

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOTEKNIA



**NIVELES NUTRICIONALES Y CARACTERÍSTICAS
FISICOQUIMICAS DEL ENSILAJE DE CÁSCARA DE CACAO
(*Theobroma cacao* L.) ADICIONANDO MICROORGANISMOS
EFICIENTES, EN TINGO MARÍA**

Tesis

**Para optar el título de:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**PRESENTADO POR:
MICHIEA TARRILLO LEÓN**

Tingo María - Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron, a las 07:00 p.m. del 01 de setiembre de 2023, para calificar la Tesis titulada "NIVELES NUTRICIONALES Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ENSILAJE DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) ADICIONANDO MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN TINGO MARÍA", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias **MICHIEA TARRILLO LEÓN**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "MUY BUENO".

En consecuencia, la sustentante queda capacitada para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para la otorgación del Título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 19 de setiembre de 2023


Ing. M. Sc. **EBER CÁRDENAS RIVERA**
Presidente


Dr. **RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE**
Miembro


Ph. D. **MEDARDO ANTONIO DÍAZ CÉSPEDES**
Miembro




Ing. M. Sc. **MIGUEL ÁNGEL PÉREZ OLANO**
Asesor


Ing. M. Sc. **HUGO SAAVEDRA RODRÍGUEZ**
Asesor



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 265- 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Zootecnia

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de investigación

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
NIVELES NUTRICIONALES Y CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS DEL ENSILAJE DE CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao L.) ADICIONANDO MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN TINGO MARÍA	MICHIEA TARRILLO LEON	16 % Dieciséis

Tingo Maria, 04 de octubre de 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

C.C. Archivo

DEDICATORIA

Con todo amor a mis padres *Amanda Leon Gonzales* y *Adelmo Tarrillo Terrones* por enseñarme, aconsejarme, apoyarme y guiarme en cada paso de mi vida, inculcándome los mejores valores y hacer de mí una persona de bien. Gracias a ustedes estoy logrando una de mis metas, sintiéndome orgullosa de lo que soy actualmente, lo cual siempre estaré inmensamente agradecida.

También lo dedico con todo mi corazón a mis hermanos *Jezlie*, *Jereli*, *Daney* y *Adelmo* por su amor, su apoyo incondicional que siempre me brindaron en todo momento, por protegerme y enseñarme a persistir en cada cosa, que en la vida uno tiene que lograr cada una de sus metas.

A mis asesores Ing. Miguel Pérez y Ing. Hugo Saavedra Rodríguez quienes me apoyaron para escribir y concluir esta tesis. Asimismo, a mis maestros y amigos que de una u otra manera contribuyeron en la formación y logro de este objetivo realizado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido la existencia y dotarme de vida y salud, que me protege y fortalece en cada instante de mi vida.

A mis asesores y jurados de tesis, Msc. Medardo Antonio Díaz Céspedes, Ing. Hugo Saavedra Rodríguez, Ing. Eber Cárdenas; Ing. Miguel Pérez Olano, Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate; por la paciencia, dedicación y confianza que han permitido la elaboración de esta tesis.

A mis queridos amigos Bigvai Mendoza Pérez e Ing. Nila Rivera quienes me apoyaron en todo el proceso de mi tesis y concluir con la investigación.

A las personas cercanas; por la amistad sincera e incondicional demostrada en todo momento durante la realización de mi formación profesional que han hecho grato y satisfactorio el tiempo en la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivo específico	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Producción del cacao en el Perú	3
2.1.1. Importancia de los subproductos del cacao	3
2.2. Procesamiento del grano de cacao y la obtención de los subproductos del cacao....	4
2.2.1. Características químicas y microbiológicas de los subproductos del cacao.....	5
2.3. Subproductos del cacao como un insumo alimenticio para animales y otros usos....	5
2.3.1. Ventajas y desventajas del uso de los subproductos de la cáscara de cacao	6
2.4. Estudios realizados en alimentación para animales utilizando subproductos del cacao.	6
2.5. Microorganismos eficientes (EM)	7
2.5.1. Importancia, uso y composición de los microorganismos eficientes	7
2.6. Microorganismos eficientes de bosque (MEB)	8
2.7. Trabajos de investigación del consumo del ensilaje de la cáscara de cacao <i>Teobroma cacao</i> L. en la alimentación animal.....	9
2.7.1. Fases del ensilado	10
2.7.2. Factores que afectan la conservación del ensilado	11
2.7.3. Importancia, usos, ventajas y desventajas del ensilado	11
2.8. Producción y costo del ensilaje.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar y fecha de la ejecución	14
3.2. Tipo de investigación.....	14
3.3. Muestra	14
3.4. Metodología para la elaboración del ensilaje de cáscara de cacao	14

3.4.1. Picado de la cáscara de cacao	14
3.4.2. Preparación del ensilaje con microorganismos eficientes	15
3.4.3. Llenado y apisonado	15
3.4.4. Sellado de la bolsa	15
3.4.5. Activación de microorganismos eficientes	16
3.5. Tratamientos en estudios	16
3.6. Croquis de distribución de tratamientos	16
3.7. Variables	17
3.7.1. Variable independiente	17
3.7.2. Variable dependiente	17
3.8. Análisis estadístico	17
3.9. Metodología	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1. Composición nutricional de cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilado 19	
4.2. Evaluación organoléptica del ensilado	24
4.3. ..Costo de producción el ensilado de cáscara de cacao con adición de microorganismos eficientes en diferentes porcentajes.....	26
V. CONCLUSIONES	27
.....	28
VI. PROPUESTAS A FUTURO	28
VII. REFERENCIAS.....	29
ANEXO	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pag.
1	Características organolépticas del ensilado de la cáscara de cacao.	12
2	Composición química proximal, energía total, fibras y minerales de la cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilaje, en base fresca.....	19
3	Composición química proximal, fibras y minerales de cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilaje, en base a 100% de materia seca	20
4	Evaluación física (evaluación organoléptica) del ensilado de la cáscara de cacao con adición de microorganismos eficientes (ME).....	24
5	Análisis económico de los tratamientos en estudio.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Subproducto del cacao (<i>Teobroma cacao L.</i>).....	4
2	Producción de cacao en los principales departamentos.....	35
3	Países importadores de cacao en grano.....	36

NIVELES NUTRICIONALES Y CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ENSILAJE DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) ADICIONANDO MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN TINGO MARÍA

RESUMEN

El estudio consideró como objetivo evaluar las características nutricionales y fisicoquímicas del ensilado de la cáscara de cacao con la aplicación de diferente dosis de microorganismos eficientes en Tingo María. Las labores se llevaron a cabo en ambientes del Laboratorio de pastos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María, distrito de Rupa Rupa, en el departamento de Huánuco. Se utilizó 60 kg de residuos de la industria de cacao *Theobroma cacao* L. del distrito de Pumahuasi, las mismas que se molieron y se distribuyeron en cuatro tratamientos diferenciados por la concentración de microorganismos eficientes (ME) por kilogramo de *Theobroma cacao* L. (T0: Ensilaje de cáscara de cacao sin microorganismos eficientes 0.0%, T1: Ensilaje de cáscara de cacao con 0.5% de ME., T2: Ensilaje de cáscara de cacao con 1.0% de ME, T3: Ensilaje de cáscara de cacao con 1.5% de ME.); cada tratamiento fue depositado en las bolsas de polietileno eliminando el aire del ensilado. Pasado los 25 días, se realizaron las evaluaciones de las características físicas, químicas y un análisis de costo de los tratamientos estudiados; los datos fueron analizados mediante el uso de la estadística no paramétrica. Al determinar la composición química del ensilado de la cáscara de cacao con la adición de microorganismos eficientes a niveles de T3 (1.0% de ME) y T4 (1.5% de ME) resultan altamente nutritivos especialmente en los niveles de proteínas, energía y minerales específicamente el fósforo (P). La cáscara de cacao contiene 76.67% de humedad, 22.36% de materia seca, 1.97% de ceniza, 1.81% de proteína total, 7.24% de fibra total, 0.17% de grasa, 11.17% de extracto libre de nitrógeno y 938 kcal/kg de energía total. T3 (1.0% ME) es el que logra obtener mejores características organolépticas en cuanto al color, humedad y el nivel de pH.

Palabras claves: *Theobroma cacao* L, ensilaje, microorganismos eficientes, característica organoléptica, calidad, costo de producción

**The Nutritional Levels and Physicochemical Characteristics of Silage from Cacao Pods
(*Theobroma cacao* L.) with Efficient Microorganisms Added in Tingo Maria**

ABSTRACT

The objective that was considered for the study was to evaluate the nutritional and physicochemical characteristics of the silage from cacao pods with the application of different doses of efficient microorganisms in Tingo Maria, [Peru]. The work was carried out in the grass laboratory spaces at the Universidad Nacional Agraria de la Selva in Tingo Maria within the Rupa Rupa district in the Huánuco department [of Peru]. Of the waste from the cacao (*Theobroma cacao* L) industry, 60 kg was used from the Pumahuasi district. They were ground and distributed into four treatments [which were] differentiated by the concentration of efficient microorganisms (EM; ME in Spanish) per kilogram of cacao (*Theobroma cacao* L). [The treatments were] T0: silage from cacao hulls with 0.0% efficient microorganisms; T1: silage from cacao hulls with 0.5% EM; T2: silage from cacao hulls with 1.0% EM; and T3: silage from cacao hulls with 1.5% EM. Each treatment was deposited into polyethylene bags, [where] the air was eliminated from the silage. After twenty five days the evaluations of the physical and chemical characteristics, [as well as] a cost analysis were done for the treatments in study. The data was analyzed using the non-parametric statistic. When the chemical composition of the silage from cacao hulls with efficient microorganisms added at different levels was done, T3 (1.0% EM) and T4 (1.5% EM) resulted to be highly nutritive, especially in the levels of protein, energy, and minerals, specifically, phosphorous (P). The cacao hulls contained 76.67% humidity, 22.36% dry matter, 1.97% ash, 1.81% total protein, 7.24% total fiber, 0.17% fats, 11.17% nitrogen free extract, and 938 kcal/kg total energy. [Treatment] T3 (1.0% EM) was that with which the best organoleptic characteristics were obtained, with respect to color, humidity, and pH level.

