

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

16.

<b>FECHA</b>	viernes, 11 de febrero de 2022
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Ubatè
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Zootecnia

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Avila Rodriguez	Laura Elena	107666802

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Torres Sánchez	Erwin Giovanni

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 2 de 8</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

Potencial de co-productos derivados de los cultivos agrícolas más representativos de Colombia en alimentación animal

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

### AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO

04/02/2022

### NÚMERO DE PÁGINAS

47

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Co-productos	By-products
2. Nutrición animal	Animal nutrition
3. Analisis proximal	Proximal analysis
4. Componentes funcionales	Functional compounds
5. Cultivos agrícolas	Potential crops
6.	

### FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

*Emerald, Pubmed, Redalyc, y Science Direct, Scopus,*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 3 de 8</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

### RESUMEN

Uno de los problemas de los sistemas de producción animal es que abarcan gran parte de la producción de los cultivos agrícolas como fuente de energía y proteína, que paradójicamente podrían destinarse al consumo humano. La aplicación de la economía circular en el sector agropecuario es una estrategia que ayuda a mitigar este problema debido a que utiliza la biomasa derivada de su producción de forma más eficaz, utilizando los productos principales para el consumo humano y los co-productos como fuente de reciclaje que permiten reducir el desperdicio de alimentos y sirven a los sistemas de producción pecuaria (SPP). En este sentido, es importante destacar los cultivos con mayor potencial y crecimiento en Colombia como cacao, mango, aguacate, palma de aceite, y sacha inchi, pues son importantes para la economía del país. El objetivo de este trabajo de revisión es valorar los co-productos derivados de estos cultivos resaltando sus características nutricionales y su posible aplicación en alimentación animal. Se logró conocer efectos positivos en algunos parámetros zootécnicos productivos y reproductivos en las diferentes especies animales ya sean monogástricos y poligástricos. Después de hacer esta revisión y analizar se recomienda utilizar cualquier Co-producto derivado de los cultivos mencionados teniendo en cuenta algunos factores, brindando así una reducción de costos en la producción animal y proporcionando una mejora al medio ambiente.

**Palabras clave:** co-productos; nutrición animal; análisis proximal; componentes funcionales; cultivos agrícolas.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 4 de 8</b>

### Abstract

A main problems of animal production systems is that they cover a great deal of crops production as source of energy and protein, which, paradoxically, could be used for human consumption. The application of the circular economy in agricultural sector is a strategy that helps to mitigate this problem because it uses the biomass derived from its production more efficiently, using the main products for human consumption and by-products as source of recycling, and this allow to reduce the waste of food and contribute to livestock production. In this sense, it is important to foreground the crops with high potential and growth in Colombia like cocoa, mango, avocado, oil palm, and sacha inchi, because these are important for country's economy. The objective of this review work is to assess the co-products derived from these crops, highlighting their nutritional characteristics and their possible application in animal feed. It was possible to discover positive effects on some productive and reproductive zootechnical parameters in the different animal species, whether monogastric or polygastric. After reviewing and analyzing it, it is recommended to use any Co-product derived from the crops mentioned, taking into account some factors, thus providing a cost reduction in animal production and providing an improvement to the environment.

**Keywords:** By-products; Animal nutrition; Proximal analysis; Functional compounds; Potential crops.

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 5 de 8</b>

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		X
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.		X
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 6 de 8</b>

derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI**  **NO** .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 7 de 8</b>

Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 8 de 8</b>

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
Potencial de co-productos derivados de los cultivos agrícolas más representativos de Colombia en alimentación animal.pdf	TEXTO
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
TORRES SÁNCHEZ ERWIN GIOVANNI	
AVILA RODRIGUEZ LAURA ELENA	

21.1-51-20.



**Potencial de co-productos derivados de los cultivos agrícolas más representativos de  
Colombia en alimentación animal**

**Laura Elena Avila Rodriguez**

**Universidad de Cundinamarca  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Programa de zootecnia  
Ubaté, Colombia  
2021**

**Potencial de co-productos derivados de los cultivos agrícolas más representativos de  
Colombia en alimentación animal**

**Laura Elena Avila Rodriguez**

**Propuesta de monografía tipo investigación presentada como requisito parcial para  
optar al título de:  
Zootecnista**

**Director:**

**(Z., MSc., PhD(e)) Erwin Giovanni Torres Sánchez**

**Línea de Investigación:**

**Manejo de especies animales con potencial zootécnico**

**Grupo de Investigación:**

**GIZU Grupo de Investigación de Zootecnia –Seccional Ubaté**

**Universidad de Cundinamarca  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Programa de Zootecnia  
Ubaté, Colombia  
2021**

## Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract .....	2
1. Introducción .....	3
2. Justificación.....	6
3. Objetivos .....	7
3.1. Objetivo general.....	7
3.2. Objetivos específicos .....	7
4. Diseño metodológico.....	8
5. Resultados y discusión .....	9
5.1. Sacha inchi ( <i>Plukenetia</i> spp.).....	9
5.1.1. Aceite.....	10
5.1.2. Torta prensada.....	11
5.2. Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) .....	15
5.2.1. Cáscara.....	15
5.3. Palma de aceite ( <i>Elaeis guineensis</i> ).....	18
5.3.1. Torta de palmiste .....	18
5.4. Aguacate ( <i>Persea americana</i> ) .....	22
5.5. Mango ( <i>Mangifera indica</i> ).....	24
6. Conclusiones y recomendaciones .....	31
Bibliografía .....	33

