (Na). Three castrated male pigs of the commercial cross between Belgian White x Duroc x Pietrain were used, in the growth stage, with an age of 70 days and 28 ± 1 kg of average live weight. The animals were distributed in three treatments: T0 (basal diet with sweet potato silage), T1 (basal diet with

sweet potato silage + addition of 0.03% rice husk biochar) and T2 (basal diet with sweet potato silage + addition of 0.06% inclusion of rice husk biochar), according to a 3 x 3 Latin square design. The data were processed by ANOVA and the comparison of means was performed with Duncan's test ($p<0.05$). The best ($p<0.05$) uses of DM (97.17%), CP (95,11%), CE (97,31%), EE (96,34%), CF (89,83%), NFE (98,3%), P (91,55%), Zn (96,2%), Fe (96,49%), K (97,56%), Ca (90,26%) and Na (88,14%) were obtained in T1 with the inclusion of 0,03% rice husk. The digestibility coefficients of the DM, CP, EB, EE, Fiber, ELN, P, Zn, Fe, K, Ca and Na of the diet based on sweetpotato silage was improved with the dietary supplementation of 0.03% biochar of rice husk, guaranteeing an energetic food with prebiotic and probiotic properties to improve intestinal health and the consequent use of the diet.

***Keywords**:* Biochar, silage, natural additive, digestion, probiotics and prebiotics.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador posee una ubicación geográfica privilegiada con varias regiones y muchos microclimas, mismos que permiten realizar la actividad agropecuaria en todo el territorio (Viteri & Tapia, 2018). En este sentido, en la provincia de Pastaza se cultivan y producen varios recursos agrícolas en las chakras (Alemán *et* al, 2015), generando una gran cantidad de alimentos alternativos que se pueden utilizar en la alimentación porcina, entre estos alimentos alternativos, el camote (*Ipomoea batatas* L.) es una raíz tuberosa comestible, como alimento constituye una excelente fuente rica en carbohidratos a un menor costo en comparación con los cereales de uso convencional (Caicedo *et al*., 2018).

El desarrollo de los cerdos depende de las materias primas con las que se fabrica el alimento, por lo que, es necesario realizar un análisis previo para conocer el valor nutritivo que contiene cada una de estas, y a través de una buena gestión del manejo nutricional, aportar con los nutrimentos específicos con la mayor precisión para lograr un aprovechamiento de nutrientes adecuado, en consecuencia, lograr un buen desempeño productivo y reproductivo en los animales. En este sentido, para valorar el potencial del aprovechamiento de las dietas, se puede emplear la técnica "digestibilidad aparente de nutrientes", esta consiste en un proceso sencillo en la cual se parte de una cantidad de alimento proporcional al peso, mismo que contiene los nutrientes requeridos para la categoría de los animales. La digestibilidad aparente, es la relación que existe entre la cantidad de nutrientes consumidos vs los nutrientes que son determinados en las heces, esto ayuda a tomar decisiones sobre el potencial nutricional para poder aplicarla de forma masiva en la producción porcina (Caicedo & Flores, 2020).

En los sistemas de producción animal se está incentivado a utilizar aditivos procedentes de materias vegetales como el biocarbón para mejorar la salud del animal, reduce significativamente la proliferación de micotoxinas y agentes patógenos, este aditivo permite absorber gases y a través de esta unión realiza una desintoxicación y genera biopelículas de hábitat para la proliferación de la microbiota benéfica, ayudando a obtener un mayor beneficio en la eficiencia alimentaria y la disminución de gases de efecto invernadero (GEI) animal (Calvelo *et al,* 2014; Schmidt *et al,* 2019). El biocarbón vegetal se produce a partir de una pirolisis de alta temperatura (>500°C) obteniendo como resultado una biomasa rica en fibra (Rodríguez *et* al, 2009).

Por otra parte, uno de los principales factores en la producción de cerdos es el alto costo que tienen las materias primas convencionales, indispensable para la elaboración del alimento balanceado, esto se debe a que los granos suben de precio constantemente, en este entorno, los productores de cerdos buscan nuevas alternativas en cuanto a la alimentación para tratar de reducir los costos que conlleva su producción (Bernal *et* al, 2019).

Partiendo de este entorno, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote (*Ipomoea batatas* L.) suplementados con biochar de cascarilla de arroz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN

La investigación de campo se realizó en la Granja Agropecuaria Caicedo ubicada en la parroquia Tarqui, km 2 ½ vía a Madre Tierra, cantón y provincia Pastaza, con una altitud de 931 m.s.n.m., latitud de -1.5726213 y longitud de -77.93, con una temperatura promedio de 18 y 28 °C, en un clima subtropical semicálido o húmedo con una humedad relativa promedio de 87%, con precipitaciones anuales de 4000 – 4500 mm. Por otra parte, la determinación de nutrientes en las dietas y las excretas se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), localizado en el km 2 ½ vía a Tena, cantón y provincia de Pastaza con una altitud de 940 m.n.s.m., latitud de 00° 59´ -1" y longitud de 77º 49´0" W.

2.2. MANEJO DE ANIMALES, INSTALACIONES Y DIETAS

2.2.1. Manejo de los animales

Se utilizó 3 cerdos machos castrados del cruce comercial Blanco Belga x Duroc x Pietrain, en la etapa de crecimiento, con una edad de 70 días y 28 ± 1 kg de peso vivo promedio. Los animales se distribuyeron de forma aleatoria en 3 jaulas de metabolismo para controlar el alimento y facilitar la recolección de excretas.

2.2.2. Manejo de la instalación

Los animales se dispusieron en un cubículo de 12,25 m^2 de área, construido con piso de concreto, paredes de bloque de 1,5 metros de altura. En esta área, se ubicó 3 jaulas metabólicas de 0,72 m^2 de área cada uno, piso de slat plástico, y paredes con malla metálica y una puerta para facilitar la entrada o salida de los cerdos. Las jaulas estaban provistas de un comedero tipo tolva de plástico y un bebedero de chupón.

2.2.3. Manejo del alimento

Elaboración del biochar de cascarilla de arroz

Para elaborar el biochar, se puso cascarilla de arroz sobre un contenedor de metal, se encendió la fogata y se dejó llegar hasta los 500 ℃ de temperatura, se esperó hasta que la muestra empiece a producir humo, y se removió hasta conseguir que la materia prima se carbonice, este proceso tardó alrededor de 2 horas (Thuy Hang *et al.*, 2018). Una vez terminado el proceso de tratamiento térmico, se dejó reposar la muestra por 30 minutos, se

procedió a moler la muestra en un molino, se guardó en fundas ziploc y registró el peso.

Elaboración del ensilado de raíz de camote

Para la elaboración del ensilado, se recolectó tubérculos de camote de la variedad morada, inmediatamente después de la cosecha se lavaron con agua potable, escurrieron por 30 minutos, y se picaron en rodajas de 2 cm. Seguidamente, las materias primas se dispusieron en un tanque de plástico con capacidad para 50 kg de la siguiente manera: 40% de camote, 38% de agua y 2% de yogur natural como fuente de inóculo, se procedió a mezclar de forma homogénea por un lapso de 10 minutos, se tapó, y se trasladó a una instalación con techo a temperatura ambiente, y se dejó fermentar por 7 días antes de suministrar a los cerdos.

