

Subproductos del cacao (*Theobroma cacao*) como alternativa para la mejora de la dieta balanceada en rumiantes

Cocoa (*Theobroma cacao*) by-products as an alternative to improve the balanced diet of ruminants

Os subprodutos do cacau (*Theobroma cacao*) como alternativa para melhorar a dieta balanceada dos ruminantes

A. E. García Villoslada¹, Y. N. Acosta Núñez¹, H. G. Terrones Campos¹, R. E. Carrasco Pacheco¹
J. L. Autukai Biktuk¹

RESUMEN

Se estima que la producción de cacao es de 4.7 millones de toneladas por año, de los cuales el 90% son residuos de desecho, tal como la cascara o cascarilla del cacao (CC). Estos subproductos agrícolas son fuente de compuestos nutritivos de interés para el sector de rumiantes. Los estudios realizados en esta materia han demostrado que tiene un alto porcentaje de proteínas, fibra, fenoles entre otros, que le otorgan propiedades nutraceuticas. La fibra presente en la CC tiene el potencial de absorción de aceites y colesterol, reduciendo de esta forma su biodisponibilidad durante la digestión. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue describir y analizar las propiedades nutritivas de los subproductos del cacao en la inducción de una dieta balanceada para animales rumiantes. El análisis se realizó mediante la búsqueda de la revisión bibliográfica (Scopus, Scielo) durante los meses de abril y mayo del 2022, se siguió las directrices de la declaración PRISMA y para establecer la cadena de búsqueda se utilizó los operadores boléanos. La evidencia actual sugiere la utilización de los subproductos del cacao como alternativa para la mejora de la dieta balanceada en rumiantes (bajo parámetros pertinentes), como materia prima alternativa no convencional en dietas destinados al sector de rumiantes por su aporte en proteínas y fibra que ayuda al engorde sin efectos perjudiciales al rendimiento de producción de leche.

Palabras claves: Subproducto agrícola, cascarilla de cacao, rumiantes, dieta balanceada, suplemento dietético.

ABSTRACT

Cocoa production is estimated at 4.7 million tons per year, of which 90% are waste residues, such as cocoa husks (CC). These agricultural by-products are a source of nutritional compounds of interest to the ruminant sector. Studies carried out on this matter have shown that it has a high percentage of proteins, fiber, phenols, among others, which give it nutraceutical properties. The fiber present in CC has the potential to absorb oils and cholesterol, thus reducing its bioavailability during digestion. Therefore, the objective of this research was to describe and analyze the nutritional properties of cocoa by-products in the induction of a balanced diet for ruminant animals. The analysis was performed by searching the literature review (Scopus, Scielo) during the months of April and May 2022, the guidelines of the PRISMA statement were followed and to establish the search string, the Boléan operators were used. Current evidence suggests the use of cocoa by-products as an alternative for the improvement of the balanced diet in ruminants (under relevant parameters), as a non-conventional alternative raw material in diets for the ruminant sector for its contribution in protein and fiber that helps fattening without detrimental effects on milk production performance.

Keywords: Agricultural by-product, cocoa husk, ruminants, balanced diet, dietary supplement.

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.72>

¹Facultad de ciencias aplicadas. Departamento de biotecnología. Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Jr. Ancash # 520, Bagua 01721, Amazonas, Perú; correo: agarcia@unibagua.edu.pe, yacosta@unibagua.edu.pe, hterrones@unibagua.edu.pe, rcarrasco@unibagua.edu.pe, jautukai@unibagua.edu.pe

RESUMO

A produção de cacau é estimada em 4,7 milhões de toneladas por ano, das quais 90% são resíduos, tais como cascas de cacau (CC). Esses subprodutos agrícolas são uma fonte de compostos nutricionais de interesse para o setor de ruminantes. Estudos realizados com este material mostraram que ele possui uma alta porcentagem de proteínas, fibras e fenóis, entre outros, o que lhe confere propriedades nutracêuticas. A fibra presente no CC tem o potencial de absorver óleos e colesterol, reduzindo assim sua biodisponibilidade durante a digestão. Portanto, a pesquisa sobre o potencial nutricional dos subprodutos do cacau para os ruminantes é de grande interesse. Esta revisão sintetiza os estudos encontrados sobre o uso desses subprodutos como suplemento de uma dieta equilibrada para o setor pecuário, caprino e ovino. As evidências atuais sugerem que ela pode ser usada estrategicamente sob parâmetros relevantes para evitar que seus componentes tóxicos prejudiquem os animais, como uma matéria-prima alternativa não convencional em dietas para o setor de ruminantes devido a sua contribuição em proteínas e fibras que ajudam a engorda sem efeitos prejudiciais ao desempenho da produção de leite.

Palavras-chave: Subproduto agrícola, casca de cacau, ruminantes, dieta balanceada, suplemento dietético.

INTRODUCCIÓN

El principal subproducto derivado de *Theobroma cacao* es su cáscara. Se produce de la separación del producto de interés agrícola (granos) del fruto, representando aproximadamente el 72.5% de su peso total (Carta et al., 2020). La industria que procesa los granos de cacao produce una cantidad significativa de desechos, estimado en 16 millones de toneladas de biomasa residual anual, conformado por el 80% de cada fruto de cacao incluidas las cáscaras de los granos de cacao, la espuma del cacao y las cascaras de las mazorcas del cacao (Vásquez et al., 2019). Gran parte del sector primario desecha estos subproductos en las etapas iniciales del procesamiento del grano de cacao, generando preocupación ambiental y social (Makinde et al., 2019).