Keywords: *Theobroma cacao* L, silage, efficient microorganisms, organoleptic characteristics, quality, production cost

I. INTRODUCCIÓN

Perú destaca como uno de los notables productores de cacao de alta calidad, lo que ha generado numerosos empleos para la población local. En el país, existen destacadas compañías dedicadas al procesamiento del cacao (*Theobroma cacao* L.), de los cuales se obtuvieron diversos subproductos valiosos durante la etapa posterior a la cosecha. Estos subproductos, ricos en nutrientes, a menudo son desechados, pero tienen el potencial de ser aprovechados de manera efectiva mediante la transformación en insumos como el ensilado. Esta opción puede ser considerada para el almacenamiento y la alimentación de animales como ganado, cuyes y cerdos.

En la presente época, estos subproductos derivados del cacao han generado serias cuestiones ambientales a nivel del suelo debido a la acumulación de materiales, lo que crea un sustrato propicio para la proliferación de microorganismos perjudiciales para los cultivos. Igualmente, las cáscaras quebradas, con su característica forma cóncava, durante los periodos lluviosos retienen agua, favoreciendo la reproducción de insectos y actuando como foco para la expansión de *Phytophthora* spp., principal causante de pérdidas económicas en la industria del cacao. Para la utilización provechosa de estos subproductos agrícolas, se han desarrollado métodos de conservación que contribuyen a mejorar el valor nutricional de los alimentos; dentro de estas técnicas se encuentra el ensilado (Caicedo et al., 2019).

Es sabido que los microorganismos eficaces (EM) han sido empleados en la industria ganadera tanto en el contexto de la tierra y los cultivos como en la cría de animales. Estos compuestos funcionan al frenar el desarrollo de patógenos, mientras permiten el florecimiento de especies beneficiosas. Cuando estos microorganismos entran en contacto con materia orgánica, liberan sustancias útiles como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y, en esencia, antioxidantes. Con las propiedades que ofrecen los microorganismos eficaces, se pretende utilizarlos en conjunto con las cáscaras de cacao mediante un proceso de ensilaje, con el propósito de emplear posteriormente esta combinación en la alimentación de los animales.

Es así que tomando en cuenta lo mencionado, nos hacemos la siguiente pregunta ¿La adición de microorganismos eficientes en la cáscara de cacao mejorará el valor nutricional para su posterior aprovechamiento en la alimentación animal?, Ante dicha problemática, nos planteamos la siguiente hipótesis, la elaboración de ensilaje de cáscara de cacao (*Theobroma*

cacao) con la adición de diferentes dosis de microorganismos eficientes mejora el nivel nutricional de la cáscara de cacao.

1.1. Objetivo general

- Evaluar las características nutricionales y fisicoquímicas del ensilado de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) con la adición de los diferentes niveles de los microorganismos eficientes en Tingo María.

1.2. Objetivo específico

- Determinar las características nutricionales, físicas y química del ensilado de la cáscara del cacao (*Theobroma cacao* L.) adicionando diferentes dosis de microorganismos eficientes en la ciudad de Tingo María.
- Establecer el costo de producción de ensilado de cáscara del cacao (*Theobroma cacao* L.) adicionando diferentes dosis de microorganismos eficientes en la ciudad de Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción del cacao en el Perú

Agraria pe. (2018) afirmó que "en zonas selváticas como San Martín, Ucayali y Huánuco, ha habido una expansión significativa de las áreas de cacao, ya que este cultivo se ha vuelto crucial en la sustitución de cultivos, pasando de cultivos ilegales como la coca a actividades legales". En la actualidad, la producción de cacao rinde alrededor de 800 kg por hectárea, todavía por debajo de los rendimientos deseados (1,100 kg/ha), pero se alcanza considerablemente mediante la colaboración coordinada de diversos esfuerzos.

De acuerdo con MINAGRI (2019), Perú se posiciona como el 9no mayor productor mundial de cacao en grano y el segundo mayor productor mundial de cacao orgánico. Entre las 24 regiones del país, 16 están involucradas en la producción de cacao. Al concluir el año 2018, la producción total de cacao en el país alcanzó las 135,000 toneladas en 160,000 hectáreas. Entre las regiones productoras destacadas se encuentran "San Martín, Junín, Ucayali, Cusco, Huánuco, Amazonas y Ayacucho, las cuales el representan el 93% de la producción total a nivel nacional (Anexo 12)". Cusco lidera con un rendimiento del 33,1%, seguido por Ayacucho (22,3%).

2.1.1. Importancia de los subproductos del cacao

NRC (2010) menciona que contienen abundantes pectinas y otros constituyentes de la fibra dietética, así como otros compuestos de interés. Durante cierto período, en varios países se ha empleado la cáscara como fuente de materia prima para fertilizantes orgánicos y como alimento para animales. No obstante, su elevado contenido de alcaloides podría representar una restricción en su utilización. Según Barazarte (2008), Uno de los elementos presentes en el cacao, antioxidante natural, condensador, neutralizador, radical libre, antioxidante, afrodisíaco para la prevención de enfermedades degenerativas, diversas, cardiovasculares y otras. Barazarte (2008).

Según Caicedo et al. (2019), Existen técnicas de trabajo que pueden mejorar el valor nutricional de los alimentos mediante la utilización de subproductos agroindustriales y agrícolas; una de ellas es el ensilaje. Mediante el proceso de ensilaje se obtiene un alimento estable que retiene una gran cantidad de materia seca, energía y nutrientes altamente digeribles

en comparación con la materia prima en su estado natural. En este proceso biotecnológico se utilizan bacterias y levaduras para acidificar el medio de cultivo y bajar el pH, asegurando así suficiente materia orgánica durante un largo periodo de tiempo. (Nisa *et al.*, 2019).

De acuerdo con Makinde *et al.* (2019), más de la mitad de los gastos de producción están vinculados con la alimentación, lo que subraya la relevancia para la investigación ganadera de explorar recursos no convencionales con el fin de optimizar la utilización de los alimentos, reducir costos y aumentar la productividad. Campos *et al.* (2018), menciona que solamente se utiliza aproximadamente el 20-23% de la fruta de cacao, que son las semillas, lo que significa que el resto del material se desperdicia. Entre estos subproductos se encuentran la mazorca, la cacota, la placenta y el mucílago. La cáscara y la cacota, en particular, representan entre el 67-76% del peso total de la fruta, y lamentablemente, a menudo no se les da un aprovechamiento adecuado, Figura 1.



Figura 1. Subproducto del cacao (*Theobroma cacao* L.)

2.2. Procesamiento del grano de cacao y la obtención de los subproductos del cacao

Según JIAI (2018), la apreciación de los subproductos del cacao abarca diversas áreas, que van desde el análisis del comportamiento mecánico de polietileno cargado con bagazo de cáscaras de cacao, que presenta capacidad de adsorción para eliminar aceites y combustibles, hasta la aplicación de técnicas para extraer pectina de la cáscara y el mucílago, además de la obtención y descripción de la fibra dietética derivada de la cáscara de semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. Durante el período de 2001 a 2017, se observa que la producción de

investigaciones científicas y patentes en relación al aprovechamiento de subproductos del procesamiento del cacao se orienta hacia la generación de productos innovadores en industrias como la alimentaria, cosmética, zootécnica e industrial.

2.2.1. Características químicas y microbiológicas de los subproductos del cacao

De acuerdo con las afirmaciones de Mejía y Argüello (2000), se indica que la composición química de la cáscara de la mazorca del cacao abarca los siguientes componentes: contenido de humedad del 85%; proteína equivalente al 1,07%; minerales representando el 1,41%; grasa en una cantidad de 0.02%; fibra comprendiendo el 5,45%; carbohidratos con un valor del 7,05%; nitrógeno alcanzando el 0,171%; llegando fósforo al 0,026%; potasio presente en un 0,545%. UPEL (2018) también informó que investigaciones diversas encontraron la composición proximal de la harina del clon de cacao: humedad (%) 8.17 ± 0.52 , proteína cruda (N x 6.25) % b.s. 4.59 ± 0.62 ; grasa cruda (% b.s.) 0.60 ± 0.04 , fibra cruda (% b.s.) 32.05 ± 5.46 , cenizas (% b.s.) 0.59 ± 0.07 , Azúcares totales (%) 45.42.

2.3. Subproductos del cacao como un insumo alimenticio para animales y otros usos

Cada tonelada (t) de semillas secas equivale aproximadamente a 10 toneladas de cáscara de cacao (peso fresco). Esta cáscara contiene teobromina, lo que impone restricciones en la cantidad que puede ser consumida. Por esta razón, su uso ha sido limitado. Sin embargo, los informes sugieren que este componente puede conformar hasta el 20% de la ración en el caso de aves de corral, entre el 30% y el 50% para cerdos, y hasta un 50% en el caso de ovejas, cabras y ganado lechero (WOOD et al., 2008), Mientras que la cáscara de cacao, que representa un 12-20% del total, ocasionalmente se utiliza como alimento para el ganado, si se orienta este subproducto hacia este propósito, sería necesario aplicar un proceso intermedio. Este proceso tiene como objetivo la extracción de compuestos como la teobromina.

Aunque la teobromina es beneficiosa para los seres humanos, no es fácilmente asimilada por ciertos animales y puede ser tóxica. Carvajal, 2019). (Vallejo et al., 2016), indica que la mazorca y la cacota, las cuales se identifican claramente como los residuos principales. Aunque anteriormente mencionamos que estos elementos no se utilizan en otra industria y se descartan, esta situación podría ser solucionada.

2.3.1. Ventajas y desventajas del uso de los subproductos de la cáscara de cacao

Dentro de las operaciones relacionadas con la producción de cacao, únicamente se aprovecha la semilla, y los considerables volúmenes de pulpa y cáscaras que surgen de este proceso resultan en graves problemas ambientales. La cáscara, en particular, es reconocida como un foco de infección debido a la presencia de "Phytophthora spp", el cual es el factor principal detrás de las pérdidas económicas en la industria cacaotera.

Por otro lado, la pulpa, compuesta mayormente por agua y azúcares, brinda un ambiente propicio para la propagación de bacterias y otros organismos indeseables (Franco et al., 2010). De acuerdo con las observaciones de Salazar y Rossana (2020), existe un amplio potencial en los subproductos derivados del cacao. A través de procesos relativamente sencillos aplicados a la abundante cantidad de material que actualmente se procesa y se desperdicia, es posible contemplar alternativas. Estas alternativas involucran diversos procesos que permiten generar un valor agregado. Estos procesos tienen el potencial de generar mayores ganancias en comparación con los productos tradicionales.