Manejo del alimento

Se realizó el pesaje del alimento antes de ofertar a los cerdos y se proporcionó el biocarbón en dependencia del tratamiento, para homogenizar el ensilado con el balanceado se lo realizó de forma manual y se suministró a los cerdos todas las mañanas a las 7:30 am, la alimentación se lo realiza una vez por día. Cuando el alimento se encuentra listo para suministrar, se realiza una limpieza de las sobras del alimento del comedero, y seguidamente, colocar el alimento en los comederos plásticos de la jaula, adicional, para un mejor confort de los cerdos se colocó un bebedero tipo chupón al lado derecho cerca del comedero, con agua continua para reducir el estrés del animal, de acuerdo, a la literatura sobre la suministración de la dieta el cerdo necesita 5 días para adaptarse a la dieta del biocarbón, y se lo realizó por dicho lapso de tiempo.
El alimento desperdiciado o las sobras se lo pesaban, para determinar el porcentaje de consumo de alimento del animal. Luego de la alimentación rutinaria se realizaba una observación del animal, para comprobar si ha contraído alguna enfermedad y tratarla.

Recolección y secado de excretas

Al trascurrir los cinco días de adaptación a las dietas, se recolectó las heces por dos días seguidos (6 y 7), antes de cambiar a la siguiente dieta, para el efecto se colocó una malla en la base y exteriores de toda la jaula para facilitar la recolección de excretas. Las excretas se recolectaron, pesaron y almacenaron cada día.
Para el secado se utilizó una plancha de aluminio en la cual se colocó las excretas de los diferentes tratamientos, se expusieron al sol por 3 horas, hasta conseguir un buen secado de las excretas, se molieron y pusieron en reposo a temperatura ambiente por 1 hora, en lo posterior, se colocaron en fundas ziploc, se registraron los pesos y se trasladaron al Laboratorio de Bromatología de la UEA.

Determinación de nutrientes en muestras de alimento y excretas

Determinación de humedad

Se pesó una caja Petri inferior y anotar el peso de este, sobre el mismo peso adicionar 2 g de muestra y anotar el peso. Retirar de la caja de la balanza y tapar con la caja superior. Posteriormente, poner la caja Petri completa en la estufa por 3 horas a 105 °C, luego, al retirar de la estufa, se debe colocar primero la tapa superior de la caja Petri y llevarlo a un desecador por 30 minutos hasta que enfrié (AOCS, 2009). Por último, tomar la caja inferior, pesar y registrar el peso. Para calcular el porcentaje de humedad se utiliza la siguiente formula:

$$\%\mathbf{H} = \frac{\mathbf{M1-M2^2}}{\mathbf{M1-M}}\mathbf{*100}$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad

$M2^2$: Peso de la caja Petri inferior más la muestra seca (peso constante) en g.

M1: Peso de la caja Petri inferior vacía más la muestra en g.

M: Peso de la Petri inferior vacía en g.

Determinación de Proteína

Se pesó 1 g de muestra en papel graso y envolvió con el mismo papel y colocó en el tubo de digestión, luego agregó 20 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado y 3 perlas de ebullición más una pastilla Kendalh y digestión por 2 horas. Luego de la digestión se agregó en un matraz 65 mL de agua destilada, se puso 3 gotas del indicador de Tashiro, seguidamente se realizó la destilación por 10 minutos, y seguidamente se efectuó la titulación con H_2SO_4 (AOCS, 2009).

Determinación de cenizas

Se registró el peso del crisol vacío y en el mismo crisol pesar 2 g de muestra. Luego carbonizar en una hornilla hasta que ya no emita humo (hasta que la muestra se ponga blanca). Posteriormente, colocar los crisoles en la Mufla a 550 C° por 2 horas, dejar enfriar en el mismo equipo o en un desecador de 1 a 2 horas, y finalmente pesar en balanza analítica y registrar el valor (AOCS, 2009).

Determinación de grasa

Se pesó los sobres vacíos y registrar los valores en una libreta de apuntes, en el mismo sobre pesar 1 g de la muestra, sellar los sobres y colocar en el envase de la máquina. Colocar el envase en el recipiente de la máquina, seguidamente encender la máquina y programar durante 2 horas. Trascurrido el tiempo establecido retirar las muestras y colocar en la estufa durante 30 minutos a 105°C, luego, retirar de la estufa y colocar en el desecador hasta que se enfrié. Por último, pesar los sobres con las muestras secas y anotar (AOCS, 2009). Para

calcular el porcentaje de grasa se utiliza la siguiente formula:

$$\%\mathbf{G} = \frac{\mathbf{M1-M2^2}}{\mathbf{M1-M}}\mathbf{*100}$$

Donde:

- %G: Porcentaje de grasa
- $M2^2$: Peso del sobre más la muestra seca (peso constante) en g.
- M1: Peso del sobre vacío más la muestra en gr.
- M: Peso del sobre vacío en g.

Determinación de fibra

Se marcó las bolsas (TNT gramaje 100) con pluma de tejido marca Sharpie (Permanent Maker Fine Point) de color negro, luego pesar las muestras y anotar sus masas. Colocar 1 g de muestra dentro de la bolsa para dejarla uniforme y anotar la masa. Para realizar la hidratación de las muestras debemos colocar las muestras dentro de un beaker con agua, para no formar "grumos", homogenizados con las manos por aproximadamente 15 minutos sin preocuparse por color del agua que sale de la bolsa, seguidamente, colocar las bolsas en el soporte e introducir el conjunto en el equipo, posterior a esto, colocar 3 L de solución ácida 1,25% (para FC) (AOCS, 2009).

Iniciar la agitación y encender el calentamiento y ajustar la temperatura para 90°C, con esta temperatura se trabajará mediante todo el proceso. Al alcanzar dicha temperatura, se debe controlar mediante 30 minutos, luego, terminada la extracción, apagar el calentamiento y la agitación y descartar la solución. Hacer al menos 4 lavados con agua destilada, y si es posible, calentar minutos antes para acelerar el proceso (utilizar el aparato de ebullición) y colocar 3L de agua previamente calentada en el equipo, calentar hasta 90°C (no necesita aguardar por la estabilización, apenas que llegue a 90°C), marcar 5 minutos, escurrir y repetir el lavado por 3 veces más (siempre con el mismo volumen de agua). Se utilizó la siguiente formula.

$$\boldsymbol{Fibra\ cruda}\ (\%) = \frac{(\boldsymbol{C-A})-\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{B}} * \mathbf{100}$$

A: masa de la bolsa vacía (g)
B: masa de la muestra (g)
C: masa del conjunto crisol-bolsa-extracto (g)
D: masa de conjunto crisol- ceniza (g)

Determinación de minerales

Fósforo

Se pesó en los pocillos 0,5 g de muestra y agregar un 1 mL de peróxido de hidrogeno y 7 mL de ácido nítrico concentrado, luego llevar a un matraz de 100 mL y aforar con agua desionizada. Por otro lado, tomar una alícuota de 2 mL y colocarlo en un matraz aforado de 100 mL y añadir 20 mL de molibdoyanato de amonio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}$), por último, llevar a volumen con agua desionizada, tapar y agitar. Guardar en un lugar oscuro por 30 minutos

para evitar cambios en su concentración. Para la preparación del blanco, necesitamos un matraz de 100 mL y agregar 30 mL de agua desionizada, posterior a esto, agregar 20 mL de $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ y aforar con agua desionizada, tapar, agitar y cubrir de la luz por 30 minutos (AOCS, 2009).

Zinc

La muestra digerida se coloca en un matraz de 25 mL y se afora con ácido nítrico 1 Molar, se debe preparar la estándar madre de 50 mg/L. para la preparación del blanco se utiliza ácido nítrico 1M. Para determinar la curva de calibración en 10 mL a diferentes concentraciones, por último, se debe colocar los volúmenes en los matraces de 10 mL y se afora con ácido nítrico 1M (AOCS, 2009).

Potasio

Tomar 0,25 mL de la muestra digerida (colocar en el matraz de 25 mL y aforar con ácido nítrico 1M), y colocar en el matraz de 25 mL. Agregar 9 mL de óxido de lantano (La_2O_3) y aforar con ácido nítrico 1M. La lectura se lo realiza de forma directa. Se debe preparar el estándar de 100 mg/L. A cada volumen se debe agregar 18 mL de La_2O_3 por cada 50 mL en volumen y en un matraz de 25 mL, añadir 9 mL de La_2O_3 y aforar con ácido nítrico 1M (AOCS, 2009).