La industria de animales rumiantes es una de las actividades predominantes en la región amazónica debido a que cualquier alteración en su sistema afectaría a la economía regional (INEI, 2012). Por lo tanto, resulta de vital importancia analizar los factores que inciden en el éxito de esta industria, siendo la alimentación una de ellas. Actualmente, la disponibilidad de alimentos nutritivos de origen vegetal para este sector es limitado, debido a la disminución de la tierra para la producción de forrajes y la deficiencia de nutrientes de los mismos (Godoy et al., 2021). En Australia demostraron que las pasturas no proporcionaban suficientes nutrientes para satisfacer los requerimientos dietéticos de los animales, siendo el 44% de los pastos nutritivamente deficientes (Knowles & Grace, 2016).

En Perú, la mayor parte de los rumiantes son criados al pastoreo y deben obtener sus nutrientes de los forrajes disponibles, que varían ampliamente por zona, altitud y época del año. Por lo que es necesario encontrar nuevos recursos potenciales para ser utilizados como alimentos alternativos que puedan

sustituir parte del forraje, sin la necesidad de incluir una dieta a base de agroquímicos (Porto de Souza Vandenberghe et al., 2022). Los subproductos agroindustriales proveniente del cacao representan una excelente alternativa como base en la elaboración de una dieta balanceada para esta industria (Makinde et al., 2019).

En la amazonia peruana, la producción de diferentes cultivos como el cacao, banana, coco, arroz, café, entre otros, generan subproductos no convencionales (cerca de 797, 56, 428 y 9 mil toneladas), podrían ser empleados para la alimentación de los animales rumiantes (Godoy et al., 2021).

Los subproductos del cacao poseen una gran cantidad de fibra con un valor nutricional, al respecto Alemawor et al. (2018) informaron que la cáscara de la mazorca de cacao tiene altos niveles de lignina (14 %), polisacáridos no amiláceos (NSP) similares a hemicelulosas (11 %), celulosa (35 %) y pectina (6 %), también pueden contener PSM tóxicos o antinutricionales, como alcaloides y flavonoides, pero en mínima cantidad (Alemawor et al., 2018; Vera et al., 2021; Okiyama et al., 2017; Adeyeye et al., 2019). Las técnicas comunes para aumentar su valor digestibilidad y el nivel de las vitaminas y minerales es la fermentación de las mazorcas de cacao, la cual se realiza usando microorganismos celulolíticos, mediante el uso de microbios que pueden degradar la fibra cruda porque tiene la capacidad de producir las enzimas lacasa y peroxidasa que pueden descomponerse y disolver la lignina contenida en los ingredientes de los piensos que actúan como fuente de energía para ganado (Alemawor et al., 2009).

Con base en lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue describir y analizar las propiedades nutritivas de los subproductos del cacao en la inducción de una dieta balanceada para animales rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones científicas publicados en materia de alimentos balanceados y su relación con

subproductos del cacao, siguiendo las directrices de la declaración PRISMA en la búsqueda de información y la selección de las mismas (Page et al., 2021; Moher et al., 2009). (Figura 1).