2.4. Estudios realizados en alimentación para animales utilizando subproductos del cacao.

Silva (2016) dice que el impacto de la incorporación de los residuos poscosecha de *Theobroma cacao* L. en la dieta de cerdos durante su etapa de engorde, y limitará que estos residuos pueden ser incluidos en la alimentación de los cerdos hasta un 15%. Esto se debe a sus cualidades nutritivas, las cuales mejoran su desempeño productivo. De manera similar, Calle (2017) investigó la utilización de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) fermentada en la dieta de cuyes la etapa de crecimiento y engorde. Concluyó que la inclusión de harina de cáscara de cacao fermentada tiene un efecto mejorado en el comportamiento productivo de los cuyes. Por lo tanto, se recomienda emplear hasta un 30% de harina de cáscara de cacao fermentada en la alimentación de cuyes durante la etapa de crecimiento y engorde.

En su investigación experimental, Mayorga (2016) llega a la conclusión de que los subproductos poscosecha de la cáscara de la mazorca de cacao, cuando no son sometidos a ensilaje, tienen el potencial de ser incorporados en la alimentación de rumiantes. Esto se debe a que sus propiedades nutritivas pueden contribuir a la mejora de las funciones ruminales. La presencia de polifenoles totales en la cáscara de la mazorca de cacao disminuye la población de

protozoarios en el líquido ruminal a las 24 horas después de la incubación, lo que a su vez beneficia la digestibilidad aparente de la materia seca.

2.5. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes (EM) son combinaciones de microorganismos beneficiosos de origen natural, que pertenecen a las categorías *Lactobacillus* (BAL), *Saccharomyces* (levaduras) y *Rhodospseudomonas* (bacterias fototróficas). El concepto de Tecnología de Microorganismos Eficaces fue elaborado por el Profesor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, ubicada en Okinawa, al sur de Japón. Durante la década de los años 80, el Profesor Higa buscó alternativas naturales en reemplazo de los pesticidas químicos para el control y prevención de enfermedades en cítricos. A través de sus investigaciones, aisló y emergieron las propiedades de distintos microorganismos reforzadores de origen natural (EEAITAJ, 2013).

EM (2016) comunica que las bacterias fototróficas conforman agrupaciones de organismos autónomos y autosuficientes, capaces de generar compuestos beneficiosos a partir de las secreciones radiculares, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el ácido sulfhídrico), utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes energéticas. Los metabolitos generados por estos microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y desempeñan el papel de sustrato para fomentar el aumento en la población de microorganismos benéficos.

2.5.1. Importancia, uso y composición de los microorganismos eficientes

En diversos suelos de cultivo, se identifican considerables acumulaciones de fósforo en una forma insoluble, resultado de la fijación de los fertilizantes fosforados que se aplican. Esta situación impide que la planta pueda absorber este nutriente esencial. Los microorganismos que tienen la capacidad de solubilizar el fosfato pueden desempeñar una función crucial y práctica al mejorar la disponibilidad de fósforo en el suelo, sin tener un impacto negativo en la microflora del suelo. Esto resulta relevante, especialmente porque la mayoría de los agentes microbianos desarrollados hasta la fecha se utilizan para aumentar la producción de leguminosas, cereales, hortalizas y frutas, todas las cuales están experimentando un aumento en su demanda (Satyaprakash et al., 2017).

Merino (2013) señala que los *Lactobacillus* son un tipo de proceso metabólico en los cuales los compuestos orgánicos (tales como azúcares y glucosa) son oxidados para retener la energía en forma de ATP. Este proceso metabólico implica una concentración de CO₂ que oscila entre el 5% y el 10%. La mayoría de estas bacterias son capaces de llevar a cabo las etapas finales de las fermentaciones ácidas lácticas, ya que pueden tolerar niveles de pH cercanos a 3,6-4,0. Por otro lado, las levaduras tienen la capacidad de sintetizar sustancias antimicrobianas y otras de utilidad, necesarias para el crecimiento de las plantas. Estas sustancias se forman a partir de aminoácidos y azúcares liberados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, generadas por las levaduras.

Biosca (2001) menciona que la aplicación de microorganismos eficientes (EM) conlleva una disminución en la prevalencia de enfermedades y el estrés en los animales, esto se debe a la mejora en las líneas de defensa celular debido a los antioxidantes producidos por los EM. Este proceso también influye en la reducción de la necesidad de fármacos (como vitaminas, antibióticos y agentes hormonales). Además, el uso de EM favorece la eficiencia en la conversión de alimento y el aumento de peso, ya que contribuye al enriquecimiento de la población microbiana presente en el rumen.

2.6. Microorganismos eficientes de bosque (MEB)

Castro et al. (2015) plantean que los microorganismos de bosque (MB) son formaciones microbianas agrupadas e involucran a bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, actinobacterias, hongos filamentosos y levaduras. En su fase de empleo, los MB son productos de elaboración manual de bajo costo, que no necesitan de medios de cultivo avanzados para su expansión, ya que el objetivo radica en aprovechar la diversidad taxonómica y funcional de las comunidades microbianas autóctonas en zonas boscosas. Estos microorganismos se incorporan en las unidades de producción agrícola.

Los MB son conglomerados de hongos, bacterias y levaduras beneficiosas que existen de forma natural en diversos hábitats. Estos organismos descomponen la materia orgánica, transformándola en los nutrientes esenciales para fomentar su propio crecimiento, como se observa en ecosistemas variados como bosques mixtos y latifoliados, plantaciones de café y áreas de bambú, entre otros ejemplos. Higa (2013) desarrolló una tecnología para reproducir

microorganismos que residen en entornos boscosos, conocidos como "microorganismos de montaña" o "microorganismos de bosque".

2.7. Trabajos de investigación del consumo del ensilaje de la cáscara de cacao *Teobroma cacao* L. en la alimentación animal

De acuerdo a la investigación realizada a cabo por Caicedo y Caicedo (2021) en su estudio titulado "Análisis de las propiedades químicas y microbiológicas del ensilado de cáscara de cacao tratada con yogur natural", se identificaron los siguientes valores de composición química en términos de materia seca: Contenido de materia seca (MS) $18,61 \pm 0,1$ %, Proteína bruta (PB) $7,89 \pm 0,01$ %, Fibra bruta (FB) $22,79 \pm 0,45$ %, Extracto etéreo (EE) $2,76 \pm 0,01$ %, Cenizas $8,45 \pm 0,31$ % , Extracto libre de nitrógeno (ELN) $59,36 \pm 0,05$ %, y Energía bruta (EB) de $3391,5 \pm 1,36$ kcal/kg de MS. Además, el mismo investigador también demostró la variación en el pH del ensilado de cáscara de cacao, observando diferencias significativas a un nivel de significancia de $p > 0.05$ entre el primer día y los días 4, 8, 15 y 30, con un promedio de pH de 4,47.

En otro enfoque, Calle (2017) en su estudio de investigación presenta los hallazgos del análisis bromatológico de la harina de cacao fermentada, revelando los siguientes valores: contenido proteico (14,89%), contenido graso (7,34%), contenido de cenizas (5,20%), contenido de fibra (15,22%) y contenido de materia seca (96,78%). Como resultado, llega a la conclusión de que la inclusión de la harina de cacao fermentada en un 30% en la dieta de los cuyes tuvo un impacto positivo en su comportamiento.

La elaboración de ensilaje de forrajes se encuentra condicionada por la calidad y disponibilidad del material a emplear. Por consiguiente, es fundamental ensilar solamente aquellos materiales que exhiben una calidad óptima, con el propósito de garantizar que la inversión realizada sea recuperada a través de la producción de leche y carne. El proceso de ensilaje resulta más económico cuando los cultivos seleccionados generan un rendimiento superior por hectárea. No obstante, elegir en el caso de ensilajes que combinan gramíneas, follaje de árboles y arbustos, es aconsejable una gramínea que cuente con un contenido elevado de carbohidratos solubles. Esta medida se adopta con el fin de prevenir una conservación deficiente del ensilaje, como recomiendan Cárdenas y sus colegas (2004).

2.7.1. Fases del ensilado

- **Fase aeróbica:** Unas horas después de la cosecha de gramíneas y leguminosas, las células mejorarán la respiración del oxígeno del aire presente en el silo, liberando o absorbiendo dióxido de carbono (CO₂), agua y calor. En la etapa inicial, cuando el oxígeno se agota, se crean condiciones anaeróbicas en el forraje ensilado; a medida que las células mueren, se liberan proteínas, carbohidratos y grasas, que servirán como alimento para las bacterias.
- **Fase anaeróbica:** Conforme el oxígeno disminuye, se inicia un proceso de ténian, en cual las bacterias que prosperan en ambientes sin descomponen los oxígenos de la planta, transformándolos en ácidos orgánicos.
- **Fase de estabilidad:** En esta condición, en la que falta oxígeno, puede estabilizarse durante largos periodos, incluso años. Cuando el silo se vuelve a exponer al aire al comenzar su consumo o por cualquier motivo accidental, se desencadena una vez más un proceso aeróbico en el que los microorganismos empiezan a descomponerlo de manera rápida (Ideagro, 2020).

Según Tene (2015), vale la pena señalar que la fase aeróbica tiene una duración corta. El oxígeno presente en el cuerpo vegetal se agota rápidamente debido a la actividad respiratoria de microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como levaduras y enterobacterias. Además, la actividad enzimática de diversas enzimas vegetales, como proteasas y carbohidrasas, se puede observar siempre que el pH se mantenga dentro del rango normal (pH 6,5 - 6,0). En un ambiente ácido, los microorganismos que preservan las materias primas crecen rápidamente. También, de acuerdo con Guan et al. (2020), se destaca que el crecimiento de microorganismos putrefactivos sensibles a un pH bajo en el silo es restringido, lo que podría tener un impacto negativo en el rendimiento de los animales.

Según Mier (2009), el proceso de llenado del silo es crucial para la conservación exitosa de un ensilado, y la rapidez con la que se realiza (generalmente en un día) tiene un impacto significativo. Si el tamaño del silo es mayor que la velocidad de llenado, es necesario colocar una cubierta protectora sobre la parte ensilada para resguardarla durante la noche. Es esencial distribuir adecuadamente el alimento en el silo, y se recomienda añadir la cantidad mínima de alimento cada día para mantener la calidad del ensilado. El apisonado también es un paso importante, ya que tiene como objetivo expulsar el aire del ensilado y evitar la entrada de aire exterior. Este proceso es más efectivo cuando el material está seco y se ha picado de manera más gruesa, y el contenido de agua del material es bajo, ya que se comprime naturalmente.