Hierro

La muestra digerida se trasvasa a un matraz de 25 mL y se afora con ácido nítrico 1M y la lectura se hace de forma directa y preparar la estándar madre de 50 mg/L. Se debe preparar el blanco con Ácido nítrico 1M. Para la curva de calibración en 10 mL a diferentes concentraciones. Los volúmenes del estándar madre se colocan en el matraz de 10 mL y se afora con ácido nítrico 1M (AOCS, 2009).

Calcio

La muestra digerida se trasvasa a un matraz de 25 mL y se afora con ácido nítrico 1M y la lectura se hace de forma directa. Preparamos la estándar madre de 50 mg/L, también preparar el blanco con ácido nítrico 1M. La curva de calibración en 10 mL y los volúmenes del estándar madre se colocan en el matraz de 10 mL y se afora con ácido nítrico 1M (AOCS, 2009).

Sodio

Tomar 1 mL de muestra digerida en un matraz de 25 mL y aforar con ácido nítrico 1M, y se debe preparar la estándar madre de 50 ppm. Agregamos 5 mL de cloruro de cesio (CsCl) por cada 100 mL de volumen al 10% (AOCS, 2009).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

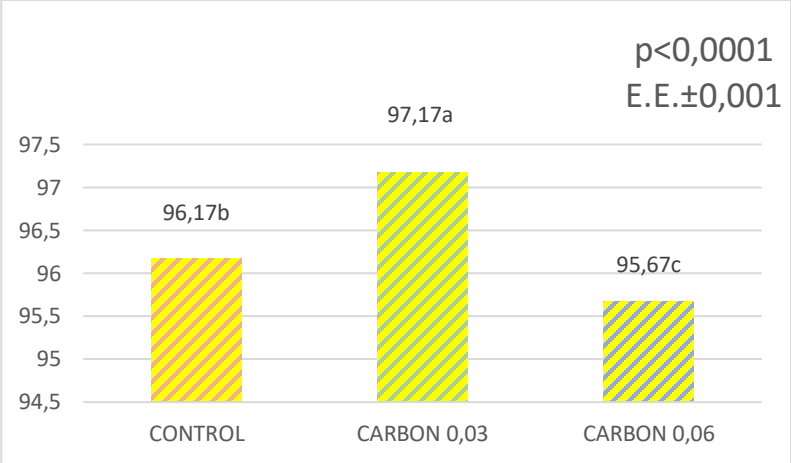
El experimento se condujo de acuerdo con un Diseño Cuadrado Latino (DCL) 3 x 3, para determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, EB, PB, FB, EE, ELN, P, Fe, K, Zn, Na y Ca. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico Infostat 2020, se hizo análisis de varianza, y se empleó la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 5% para contrastar las medias.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de la MS en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de materia seca ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón, respectivamente.

Los altos valores de digestibilidad de la MS encontrados en este estudio se relacionan con otros investigadores. (Caicedo *et al*, 2017a) obtuvieron un alto aprovechamiento de MS (91,2%) con FEL de taro, con FES de chontaduro Caicedo *et* al (2019a) lograron (91,65%) y Caicedo *et al.* (2019b) con túberculos de taro procesados FES (91,37%), esto se atribuye a la óptima disponibilidad de nutrientes que tienen estos alimentos procesados por fermentación, mismos que favorecen la producción de sustancias antimicrobianas en el tracto gastrointestinal por bacterias acido lácticas (BAL), mismas que aumentando la asimilación de nutrientes y producción de enzimas. Además, Schmidt *et al.* (2019) mencionan que el biocarbón funciona como prebiotico para el establecimiento de microorganismos benéficos, y a su vez tiene la capacidad de absorción exoenzimas de bacterias patógenas, sin embargo, los mismos autores señalan que un nivel alto de biocarbón influye de forma negativa sobre la microbiota benéfica nativa, en la producción de enzimas del páncreas, hígado y vesícula biliar, por eso, es necesario establecer el mejor nivel de suplementación para suministrar a los animales.

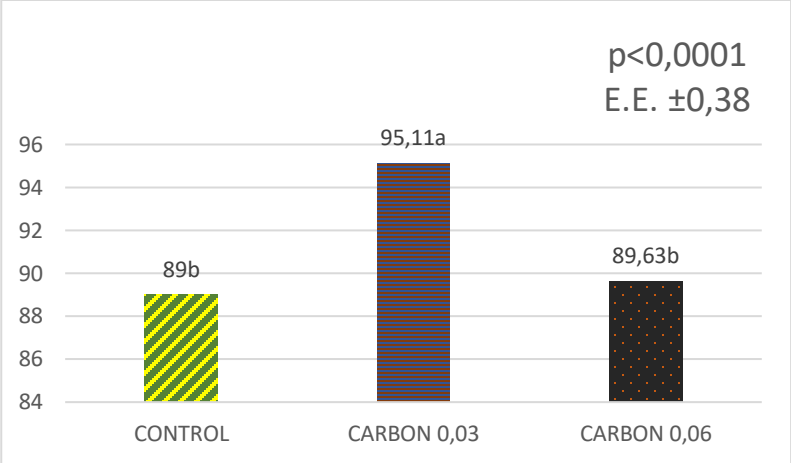
Figura 1. Digestibilidad aparente de la materia seca en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementado con biochar de cascarilla de arroz. ^{abc}Letras distintas presentan diferencias significativas para $p<0,05$.



En la figura 2 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de la PB en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de proteína bruta ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas 0,06% y control, respectivamente.

Los altos valores de digestibilidad de la PB encontrados en este estudio se relacionan con otros investigadores. Por ejemplo, con fruto de chontaduro en FES (Caicedo *et al.*, 2019a) obtuvieron un aprovechamiento de 93,23%, con tubérculos de taro en FES (Caicedo *et* al, 2019b) lograron 87,81%, esto se atribuye a la proteina unicelular (PUC) que se desarrolla en este medio. Quisirumbay *et al.* (2018) mencionan que existe una relación de polisacáridos no amiláceos (PNA) y la proteína cruda manteniendo un equilibrio a nivel de microbiota intestinal, el biocarbón es muy efectivo para la producción de proteína unicelular (Ahmed *et* al, 2022), ayudan la retención de N, aumento de la sintesis, absorción de aminoacidos y mejora la fermentación, y elimina los efectos de fitotoxinas o las micotoxinas (Thuy Hang *et al*., 2018).

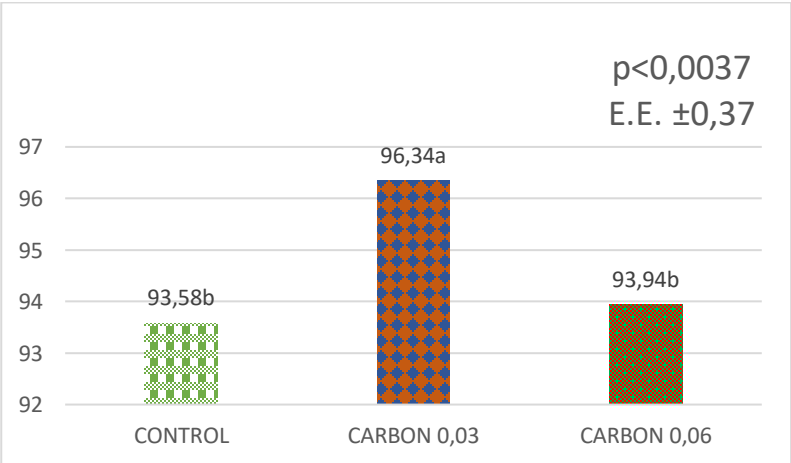
Figura 2. Digestibilidad aparente de la proteína bruta en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. ^{ab}Letras distintas presentan diferencias significativas para $p<0,05$.