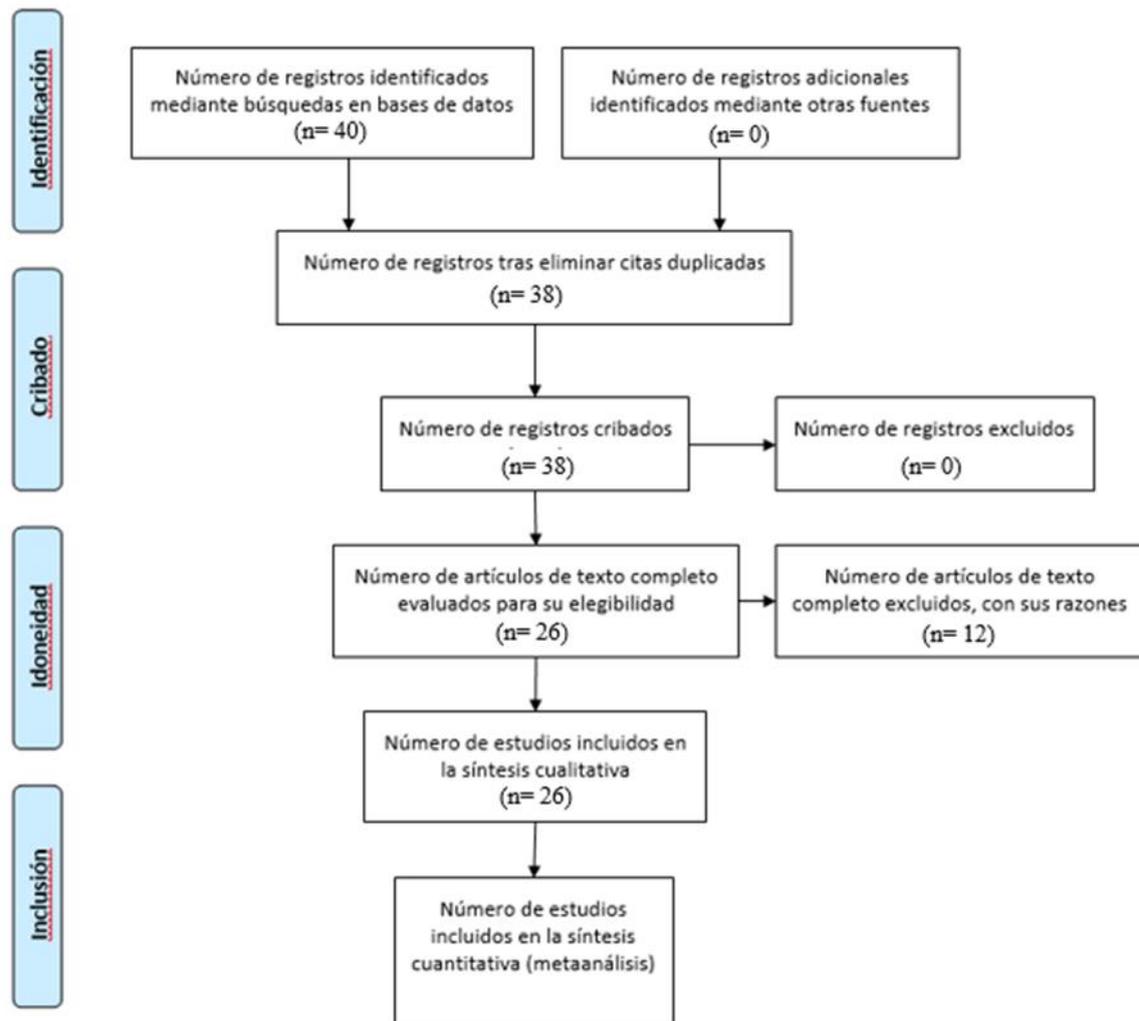


Figura 1. Diagrama de flujo prisma; fuente Moher, (2009)

Revisión bibliográfica

La revisión se realizó durante el mes de abril y mayo del 2022, mediante la utilización de los conceptos de “alimentos balanceados”, “subproductos del cacao” y “animales rumiantes”, se tuvo en cuenta las bases de datos Scopus y Scielo. Posteriormente se amplió la combinación, utilizando el operador booleano “AND”, según sea conveniente, de los términos “dieta de rumiantes”, “Alimentos balanceados”,

“subproductos del cacao”, “potencial nutracéutico del cacao” y “productos a base de cascara del cacao”. Los resultados de la búsqueda evidenciaron un número grande de artículos, muchos de ellos repetidos o poco adecuados para la revisión, sin embargo, nos brindó una visión general de la complejidad de la materia abordada.

Específicamente se obtuvo 23 resultados en Scopus, 14 en Google Académico y 13 en Scielo. Antes de proceder con la selección de los estudios, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de inclusión

- Que se encuentren la categoría de “artículos de investigación” y “libros”, mas no de manuales o tesis.
- Que aborde la dieta suplementada con cascara del cacao vinculada a la alimentación de rumiantes.
- Que hayan sido publicados dentro del parámetro de tiempo establecido (2015 al 2022), excepto los estudios que brinden datos históricos.
- Artículos que aborden a un subproducto del cacao vinculado a la suplementación dietética de los rumiantes en la industria agrícola.
- Que emplee un 95% de confiabilidad para el análisis de datos.

Criterio de exclusión

- Descartamos las investigaciones que consideren a otro tipo de animal que no sea rumiante.
- Los artículos que estudian a subproductos agrícolas, pero no incluyen al cacao.

Siguiendo los criterios determinados, y únicamente con la lectura de los títulos se tomaron en cuenta 38 artículos tras excluir aquellos estudios duplicados en las tres bases de datos. Se procedió a leer los resúmenes de cada investigación y, a partir de ello, se eliminaron 12, principalmente por enfocarse en alimentos balanceados de otros animales que no incluye a los rumiantes (n=6) y no incluye a los subproductos del cacao (n= 8).

Finalmente, 26 artículos cumplieron con los requisitos de inclusión, por lo que se seleccionaron para la revisión bibliográfica. Todos ellos abordaban a un subproducto del cacao vinculada a la suplementación dietética de los rumiantes en la industria agrícola. La mayoría ha empleado pruebas

estadísticas con un 95% de confiabilidad para el análisis de datos y se encuentra dentro del parámetro de años establecidos.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra los estudios recopilados en materia de subproductos del cacao en la alimentación de animales rumiantes, detallándose el método empleado y sus principales resultados. Gran parte de estas investigaciones han centrado su estudio en el efecto de los componentes químicos de la CC en parámetros específicos, como la producción de la leche y la composición de la misma incluyendo los metabolitos, el perfil de ácidos grasos en el contenido ruminal y de la leche, y en el aumento de peso total del animal. Los métodos empleados son diversos como el análisis químico proximal, análisis de fibra, y diversos tratamientos. Los resultados fueron favorables para sustituir a los piensos convencionales con alimentos suplementados con CC a niveles permisibles. Del mismo modo coincidieron en que este beneficio se ve limitado por los componentes tóxicos que presenta como los alcaloides y taninos.

Tabla1. síntesis de los artículos encontrados en materia de subproducto de cacao como suplemento en la dieta de los animales rumiantes