## Resumen

Uno de los problemas de los sistemas de producción animal es que abarcan gran parte de la producción de los cultivos agrícolas como fuente de energía y proteína, que paradójicamente podrían destinarse al consumo humano. La aplicación de la economía circular en el sector agropecuario es una estrategia que ayuda a mitigar este problema debido a que utiliza la biomasa derivada de su producción de forma más eficaz, utilizando los productos principales para el consumo humano y los co-productos como fuente de reciclaje que permiten reducir el desperdicio de alimentos y sirven a los sistemas de producción pecuaria (SPP). En este sentido, es importante destacar los cultivos con mayor potencial y crecimiento en Colombia como cacao, mango, aguacate, palma de aceite, y sacha inchi, pues son importantes para la economía del país. El objetivo de este trabajo de revisión es valorar los co-productos derivados de estos cultivos resaltando sus características nutricionales y su posible aplicación en alimentación animal. Se logró conocer efectos positivos en algunos parámetros zootécnicos productivos y reproductivos en las diferentes especies animales ya sean monogástricos y poligástricos. Después de hacer esta revisión y analizar se recomienda utilizar cualquier Co-producto derivado de los cultivos mencionados teniendo en cuenta algunos factores, brindando así una reducción de costos en la producción animal y proporcionando una mejora al medio ambiente.

**Palabras clave:** co-productos; nutrición animal; análisis proximal; componentes funcionales; cultivos agrícolas.

## Abstract

A main problems of animal production systems is that they cover a great deal of crops production as source of energy and protein, which, paradoxically, could be used for human consumption. The application of the circular economy in agricultural sector is a strategy that helps to mitigate this problem because it uses the biomass derived from its production more efficiently, using the main products for human consumption and by-products as source of recycling, and this allow to reduce the waste of food and contribute to livestock production. In this sense, it is important to foreground the crops with high potential and growth in Colombia like cocoa, mango, avocado, oil palm, and sacha inchi, because these are important for country's economy. The objective of this review work is to assess the co-products derived from these crops, highlighting their nutritional characteristics and their possible application in animal feed. It was possible to discover positive effects on some productive and reproductive zootechnical parameters in the different animal species, whether monogastric or polygastric. After reviewing and analyzing it, it is recommended to use any Co-product derived from the crops mentioned, taking into account some factors, thus providing a cost reduction in animal production and providing an improvement to the environment.

**Keywords:** By-products; Animal nutrition; Proximal analysis; Functional compounds; Potential crops.

## 1. Introducción

Los alimentos de origen animal son necesarios para la seguridad alimentaria ya que aportan el 18% de las calorías y el 25% de la ingesta de proteínas en todo el mundo. Los impactos positivos que generan estos alimentos son muy importantes ya que son fuente de alimento de alta calidad (Kim et al., 2019). La proteína animal es un componente esencial de la nutrición humana, y uno de los mayores beneficios radica en la calidad y el contenido de aminoácidos esenciales que aporta (Di Paola et al., 2017), además del aprovechamiento de las heces y orina generados en su producción para uso agrícola (Kim et al., 2019). Actualmente, los rumiantes contribuyen con el 45% del suministro mundial de proteína animal, seguidos de los pollos de engorde (31%), los suinos (20%) y el pescado se estima un 16% (Kim et al., 2019).

Sin embargo, a nivel mundial alrededor del 75% de los aportes de nitrógeno que hace el ser humano se utiliza para la agricultura, y de este, el 30% se convierte en proteínas de origen vegetal para alimentar los sistemas de producción pecuaria (SPP); el restante 45% se libera al medio ambiente causando contaminación. Se estima que aproximadamente el 15% de la proteína de origen vegetal consumida por los SPP se convierte en proteína de origen animal para el consumo humano, y el 85% restante se desperdicia. Por este motivo, la producción de proteínas de origen animal es considerada altamente ineficiente (Di Paola et al., 2017).

Adicionalmente, los SPP intensivos se caracterizan por ser de gran escala, concentrados geográfica y altamente especializados. Se estima que entre el 40 y el 70% de los alimentos balanceados para alimentación animal se componen de cereales y legumbres que proporcionan niveles adecuados de energía y proteína, respectivamente (Di Paola et al., 2017). Para producir 1 kg de carne se requieren aproximadamente entre 2,8 y 3,2 kg de alimento balanceado (conocido como pienso o concentrado) en animales rumiantes y monogástricos, respectivamente. Adicionalmente, los SPP consumen alrededor de 6 mil millones de toneladas

de materia seca de estos cultivos al año (Kim et al., 2019). Entre 1993 y 2020 el crecimiento en el uso de cereales como alimento en SPP es de 1,4% anual, con tasas de crecimiento del 2,7% al año en los países en desarrollo, y del 0,7% en los países desarrollados (Wilkinson & Lee, 2017).