En la figura 3 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de EE en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de grasa ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% (96,34%) de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control (93,58%) y 0,06% (93,94%) de inclusión de biocarbón.

Los altos valores de digestibilidad de grasa encontrados en este estudio se relacionan con otros investigadores. Caicedo *et al.* (2019) incluyeron 20% harina de banano orito, que contienen altos porcentajes de almidón no digerible favoreciendo la producción de microorganismos benéficos los cuales actúan como prebióticos, contribuyendo al animal a un mejor aprovechamiento de los nutrientes mediante la producción de enzimas. Así también, Viamonte *et al*. (2020) evaluaron la harina de semillas de sacha inchi con inclusión del 15% y obtuvieron 92,11%, Además, Parvathy *et al*. (2023) comprobaron los beneficios del uso del biocarbón como aditivo es la digestión de las grasas, y produjo disminución de hormonas del estrés y el aumento considerable en la absorción de nutrientes.

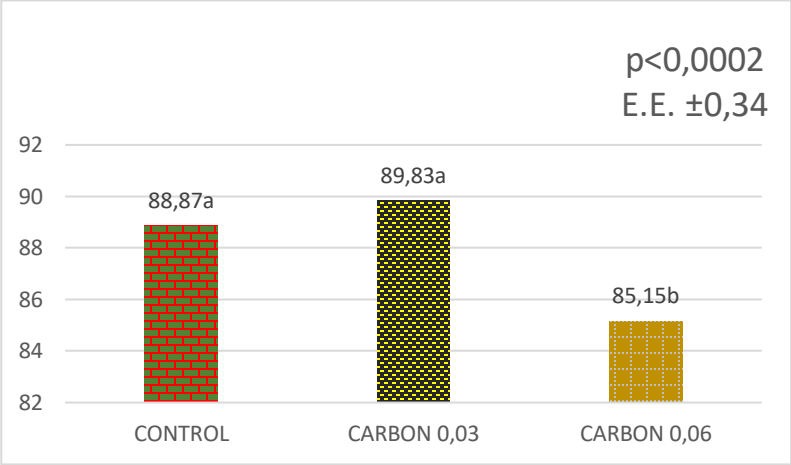
Figura 3. Digestibilidad aparente de grasa en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [ab]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 4 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de fibra en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de fibra ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón y seguido por la dieta control, difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón.

Algunos estudios de Caicedo *et al*., 2017 y Caicedo *et al.*, 2019ab entre los dos autores incluyeron 20% de FEL de taro y 40% de FES de banano orito y chontaduro, y obtuvieron menor digestibilidad de fibra. En este sentido Lao & Mbega (2020) mencionan que la suplementación con biocarbón en la dieta mejora la arquitectura gastrointestinal, especialmente en la etapa de crecimiento, esto favorece el enriquecido de vellosidades intestinales.

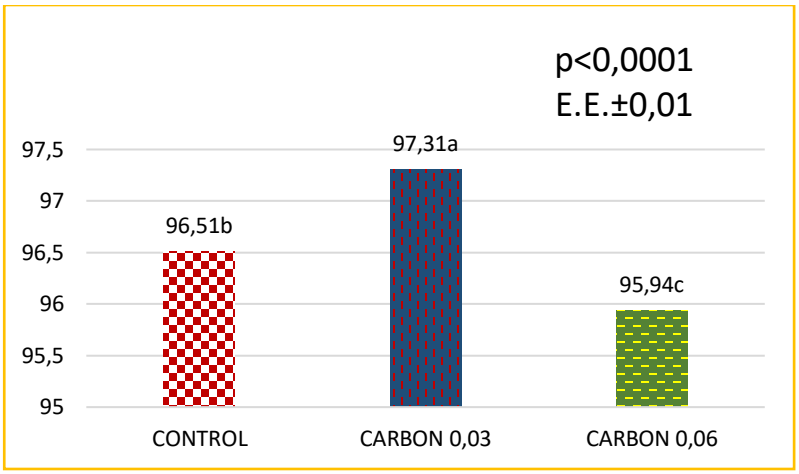
Figura 4. Digestibilidad aparente de fibra en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [ab]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 5 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de la EB en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de energía bruta ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón.

Existen varios estudios que concuerdan con los coeficientes de digestibilidad de EB de este estudio. Caicedo *et al*. (2019) y Caicedo *et al.* (2020) manifiestan que los recursos alternativos procesados en forma de harina y fermentados presentan altos índices de aprovechamiento debido a la solubilidad del almidón y azúcares.

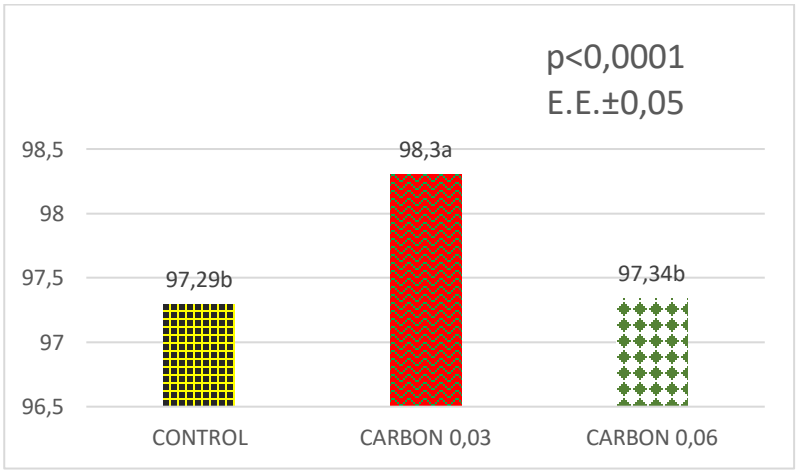
Figura 5. Digestibilidad aparente de la energía bruta en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [abc] Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 6 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de ELN (extracto libre de nitrógeno) en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de ELN ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón.

Los altos valores de digestibilidad de los ELN encontrados en este estudio están en correspondencia con los resultados de Caicedo *et al*. (2019ab) con inclusión del 20% y 40% de FES de banano orito y chontaduro en dietas de cerdos comerciales en crecimiento.

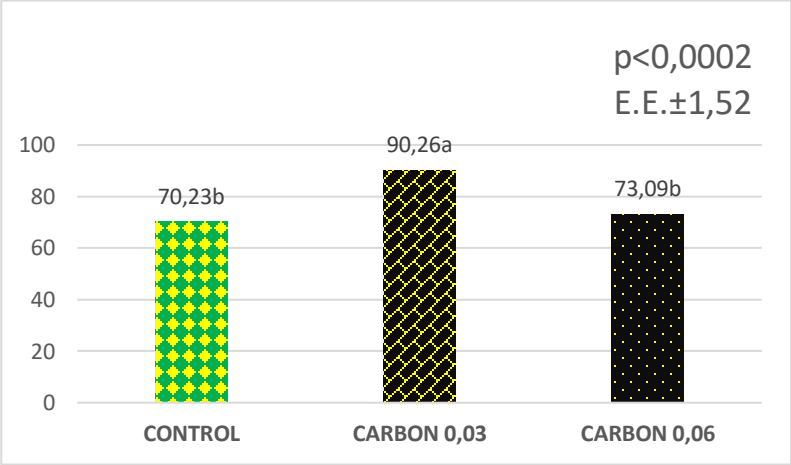
Figura 6. Digestibilidad aparente de la ELN en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [ab]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 7 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de calcio en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de calcio ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón. En la investigación realizada por (Rashidi, *et al.*, 2020)