Subproductos del cacao

Estudio	País	Método de evaluación	Principales resultados
Hikmah et al. (2020)	Indonesia	Realizaron cuatro tratamientos de concentrado suplementado con CBS. Después de 3 meses se consideró los parámetros de peso corporal, corazón, bazo, rumen, intestinos, riñones y pulmones.	Presenta un efecto sobre el incremento del porcentaje de peso del bazo, hígado y riñones.
Godoy et al. (2020)	Perú	Emplearon 10 cabezas de ganado lactantes en un diseño cruzado elemental con dos etapas, la etapa de adaptación (11 días) y la etapa de medición (10 días) y dos tratamientos: Una mezcla de subproductos agrícolas no convencionales y suplementación convencional (MUABP) que incluye el pulido de arroz, harinilla de arroz, cascara de cacao y harina de coco.	El ganado bobino alimentada con MUABP, produjeron más leche que el ganado alimentado con el suplemento convencional.
Vera et al. (2021)	Ecuador	Análisis químico proximal y análisis de fibra.	Los desechos de la industria del cacao, tales como la cascara y cascarilla, pueden ser empleados como alternativas para la suplementación dietética para animales rumiantes.
Pereira, et al. (2018)	Brasil	Recolectaron el último día del período de recolección, 4 h después del suministro de alimento, para el posterior análisis de creatinina. El volumen urinario se estimó a partir de la excreción diaria promedio de creatinina en mg kg ⁻¹ y peso corporal (BW) día ⁻¹ y la concentración de creatinina (mg L ⁻¹) en la muestra de orina puntual). La concentración de creatinina en orina se estimó utilizando un kit comercial	El subproducto afectó la digestibilidad e incrementó el nivel de inclusión del subproducto en la dieta. El balance de nitrógeno se vio afectado negativamente por la inclusión de un 24 % de subproducto de cacao hasta un nivel de 16% para reemplazar el heno de pasto Tifton 85 en dietas para novillas lecheras.
Carta et al. (2022)	Italia	Los animales recibieron 2.580 kg/d por cabeza de una ración de mezcla total (TMR) y 100 g/d de cáscaras de soja (SH) como grupo control (grupo CON), o 50 g/d (grupo CH50) y 100 g/d (grupo CH100) de cascarilla de cacao. Los grupos de animales fueron homogéneos para (media ± SD) producción diaria de leche (1,8 ± 0,04 kg/d por cabeza), peso corporal (BW = 42,5 ± 1,1 kg), puntuación de condición corporal BCS (2,7 ± 0,01), días en leche (DIM = 120 ± 15 d), y paridad (3,1 ± 1,2).	La concentración de proteína en CH fue de 16,7 % sobre MS, de la cual 34,4 % representó la fracción C. La fibra detergente neutro fue 46 % MS y el extracto etéreo 5,6 % MS, donde predominó el ácido oleico (34,2 % de los ácidos grasos totales), seguido del esteárico (25,8 %) y palmítico (24,2 %).

Laconi et al. (2014)	Indonesia	Realizaron análisis de fracción de fibra proximal y de Van Soest en los tratamientos respectivos. A continuación, las vainas se sometieron a una vitroevaluación de la digestibilidad por incubación en medio tampón líquido ruminal, empleando un diseño de bloques completos al azar (n = 3 repeticiones). La evaluación de las vainas, se llevó a cabo alimentando a novillos Holstein jóvenes (peso corporal promedio de 145 ± 3,6 kg) con un diseño de cuadrado latino de 5×5 (n = 5 repeticiones).	El tratamiento con CPh incrementó el contenido de CP de la vaina en comparación con el control (p<0.05), mientras que otros tratamientos no lo hicieron. Todos los tratamientos dieron como resultado una disminución significativa (p<0,01) en el contenido de CF en comparación con la mazorca de cacao sin tratar.
Mancilla-Montelongo et al., (2021)	México	Se evaluaron hojas y cáscaras de tres variedades de T. cacao (AZT, CAL y CEY) en cuanto a su composición bromatológica, digestibilidad de materia seca in vitro y contenido de polifenoles. Los extractos de acetona:agua (70:30) de cada variedad vegetal se evaluaron mediante las pruebas de inhibición de eclosión de huevos y desenvainamiento larvario, utilizando dos aislamientos (FESC y PARAISO) de H. contortus .	Los extractos inhibieron el desenvainado de H. contortus L 3 más eficazmente que la eclosión de los huevos, y los extractos de hojas fueron más activos que los extractos de cáscara en la inhibición del desenvainado de L 3 .El aislado FESC fue más sensible a los extractos.
Renna et al. (2022)	Italia	Se asignaron grupos aleatoriamente a una dieta de control o experimental, con una relación de 55:45 de forraje a concentrado (F:C) sobre una base de MS. Las dietas experimentales se formularon siguiendo las recomendaciones del NRC. El grupo de control (CTRL) fue alimentado con heno mixto ad libitum y 1,20 kg/cabeza × día de un concentrado comercial granulado. El otro grupo (grupo CBS, Cocoa Bean Shell) recibió la misma dieta pero, durante el ordeño de la tarde, se reemplazaron 200 g de concentrado por CBS granulado.	La CBS utilizada en este ensayo, mostró concentraciones altas de PB (173 g/kg MS) y fibra, mientras que la concentración de EE fue relativamente baja (60,6 g/kg MS). El NE L del subproducto fue igual a 4.27 MJ/kg MS. Las dietas experimentales fueron casi isonitrogénicas (143 y 141 g/kg MS para las dietas CTRL y CBS, respectivamente) e isoenergéticas (5.31 y 5.15 MJ/kg MS para las dietas CTRL y CBS, respectivamente).

Subproductos del cacao

Campione et al. (2021)	Italia	Veinte ovejas Comisana lactantes multíparas (80 ± 8 días en leche), homogéneas para PC (65 ± 8 kg), fueron asignadas aleatoriamente a control (CTRL; $n = 10$) o cacao (CBS; $n = 10$) en grupo y confinados en varios corrales. Dentro de cada grupo, los animales se alojaron en tres corrales diferentes con camas de aserrín (dos corrales para tres animales y un corral para cuatro animales) donde siempre había agua disponible.	La fibra detergente neutra fue de 331 g/kg de MS y el extracto etéreo de 204 g/kg de MS, este último sujeto por el ácido oleico (39%). La CBS contenía 43,9 g/kg de MS de fenoles extraíbles totales, de los cuales 30,3 g eran taninos. En consecuencia, el concentrado de CBS se enriqueció con 5,20 y 3,64 g/kg MS de fenoles totales y taninos, respectivamente.
Godoy D et al. (2021)	Perú	Se utilizaron diez vacas lactantes en un diseño cruzado simple con dos períodos de 21 días (11 días de adaptación y 10 días de mediciones), y dos tratamientos: suplementación convencional (pulido de arroz) y una mezcla de subproductos agroindustriales no convencionales— MUABP	El ganado suplementado con MUABP produjo más leche (10,2 vs. 8,8 kg/ vaca/día) y la ganancia diaria de peso fue de 0,09 kg/día, mientras que con la suplementación convencional la vaca perdió -0,04 kg/día.
Núñez-Torres & Rodríguez-Barros, (2019)	Ecuador	La investigación trata de contribuir al conocimiento actualizado del uso de subproductos agrícolas, así como la implementación de sistemas alternativos en la alimentación y producción de rumiantes.	La formulación de dietas alimenticias en base a subproductos agrícolas, para la alimentación de rumiantes se presenta como una alternativa viable para optimizar la producción, la utilización y manipulación de las dietas en la alimentación de rumiantes disminuye la formación de gases efecto invernadero.