En consecuencia, los SPP acaparan una porción significativa de la producción de cultivos agrícolas que, paradójicamente, también podrían destinarse al consumo humano. Este problema se conoce como la gran paradoja alimentaria: ‘una gran parte de la producción de cultivos y alimentos se canaliza hacia la alimentación animal o los biocombustibles a pesar del hambre y la desnutrición a nivel mundial’. Además, el problema del uso de cereales y legumbres en alimentación animal sigue siendo controversial: por un lado, estos componentes son esenciales en el alimento balanceado pues con ellos se genera la mayor eficiencia productiva de los SPP intensivos; por otro lado, estos cultivos agrícolas no deben promoverse hacia su utilización en los SPP debido a la paradoja alimentaria (Di Paola et al., 2017; Mottet et al., 2017).

Por su parte, para mantenerse en el mercado las empresas innovan y crean constantemente una gran variedad de productos que son consumidos por el hombre, generando residuos que contribuyen con la contaminación ambiental. El concepto de economía circular en el sector agropecuario busca gestionar la biomasa derivada de su producción de forma más eficaz, reduciendo las pérdidas y el desperdicio de alimentos, utilizando los productos principales para el consumo humano, y los productos secundarios o co-productos como fuente de reciclaje que permitan ser incorporados en la cadena de producción y consumo de los SPP (Muscat et al., 2019). Recientemente, la bioconversión de residuos del procesamiento de alimentos en productos valiosos ha comenzado a recibir una atención cada vez mayor y, como resultado, los países industrializados están preparando políticas estratégicas para desarrollar una economía circular de base biológica (Rojo poveda et al., 2020). La economía circular tiene como objetivo dar el mayor aprovechamiento y valor a un elemento o materia prima que se deriva en el proceso

de producción en un circuito cerrado (Arroyo, 2018; Do et al., 2021). En este sentido, las acciones para gestionar y disminuir el uso de recursos naturales son prevenir, reutilizar, reciclar, recuperar y disponer (Do et al., 2021).

Así, el desafío para el futuro desarrollo de los SPP es garantizar que los alimentos potencialmente comestibles para los seres humanos no se utilicen en gran medida para alimentación animal. Es por esta razón que surge la necesidad de buscar alternativas alimenticias en los co-productos de origen vegetal como fuente no convencional de alimento en los SPP, pues conservan un alto valor nutricional, y además, esto contribuye con el medio ambiente, y la cadena agroindustrial en Colombia y en el mundo (Torres Sánchez et al., 2021). Se debe entonces buscar alternativas para minimizar esta problemática creciente, valorando co-productos disponibles localmente con el fin de darles uso estratégico y aprovechable, contribuyendo con la disminución de los costos asociados a la producción en los SPP y con el medio ambiente al reducir las huellas generadas de área para producción, uso de agua, y emisión de gases de efecto invernadero que se da en la producción pecuaria (Di Paola et al., 2017; Kim et al., 2019; Wilkinson & Lee, 2017).

Por su parte, los cultivos declarados de interés nacional para Colombia por su gran potencial de producción y exportación son cacao, mango, palma de aceite, aguacate y sachá inchi (Agronet, 2018; DAPR, 2018; Semana, 2018). En este sentido, la valorización de co-productos desde el punto de vista nutricional y funcional, y su posible uso en alimentación animal de los cultivos declarados de interés nacional por su gran potencial de producción y exportación es una estrategia relevante para contribuir con la sostenibilidad del sector agropecuario.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es hacer una revisión del estado del arte de los co-productos derivados de los cultivos agrícolas más representativos de Colombia y su posible uso en alimentación para los SPP

## 2. Justificación

Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos para todas las naciones fue reducir a la mitad el desperdicio de alimentos y reducir la pérdida de alimentos para 2030. La justificación radica en el hecho que el 12,5% de la población mundial para el período 2011-2013 padeció hambre crónica, con una alta incidencia en los países en desarrollo. La reciente preocupación por el tema del desperdicio de alimentos ha provocado que la comunidad científica y profesional actúe para descubrir y poner en práctica procesos, tecnologías y métodos de gestión que contribuyan con la reducción, reutilización y reciclaje de los desperdicios de alimentos y así preservar el medio ambiente, asegurar seguridad alimentaria y apoyar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios (Pojić et al., 2018).

Existe la necesidad de encontrar y establecer fuentes alternativas como co-productos de origen animal y vegetal puesto que poseen características nutricionales que se pueden aprovechar en alimentación animal, contribuyendo a disminuir la competencia de cereales con los seres humanos. Esto ayudará al medio ambiente ya que algunos estudios sugirieron que estas soluciones reducirían el uso general de la tierra, y las huellas generadas por la industria agropecuaria (Muscat et al., 2019).

En este sentido, Colombia debe empezar a aprovechar al máximo aquellos cultivos declarados de interés nacional por su gran potencial de producción y exportación, y trabajos de revisión que resalten la composición química de co-productos así como su potencial uso en alimentación animal son necesarios sirven como herramientas al pequeño y mediano productor para tomar decisiones, y contribuyen con la sostenibilidad del sector agropecuario.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Realizar una revisión sobre el estado del arte de los co-productos derivados de los cultivos agrícolas más representativos de Colombia como posible fuente de alimentación para los sistemas de producción pecuaria.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Valorar desde el punto de vista nutricional de algunos co-productos de los cultivos de mayor potencial para Colombia.

Identificar las oportunidades de los cultivos de mayor potencial para Colombia en alimentación animal.