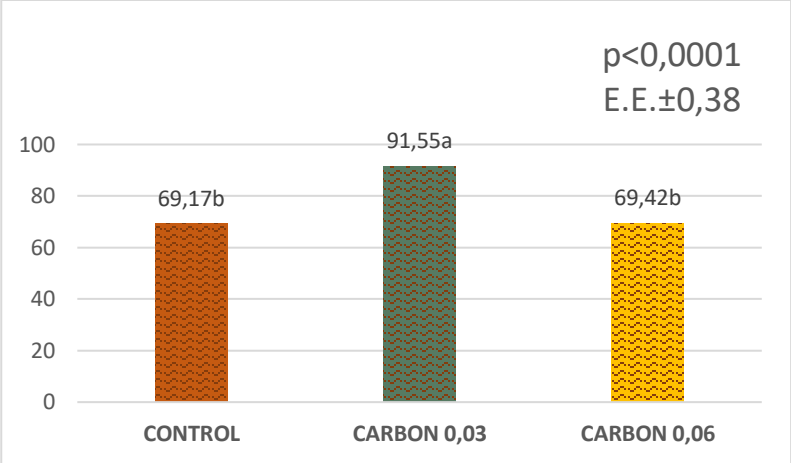
mencionan que al suplementar biocarbón en la alimentación podría mejorar el esqueleto y el desarrollo de los músculos.

Figura 7. Digestibilidad aparente del Ca en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [ab]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



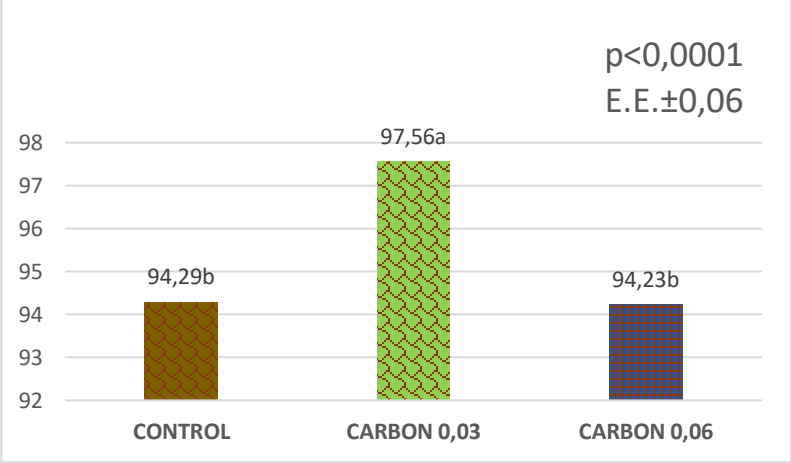
En la figura 8 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de fósforo en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de fósforo (p<0,05) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón. De acuerdo con las investigaciones realizadas por Keba *et al* (2023) concluyeron que el uso de biocarbón mejora la ingesta de los alimentos, el crecimiento, digestibilidad de los nutrientes, mejora la conversión y características de la canal que están directamente vinculadas con el aprovechamiento del fósforo.

Figura 8. Digestibilidad aparente de P en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [ab]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 9 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de potasio en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de potasio ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, y difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón. Según las investigaciones de Ka Yan Man *et al.*, (2021) la inclusion de biochar mejora la diestibilidad de los nutrientes, presenta mejor capacidad para resistir patogenos, y una reduccion de la producción de metano (CH_4).

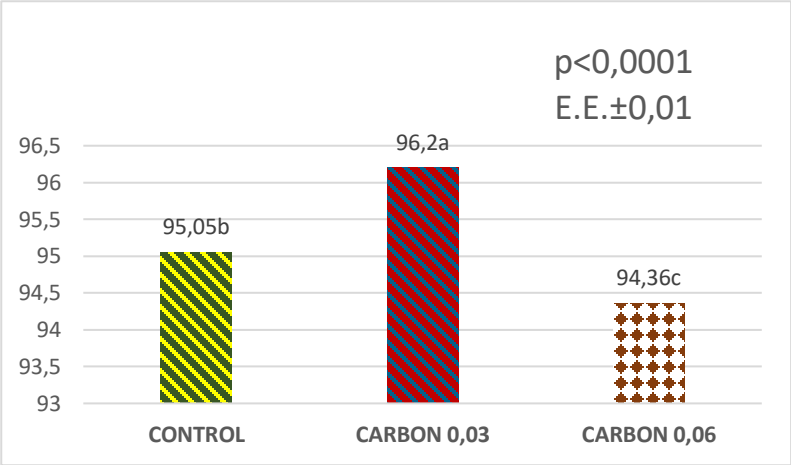
Figura 9. Digestibilidad aparente de K en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [ab]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 10 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad del Zinc en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento del Zinc ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón. Los resultados expuestos por Ka Yan Man (2021) nos menciona que aparte de ayudar a una mejor digestibilidad de los nutrientes entre ellos el zinc, el biochar tiene una alta capacidad de sorción que ayuda de forma eficiente a eliminar

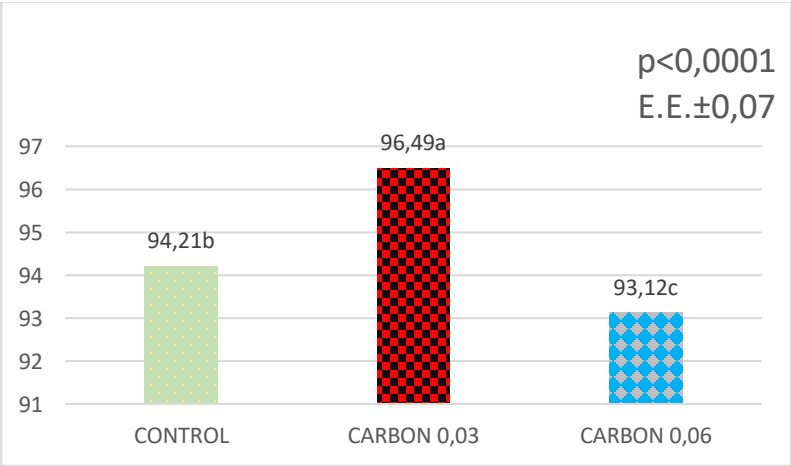
contaminantes y toxinas presentes en el organismo del animal.

Figura 10. Digestibilidad aparente de Zn en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [abc]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.



En la figura 11 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad del hierro en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento del hierro (p<0,05) se obtuvo con la dieta que incluyó 0,03% de biocarbón, difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón. Los estudios realizados por Laoa & Mbega (2020) mencionan que el biocarbón es una aditivo que su principal función es mejorar el rendimiento del animal, entre estas destacando mayor consumo y conversión del alimento, por lo que, se reduce los índices de contraer anemia nutricional.

Figura 11. Digestibilidad aparente de Fe en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. [abc]Letras distintas presentan diferencias significativas para p<0,05.

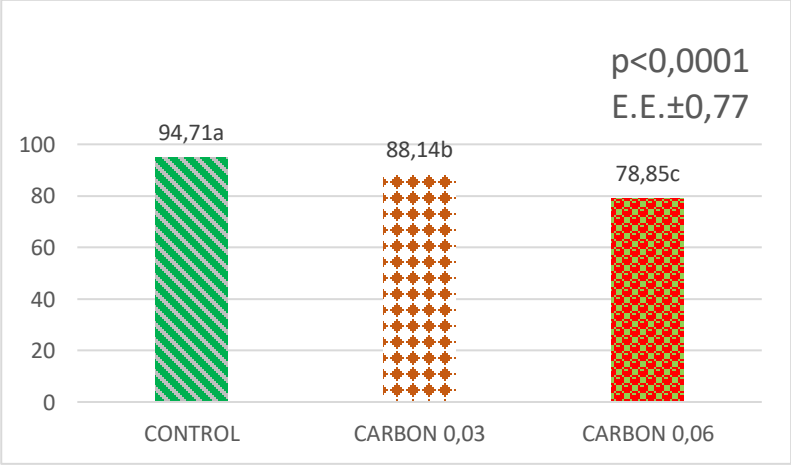


En la figura 12 se presentan los resultados de los coeficientes de digestibilidad de sodio

en cerdos de crecimiento alimentados con ensilaje de raíz de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. El mejor coeficiente de aprovechamiento de Sodio ($p<0,05$) se obtuvo con la dieta que incluyó la dieta control, difirió significativamente de las dietas control y 0,06% de inclusión de biocarbón.