Carta et al. (2020)	Italia	Veinticuatro ovejas lecheras Sarda en lactancia media (DIM = 120 ± 15 d; paridad = $3,1 \pm 1,2$; media \pm DE) se asignaron aleatoriamente a 3 grupos experimentales (8 animales por grupo) homogéneos para (media \pm DE) producción de leche ($1,8 \pm 0,04$ kg/d por cabeza), BW ($42,5 \pm 1,1$ kg) y BCS ($2,7 \pm 0,01$). El estudio duró 8 semanas, con las primeras 3 semanas para la adaptación.	El β 2-valores promedio de globulina aumentaron con el tiempo (muestreo T0 contra T de muestreo2: 7,90 frente a 14,9 g/l;PAGS. $<0,0001$), mientras que la fracción de γ -globulina (anticuerpos circulantes) disminuyó con el tiempo (muestreo T0 contra T de muestreo2: 19,4 vs. 15,7 g/l;PAGS. $<0,0001$).
Vera et al. (2021)	Ecuador	Sabemos que la composición química de las muestras en base a materia seca a través del análisis proximal; Determinación de fibra (fibra detergente neutra FDN, fibra detergente ácida FDA y lignina detergente neutra LDA); Valor energético (energía bruta); y degradabilidad de la materia seca in situ en bovinos fistulados a nivel del rumen, utilizando animales de genética Brahman mestizos de $450 \text{ Kg} \pm 20 \text{ Kg}$ de peso vivo. Las muestras fueron incubadas dentro del rumen mediante bolsas de nylon, durante 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas.	Los resultados mostraron valores aceptables para la alimentación de bovinos en base al contenido de nutrientes, fibra, energía bruta y degradabilidad. En conclusión, los residuos de la producción de cacao (cascara, cascarilla y placenta de cacao) en las variedades (ARRIBA y CCN-51) pueden ser utilizadas como materias primas alternativas
Adeyeye et al. (2019)	Nigeria	La cáscara de la mazorca de cacao se recolectó y procesó mediante tratamiento con cenizas y fermentación del licor ruminal para formar una cáscara de mazorca de cacao procesada (PCHM). Se formularon tres dietas experimentales, en las que se incluyó PCHM al 0, 4 y 8 %, designadas como dietas 1, 2 y 3, respectivamente. Ciento ochenta pollos de engorde Arbor Acres de 1 día de edad se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos dietéticos. Se determinaron el rendimiento de crecimiento, la canal, el peso relativo de los órganos internos y los índices hemato bioquímicos. También se determinó el examen histológico de las muestras de hígado y corazón	Los resultados de la dieta concentrada sérica de glutatión peroxidasa y catalasa fue mayor (pag $<0,05$) en aves alimentadas con dietas que incluían PCHM en comparación con las alimentadas con la dieta de control. En aves alimentadas con las dietas 2 y 3, las variaciones histológicas observadas fueron marcada congestión vascular e infiltraciones de células inflamatorias perivasculares en el tejido hepático, entre otras.

Subproductos del cacao

Mariatti et al. (2021)	Italia	Esta revisión resume los procesos exitosos de extracción de polifenoles CBS y CPH que hacen uso de los métodos emergentes mencionados anteriormente. Además, la integración de nuevos paradigmas empresariales, en particular la economía circular y la industria 4.0, puede ayudar a lograr la sostenibilidad en la industria del cacao.	Se pueden asegurar beneficios ambientales y económicos, de acuerdo con los principios de la CE, mediante la implementación de tecnologías emergentes. UAE, HC, MAE, PEF, HVED, PLE, SWE y SFE podrían ser innovaciones clave para una producción más ecológica y rentable.
Omotoso et al. (2019)	Nigeria	El CPHM tratado con urea se preparó sumergiendo la vaina cruda molida en una solución de urea al 5 % en condiciones anaeróbicas durante 7 días, y se decantó y los filtrados se ensilaron más durante 28 días, se secaron y se reemplazaron con harina de cáscara de yuca en CCD a 0, 5, 7.5, 10, 12.5 y 15% en base parcial. Muestras de alimento se analizó la composición química y los datos generados a partir del estudio in vitro se sometieron a análisis estadístico en un experimento de diseño completamente aleatorizado.	Los resultados mostraron que la digestibilidad de la materia seca in vitro (IVDMD) aumentó con niveles crecientes de CPHM tratada con urea en las dietas. Con niveles crecientes de CPHM, CH tratados con urea la producción fue relativamente reducida en comparación con la dieta E. La energía metabolizable (5,66 Kcal/g) de la dieta F fue la más alta. Por lo tanto, la inclusión de CPHM tratada con urea al 15 % en los CCD tiene el potencial de mejorar la digestibilidad y reducir el CH ₄ producción en rumiantes.
Manis et al. (2021)	Italia	La dieta de los animales se formuló a partir de soja integrada con 50 o 100 g/d de cascarilla de cacao. Las muestras de leche se analizaron mediante un cromatógrafo líquido de ultra alto rendimiento acoplado a una plataforma de espectrómetro de masas de tiempo de vuelo (UHPLC-QTOF-MS).	El afectó de los niveles de metabolitos, mientras que las diferencias entre tratamientos fueron evidentes a la cuarta semana. La cáscara de cacao parece inducir cambios en el nivel de los metabolitos de la leche implicados en el metabolismo de la hormona tiroidea y la biosíntesis de ubiquinol-10.