2.7.2. Factores que afectan la conservación del ensilado

La finura del ensilaje a picar es un factor que influye en el ensilado, dependiendo del cultivo, el forraje picado debe tener una longitud de 3 a 6 cm. Los tamaños de corte muy grandes dificultarán la compactación, dejando más oxígeno en la masa de alimento y elevando la temperatura. Los mordiscos muy finos pueden provocar dolencias como disminución de la producción de saliva y dificultad para rumiar. (Demarchi, 2004).

El tamaño de la partícula es una de las principales precauciones con el ensilaje, si el alimento tiene tallos gruesos es más probable que queden bolsas de aire ya que el material es más difícil de compactar si no se tritura. Se produce principalmente fermentación aeróbica, elevando la temperatura y elevando el pH, estropeando así el ensilaje. (Vieira Da Cunha, 2009). Como el ensilaje está expuesto al aire cuando el silo está abierto y durante el suministro, se produce un deterioro aeróbico, lo que resulta en cambios en la composición química, el pH y la temperatura. (FAO, 2001).

Gross (1969) menciona que los microorganismos vegetales más importantes son las bacterias del ácido láctico, las bacterias del butilo, *Escherichia coli*, las levaduras y los mohos, de los cuales sólo las bacterias del ácido láctico (BAL) son ideales porque pueden producir sustancias conservantes de los piensos. Church Y Pond (1996) mencionan que las pérdidas que se presentan durante el proceso de ensilaje debido a la actividad fermentativa y al calor generado, estas pérdidas pueden oscilar entre el 5% y el 30% de la materia seca original, la mayoría de las pérdidas se originan en nutrientes solubles y son altamente digeribles, estas dan como resultado ensilajes que contienen una mayor proporción. de fibra y componentes insolubles.

2.7.3. Importancia, usos, ventajas y desventajas del ensilado

Es una opción para la adecuada de excedentes de forraje verde, provenientes tanto de gramíneas como de leguminosas. Esto permite su suministro al ganado durante la época de sequía o en situaciones de escasez. El propósito central del proceso de ensilaje es conservar la mayor parte de los nutrientes presentes en los forrajes de baja calidad durante el período seco. Es importante resaltar que para la creación de concentrados se utiliza maíz y otros cereales, especialmente para el ganado bovino. Sin embargo, en regiones tropicales, en muchas ocasiones, la viabilidad de utilizar estos materiales se ve afectada por su costo elevado. En este

contexto, el ensilaje surge como un enfoque económico para la alimentación animal, capaz de contribuir a cumplir con los requisitos nutricionales, necesarios según Ideagro (2020).

De acuerdo con Garcés y sus colaboradores (2004), la calidad del ensilaje se ve influenciada por diversos factores, incluyendo la composición química del material a ensilar, la etapa de cosecha, las condiciones climáticas y los microorganismos utilizados, entre otros aspectos. Es esencial garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento para mantener la integridad del ensilaje. Conforme a lo indicado por González (2010), se establece que los indicativos de un ensilaje adecuadamente confeccionado definen aspectos como el aroma, la carencia de moho, la tonalidad y la apetencia del producto. De manera precisa, se espera que exhiba un agradable aroma a alcohol ácido, resultado del proceso de fermentación, en contraposición al penetrante olor de un ensilaje de baja calidad. La presencia de moho en el ensilaje es inaceptable, ya que su existencia invalidaría su idoneidad como fuente de alimento.

Respecto al color, se busca que sea un verde pardusco uniforme tanto en su exterior como en su interior. Del mismo modo, se valora la presencia de una palatabilidad adecuada, ya que esto asegura que el ensilado sea bien recibido y consumido por el animal.

Tabla 1. Características organolépticas del ensilado de la cáscara de cacao

Características Físicas	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Color	Verde aceituna	Verde amarillento	Verde oscuro	Carmelita casi negro
Olor	Agradable, a fruta madura	Agradable con ligero olor a vinagre	Acido con fuerte olor a vinagre	Desagradable putrefacto rancio
Textura	Conserva sus contornos, las hojas permanecen en los tallos	Conserva sus contornos, las hojas permanecen en los tallos	Las hojas se separan fácilmente de los tallos	No hay diferencias entre hojas y tallos en forma de masas
Humedad	No humedece las manos al ser comprimido	No humedece las manos al ser comprimido	Al ser comprimido gotea	Destila líquido

Fuente: Cárdenas et al. (2004)

Estrada et al. (2013) menciona los aspectos positivos del ensilado: proporciona una reserva de alimento para alimentar a los animales durante todo el año; es altamente digerible y atractivo en términos de sabor; de esta manera, se recolectan forrajes enriquecidos en nutrientes y se almacenan en este estado durante extensos períodos; el ensilaje posibilita que

los carbohidratos experimenten cambios, despejando CO₂ y ácidos orgánicos (como el ácido propiónico, resultado de la digestión) que son fácilmente asimilables para los animales; además, optimiza la utilización del terreno; los días lluviosos no dificultan la distribución puntual e inmediata del alimento. No obstante, se destacan ciertas desventajas, como la necesidad de seleccionar forrajes adecuados; se trabaja con materiales de alta humedad, lo cual dificulta las labores, especialmente si deben realizarse manualmente; el forraje debe ser cosechado con la humedad adecuada para evitar una fermentación butírica indeseada, y debe ser suministrado de manera oportuna después de su extracción para evitar la destrucción.

2.8. Producción y costo del ensilaje

Garcés, *et al* (2004), El ensilaje es un método de conservación de piensos húmedos, cuyo objetivo es conservar el valor nutricional del pienso durante el almacenamiento. En las granjas ganaderas modernas, el forraje se corta y se ensila en la etapa de mayor rendimiento y valor nutricional para asegurar un suministro continuo de alimentos durante todo el año. El ensilaje es un proceso utilizado principalmente en los países desarrollados; se estima que cada año se ensilan 200 millones de toneladas de materia seca en todo el mundo, con costos de producción que oscilan entre 100 y 150 dólares EE.UU. por tonelada. Tomando de (Garcés, *et al*, 2004), este costo incluye: tierra y labranza (aproximadamente 50%), siega y polietileno (30%), ensilaje (13%) y aditivos (7%). En Europa, los agricultores de países como los Países Bajos, Alemania y Dinamarca almacenan más del 90% de su pienso en forma de ensilado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de la ejecución

La investigación que se presenta fue realizada a cabo en el Laboratorio de Pastos y en la Granja de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Geográficamente está ubicada a 09° 08' 17'' de latitud sur y 75° 59' 52'' de longitud oeste, tiene una altitud de 660 msnm, con una temperatura anual de 25,5°C, una precipitación pluvial anual de 3100 mm y humedad relativa de 84,09%. (SENAMHI,2020)

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación experimental

3.3. Muestra

La muestra fue compuesta por la cantidad de desechos provenientes de la industria del cacao. Para este estudio en particular, se empleó la cáscara del cacao, la cual fue recolectada de varios terrenos dedicados al cultivo de cacao en el área de Pumahuasi, ubicada en el distrito de Daniel Alomía Robles. En esta zona, la producción promedio anual es de aproximadamente 800 kg por hectárea, y las plantas tienen una antigüedad de cinco años y pertenecen a la variedad CCN 51. Para el presente análisis, se seleccionó una muestra de 60 kg de cáscara de cacao fresca, la cual se distribuyó en cuatro grupos de tratamiento, con tres repeticiones cada uno, y cada repetición constituyendo una unidad experimental. Estos grupos tuvieron condiciones de manejo idénticas a lo largo del experimento.

3.4. Metodología para la elaboración del ensilaje de cáscara de cacao

El ensilaje se elaboró en microsilo tipo bolsa con capacidad de 5 kg y para determinar los valores de pH se realizaron punzones a la bolsa del silo.

3.4.1. Picado de la cáscara de cacao

Para la elaboración del ensilaje en microsilo tipo bolsa, se utilizó una picadora eléctrica para reducir el tamaño entre dos a tres cm, luego fueron envasados en la cantidad de 5

kg en cada bolsa que fueron distribuidos en los diferentes tratamientos para sus compactaciones el mismo que fue en forma manual.

3.4.2. Preparación del ensilaje con microorganismos eficientes

Una vez picado la cáscara de cacao, este fue puesto en una bandeja de plástico con capacidad de 15 kg con la finalidad de agregar los microorganismos eficientes y mezclar uniformemente a excepción del tratamiento testigo T0 que en una cantidad de 5 kg fue introducidos y apisonadas en las bolsas de silo. Por cada unidad experimental del tratamiento T1 que pesó 5 kg, fue adicionados 25 mL de microorganismos eficientes (ME) que expresado en porcentaje es de 0.5% de ME en función al peso de la cáscara de cacao a ensilar; en el tratamiento T2 que pesó 5 kg, fue adicionado 50 mL de microorganismos eficientes (ME) que expresado en porcentaje es de 1.0% de ME en función al peso de la cáscara de cacao a ensilar, en el tratamiento y en el T3 que pesó 5 kg, fue adicionado 75 mL de ME, que expresado en porcentaje es de 1.5% de ME en función al peso de la cáscara de cacao a ensilar.

3.4.3. Llenado y apisonado

Después de incorporar los microorganismos eficientes, el contenido se introdujo en la bolsa de polietileno para compactarlo. El propósito de esta acción fue expulsar la mayor cantidad de aire posible del material ensilado y prevenir la entrada de aire en él. En el caso específico del microsilo, el proceso de compactación del ensilado en la bolsa debió ser llevado a cabo con precaución para evitar posibles rupturas de la bolsa al aplicar presión sobre la cáscara de cacao.

3.4.4. Sellado de la bolsa

Una vez completado el llenado del microsilo en formato de bolsa, se procedió de inmediato a sellarlo mediante la torsión de la bolsa para eliminar todo el aire atrapado en su interior. Una vez finalizada esta etapa, se amarró la bolsa con hilo para lograr un cierre hermético. El propósito de esta acción es garantizar que la bolsa quede completamente sellada para prevenir la entrada de agua y aire, lo cual contribuye principalmente a minimizar la posibilidad de fermentaciones aeróbicas indeseadas.

3.4.5. Activación de microorganismos eficientes

- La solución EM-1 se presenta como una composición de microorganismos en un estado inactivo, que precisa ser activada. De esta manera, se logra incrementar la población de microorganismos efectivos, lo que a su vez resulta en un aumento del rendimiento de la solución base (EM-1). Para llevar a cabo la activación de la solución EM-1, se siguieron las pautas proporcionadas por el fabricante, obteniéndose una mezcla que contenía un 5% de melaza, un 5% de EM-1 y un 90% de agua.