#### 4. Diseño metodológico

La información bibliográfica fue recopilada mediante la revisión de investigaciones relacionadas con los cultivos de mayor potencial para Colombia, sus co-productos y su composición nutricional. Se utilizaron herramientas bibliográficas disponibles en la Universidad de Cundinamarca y Google como *Scopus*, *Emerald*, *Pubmed*, *Redalyc*, y *Science Direct*. La investigación fue realizada en inglés y español. Diferentes términos fueron utilizados, solos o combinados mediante conectores lógicos, tales como: co-productos, nutrición animal, cacao, mango, aguacate, palma africana, y sachá inchi.

Los criterios de selección de las investigaciones fueron el título y el resumen de la publicación. La literatura especializada fue seleccionada con base en lo encontrado preferiblemente durante los últimos cinco años, 2016-2021. Se utilizó un gestor bibliográfico Mendeley Desktop ver. 1,11. Los criterios para la inclusión de artículos fue la contribución de investigaciones en los temas para los que este artículo se ha estructurado: composición química de co-productos derivados de los cultivos potenciales en Colombia, y su uso en alimentación animal.

## 5. Resultados y discusión

Según (UPM, 2020) los subproductos agroindustriales son aquellos despojos sólidos o semisólidos originados en el hecho agrario. Estos pueden ser derivados de la recolección de un producto o procedentes de alguno de los eslabones de la industria.

Los co-productos agroindustriales generados durante el procesado de los alimentos constituyen una grave amenaza medioambiental cuando terminan acumulándose como residuos y se contribuye a una economía circular. Su reciclaje es una alternativa para dar de comer a los sistemas de producción pecuaria contribuiría a reducir el problema. Además, estos subproductos pueden mejorar la salud de los animales y la calidad de la carne y la leche (Jiménez, 2016).

Un estudio realizado por una organización internacional sin ánimo de lucro en pro de soluciones comerciales para la pobreza mediante un análisis cualitativo y cuantitativo, en alianza con empresas relacionadas con la agricultura colombiana, construyó un modelo de agricultura competitiva en el país con el objetivo de impulsar el sector y desarrollar al máximo sus capacidades. En el modelo se utilizaron dos variables principales: el atractivo comercial entendido como el potencial que tiene el producto en el mercado internacional, y el atractivo de producción entendido como las ventajas competitivas de la producción nacional. De acuerdo con este modelo, y con las oportunidades en materia productiva para los procesos post conflicto necesarios para consolidar el proceso de paz firmado en el año 2016 en el territorio nacional, los cultivos de interés nacional para Colombia son Sacha Inchi, Cacao, Palma de aceite, Aguacate y Mango (Agronet, 2018; DAPR, 2018; Semana, 2018).

### 5.1. Sacha inchi (*Plukenetia* spp.)

El Sacha Inchi (SI) (*Plukenetia volubilis*) es una planta originaria de la Amazonía. Sus frutos han sido un alimento tradicional en comunidades indígenas y rurales, y se conocen como

'sacha maní' o 'maní inca' (Muangrat et al., 2018; Wang et al., 2018). Las almendras de (SI) son reconocidas como un súper alimento gracias a su composición nutricional, siendo una excelente fuente de proteínas, aceite, minerales, fibra y vitamina E (L. Gutiérrez et al., 2017; Vanegas-Azuero & Gutiérrez, 2018). Los procesos de obtención de aceites a partir de semillas generan cantidades importantes de subproductos, los cuales son fuente valiosa de compuestos fitoquímicos valiosos. Por lo tanto, el interés por su valorización ha crecido significativamente en los últimos años (Gençdağ et al., 2020; Pojić et al., 2014), siendo cultivada en la mayor parte del territorio nacional como alternativa para la sustitución de cultivos de uso ilícito y generar trabajo decente en campesinos y excombatientes. Los principales subproductos del procesamiento del aceite del SI son la cascarilla y la torta obtenida del proceso de prensado (SIPC).

En el caso del sacha inchi, en Colombia se tienen sembradas plantaciones en la mayoría de los departamentos del territorio nacional gracias a su uso para la producción de aceite, que ha crecido significativamente debido a la demanda de aceites poliinsaturados de los mercados de alimentos funcionales y nutracéuticos (Sanchez-Reinoso et al., 2020; Wang et al., 2018). La principal aplicación dada a la almendra de SI ha sido la obtención de aceite, debido a su alto rendimiento (35-60%) y al elevado contenido de ácidos grasos esenciales de las familias omega-3 y omega-6, lo que ha incrementado su demanda nacional e internacional en los últimos años.

### **5.1.1. Aceite**

El fruto del sacha inchi está constituido por semilla y cáscara, que representan el 65-67% y 33-35% (p/p), respectivamente (Chirinos et al., 2016). El aceite de sacha inchi se obtiene mediante presión mecánica de las semillas, y es importante por su alto valor comercial gracias a sus propiedades nutricionales, siendo utilizado en aplicaciones culinarias y en productos cosméticos y nutracéuticos. El aceite de sacha inchi tiene valores promedio de ácidos  $\alpha$ -linolénico, linoleico, oleico, esteárico y palmítico de 53,6%, 33%, 7,5%, 2,3% y 3,7%,

respectivamente. Los valores de ácidos grasos saturados, ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son ~6%, ~8% y ~87%, respectivamente (L. F. Gutiérrez et al., 2019).