Makinde et al. (2019)	Nigeria	Esta investigación es una revisión a los subproductos del cacao como recursos alimentarios tropicales potenciales en la alimentación animal y los sistemas de alimentación con miras a proporcionar una solución a los problemas de gestión de residuos asociados con las fábricas de procesamiento de cacao al tiempo que aumenta la productividad animal y reduce los costos de producción animal.	Los subproductos se han utilizado con éxito como alimento alternativo en la producción ganadera. Los subproductos del cacao muestran un gran potencial como un recurso de alimentación alternativo que puede reemplazar los ingredientes de alimentación convencionales utilizados en la nutrición animal.
Olugosi et al., (2021)	Nigeria	La harina de cáscara de mazorca de cacao se llevó a través de fermentación en estado sólido durante un período de 2 semanas utilizando <i>Rhizopus estolonífero</i> como su cultura inicial. Ciento ochenta conejos destetados sin sexar de 5 semanas de edad, 90 New Zealand White (NZW) y 90 Chinchilla (CHL), se asignaron aleatoriamente a tres tratamientos dietéticos, Dietas I, II y III (0 %, 12,5 y 25 % de FCPHM, respectivamente), y se dispusieron en un 2×Diseño factorial 3 de un diseño de bloques al azar.	En la ganancia de peso total y el índice de conversión alimenticia con la raza NZW alimentada con 12,5 % de FCPHM obtuvo valores más altos. La concentración de proteína total en suero fue significativamente influenciada por el tratamiento dietético, mientras que las concentraciones de alanina aminotransferasa, globulina y proteína total fueron significativas para la concentración de albúmina sérica.
Okiyama et al., (2017)	Brasil	En esta revisión se discute una caracterización y evaluación de la cáscara de cacao y sus biocompuestos, así como sus efectos en la salud, métodos para determinar los principales compuestos y aplicaciones recientes de este subproducto como ingrediente alimentario.	Los estudios han demostrado que este material tiene un alto contenido de compuestos fenólicos, demostrando tener una aplicación potencial como agente antioxidante.

Subproductos del cacao

Se evaluaron dos métodos de tratamiento, la suplementación con forraje y el tratamiento

Smith et al., (1988)

Nigeria

químico. La suplementación con *Gliricidia sepium* al 1,0 % del peso corporal de ganado alimentado con una dieta con un 50 % de vaina de cacao no arrojó resultados positivos. El consumo de alimento [4,6 vs. 4,8 kg de materia seca (MS) día⁻¹], la tasa de crecimiento (0,37 vs. 0,40 kg día⁻¹) y el alimento/ganancia (12,7 vs. 12,0) para el ganado control y de prueba fueron similares.

La digestibilidad en dietas a base de vaina de cacao aumentó ($P > 0,05$) del 45 al 55% (P, tratada) en ovejas y al 60% en cabras. Sin embargo, el consumo de alimento fue normal para las dietas que contenían vainas de cacao tratadas con P (67 y 61 g MS por kg W^{0.75} por día) para ovejas y cabras, respectivamente. Por lo tanto, la concentración de CPA para el tratamiento de la vaina de cacao no debe ser superior al nivel de P (35 g por 100 g), que corresponde en alcalinidad a 6 g de NaOH por 100 g.

DISCUSIÓN

Los subproductos industriales derivados del cacao se han convertido en una problemática con gran impacto, ya que, su eliminación poco adecuada es causante de un conjunto de cuestiones ambientales. Debido a ello la inclusión de nuevos métodos para la recuperación de compuestos de valor nutritivo de estos subproductos a conducido a fundamentales ventajas ambientales y económicas (Mariatti et al., 2021). Los desechos orgánicos de la industria del cacao son potencialmente ricos en compuestos biológicamente activos con propiedades nutracéuticas, como los polifenoles. (Galanakis, 2015).

La cascara de cacao (CC) es una excelente

alternativa como material de relleno en la fabricación de bloques multinutricionales, por su contenido en proteínas y fibras, y por poseer una alta palatabilidad para el ganado con nutrientes digestibles totales semejante al pasto. Godoy Padilla et al. (2020) demostraron que en comparación con los residuos agroindustriales sometidos a prueba la cascara de cacao fue el insumo con mayor aporte proteico lo que equivale al $21,8 \pm 1,34$ % de proteína cruda.

Resultados similares evidencio Godoy et al. (2021), donde demostraron que la CC contiene más proteína cruda (23,6 g/100 g del subproducto) en comparación a la harinilla de arroz (9, 2 g/100 g de harinilla de arroz), la cascara de coco (21,9 g/100 g del subproducto) y el arroz pulido (12,3 /100 g de arroz pulido). Cabe señalar que la combinación de estos tres elementos (MUABP) supera en gran medida a los suplementos convencionales, dado que la ganancia diaria de peso con el tratamiento MUABP fue de 0,09 kg/día, mientras que con el suplemento convencional se evidencio una pérdida de peso de -0,04 kg/día ($p=0,01$).