- La solución fue introducida en un fermentador con una capacidad de un litro. El fermentador debe contar con un espacio destinado a los gases producidos durante el proceso de fermentación de la solución, el cual tiene una duración promedio de cinco a siete días

- El proceso se inició mediante la adición de agua caliente a una temperatura promedio de 35 °C hasta llegar a la mitad de la capacidad del fermentador. Luego, se incorporaron la melaza y los microorganismos eficaces a la solución, la cual se agitó hasta lograr una disolución completa. Finalmente, se agregó agua al fermentador hasta alcanzar la capacidad de un litro de la solución.

Finalmente, se procedió a cerrar herméticamente el fermentador para asegurar el crecimiento óptimo de los microorganismos durante un período de siete días.

3.5. Tratamientos en estudios

T0 : Ensilaje de cáscara de cacao sin microorganismos eficientes 0.0%

T1 : Ensilaje de cáscara de cacao con 0.5% de ME.

T2 : Ensilaje de cáscara de cacao con 1.0% de ME.

T3 : Ensilaje de cáscara de cacao con 1.5% de ME.

3.6. Croquis de distribución de tratamientos

T1R2	T3R3	T2R1	T4R3
T2R3	T1R1	T3R3	T3R2
T4R1	T2R2	T4R2	T1R3

3.7. Variables

3.7.1. Variable independiente

Ensilado de cáscara de cacao

3.7.2. Variable dependiente

Valoración nutricional

Valoración organoléptica

Valoración económica

3.8. Análisis estadístico

La cáscara en su estado sin ensilaje y los silos se autorizan utilizando un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos, tres repeticiones y cada repetición constando de una unidad experimental de 5 kg de silo. Los valores promedio fueron contrastados utilizando la prueba de Dunnett (5%). Por otro lado, los silos se distribuyeron a través de un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos, tres repeticiones y cada repetición compuesta por una unidad experimental de 5 kg de silo. Los promedios se sometieron a comparación mediante la prueba de DGS (5%). Todos los datos fueron analizados mediante el software estadístico InfoStat (Infostat, 2020). El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Media muestral

A_i = Efecto del tratamiento en estudio (0% de ME, 0.5% de ME, 1.0% de ME, 1.5% de ME)

E_{ijk} = Error experimental

3.9. Metodología

3.9.1. Valoración nutricional

- **Análisis químico proximal**

Al concluir el proceso de ensilaje para cada unidad experimental, se extrajo una muestra de un kilogramo. Esta muestra se transportó al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Allí, se

realizó análisis para determinar la primera y segunda materia seca. Luego, las muestras se redujeron de tamaño en un molino tipo Willey hasta alcanzar un diámetro de 1 mm.. A continuación, se llevaron a cabo diversas determinaciones en cada una de las muestras. Se evaluó la proteína total utilizando el método de Kjeldahl, la ceniza por medio de incineración, la grasa mediante el método de Soxhlet, la fibra total mediante la digestión con soluciones ácidas y básicas, el extracto libre de nitrógeno mediante cálculos matemáticos, y se determinaron los contenidos de FDN y FDA mediante el método de Van Soest. Además, se calculó la energía total mediante el calorímetro adiabático Parr 6200.

- **Determinación de Calcio y Fósforo**

Se llevó una muestra representativa de cada tratamiento en forma de polvo deshidratado al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía. Allí, se utilizaron métodos específicos para determinar los niveles de calcio a través de un espectrofotómetro de absorción atómica, mientras que el contenido de fósforo fue evaluado mediante el método de colorimetría.

- **Evaluación organoléptica**

El último día del proceso de ensilaje se realizó la evaluación organoléptica con las variables olor, color, textura y humedad en cuatro categorías, Excelente, buena, Regular y Mala (Cárdenas et al., (2004). Para la evaluación se contó con la presencia de 4 jurados que tienen experiencia en el área de transformación de forrajes, quienes cada uno de ellos evaluaron en cuatro categorías (Excelente, Bueno, Regular, Malo).

- **Costo de producción**

El beneficio neto y mérito económico de los ensilados con diferentes niveles de inclusión de microorganismos eficientes (ME) fueron determinados con las siguientes fórmulas.

$$CT=CF+CV$$

Donde:

CT: Costo total

CF: Costo fijo

CV: Costo variable

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición nutricional de cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilado

En la Tabla 2 se detalla la composición química proximal y energía total de la cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilaje con el uso de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes, en base fresca o tal como procesado.

Tabla 2. Composición química proximal, energía total, fibras y minerales de la cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilaje, en base fresca

Nutrientes	Cáscara de cacao	Tratamientos: Ensilajes			
		0% ME	0.5% ME	1.0% ME	1.5% ME
Humedad %	76.67	78.23	78.31	78.86	79.38
Materia seca %	22.36	21.78	21.69	21.15	20.62
Ceniza %	1.97	2.37	2.49	2.44	2.29
Proteína total %	1.81	1.63	1.58	1.60	1.62
Fibra total %	7.24	7.14	6.91	6.68	6.48
Grasa %	0.17	0.13	0.12	0.11	0.16
ELN %	11.17	10.52	10.58	10.32	10.08
Energía total, kcal/kg	938	897	895	872	850
Fibras					
FDA, %	8.60	10.51	10.62	9.79	9.76
FDN %	10.47	12.49	13.04	12.08	11.52
Minerales					
Humedad %	76.67	78.23	78.31	78.86	79.38
Materia seca, %	22.36	21.77	21.69	21.14	20.62
Calcio, ppm	660	940	890	1690	730
Fósforo, ppm	322	350	450	480	630

En la Tabla 2 se observa que el insumo principal (cáscara de cacao) contiene 22.36% de materia seca y este valor se mantiene cuando la cáscara de cacao paso por el proceso de ensilaje con diferentes proporciones de microorganismos eficientes (20.62 a 21.78% de materia seca);

estos valores son semejantes al estudio de Mejía & Arguello (2000), quienes determinaron la composición de la cáscara de cacao en su estado natural siendo: 85% de materia húmeda, 1.07% de proteína total, 1.41% de ceniza, 0.02% de grasa y 5.45% de fibra total. Entretanto, las diferencias numéricas de los valores nutricionales probablemente se deben a las diferencias genéticas de especies de cacao que fueron procesadas y por el lugar dónde se cultivaron el cacao.

También, Alcívar-Murillo y Alcívar-Guadamud (2020) determinaron la composición química proximal, energía total, FDA, FDN, calcio y fósforo de la cáscara de cacao, siendo 1.54% de ceniza, 0.09% de grasa, 1.71% de proteína total, 6.37% de fibra total, 12.65% de extracto libre de nitrógeno, 870 kcal/kg de energía total, 10.12 de FDA, 13.18% de FDN, 8.71% de lignina, 536 ppm de calcio y 716 ppm de fósforo; los cuales son similares a los valores determinados en la cáscara de cacao del presente estudio. Los valores de humedad, proteína, fibra, grasa y energía total disminuyeron cuando la cáscara de cacao fue procesada mediante el ensilaje con inclusión de diferentes proporciones de microorganismos eficientes; entretanto, los valores de ceniza aumentaron en relación con los valores de la cáscara de cacao sin ensilar.

Tabla 3. Composición química proximal, fibras, minerales y pH de cáscara de cacao antes y después del proceso de ensilaje, en base a 100% de materia seca

Nutrientes	Cáscara de cacao	Tratamientos: Ensilajes				cv %	p-valor
		T0: 0% ME	T1: 0.5% ME	T2: 1.0% ME	T3: 1.5% ME		
Humedad %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	----	----
Materia seca %	100	100	100	100	100	----	----
Ceniza %	8.75 b	11.02 a	11.71 a	11.77 a	11.36 a	1.80	0.0001
Proteína total %	8.05 a	7.57	7.41 b	7.73	8.05	2.81	0.0157
Fibra total %	32.21	32.24	32.51	32.25	32.14	1.51	0.1046
Grasa %	0.74 a	0.61	0.55 b	0.54 b	0.77	9.72	0.0025
ELN %	49.74	48.97	49.77	49.82	50.04	1.11	0.2336
Ener. t., kcal/kg	4175 b	4178	4209 a	4212 a	4221 a	0.15	0.0001
pH	4.97	5.05	5.00	4.93	3.45	0.8500	

ab: Letras diferentes en fila indican diferencia significativa por la prueba de Dunnet (5%).

En la Tabla 3 se detalla la comparación de los valores nutricionales de la cáscara de cacao sin el proceso de ensilaje y la cáscara de cacao sometido al proceso de ensilaje con 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de ME en base a 100% de materia seca; dónde se observa ($p < 0.05$) que el valor de la ceniza de la cáscara de cacao sin procesar (8.75%) fue menor en relación a los ensilados con 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de microorganismos eficientes; entretanto, la proteína de la cáscara de cacao fue mayor ($p < 0.05$) al ensilado con 0.5% de ME, sin embargo los ensilados con 0%, 1.0 y 1.5% de ME no fueron diferentes a la cáscara de cacao sin procesar.

En el caso del contenido de grasa se observa ($p < 0.05$) mayor concentración en la cáscara de cacao en relación con los ensilados con 0.5 y 1.0% de ME; asimismo, los valores de energía total de la cáscara de cacao ($p < 0.05$) fue menor en relación con los ensilados con 0.5, 1.0 y 1.5% de ME. Entretanto los valores de fibra total y extracto libre de nitrógeno no mostraron diferencias ($p > 0.05$) entre la cáscara de cacao sin ensilar y los ensilados con 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de ME.

Castillo et al. (2018) reportó valores de proteína 5%, grasa 0.65%, fibra total 34.90%, ceniza 9.35% y extracto libre de nitrógeno 50.10% de la cáscara de cacao en base a 100% de materia seca, estos resultados difieren mínimamente en relación con los datos de la Tabla 3, dónde se reporta a la cáscara de cacao en base a 100% de materia seca. También, Chafla et al. (2016) determinaron los valores nutricionales de cáscara de cacao de la variedad criollo, pertenecientes a la región amazónica de Ecuador, reportando lo siguiente: 8.70% de proteína total, 8.65% de ceniza, 23.35% de fibra total, 3.13% de grasa y 56.19% de extracto libre de nitrógeno.