De forma general, Piquer (2018) manifiesta que los minerales realizan funciones vitales en los cerdos, por ello, deben ser ingeridos y absorbidos por el organismo de forma adecuada, esto a su vez depende de la edad del cerdo, tiempo de producción, factores climáticos y la cantidad que se suministre, en niveles excesivos puede afectar al animal. La digestibilidad de los minerales se mejora cuando los alimentos son procesados y suplementados con aditivos. El calcio tiene la función de conservar la integridad del esqueleto del animal en desarrollo, como también mantener la coagulación normal de la sangre, la contracción muscular por esfuerzo y el metabolismo energético (Pié Orpí, 2016). El fósforo interviene en el proceso de desarrollo de la estructura ósea y su mantenimiento, también participa en funciones metabólicas, ácidos nucleicos y fosfolípidos (Quisirumbay Gaibor, 2019). El hierro participa en la formación de hemoglobina en las células rojas, por lo que, puede prevenir la anemia nutricional, teniendo que transportar el oxígeno a través del cuerpo (Pimentel *et* al, 2019). El potasio actúa como un estimulante en la irritabilidad muscular, y por lo general, es muy requerido para la síntesis de glicógeno y proteínas, como también, en el desdoblamiento metabólico de la glucosa. El sodio en la prevención del canibalismo y regula la presión osmótica (MANUAL DEL PROTAGONISTA, 2016). El zinc participa en la función de más de 300 enzimas, influyendo en el equilibrio ácido-base, la competencia inmune y funciones celulares básicas, así mismo en el metabolismo energético, la síntesis de proteínas, la integridad del tejido epitelial, la reparación y la división celular, mejora y previene la reducción de la integridad intestinal durante el estrés calórico (Romo Valdez *et al*., 2017).

Figura 12. Digestibilidad aparente de Na en cerdos de crecimiento alimentados con ensilado de tubérculos de camote suplementados con biochar de cascarilla de arroz. ^{abc}Letras distintas presentan diferencias significativas para $p<0,05$.



4. CONCLUSIONES

Los resultados positivos con el tratamiento del 0,03% de suplementación dietética son muy satisfactorios debido a la sinergia que existe entre el ensilaje de camote (nutrientes y probióticos) y el biochar fuente de prebiótico. Los mejores resultados para la digestibilidad de la MS (97,17%), PB (95,11%), EB (97,31%), EE (96,34%), FB (89,83%), ELN (98,3%), fósforo (91,55%), zinc (96,2%), hierro (96,49%), potasio (97,56%) y calcio (90,26%) se logró con el tratamiento que se suplementó con 0,03% de biocarbón de cascarilla de arroz.

El suministro del biocarbón en bajas dosis conjuntamente en la alimentación de los cerdos puede promover la salud (respuesta inmunitaria) y el rendimiento de los cerdos (aumento de peso, mayor consumo de alimento, etc.), por lo que, se podría nombrar como una alternativa que podría sustituir el uso de antibióticos, y por el contrario, la utilización de altas dosis en la alimentación tiene efectos negativos debido que no son muy específicos para micotoxinas, sino también, pueden unirse a los nutrientes, por lo tanto, puede provocar la muerte de bacterias benéficas gastrointestinales, diarreas, disminución del apetito, pérdida de peso, entre otras. Entre otros beneficios que nos brinda en biocarbón están la absorción de N y aminoácidos, aumento considerable de la síntesis, disminución del estrés y diarreas, crecimiento de las vellosidades del intestino y la digestión de grasas.

REFERENCIAS

Ahmed, O., Mohamed, F., & Samer, F. (2022). Biochar for agronomy, animal farming, anaerobic digestion, composting, water treatment, soil remediation, construction, energy storage, and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 409-416. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s10311-022-01424-x

Alemán, R., Freile, J., & Iparraguire, M. (2015). Rescate de prácticas agrícolas ancestrales y agricultura tradicional ampesina para promover la produccion sostenible a nivel familiar:la Chakra diversificada del CIPCA. *HUELLAS DEL SUMACO Revista socio ambiental de la Amazonía Ecuatoriana, 14*, 6-11.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). (2009). *Official methods and recommended practices of the AOCS* (6th ed.). Estados Unidos: Urbana.

Beltrán Gracia , J. (2018). Importancia del hierro en la salud de los animales y de las personas. *obtenido de:https://bopepor.es/wp-content/uploads/2018/07/Informe-Importancia-del-hierro-en-la-alimentaci%C3%B3n.pdf*.

Bernal, M., Lazo, D. A., & Quispe, B. F. (2019). Evaluation of food alternatives para growing pigs in the Oxapampa Valley, Pasco. *Avances*, 356-366.

Caicedo, W., & Flores, A. (2020). Características nutritivas de un ensilado líquido de banano orito (Musa acuminata AA) con tubérculos de taro (Colocasia esculenta (L.) Schott) y su efecto en cerdos de posdestete. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*.

Caicedo, W., & Valle, S. (2018). Fermentación de tubérculos de taro [Colocasia esculenta (L.) Schott]. Un alimento probiótico funcional para porcinos en la región Amazónica. In M. Pérez, C. Bravo, R. Arias, & A. Tapia, *Alimentación Funcional* (pp. 4-204). Puyo: Editorial Académia Española.

Caicedo, W., Alves, F., Pérez, M., Flores, A., & Motta, W. (2020). Comportamiento productivo de cerdos post-destete alimentados con una dieta suplementada con fruta de banano orito (Musa acuminata AA) fermentado con yogur. *Livestock Research for Rural Development*, 1-10.

Caicedo, W., Alves, F., Vaifara, D., Guamán, A., Sócola, C., Pérez, M., . . . Motta Ferreira, W. (2019c). Evaluación química y digestibilidad fecal de cerdos en crecimiento alimentados con banano orito (Musa acuminata AA) fermentado en estado sólido. *Livestock Research for Rural Development*, 1-13.

Caicedo, W., Ferreira, F. N., Viáfara, D., Guaman, A., Socola, C., & Moyano, J. C. (2019a). Composición química y digestibilidad fecal en cerdos del fruto de chontaduro (Bactris gasipaes Kunth) fermentado. *Scielo*, 1-10.

Caicedo, W., Moya, C., Caicedo, M., Caicedo, L., & Ferreira, F. (2021). Comportamiento productivo de cerdos comerciales alimentados con ensilado de banano orito (Musa acuminata AA). *Livestock Research for Rural*, 1-6.

Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M., & Perez, M. (2019b). Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento. *Revista Inv Vet Perú*, 580-589.

Caicedo, W., Rodriguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., . . . Flores, L. (2017a). Characterization of antinutrients in four silages of taro (Colocasia esculenta (L.) Schott) for pigs. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 79-83.

Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., . . . Flores, L. (2017b). Rectal digestibility of nutrients in growing pigs, fed with taro silage (Colocasia esculenta (L.) Schott). Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 337-341.