En el 2015 Laconi y Jayanegara, con el fin de obtener una mejor la calidad nutricional de la CC en la alimentación de rumiantes aplicaron tratamientos, siendo la CC con urea uno de los tratamientos que mejoraron significativamente la digestibilidad de materia orgánica y seca, por lo que concluyeron que el tratamiento con urea es eficaz para mejorar el potencial nutricional de la CC en la alimentación de animales rumiantes (Laconi & Jayanegara, 2015). De igual manera Omotoso, en el 2019 publicó un informe en relación al valor nutricional de los compuestos de la cascara de mazorca de cacao en rumiantes, cuyos resultados mostraron un significativo valor nutricional para este sector, beneficio que podría ser mejorado con el agregado de urea al 5% (Omotoso, 2019). Esto se ve fundamentado por el estudio publicado por el equipo de investigadores de Campione donde determinaron que la leche de ovejas alimentadas con CC poseen menos concentración de urea a causa de una distinta eficiencia en el uso de nitrógeno en el rumen, por lo que se requiere que se añada urea al suplemento, a fin de alcanzar los valores normales de urea que posee la leche (Campione et al., 2021). Por otro lado, Rena et, al. presentaron un artículo vinculado a la inclusión de cascara de grano de cacao en la dieta de

cabras lecheras, enfocando su estudio en el rendimiento de producción de leche y el perfil de ácidos grasos, y al igual que los investigaciones anteriores las cabras alimentadas con cascara de cacao mostraron una disminución del contenido de urea en su leche en comparación al grupo control, asimismo, demostraron que el tratamiento dietético no afecta el nivel de poliinsaturados totales, los ácidos grasos saturados, ácidos linoleicos conjugados totales y gran parte de los intermediarios de biohidrogenación ruminal (Renna et al., 2022). En cambio en la investigación publicado por Figueiredo y col demostraron que afecta negativamente a la digestibilidad de la proteína cruda, materia seca, la fibra detergente acida y la fibra detergente neutra, cuyos niveles decrecen a medida que se aumenta el niveles de inclusión de la CC en la dieta y al igual a los artículos anteriores el balance de nitrógeno se vio afectado de forma negativa cuando supera el 20% de subproducto de cacao, por lo que determinan que se puede sustituir la dieta a base de heno Tifton 85, si el porcentaje de CC no supera el 16% (Figueiredo et al., 2018).

La cascara de caco es una excelente fuente de compuestos fenólicos como las catequinas, que le otorgan propiedades bifuncionales. Diversos autores han estudiado la fracción poli fenólica de la CC, evidenciándose una alta variabilidad segun las condiciones de extracción. En el estudio de Campione y col la cantidad de polifenoles es 4,8 veces mayor que los valores encontrados por el equipo de investigación de Renna (Campione et al., 2021; Renna et al., 2022; Hikmah et al., 2020).

También, en el artículo de investigación de Manis y col, publicado en el 2021, se analizó el efecto de la inclusión de la cascara de cacao como suplemento dietético en los metabolitos presente en la leche de ovejas, encontrando que presenta un efecto bociógeno, pues se sabe que bajo estrés, la

Subproductos del cacao

concentración de la hormona tiroidea L-tiroxina sérica aumenta en el ganado, y la producción de leche tiende a disminuir, los componentes de la cáscara de cacao ayudan a disminuir los niveles de esta hormona en la sangre, para que la producción de leche no se vea afectada bajo estas circunstancias (Manis et al., 2021).

Por otro lado, gran parte de los artículos tomados en cuenta en esta revisión han coincidido en que el beneficio de la cáscara de cacao se ve limitado por su contenido de sustancias antinutritivas como los taninos y diversos tipos de alcaloides, incluida la teobromina (Hikmah et al., 2020). Elevados niveles de teobromina alteran el nitrógeno de la urea en el plasma del torrente sanguíneo del rumiante, sin embargo, en concentraciones bajas se convierten en excelentes antioxidantes, por tal motivo la Unión Europea ha establecido que para este sector el nivel máximo de teobromina en los piensos de animales debe ser 300 mg/Kg (Manis et al., 2021). Este factor es uno de los principales motivos por el que la investigación en esta materia se está enfocando en parametrizar dosis seguras de CC como sustituto parcial de los diferentes piensos convencionales para la industria (Carta et al., 2020; Campione et al., 2021).

CONCLUSIONES

La evidencia sugiere que la cascara del cacao como un subproducto derivado de la industria chocolatera se puede emplear estratégicamente bajo parámetros pertinentes para evitar que sus componentes tóxicos perjudiquen a los animales, como materia prima alternativa no convencional en dietas destinados al sector de rumiantes por su aporte en proteínas y fibra que ayuda al engorde sin efectos perjudiciales al rendimiento de producción de leche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adeyeye, S. A., Ayodele, S. O., Oloruntola, O. D., & Agbede, J. O. (2019). Processed cocoa pod husk dietary inclusion: Effects on the performance,