Tradicionalmente, el aceite de pescado se utiliza como fuente de lípidos en alimentos balanceados utilizados en acuicultura. No obstante, es necesario desarrollar nuevas alternativas para reducir la dependencia de la producción de peces de este tipo de aceite derivado de los peces obtenidos por captura. Se ha demostrado que la sustitución de aceite de pescado por aceite de sacha inchi en alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) no altera la tasa de crecimiento, independientemente del nivel de inclusión en la dieta (40-100%), ni el tiempo de inclusión (30-90 días). Además, las truchas son capaces de sintetizar PUFA de cadena larga como el ácido araquidónico, ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico a partir de PUFA presentes en el aceite de sacha inchi, y estos datos sugieren que el aceite de sacha inchi representa una solución viable para el reemplazo del aceite de pescado en la alimentación de salmónidos (Lima et al., 2019).

Adicionalmente, el reemplazo (~10%) de aceite de soya por aceite de sacha inchi en alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) aumenta los niveles de ácido linoleico, y así mejora la calidad lipídica de co-productos como cabeza, hígado y vísceras (M. da Silva et al., 2020), utilizados industrialmente para la fabricación de alimentos balanceados en los SPP.

### **5.1.2. Torta prensada**

Como es reconocido, la composición de las semillas oleaginosas varía de acuerdo con diferentes factores como por ejemplo la calidad de grado, el manejo del cultivo, el tiempo de cosecha y/o las condiciones de almacenamiento. En este sentido, la composición química de las tortas derivadas del proceso de extracción de aceite también varía según estos aspectos y del método de extracción. El prensado en frío y la extrusión por tornillo son los principales métodos

industriales para la extracción de aceite de las semillas de sachá inchi, siendo este último mejor en términos de rendimiento de extracción; tiene la desventaja de utilizar una temperatura mayor, que conlleva a concentraciones bajas de compuestos termolábiles, como los tocoferoles, por ejemplo (L.-F. Gutiérrez et al., 2011). La composición química de la torta prensada de sachá inchi incluye proteínas, carbohidratos, grasa, y cenizas, y se resume en la

El valor nutricional de SIPC sugiere que puede ser adecuado para su inclusión en la alimentación animal (Mendoza Ordoñez et al., 2019). En la alimentación de peces, la torta de sachá inchi ha sido evaluada en especies como *Myleus schomburgkii* (García-Ayala et al., 2012), y *Oreochromis sp.* (Miranda-Gelvez & Guerrero-Alvarado, 2015), y se ha demostrado que su inclusión hasta en 15% no compromete la supervivencia, el rendimiento del crecimiento ni la composición corporal.

El valor nutricional de SIPC sugiere que puede ser adecuado para su inclusión en la alimentación animal (Mendoza Ordoñez et al., 2019). En la alimentación de peces, la torta de sachá inchi ha sido evaluada en especies como *Myleus schomburgkii* (García-Ayala et al., 2012), y *Oreochromis sp.* (Miranda-Gelvez & Guerrero-Alvarado, 2015), y se ha demostrado que su inclusión hasta en 15% no compromete la supervivencia, el rendimiento del crecimiento ni la composición corporal.

**Tabla 1.**

*Composición proximal de la torta de sachá inchi (plukenetia spp.)*

<b>Componente</b>	<b>Concentración (%)</b>	<b>Referencias</b>
Materia seca	88 – 92	(Alcívar et al., 2020; Jagersberger, 2013)
Humedad	5 – 12	(Benítez et al., 2018; Mercado R. et al., 2015)
Proteína	33 – 59	(Mercado R. et al., 2015; Micanquer-Carlosama et al., 2020)
Carbohidratos	5 – 27	(Benítez et al., 2018; Mercado R. et al., 2015)

Grasa	5 – 26	(Alcívar et al., 2020; Benítez et al., 2018; Micanquer-Carlosama et al., 2020)
Cenizas	5 – 9	(Jagersberger, 2013; Mercado R. et al., 2015; Mondragón Tarrillo, 2009)

Por su parte, en alimentación de animales, se ha evaluado la torta de sachá inchi en alimentación de cuyes (Alban Moreta, 2016; Guevara V. et al., 2016), pollos de engorde y gallinas ponedoras (Arias Tituana, 2015; Reátegui-Inga et al., 2015), y bovinos de leche (Castelo Garcés, 2017). En la

se presentan los principales resultados al incluir co-productos de Sachá Inchi en alimentación animal.

## Tabla 2.

Uso de co-productos de Sachá Inchi en alimentación animal.