Caicedo, W., Sanchez, A., Tapuy, J., Vargas, E., Samaniego, S., Moyano, J., & Pujupat, D. (2018). Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de ceba (Largewhite xDuroc x Pietrain), alimentados con harina de taro (Colocasia esculenta (L.) Schott). Nota técnica. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 181-186.

Caicedo, W., Sanchez, J., Viamontes, M., Tapuy, A., Estrada, C., Flores, A., & Moya, C. (2019). Chemical composition and apparent digestibility of green "orito" banana (Musa acuminata AA) meal in growing pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 271-279.

Calvelo Pereira, R., Muetzel, S., Camps Arbestain, M., Bishop, P., Hina, K., & Hedley , M. (2014). Assessment of the influence of biochar on rumen and silage fermentation: A laboratory-scale experiment. *Animal Feed Science and Technology*, 23-31.

Capra, G. R. (2011). Efecto de la dieta de cerdos en crecimiento sobre el valor nutritivo y la aptitud tecnológica de la carne y grasa. *Innotec*, 11-20.

Castro, M., & Rodríguez, F. (2005). Levaduras: probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. *REVISTA CORPOICA, 6*(1), 26-38.

Echeverría, D. (2020). Comportamiento del cerdo en etapa de engorde alimentado con alternativas alimenticias en Joa - Jipijapa - Manabí. *Obtenido de UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE*

MANABÍ:http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2733/1/Emily%20Dayanna%2.

Elizondo Salazar , J. (2005). EL FÓSFORO EN LOS SISTEMAS GANADEROS DE LECHE. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA 16(2)*, 231-238.

Escalante Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves, J., Valtierra Pacheco, E., & Etchevers Barra, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana, 34(3) http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300367&lng=es&tlng=es.*, 367-382.

Garcés Molina, A., Berrio Roa, L., Ruiz Alzate, S., Serna de León, J., & Builes Arango, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación, 1(1)*, 66-71.

García, Y., Sosa, D., GonzálezLilian, & Dustet, J. (2020). Caracterización química, física y microbiológica de alimentos fermentados para su uso en la producción animal. *Livestock Research for Rural Development, 32*, 4-6.

Ghaffari, M., & Arabyaghoubi, M. (2018). Zinc as an essential nutritional component of human body. *International Journal of pharmaceutical & Biological*, 62-65.

Guachamín, M., Aragón, E., & Grijalva, J. (2018). DIGESTIBILIDAD APARENTE DE DIETAS CON DOS NIVELES DE INTESTINOS COCIDOS DE POLLOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS. *Revista Científica Ecuatoriana*, 1-7.

Hernández, J. C. (2009). Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (Musa spp.). *Revista Cientifica UDO Agricola, 9(2)*, 449-457.

Herrera Angulo, A., Depablos Alviáre, L., López Maduro, R., Benezra Sucre, M., & Ríos de Álvar, L. (2007). Degradability and Digestibility of Dry Matter of Hydroponic Corn (Zea mays). *Revista científica, 17(4)*, 372-379.

Ka Yan Man, K. L. (2021). Uso de biochar como suplementos alimenticios para la cría de animales. *Revisiones críticas en ciencia y tecnología ambiental, 51: 2*, 187-217.

Keba, D., Tolemariam , T., Demeke, S., & Alkhtib, A. (2023). Corncob biochar supplementation improves nutrient digestibility, fattening performance and carcass characteristics fattening sheep. *Veterinary Medicine and Science, 9*(2), 971. doi:http://dx.doi.org/10.1002/vms3.1072

Lao, E. J., & Mbega, E. (2020). BIOCHAR AS A FEED ADDITIVE FOR IMPROVING THE PERFORMANCE OF FARM ANIMALS. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture (MJSA)*, 86-93. doi:http://doi.org/10.26480/mjsa.02.2020.86.93

Loor Mendoza , N. (2016). Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal. *Domino de las Ciencias, 2(4)*, 323-333.

MANUAL DEL PROTAGONISTA. (2016). *Nutrición Animal.* (D. G. Profesional, Ed.) Agropecuaria: Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). Retrieved from https://www.biopasos.com/documentos/087.pdf

Martínez de Victoria, E. (2016). El calcio, esencial para la salud. . *Nutrición* , 26-31.

Maryen, A., Savón, L., Martínez, O., Mora, L., & Macías, M. (2011). Balance y digestibilidad del nitrógeno, al utilizar la vinaza de destilería como sustituto parcial de la. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol.*

45, 155-157.

Mufarrege, D. (2003). *El Sodio enla alimentación mienral del ganado enla región NEA*. Retrieved from Sitio Argentino de Producción animal: http://www.produccion-animal.com.ar/

Parvathy, S. N., Sivani, M. P., Shreya, S., Sreekanth, A. J., Sivasabari, K., Adithya, K. S., & ... (2023). Beneficial impacts of biochar as potential feed additive in animal husbandry. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 479-499. doi:http://dx.doi.org/10.18006/2023.11(3).479.499

Pattacini , S., Scoles , G., & Braun , R. (2012). Apparent digestibility of nutrients in pigs fed diets composed of different levels of phytase derived from Aspergillus oryzae. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 32 N° 2:*, 107-115.

Pérez, I. A. (2017). Implementación de métodos de AOAC para proteína y extracto libre de nitrogeno en la empresa Alimentos Tenerife.

Pié Orpí, J. (2016, Octubre 18). *Todo sobre medicina veterinaria y producción animal*. Retrieved from Veterinaria Digital: veterinariadigital.com/articulos/los-minerales-en-dietas-para-cerdos-el-calcio/#:~:text=El%20calcio%20es%20un%20elemento,muscular%20y%20el%20metabolismo%20energético.

Pimentel, E., Herradora, M., & Ramírez, G. (2019, Junio 9). *La participación de los minerales en la alimentación porcina*. Retrieved from BMeditores.mx: https://bmeditores.mx/porcicultura/la-participacion-de-los-minerales-en-la-alimentacion-porcina-2321/#

Piquer, G. (2018). Necesidades nutricionales de los cerdos. *Infopork*.

Plascencia Jorquera , A., Mendoza Martínez, G., Vásquez Peláez, C., & Avery Zinn, R. (2005). Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento. *Interciencia, 30(3)*, 134-142.

Quisirumbay Gaibor, J. (2019). Vitamina D, Calcio Total y Fósforo Digestible en laNutrición Porcina: Recomendaciones Nutricionales. *La Granja: Revista de Ciencias dela Vida. Vol. 29(1):http://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.01.*, 6-16.

Quisirumbay, J., Rodríguez, D., & Mena, R. (2018). Polisacáridos no almidonados, energía metabolizable y proteína cruda en la alimentación de cerdos. *El Misionero del Agro*, 1-15.

Rashidi, N., Khatibjoo, A., Taherpour, K., & Akbari-Gharaei, M. (2020). Effects of Licorice Extract, Probiotic, Toxin Binder and Poultry Litter Biochar on Performance, blood and Liver tissue indices of Broiler chickens Exposed to Aflatoxin-B1. *Poultry Science, 99*(11), 1-17. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.034

Reis de Souza, T., Aguilera, A., & Mariscal, G. (2020). Digestibilidad ileal estandarizada de la proteína y aminoácidos de la pasta de ajonjolí en cerdos en crecimiento. *Revista Mex Cienc Pecu*, 1292-1304.

Rodríguez , L., Salazar , P., & Preston. (2009). Effect of biochar and biodigester effluent on growth of maize in acid soils. *Livestock Research for Rural Development. Volume 21, Article #110. Retrieved August 6, 2023, from http://www.lrrd.org/lrrd21/7/rodr21110.htm*.

Romo Valdez , J., Romo Rubio, J., Baraas Cruz, R., Enríquez Verdugo, I., Silva Hidalgo, G., & Montero Pardo, A. (2017). Efecto del consumo de zinc orgánico en la respuesta productiva de la cerda y

su camada. *Abanico veterinario, 7(2). https://doi.org/10.21929/abavet2017.72.4*, 43-59.

Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 36*, 91-102.

Schmidt, H.-P., Hagemann, N., Draper, K., & Kammann, C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *ResearchGate*, 1-54. doi:http://dx.doi.org/10.7717/peerj.7373

Suttle, N. F. (2022). Mineral nutrition of livestock. *Cabi*.

Thuy Hang, L., Preston, T., Leng, R., & Xuan 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*, 1-5.

Tirado, D. F. (2015). Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias. *Información tecnológica, 26(2)*, 03-10.

Vázquez Carrillo, M., Montelongo Pérez, H., González Ronquillo, M., Castillo Gallegos , E., & Castelán Ortega, O. (2021). Partición de la energía bruta consumida y el aporte de energía metabolizable en bovinos F1. *Ecosistemas y recursos agropecuarios, 8(2)*.

Viamonte, M., Tipanquiza, M., Tintín, C., Sánchez, J., Caicedo, W., Ramírez, A., & Vargas, J. (2020). Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L) en cerdos criollos de crecimiento. *Revista Inv Vet Perú*, 1-7.

Viteri, M. d., & Tapia, M. C. (2018). Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revista ESPACIOS, 39*(32), 30. Obtenido de https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/18393230.html

Zumbado Fernández, H. (2020). Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. *Editorial Universitaria (Cuba)*.

ANEXOS

Fisiología digestiva del cerdo

El sistema digestivo del cerdo está compuesto por un extenso tubo tracto digestivo, glándulas anexas y órganos accesorios, por medio de estos, los alimentos son ingeridos también son capaces de realizar la digestión, absorción de sustancias nutritivas y eliminación de sustancias no absorbidas. Es un animal omnívoro, por lo que se alimenta tanto de proteína animal como de alimentos de origen vegetal, por tal motivo su sistema digestivo está diseñado para digerir y absorber los nutrientes de ambas fuentes alimentarias; tomando en cuenta que estas especies manifiesta un ritmo de crecimiento rápido, por ello necesitan ingerir cantidades altas de alimentos (Echeverría, 2020).

Cómo influyen los probióticos en la digestión de minerales

La suplementación de probióticos tiende a tener un efecto autoadhesivo con los patógenos del tracto digestivo, por lo que, las enzimas, minerales, vitaminas y otros nutrientes o factores de crecimiento son respuestas benéficas en la producción de monogástricos (Castro &

Rodríguez, 2005).

Digestibilidad aparente

La cantidad de nutriente aprovechado por el animal y que no aparece en las heces. Se puede referir al conjunto de la materia seca del alimento o a cualquiera de sus componentes (Pattacini *et al*., 2012).

Biochar

Carbón vegetal que se obtiene por medio de un proceso llamado pirolisis, se produce a partir de cualquier resto vegetal como (ramas, cascarillas, cortezas), es usada en la agricultura para mejorar la calidad del suelo, también como aditivo natural en la alimentación de cerdos, este actúa como una forma de secuestrar carbono para reducir las emisiones de dióxido de carbono. (Escalante *et al.,* 2016).

Ensilaje

El ensilaje se obtiene mediante la fermentación anaerobia de carbohidratos solubles presentes en forrajes para producir ácido láctico. Es una alternativa alimenticia a bajo costo y permite almacenar alimento en tiempos de cosecha conservando calidad y palatabilidad, lo cual posibilita aumentar la carga animal, reduciendo el costo de producción y sustituir o complementar concentrados (Garcés *et al*., 2004).

Materia seca

La materia seca es la muestra restante que queda después de que se evapora toda el agua de un alimento como forrajes frescos y granos, a través de un calentamiento ya sea secándolo al aire libre o en una estufa. El resultado del secado es un indicador de la cantidad de nutrientes que están disponibles para el animal en un alimento en particular (Herrera *et al.*, 2007).

Proteína

Se define como un compuesto que contiene nitrógeno, siendo este el principal componente del músculo y la sangre, estas sustancias son las más importantes para el organismo y se absorbe en forma de péptido amino y se resintetiza a proteína en el cuerpo (Loor, 2016).

Fibra

Permite promover la motilidad del aparato digestivo, y a su vez mantener el pH ruminal adecuado y mejora la salud y digestión, y la capacidad que tiene de tamponar y regular la acidez y estimular la rumia (Savón, 2002).

Grasa

Sustancias que se disuelven por medio de un diluyente orgánico, son insolubles en agua por lo que se convierten en materiales para la transformación de la energía, aportan al cuerpo de la membrana celular y las hormonas y, ayudan a la absorción de las vitaminas liposolubles

(Plascencia *et al*., 2005).

Humedad

Porción de la muestra sobrante al extraerle la humedad a determinada temperatura, se determina el % total de la muestra - % Materia Seca nos da como resultado la humedad. El contenido de humedad en los alimentos debe estar a un nivel por debajo al crítico, ya que de lo contrario el alimento se deteriora o se pierde por acción del moho (Tirado *et al*., 2015).

Ceniza

Es el contenido mineral restante después de calcinar la materia orgánica, para la obtención se calcina en horno de mufla a una temperatura de 550ºC durante 3 horas (Zumbado, 2020).

Energía Bruta

Cantidad de energía que contienen los componentes orgánicos del alimento que se le suministra al animal y que se libera a través de un proceso de oxidación. La medición se realiza utilizando una bomba calorimétrica y se expresa normalmente en calorías (Vázquez *et al*., 2021).

Extracto libre de nitrógeno (ELN)

El ELN es una categoría del sistema Weende que se encuentra por diferencia; ELN = 100-(ceniza + extracto etéreo + proteína + fibra), en su mayoría está compuesta por almidón y azucares. Esta porción no contiene ninguna celulosa, pero puede contener hemicelulosa y una pequeña cantidad de lignina, puede mantener todos los productos solubles en agua que son insolubles en éter como vitaminas hidrosolubles (Pérez, 2017).

Fósforo

Es un elemento indispensable para un buen rendimiento del animal, la salud y el bienestar de este, aproximadamente el 80% se encuentra en los huesos y dientes a su vez también ayuda a la solidificación de estos (Elizondo, 2005).

Zinc

Es un elemento mineral presente en la mayoría de las células, y su vía de transporte en el organismo es por difusión a través de la membrana celular. Este micro mineral cumple funciones catalíticas y reguladoras en determinados procesos metabólicos, también funciona como ion estructural y genera estabilidad dentro de las membranas biológicas, a través de la influencia que tiene sobre la fluidez de los lípidos (Ghaffari & Arabyaghoubi, 2018).

Potasio

El potasio es el tercer mineral más abundante en los animales, y es indispensable para la vida ya que cumple múltiples funciones corporales como el equilibrio osmótico, el equilibrio ácido-base, varios sistemas enzimáticos y el equilibrio hídrico (Hernández *et al*., 2009).

Hierro

Es un elemento fundamental para la vida ya que compone la sangre, formando la hemoglobina y la mioglobina, participa en el transporte y almacenamiento del oxígeno, influye en el transporte de electrones y la generación de energía (Beltrán Gracia , 2018).

Calcio

El calcio es un macromineral que se encuentra en gran cantidad distribuido en el cuerpo de los animales, ya que comprende el material principal de estructuras como huesos y dientes. Cumple funciones celulares de gran importancia ya que mantiene una normal coagulación de la sangre (Martínez de Victoria, 2016).

Sodio

El Sodio es un mineral que no se encuentra en la naturaleza en estado puro, por lo que, este se combina con otros elementos formando sales solubles en agua para estar disponible para los animales. Cumple funciones de mantener la presión osmótica, controla el metabolismo y regula el equilibrio acido-base (Mufarrege, 2003).