Asimismo, los autores reportaron 7.89% de proteína total, 22.79% de fibra total, 2.76% de grasa, 8.45% de ceniza, 59.36% de extracto libre de nitrógeno y 3391.5 kcal/kg de energía total. De igual manera Alcívar-Murillo y Alcívar-Guadamud (2020) determinaron la composición química proximal y energía total de la cáscara de cacao, siendo: 7.63% de proteína total, 6.87% de ceniza, 0.41% de grasa, 28.51% de fibra total y 56.58% de extracto libre de nitrógeno; lo cuales, son semejantes a los valores determinados en el presente estudio; las diferencias probablemente se deben a la variedad del cacao y al uso de otros insumos utilizados en el proceso de ensilado.

Los valores de pH de 5.61, 4.47, 4.46, 4.47 y 4.47 en los días 1, 4, 8, 15 y 30 días de edad, respectivamente (Caicedo y Caicedo, 2021) mostraron ser levemente inferiores al pH de

los ensilados con 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de ME donde se reportaron 4.97, 5.05, 5.00 y 4.93, respectivamente. Castillo et al (2018) sostiene que el rendimiento de mazorca de cacao en relación con el fruto es del 71% y el pH de la harina de mazorca de cacao fue de 6.25 ± 0.25 estos valores corresponden a 11 frutos maduros y sanos del clon OC61XPLA-159 (codificado como 443), cultivados en Venezuela.

En esta tabla se observa los valores nutricionales y pH de los ensilados de cáscara de cacao con inclusión de diferentes proporciones de ME; dónde se verifica que los valores de ceniza fueron mayores en los ensilados con 0.5 y 1.0% de ME en relación con el ensilado sin ME; asimismo, el ensilado con 1.5% de ME fue ($p > 0.05$) semejante a los otros tratamientos. Sin embargo, la proteína total fue mayor ($p < 0.05$) en el ensilado con 1.5% de ME en relación con 0.5%; entretanto, los ensilados sin ME y 1.0% ME reportaron semejante concentración de proteína con los otros tratamientos. Para el caso de la grasa se reportó ($p < 0.05$) mayor grasa en el ensilado con 1.5% de ME en relación con los otros tratamientos y los valores de energía total se reportaron ($p < 0.05$) mayores valores en los ensilados adicionados con ME en relación con el ensilado sin ME.

Los valores de proteína de los ensilados oscilan entre 7.41% a 8.05% los cuales son semejantes al reportado por Caicedo y Caicedo (2021) quienes determinaron $7.89 \pm 0.01\%$; entretanto, la ceniza o materia mineral de los ensilados oscilaron entre 11.02 a 11.77% los cuales fueron mayores al reportado por Caicedo y Caicedo (2021) quienes determinaron $8.45 \pm 0.31\%$ de ceniza en ensilado de cáscara de cacao con yogurt natural. Sin embargo, los valores de grasa de los ensilados oscilaron entre 0.54 a 0.77% los cuales fueron menores al reportado por Caicedo y Caicedo (2021) quienes determinaron $2.76 \pm 0.01\%$. Para el caso de energía total de los ensilados con cáscara de cacao procesados con diferentes proporciones de ME oscilaron entre 4178 a 4221 kcal/kg, los cuales son mayores al reportado por Caicedo y Caicedo (2021) quienes determinaron 3391.5 ± 1.36 kcal/kg de energía total de ensilados de cáscara de cacao con yogurt natural.

Entretanto, los valores de fibra total, extracto libre de nitrógeno y pH no fueron influenciados ($p > 0.05$) por la inclusión de diferentes proporciones de ME en los ensilados de cáscara de cacao. Los valores de fibra total determinados en los ensilados oscilan desde 32.14 hasta 33.24, estos valores son superiores a los reportados por Caicedo y Caicedo (2021) quienes determinaron un valor de $22.79 \pm 0.45\%$. Entretanto, el extracto libre de nitrógeno de los ensilados con diferentes proporciones de ME oscilan entre 48.97 a 50.94% y a la vez son

menores al reportado por Caicedo y Caicedo (2021), quienes determinaron un valor de $59.36 \pm 0.05\%$ en el ensilado de cáscara de cacao con yogurt natural. Estas diferencias probablemente se deben a la edad y a la variedad del cacao.

Los valores de pH fueron 4.97, 5.05, 5.00 y 4.93 para los ensilados con 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de ME, respectivamente, estos resultados son semejantes al reportado por Caicedo y Caicedo (2021) quienes ensilaron la cáscara de cacao con yogurt natural, y obtuvieron valores de pH de 5.61, 4.47, 4.46, 4.47 y 4.47 a los 1, 4, 8, 15 y 30 días de ensilado. Durante el proceso de ensilado, el ácido láctico (con un pKa de 3.86), generado por las bacterias ácido-lácticas, suele ser el ácido presente en mayor concentración en los silos y es el principal contribuyente a la reducción del pH durante la fermentación.

4.2. Evaluación organoléptica del ensilado

En la Tabla 4 se detallan las características organolépticas, como olor, color, textura y humedad de los ensilados de cáscara de cacao procesado con diferentes proporciones de ME, con valoraciones nominales de Excelente, Buena, Regular y Mala.

Tabla 4. Evaluación física (evaluación organoléptica) del ensilado de la cáscara de cacao con adición de microorganismos eficientes (ME)

Tratamientos	Valoración nominal				Total
	Excelente	Buena	Regular	Mala	
Valoración del olor del ensilaje %					
0% ME	67	33	0	0	100
0.5% ME	33	67	0	0	100
1.0 % ME	67	33	0	0	100
1.5 % ME	33	67	0	0	100
p-valor	0.7477	0.7477	----	----	---
Valoración del color del ensilaje %					
0% ME	33	67	0	0	100
0.5% ME	0	100	0	0	100
1.0%L ME	0	100	0	0	100
1.5% ME	33	67	0	0	100
p-valor	0.5319	0.5319	----	----	----
Valoración de la textura del ensilaje %					
0% ME	0	100	0	0	100
0.5% ME	0	100	0	0	100
1.0%L ME	0	100	0	0	100
1.5% ME	33	67	0	0	100
p-valor	0.3916	0.3916	----	----	----
Valoración de la humedad del ensilaje, %					
0% ME	0	100	0	0	100
0.5% ME	0	100	0	0	100
1.0%L ME	0	100	0	0	100
1.5% ME	0	100	0	0	100
p-valor	----	----	----	----	----

p-valor: Kruskal Wallis (5%).

Las evaluaciones de las características organolépticas del presente trabajo, se realizó en base a los parámetros recomendados por Cárdenas et al. (2004), que consistió en una evaluación personal del olor, color, textura y humedad.

El olor, el color, la textura y la humedad de los ensilados fueron evaluados como excelente, buena, regular y mala. En la Tabla 6 se verifica que el olor del ensilado no fue alterado ($p > 0.05$) por la inclusión de 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de ME en el proceso de ensilaje de la

cáscara de cacao. Además, se informa que de acuerdo con la valoración los ensilados fueron catalogados como excelente y de buen olor y ninguno de los tratamientos reportaron tener regular o mal olor. Asimismo, el color de los ensilados no fue alterado ($p>0.05$) por las diferentes inclusiones de ME en la cáscara de cacao para el proceso de ensilado; también, se verifica que el color de los ensilados se catalogó como excelente y bueno; cabe recalcar que mayor porcentaje de ensilados fueron catalogados como de buen color.

En cuanto a la textura, se observa que los diferentes tratamientos o inclusiones de ME ($p>0.05$) no alteraron la textura y esta característica fue valorado como excelente y buena, notándose que el 100% de los evaluados coincidieron que el ensilado mostro una buena textura para los tratamientos sin, con 0.5 y 1.0% de ME a diferencia del 1.5% que mostro apenas un 67% como buena y un 33% como excelente, observándose que a mayor concentración de EM el ensilado mostró mejor textura. Sin embargo, cuando evaluado la húmedas de los ensilados también no se reportó efecto alguno de los tratamientos; pero si se observa que todos los ensilados mostraron poseer una humedad recomendable.

La fermentación microbiana en el silo conlleva la producción de diversos productos finales, lo que puede tener un impacto en varios aspectos nutricionales y sensoriales del silo. La ausencia de *E. coli*, *Clostridium spp* y *Salmonella spp* en el ensilado de cáscara de cacao resulta mejorar para asegurar la seguridad alimentaria y prevenir riesgos para la salud de los animales (Johansson et al., 2005). Estas comprobaciones son consistentes con los obtenidos por Caicedo et al. (2016) en ensilados de recursos agrícolas, como tubérculos de malanga. En su estudio, también se informó la ausencia de coliformes totales, *E. coli*, *Clostridium spp* y *Salmonella spp* a lo largo del período de investigación.

En relación al pH, los valores determinados en este estudio no aparecieron una gran significación, ya que los datos obtenidos se sitúan dentro de los parámetros normales del pH óptimo para el ensilado. Es posible que existan ligeras variaciones influenciadas por las actividades aeróbicas de las levaduras y enterobacterias, así como por enzimas vegetales como las proteasas y carbohidrasas, como lo plantea Tene (2015), que sugiere que el pH se mantenga en el rango habitual (pH 6.5) un 6.0).En un entorno ácido, los microorganismos conservadores de la materia prima se desarrollan rápidamente. Por otro lado, es importante considerar que si el pH cae significativamente por debajo del estándar mínimo, podría tener un impacto negativo en el rendimiento de los animales, como indica Guan et al. (2010).En términos generales, las cualidades organolépticas de los ensilados de cáscara de cacao con distintas proporciones de

microorganismos eficientes mostraron valores dentro de un rango aceptable, con resultados promedio consistentes con un ensilado, tal como sugiere Tene (2015).

4.3. ..Costo de producción el ensilado de cáscara de cacao con adición de microorganismos eficientes en diferentes porcentajes

Tabla 5. Análisis económico de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	Cacao + ME (s./kg)	Otros (s./kg)	Costo/kg (s/.)
T1 (0%)	0.200	0.224	0.424
T2 (0.5%)	0.225	0.224	0.449
T3 (1.0%)	0.251	0.224	0.475
T4 (1.5%)	0.275	0.224	0.499

Costo de la cascara de cacao es 0.20 soles, Otros: Melaza (1.5 soles), microorganismos eficientes (0.08 soles), melaza (1 sol), combustible (0.39 soles), bolsa (2.00 soles), cintas se seguridad (0.12 soles) y mano de obra (1.44 soles).