Especie	Condición inicial del Experimento	Co-producto	Tratamientos	Resultados principales	Referencias
Peces/ <i>Myleus schomburgkii</i>	n = 48; 168 días; peso: 26 g; talla: 10 cm.	Torta/ <i>P. volubilis</i>	Inclusión: 45, 55, 65, y 75%.	Inclusión de 55% (25 % proteína cruda) se obtienen ganancias de peso y talla de 60,7 g and 13,0 cm, respectivamente, sin diferencias entre tratamientos (P>0.05). La inclusión de sachá inchi presenta bajas tasas de crecimiento y altas mortalidades (60%) comparado con el tratamiento control (P<0.05).	(García-Ayala et al., 2012)
Pollos de engorde	n = 250; 28 días; peso: 45 g.	Semillas / <i>P. volubilis</i>	Inclusión: 0, 5, 10, 15, y 30%.	Posiblemente los factores nutricionales presentes en la semilla sin tratamiento térmico sean los responsables.	(Arias Tituana, 2015)

Peces/ <i>Oreochromis</i> <i>sp</i>	n = 144; 55 días; peso: 5.8 g.	Torta / <i>P. volubilis</i>	Inclusión: 0, 5, 10 y 20%.	Parámetros productivos son altos en las dietas con inclusión de sachá inchi en 0, 5 y 10%; la inclusión del 20% afecta negativamente la ganancia de peso, debido posiblemente a la palatabilidad de la dieta (P<0.05). Debido posiblemente a los glicósidos y saponinas, la inclusión de sachá inchi afecta (P<0.05) la estructura histológica del hígado, el perfil bioquímico de la sangre, y los parámetros productivos. En hembras, la inclusión de sachá inchi (4 y 6%) produce mayores pesos posts partos, ganancia de peso, número de crías nacidas y destetadas, además de estimular el consumo de alimento y generar alta rentabilidad económica, en comparación con la dieta control (p<0.01).	(Miranda-inchi & Guerrero-Alvarado, 2015)
Pollos de engorde/ Cobb 500	n = 150; 46 días; edad: 2 días de nacimiento.	Torta / <i>P. volubilis</i>	Inclusión: 0, 7, y 14%.		(Reátegui-Inga et al., 2015)
Cuyes	n = 40; peso: 663.5 g.	Semilla / <i>P. volubilis</i>	Inclusión: 0, 2, 4, and 6%.		(Alban Moreta, 2016)
Cuyes	n = 48; 42 días; peso: 615 g.	Semillas / <i>P. volubilis</i> ; and/or fish oil.	T0: control; T1: 1.0% aceite de pescado; T2: 4.0% semilla; y T3: 1.0% aceite de pescado + 4.0% semillas.	Los tratamientos con altas ganancias de peso fueron T2> T1> T3> T0, mostrando rendimientos productivos comparables con el uso de una dieta comercial (P<0.05).	(Guevara V. et al., 2016)

Bovinos/ crías de Holstein	n = 16; 60 días; peso: 181 kg.	Semillas / <i>P.</i> <i>volubilis</i>	Inclusión: 0, 5, 10 y 15%.	La inclusión de sachá inchi (5%) mejora la ganancia de peso y la relación costo/beneficio. No hubo afectaciones en la digestibilidad de los nutrientes, pero mejoro la digestibilidad de la energía bruta y se garantiza que es un alimento óptimo para cerdos. No se presentó diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) entre los tratamientos, según el análisis proximal se determinó que la SI contiene los requerimientos adecuados para cerdos criollos en etapa de ceba y un aprovechamiento de la FB (88,95; 81,41%).	(Castelo Garcés, 2017)
Cerdos criollos etapa crecimiento	n = 2 machos castrados; peso: 50 kg	Harina de la semilla <i>P.volubilis</i>	Inclusión: T1 0% y T2 de SI 15%		(Tipanquiza Aman & Tintin Clavijo, 2020)
Cerdos criollos etapa de ceba	N : 3 machos castrados; peso: 70 kg	Semillas con capsula <i>P.volubilis</i>	Inclusión: GC 0%; T2 10%; T3 20%		(Asitimbay, 2019)

En la mayoría de los estudios, los datos sugieren que su inclusión (<10%) tiene efectos beneficiosos sobre los parámetros de desempeño productivo, características organolépticas de las carnes derivadas y alta rentabilidad económica en comparación con las dietas de referencia comercial. Sin embargo, en otros casos su inclusión presenta bajas tasas de crecimiento, posiblemente debido a factores anti-nutricionales como glucósidos y saponinas presentes en las semillas, que pueden eliminarse mediante tratamiento térmico o adecuación previa a la incorporación en raciones para alimentación de SPP (Torres Sánchez et al., 2021).

## 5.2. Cacao (*Theobroma cacao*)

El cultivo de Cacao colombiano registró un nuevo récord en producción pasando de 60.000 toneladas producidas en 2019 a 63.000 en 2020, creciendo 6% en apenas un año

(González, 2021). En la actualidad, la producción de cacao se encuentra fuertemente concentrada en África (sobre todo en Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Nigeria, que comprenden el 63,2 %), Asia (principalmente Indonesia y Papúa Nueva Guinea, 17,4 %) y América Latina (Brasil, Ecuador, Perú, República Dominicana y Colombia, con un 14,1 % (Abbott et al., 2019).

### 5.2.1. Cáscara

La industria del cacao produce gran cantidad de subproductos en todo el mundo. Algunos de ellos se generan durante los procesos de cosecha y postcosecha, siendo uno de los más destacados es la cáscara de cacao, que representa el 70-75% del peso de la fruta (Campione et al., 2021). De hecho, solo el 10% del peso total del fruto del cacao se utiliza para su comercialización, mientras que el 90% restante son residuos o subproductos (Rojo poveda et al., 2020).