- carcass, haematogram, biochemical indices, antioxidant enzyme and histology of the liver and kidney in broiler chicken. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0096-8>
- Alemawor, F., Dzogbefia, V. P., Oddoye, E. O. K., & Oldham, J. H. (2009). Effect of *Pleurotus ostreatus* fermentation on cocoa pod husk composition: Influence of fermentation period and Mn²⁺ supplementation on the fermentation process. *African Journal of Biotechnology*, 8(9), 1950–1958. <https://doi.org/10.5897/AJB09.332>
- Campione, A., Pauselli, M., Natalello, A., Valenti, B., Pomente, C., Avondo, M., Luciano, G., Caccamo, M., & Morbidini, L. (2021). Inclusion of cocoa by-product in the diet of dairy sheep: Effect on the fatty acid profile of ruminal content and on the composition of milk and cheese. *Animal*, 15(6), 100243. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100243>
- Carta, S., Nudda, A., Cappai, M. G., Lunesu, M. F., Atzori, A. S., Battacone, G., & Pulina, G. (2020). Short communication: Cocoa husks can effectively replace soybean hulls in dairy sheep diets-Effects on milk production traits and hematological parameters. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1553–1558. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17550>
- Figueiredo, M. R. P. de, Saliba, E. de O. S., Barbosa, G. S. S. C., Lopes, F. C. F., Silva, F. A. e, Silva, C. R. da M. e, Nunes, A. N., & Figueiredo, M. C. P. de. (2018). Cocoa byproduct in diets for dairy heifers. *Cocoa Byproduct in Diets for Dairy Heifers*, 47. <https://doi.org/10.1590/rbz4720170126>
- Galanakis. (2015). Separation of functional macromolecules and micromolecules: From ultrafiltration to the border of nanofiltration. *Trends in Food Science & Technology*, 42(1), 44–63. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.11.005>
- Godoy, D., Gonzales, J., Roque, R., Fernández, M., Gamarra, S., Hidalgo, V., & Gómez, C. (2021). Use of unconventional agro-industrial by-products for supplementation of grazing dairy cattle in the Peruvian Amazon region. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 294. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02718-y>
- Godoy Padilla, D. J., Daza La Plata, R., Fernández Curi, L. M., Layza Mendiola, A. E., Roque Alcarraz, R. E., Hidalgo Lozano, V., Gamarra Carrillo, S. G., & Gómez Bravo, C. A. (2020). Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(2).

- Hikmah, H., Alam, G., Syamsu, J. A., Salengke, S., & Nahariah, N. (2020). The digestive and physiological visceral organs of male Bali cattle were fed with cocoa bean shell. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1), 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012063>
- Laconi, E. B., & Jayanegara, A. (2015). Improving Nutritional Quality of Cocoa Pod (*Theobroma cacao*) through Chemical and Biological Treatments for Ruminant Feeding: In vitro and In vivo Evaluation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(3), 343–350. <https://doi.org/10.5713/ajas.13.0798>
- Makinde, O. J., Okunade, S. A., Opoola, E., Sikiru, A. B., Ajide, S. O., & 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. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87871>
- Mancilla-Montelongo, M. G., Castañeda-Ramírez, G. S., Gaudin-Barbier, E., Canul-Velasco, M. L., Chan-Pérez, J. I., De la Cruz-Cortazar, Á., Mathieu, C., Fourquaux, I., Sandoval-Castro, C. A., Hoste, H., Ventura-Cordero, J., González-Pech, P. G., & Torres-Acosta, J. F. de J. (2021). In vitro Evaluation of the Nutraceutical Potential of *Theobroma cacao* pod Husk and Leaf Extracts for Small Ruminants. *Acta Parasitologica*, 66(4), 1122–1136. <https://doi.org/10.1007/s11686-021-00354-y>
- Manis, C., Scano, P., Nudda, A., Carta, S., Pulina, G., & Caboni, P. (2021). LC-QTOF/MS Untargeted Metabolomics of Sheep Milk under Cocoa Husks Enriched Diet. *Dairy*, 2(1), 112–121. <https://doi.org/10.3390/dairy2010011>
- Mariatti, F., Gunjević, V., Boffa, L., & Cravotto, G. (2021). Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102601. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102601>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264–269. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Núñez-Torres, O. P., & Rodríguez-Barros, M. A. (2019). Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de rumiantes ante el cambio climático. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(1), 24–37.
- Okiyama, D. C. G., Navarro, S. L. B., & Rodrigues, C. E. C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- Olugosi, O. A., Ogunribido, T., Agbede, J. O., & Ayeni, A. O. (2021). Effect of biologically upgraded cocoa pod husk meal on growth, serum and antioxidant properties of two rabbit breeds. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00454-1>
- Omotoso, O. B. (2019). Nutritional potentials and in vitro estimation of composite cocoa pod husk-based diets for ruminants. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0189-4>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Porto de Souza Vandenberghe, L., Kley Valladares-Diestra, K., Amaro Bittencourt, G., Fátima Murawski de Mello, A., Sarmiento Vásquez, Z., Zwiercheczewski de Oliveira, P., Vinícius de Melo Pereira, G., & Ricardo Socol, C. (2022). Added-value biomolecules' production from cocoa pod husks: A review. *Bioresource Technology*, 344, 126252. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126252>
- Renna, M., Lussiana, C., Colonna, L., Malfatto, V. M., Mimosi, A., & Cornale, P. (2022). Inclusion of Cocoa Bean Shell in the Diet of Dairy Goats: Effects on Milk Production Performance and Milk Fatty Acid Profile. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2022.848452>
- Smith, O. B., Osafo, E. L. K., & Adegbola, A. A. (1988). Studies on the feeding value of agro-industrial by-products: Strategies for improving the utilisation of cocoa-pod-based diets by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 20(3), 189–201. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(88\)90043-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(88)90043-0)

Subproductos del cacao

- Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Vera-Rodríguez, J. H., Jiménez-Murillo, W. J., Naula-Mejía, M. C., Villa-Cárdenas, U. J., Zaruma-Quito, F. A., Montecé-Maridueña, G. Y., Cabrera-Carreño, W. J., Zambrano-Valencia, F. N., & Astudillo-Ludizaca, C. M. (2021). Residuos de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 13(2), e839–e839. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.839>