El costo de producción de estos ensilados es económico, como en el T1 (control) es 0.42, seguido T2 (0.5% ME) con 0.44, T3 (1.0% ME) con 0.47 y T4 (1.5% ME) con 0.49 soles/kg, respectivamente. A medida que se va incrementando el ME los costos de producción van en aumento directamente relacionado a los costos de los microorganismos eficientes, según (Garcés, et al, 2004), el ensilaje es un proceso utilizado principalmente en los países desarrollados; se estima que cada año se ensilan 200 millones de toneladas de materia seca en todo el mundo, con costos de producción que oscilan entre 100 y 150 dólares EE.UU. por tonelada. Según (Garcés et al., 2004), este costo incluye: tierra y cultivo (aproximadamente 50%), siega y polietileno (30%), ensilaje (13%) y aditivos (7%).

V. CONCLUSIONES

- Al evaluar el nivel nutricional del ensilado de la cáscara de cacao con la adición de niveles de microorganismos eficientes y diferentes tratamientos resultan ser un alimento de buena calidad nutritiva estando de acuerdo con la hipótesis planteada.
- Se logro determinar la composición química del ensilado de la cáscara de cacao con la adición de microorganismos eficientes a niveles de T3 (1.0% de ME) y T4 (1.5% de ME) resultan altamente nutritivos especialmente en los niveles de proteínas, energía y minerales específicamente el fósforo (P), (76.67% de humedad, 22.36% de materia seca, 1.97% de ceniza, 1.81% de proteína total, 7.24% de fibra total, 0.17% de grasa, 11.17% de extracto libre de nitrógeno y 938 kcal/kg de energía total.)
- Se determino la composición organoléptica y cualitativa del ensilado de la cascara de cacao donde el T3 (1.0% ME) es el que logra obtener mejores características organolépticas en cuanto al color, humedad y el nivel de pH.
- Al determinar el costo de producción del ensilaje de cáscara de cacao se obtuvo que el T4 (1.5% ME) es el que tiene mayor costo de inversión de 0.49 soles por kg de ensilaje.
- Se concluye que el T3 (1.0% de ME) fue el mejor, por mostrar mejores características químicas y organolépticas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Desarrollar otras investigaciones de ensilaje con cáscara de cacao con niveles diferentes de microorganismos eficientes y con mayor número de repeticiones.
- Utilizar los microorganismos eficientes en el proceso de ensilado de otros insumos alternativos para la aplicación del producto en la alimentación animal.
- Desarrollar otras investigaciones probando el ensilaje de cascara de cacao con la adicción de microorganismos eficientes en diferentes tipos de animales rumiantes.

VII. REFERENCIAS

- Agraria.pe. (2018). El 93% de la producción peruana de cacao se concentra en siete regiones. Revista de Agencia Agraria de Noticias.
- Barazarte, H. (2008). La cáscara de cacao. Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 64-70.
- Biosca, (2001). ¿Que son microorganismos eficientes? (en línea). Consultado 18 de setiembre de 2009. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=2008073113282aa6mgbr>.
- Caicedo W, Ferreira FN, Viáfara D, Guamán A, Sócola C, Pérez M, Díaz L, Ferreira WM. (2019). Evaluación química y digestibilidad fecal de cerdos en crecimiento alimentados con banano orito (*Musa acuminata* AA) fermentado en estado sólido. *Livestock Res Rural Dev* 31(11). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd31/11/orlan31170.html>.
- Caicedo, W., Caicedo, L. (2021). Características químicas y microbiológicas del ensilado de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) tratada con yogur natural. *Revista Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de San Marcos – Perú. Rev Inv*; 32(6): e21692 <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21692>.
- Calle, T. (2017). Utilización de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) fermentada en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento engorde. Ecuador. Tesis Ing. Zootecnia. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 88 p.
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>.
- Carvajal, D. (2019). Repositorio Institucional UCC: Intoxicación por teobromina en pequeños animales, una revisión a un problema frecuente. Recuperado el 22 de octubre de 2020, de <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/14061>.
- Cárdenas, J. V., Solorio, F. J., Sandoval, C. A. (2004). Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico Series manuales/UADY. Ediciones de la

Universidad autónoma de Yucatán Mérida. Yucatán, México: Series manuales/UADY.

Castro, L.; Murillo, M.; Uribe, L.; Mata, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas Fluorescens*, *Azospirillum Oryzae*, *Bacillus Subtilis* y Microorganismos de Montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soyatom ate bajo condiciones de invernadero. *Agron Costarric.* 39(3):21-36.

Chafra, A., Rodríguez, S., Boucourt, R. Torres, V. (2016). Caracterización bromatológica de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), procedente de siete cantones de la Amazonia, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 50, Number 2. p. 245-252.

DAMARCHI, J. 2004. *Produção e utilização de silagem EMPRAPA – CNPMS.* 544p.

FAO. (Organización d las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura), 2001. Uso de ensilado en el trópico [EN LINEA] [www.fao-sict.un.hn/practicas/014 cratyliia argentina.htm](http://www.fao-sict.un.hn/practicas/014_cratyliia_argentina.htm)13 sept. del 2003.

Garcés, Molina, Adelaida; (2004). *Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado.* Recuperado de <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/066-71%20Ensilaje%20como%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n%20para%20el%20ganado.pdf>

GROSS, F. 1969. *Silos y ensilados* Zaragoza, España, Editorial acribia. 136 p.

CHURCH, D.; POND, W. 1996. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.* México. Versión española de editorial Limusa S.A.

Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón (EEAITAJ). (2013). *Microorganismos eficientes (EM).* www.emuruguay.org. Setiembre 2013.

Estrada, J., Aranda, E. M., Pichard, G., & Henao, F. J. (2013). *Ensilaje de caña de azúcar integral enriquecido con porcinaza fresca.* *Revista Orinoquía.* 17, 38-49.

EM (2016). *Guía de la Tecnología de EM.* [En línea]: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>. Consultado 13 de agosto 2019.

- Franco, M., Ramírez, M., García, S., Bernal, M., Espinosa, B., Solís, J. & Durán de Bazúa, C. (2010). Reaprovechamiento integral de residuos agroindustriales: Cáscara y pulpa de cacao para la producción de pectinas. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 1(2), 45-66.
- Garcéz, A., Berrio, L., Serna De León, L., & Buile, J. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1.
- Higa, T. 2013. Reproducción de Microorganismos de Montaña - MM A2-02, 21. Retrieved from <http://ingenieroambiental.com/index.php?pagina=811>
- IDEAGRO. (2020). <https://www.ideagro.com/single-post/2018/11/20/-que-es-el-ensilaje>.
- Jornadas de Investigación encuentro Académico Industrial-JIAI (2018). Utilización de los subproductos del cultivo y procesamiento del cacao. Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, Caracas, Venezuela.
- La República (2019). Nuevos parámetros de cadmio afectan la exportación del cacao. *La República*. <https://larepublica.pe/economia/2019/07/06/nuevos-parametros-de-cadmio-afectan-exportacion-del-cacao-a-la-ue/> [Links]
- Loayza, K. (2020). Determinación de las condiciones óptimas de fermentación para la obtención de bioetanol a partir del hidrolizado ácido de la corteza del cacao (Theobroma cacao) proveniente de la industria cacaotera del ecuador” Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- Makinde OJ, Okunade SA, Opoola E, Sikiru AB, Ajide SO, Elaigwu S. (2019). Exploration of cocoa (Theobroma cacao) by-products as valuable potential resources in livestock feeds and feeding systems. In: *Theobroma cacao - Deploying science for sustainability of global cocoa economy*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.87871.
- Mayorga, S. (2016). Cinética de degradación ruminal, in situ y producción de gas in vitro de residuos de poscosecha Theobroma cacao L. Ensilado. Maestría en agroecología y ambiente. Universidad Técnica de Ambato, Uruguay.
- Mejía, L.A. y Argüello, O., 2000.- Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Publicaciones CORPOICA, Regional 7, Bucaramanga (Colombia).

- Merino M. (2013). Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon ccn- 51. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú.
- Mier, M. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Universidad de Córdoba.
- National Research Council. (2010). Módulo de Manejo de Cultivos Tropicales. Instituto Tecnológico Agropecuario Luis A. Martínez. pp. 10-14.
- Nisa K, Rosyida VT, Nurhayati S, Indrianingsih AW, Darsih C, Apriyana W. 2019. Total phenolic contents and antioxidant activity of rice bran fermented with lactic acid bacteria. IOP C Ser Earth Env 251: 012020. doi: 10.1088/1755-1315/251/1/012020 [Links]
- Parra, N., Henriquez, M., & Villanueva, S. (2018). Utilización de los subproductos del cultivo y procesamiento del cacao. Recuperado de <http://www.ing.ucv.ve>.
- Plua, J. (2008). “Diseño de una Línea Procesadora de cacao Artesanal (*Theobroma cacao*)”, Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del litoral, Guayaquil – Ecuador. p. 82.
- Salazar, C., & Rossana, C. (2020). Factores de éxito socio-ambiental del cultivo de cacao como alternativa productiva a los cultivos ilícitos en el municipio de San Andrés de Tumaco. Universidad Distrital. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11349/24960>.
- Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E. U. B. (2017). Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6 (4): 2133-2144.
- Savon, V., Idania, S. (2007). Factores anti nutricionales en recursos alimentarios tropicales para especies monogástricas. IX encuentro de nutrición y producción de animales monogástricos. Montevideo, Uruguay. p. 93
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020). Base de datos históricos [En línea]: SENAMHI, (<https://bit.ly/2SN5a66>, documento, 05 de febrero del 2020)