La composición química de la cascara de cacao con su respectiva concentración en los nutrientes y minerales como se presenta en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.**

*Composición química de la cascara de cacao en grano (CBS).*

<b>Componente</b>	<b>Concentración (%)</b>	<b>Referencias</b>
Proteína	12,0 – 18,0	(Campione et al., 2021)(Hani et al., 1981)
Humedad	4,79 – 7,44	(Hani et al., 1981)
Grasa	5,54 – 8	(Campione et al., 2021)(Hani et al., 1981)
Fibra dietética	19,0 – 60	(Campione et al., 2021)(Hani et al., 1981)
Ceniza	5,49 – 9,17	(Hani et al., 1981)(Aregheore, 2002)(Yoplac et al., 2021)
Proteína cruda	5,44 – 13,80	(Aregheore, 2002)(Yoplac et al., 2021)
Extracto etéreo	1,14 – 11	(Aregheore, 2002)(Yoplac et al., 2021)
Vitaminas		
A (g /100g)	14,5	(Campione et al., 2021)
B1 (g /100g)	1,6	(Campione et al., 2021)
B2 (g /100g)	52	(Campione et al., 2021)

B3 (g /100g)	8,3	(Campione et al., 2021)
C (g /100g)	43,9	(Campione et al., 2021)
Calcio (g /100g)	0,23 – 0,44	(Campione et al., 2021)
Fósforo (g /100g)	0,58 – 1,00	(Campione et al., 2021)
Magnesio (g /100g)	0,48 – 1,29	(Campione et al., 2021)
Potasio (g /100g)	1,25 – 1,82	(Campione et al., 2021)
Sodio (mg /100g)	16,00 – 192,20	(Campione et al., 2021)
Hierro (mg /100g)	27,60 – 80,50	(Campione et al., 2021)
Manganeso (mg /100g)	4,53	(Campione et al., 2021)
Cobre (mg /100 g)	2,35 – 6,62	(Campione et al., 2021)
Selenio (mg /100 g)	0,21	(Campione et al., 2021)
Cobalto (mg /100 g)	0,1	(Campione et al., 2021)
Zinc (mg / 100 g)	2,75 – 19,00	(Campione et al., 2021)
Cromo (mg /100 g)	0,67 – 4,86	(Campione et al., 2021)
Polifenoles (g/kg)	18 – 58	(Okiyama et al., 2017)
Teobromina (g/kg)	13	(Okiyama et al., 2017)
Ácido fítico (g/kg)	6	(Okiyama et al., 2017)

En Italia, se incluyó cáscara del cacao en la dieta de ovejas lecheras y se analizó su impacto sobre el perfil de ácidos grasos del contenido ruminal, la estructura de la leche y el queso. Se utilizaron 20 ovejas de raza Comisana, de las cuales el grupo control recibió concentrado comercial (800g/d/oveja) y el grupo experimental una dieta a base de cáscara de cacao (CBS) (116,7 g/kg MS) para reemplazar maíz y cebada. Los resultados demuestran que la CBS se puede proporcionar en la dieta de ovejas lactantes al no evidenciar efectos negativos en la producción de leche ni en su estructura (proteína y grasa). No obstante, se obtuvo menor concentración de nitrógeno en la leche afectando el valor nutricional del queso derivado, ya que se redujo la concentración de proteína, y aumentó la concentración de grasa (Campione et al., 2021).

En Indonesia, se incluyó cáscaras de cacao fermentado por *Pleurotus ostreatus* en la dieta de codornices de postura. Se utilizaron 200 aves distribuidas en 5 tratamientos con inclusión de cáscaras de cacao fermentado (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) en la dieta. Se evaluó el consumo del alimento, producción de huevos, masa y peso del huevo, conversión alimenticia, grasa y colesterol de la yema de huevo. Los resultados demuestran que el consumo voluntario de las

aves no se ve afectado al incluir hasta el 15% de cáscaras de cacao fermentado. Sin embargo, incluir hasta el 20% de cacao fermentado afecta negativamente el consumo de alimento, la producción de huevos, la masa de huevo, la conversión alimenticia, el colesterol y la grasa y yema de huevo (Nuraini et al., 2020).

En resumen, la cáscara de cacao es un subproducto de la industria del chocolate que se puede utilizar como alternativa alimenticia para reemplazar parcialmente los cereales tradicionalmente incluidos en la dieta de los rumiantes y animales monogástricos. Esto podría representar una estrategia para reducir la competencia de alimento, la contaminación ambiental y los altos costos de alimentación.

### **5.3. Palma de aceite (*Elaeis guineensis*)**

La palma de aceite es la especie oleaginosa más productiva del planeta: una hectárea sembrada produce entre 6 y 10 veces más aceite en comparación con otras oleaginosas. Colombia es el cuarto productor de aceite de palma en el mundo y el primero en América. Actualmente Colombia cuenta con 590.000 hectáreas sembradas y 478.000 hectáreas en producción (Fedepalma, 2021). El cultivo es muy importante para Colombia pues genera productos derivados que suplen las necesidades de un gran número de industrias, debido en parte a la demanda creciente de aceite a nivel mundial y al aumento de su uso para la producción de biocombustibles (Agronet, 2018).