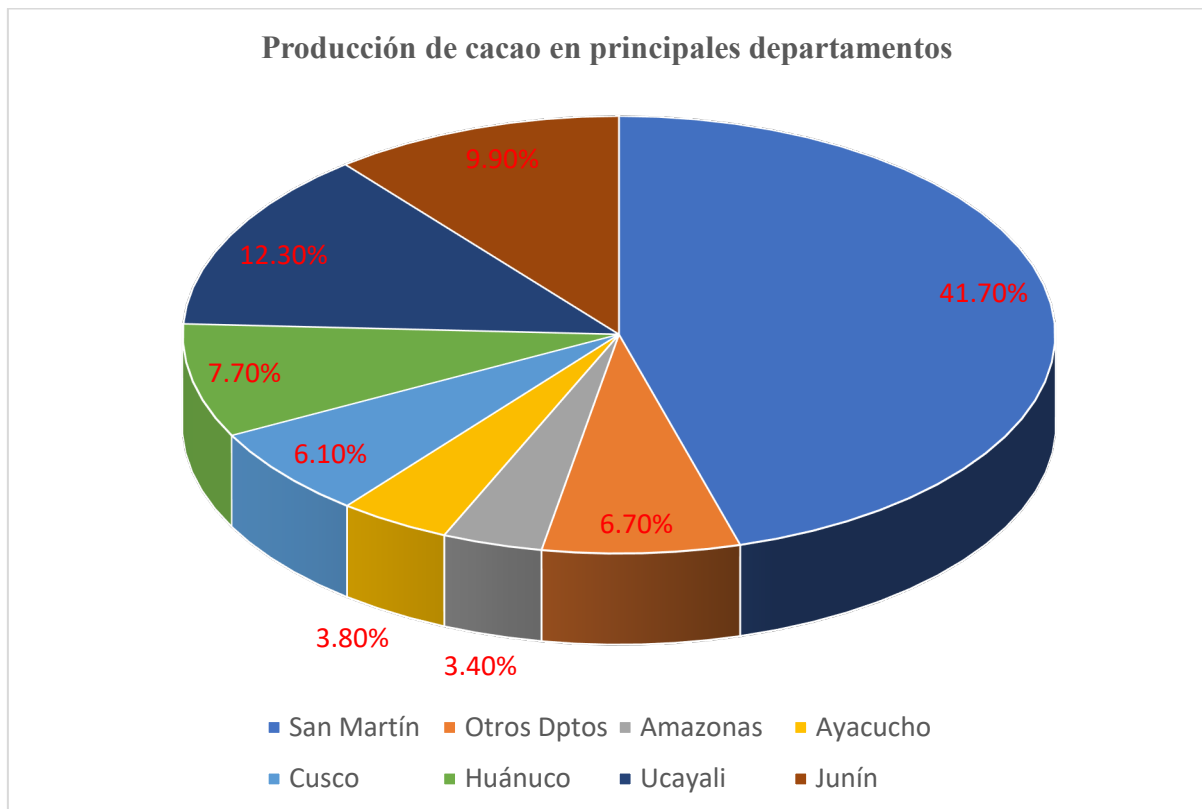
- Silva, A. (2016). Efecto de la ingestión de residuos pos cosecha de *Theobroma cacao* L. sobre el comportamiento productivo de cerdos en la fase de engorde. Tesis Ing. Agropecuario. Cevallos, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 53 p.
- Tene, C. (2015). Ensilado de maíz con adición de lactosuero y microorganismos eficientes, en el cantón palta. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Vallejo, C., Díaz, R., Morales, W., Soria, R., Vera, J., & Baren, C. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390- 8103., 51–58. Recuperado de <http://espamciencia.espam.edu.ec/index.php/Revista.ESPAMCIENCIA/article/view/116>
- VIEIRA DA CUNHA M. 2009. Conservação de forragem. Pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Doutotando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, p. 1-26.
- Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (2008). Cocoa. John Wiley & Sons

ANEXO

Anexo 1: Total de costos

EGRESOS

Detalles		CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Cascara De Cacao	Kg	60	0.2	12
Microorganismos Efic	Lt	1	80	80
Bolsa De Polietileno	Unidad	12	10	120
Balanza	Unidad	1	80	80
Balde	Unidades	4	8	32
Melaza	MI	250	0.006	1.5
Cuaderno	Unidad	1	2	2
Lapicero	Unidad	1	1	1
Mano De Obra	Jornal	1	200	200
Pasaje	Unidad	1	30	30
TOTAL				558.5

Anexo 2. Producción nacional de la producción de cacao**Figura 2.** Producción de cacao en los principales departamentos

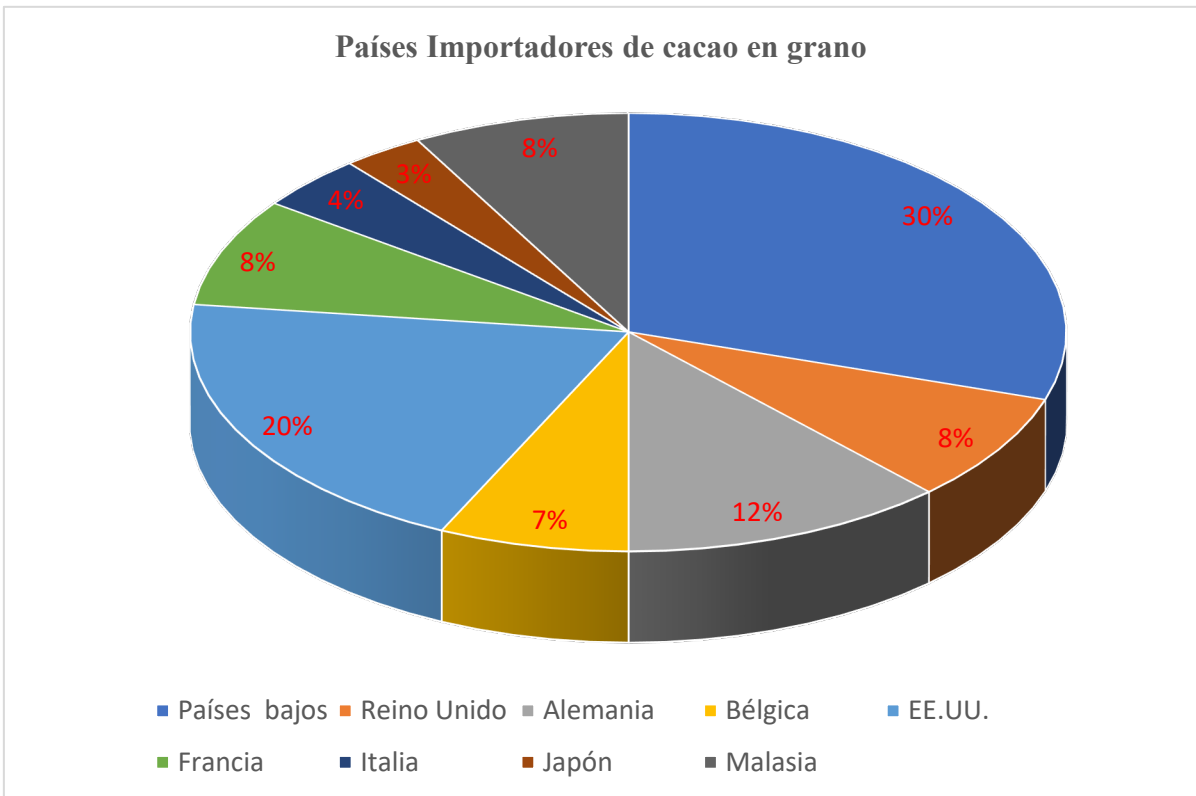


Figura 3. Países importadores de cacao en grano

Anexo 3: Subproductos que se pueden obtener del beneficio de cacao

Estudio	Parte del cacao	País	Resultados	Subproducto
Elaboración de alimento balanceado para pollo broiler a base de subproductos de cacao.	cáscara, cascarilla y placenta	Ecuador	Se pudo ver como los pollos alimentados con un alimento hecho con un 10% de cascara un 5% de cascarilla y un 5% de placenta que se le adicione a la comida tradicional dirigida para estos animales, mejoro la puntuación de las caracterizarias organolépticas de la carne proveniente de estos animales.	Alimento balanceado para pollos
E. de comportamiento mecánico a tracción de un material compuesto a partir de polietileno de baja densidad (reciclado) cargado con bagazo de cáscara de cacao	Bagazo de cáscara de cacao		Se preparó un material compuesto de matriz polimérica termoplástica, compuesta por polietileno de baja densidad como matriz y fibras de bagazo de cacao como refuerzo, estas se unieron por un mezclado mecánico y compresión a 190°C con una fuerza de 50 Kg/cm2 esto para conseguir un material que pueda generar un muy bajo impacto ambiental, dado que se concluyó que el agregado de bagazo decremento las propiedades mecánicas del compuesto	Material compuesto entre PEBD y fibras de bagazo
Cacao pod husks (Theobroma cacao L.): Composition and hotwater-soluble pectins	Mazorca de cacao	Brasil	Se analizó la composición de la Mazorca del cacao donde se encontró y se extrajo de 7,5-12,6% de pectina de este material, en donde la pectina tiene una alta concentración de acetilo lo cual mostro unas interesantes propiedades reológicas en las muestras	Extracción de pectina
Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea	Mucilago del cacao	Ecuador	Se elaboró una jalea a partir de este subproducto del cacao, la cual al final del estudio posee un pH entre 3,27 y 3,47 una acidez entre 0,52-1,18% y unos grados Brix entre 64-67 Brix, al final el producto presentaba un ligero olor a cacao, un gusto dulce y ácido ligero.	Jalea
Natural Skin-care Products: The Case of Soap Made from Cocoa Pod Husk Potash	Mazorca del cacao	Ghana	Se elaboró un jabón a partir de compuesto naturales tales como la mazorca del cacao y aceites vegetales sin refinar como lo es el aceite de palmiste, este jabón resultado suave para la piel tiene un valor de formación de espuma entre 200 a 300 ml y un pH de 10	Jabón natural
Extracción de compuestos con actividad antimicrobiana a partir de subproductos del cacao.	Mazorca del cacao	Colombia	Se obtuvo un extracto de la mazorca de cacao que mostro efectos bactericidas y bacteriostáticos para el Staphylococcus aureus y solo bacteriostático para el caso de Escharichia Coli.	Agente microbiano
Metodología para la elaboración de Pellets con subproductos de Café y Cacao	Cáscara de cacao	Colombia	El procedimiento para la elaboración de este producto, se realizó de manera artesanal, el cual no presento impedimento para el consumo por conejos, el cual al final con el agregado de 50% en cascara de cacao se puede tener un producto con mayor rendimiento	Alimentos para conejos
Caracterización físico-química de los lixiviados del cacao y café del litoral ecuatoriano, como potenciales fuentes de producción de bioetanol	Lixiviadro	Colombia	Se elaboró un tratamiento a base del lixiviado del cacao mezclado con Trichoderma SPP, para analizar si este podía reemplazar el actual tratamiento químico K3PO3 el cual ayuda a inducir la resistencia en la planta, al final aunque no se encontró una diferencia significativa entre las mazorcas sanas y el rendimiento se evidenciaron mejoras, lo cual se concluyó que podría tener un potencial uso en plantaciones pequeñas dado que es un tratamiento de menor costo .	Inductor de resistencia en plantas
Caracterización físico-química de los lixiviados del cacao y café del litoral ecuatoriano, como potenciales fuentes de producción de bioetanol	Lixiviado	Ecuador	Se determinó que el lixiviado tiene en promedio 19,6°Brix y 3,58 pH, de estos el 8,7 % en peso del lixiviado corresponde a azúcares reductores como monosacáridos y disacáridos los cuales son fácilmente fermentables.	Potencial para producir Bioetanol

Fuente: Prieto et al. (2018).