#### **5.3.1. Torta de palmiste**

La torta de palmiste es un subproducto de alto valor en la nutrición animal que se obtiene a partir de la extracción por solventes del aceite de la almendra de la palma de aceite (La cabaña, n.d.). Se producen aproximadamente 3 millones de toneladas al año en el mundo. En Colombia se producen aproximadamente 60.000 toneladas de torta de palmiste al año. Esta torta se compone principalmente de carbohidratos y proteínas. Es rica en polisacáridos no amiláceos,

principalmente  $\beta$ -manan, que tienen uso restringido. Por consiguiente, se usa principalmente en la elaboración de alimentos para animales en producción como aves y ganado bovino (Dam, 2016, P.155).

**Tabla 4.**

*Composición química de la torta de palmiste.*

<b>Componente</b>	<b>Concentración (%)</b>	<b>Referencias</b>
Proteína	14 - 19	(Ismail et al., 2019)
Fibra cruda	15,7	(Siew, 1992)
Humedad	8,8	(FEDNA, 2015)
Ceniza	3,0 - 12	(Ismail et al., 2019)(Siew, 1992)(FEDNA, 2015)
Proteína cruda	16,1 - 17	(da Silva et al., 2020)(Siew, 1992)
Grasa	8,0 - 16	(Ismail et al., 2019)
Anergia	6,2	(Siew, 1992)
FDN	60	(da Silva et al., 2020)
EE	7,8	(FEDNA, 2015)
Extracto libre de N	63,5	(Siew, 1992)
Calcio	0,29 – 0,37	(Siew, 1992)(FEDNA, 2015)
Magnesio	0,27	(Siew, 1992)
Fosforo	0,63 – 0,79	(Siew, 1992)(FEDNA, 2015)

Se han desarrollado varios estudios sobre co-productos derivados de los cultivos de palma de aceite como la torta de palmiste y aceite de palma. Se ha demostrado que el suministro de torta de palmiste en corderos no afecta su rendimiento productivo (Freitas et al., 2017); en conejos se evidencia una mejora en su condición corporal (Ismail et al., 2019); en cabras se recomienda un suministro de hasta el 107,7 g/kg de materia seca, pues no presenta resultados negativos en parámetros productivos (L. O. da Silva et al., 2020); en bovinos machos se recomienda una inclusión de 24%, pues no se ve afectado su rendimiento (de Melo Lisboa et al., 2021); y en pollos de engorde se ha utilizado torta de palmiste y harina de raíz de yuca, mostrando ser efectiva para reemplazar granos tradicionales como el maíz (Aladi et al., 2021).

En la **tabla 5** se presentan estudios recientes en los cuales se evaluaron co-productos de palma de aceite en alimentación animal. Estos resultados demuestran que es posible el aprovechamiento de co-productos de la palma de aceite para alimentación animal, y así contribuir con la disminución de la dependencia de cereales y granos, que pueden ser aprovechados de forma directa por el ser humano.

**Tabla 5.**

*Uso de co-productos de palma de aceite en alimentación animal.*

Especie	Condición inicial del Experimento	Co-producto	Tratamientos	Resultados principales	Referencias
Corderos	n = 31; peso 20 ± 3,9 kg; días: 120	Torta de palmiste	Inclusión de 0%,10%,20% y 30% en la dieta.	Al suplementar hasta con 30% se evidencia reducción del consumo y aumento de la digestibilidad de forraje y materia seca. No se afecta negativamente el rendimiento de los animales. Es recomendable administrar torta de palmiste sustituyendo materias primas tradicionales pues no se afecta la salud del consumidor. Aumenta el peso significativamente durante las primeras 3 semanas sin ningún efecto secundario en los animales.	(Freitas et al., 2017)
Conejos	n = 4	Torta de palmiste	Inclusión del 25% y 35% en la dieta.	Se recomienda incluir hasta 107.7g/kg de materia seca en la dieta de cabras, pues mejora el rendimiento de la producción y no compromete los parámetros metabólicos o de	(Ismail et al., 2019)
Cabras	n=32;edad 1 año; peso inicial 24,70 ± 3,72kg	Torta de palmiste	Inclusión de 0,120,240 y 360 g/kg de materia seca		(L. O. da Silva et al., 2020)

Bovinos	n=40 bovinos castrados.	Torta de palmiste	Inclusión: T1 0%, T2 8%, T3 16% y T4 24%	<p>comportamiento. Así mismo, aumenta el contenido de fibra en la dieta y reduce la actividad enzimática en la sangre disminuyendo la probabilidad de daño hepático. No se presentan efectos negativos en cuanto al rendimiento productivo. Se recomienda incluir hasta el 24% de la materia seca.</p> <p>Se evidencia que la carne de pollos alimentados con dietas a base de FCP presentan mayor ternura; pollos alimentados con mezclas CSM-PKC presentan aún mayor ternura, en comparación con los demás grupos. La alimentación con FCP reduce la ganancia de peso corporal y el costo de alimento, se concluye que alimentar a los pollos de engorde con una mezcla fermentada en estado sólido de (CSM-PKC) puede reemplazar el maíz en las dietas para pollos de engorde.</p>	(de Melo Lisboa et al., 2021)
Pollos de engorde	n=120; edad 3 semanas	Torta de palmiste (FCP) y harina de raíz de yuca rallada	T1 maíz como fuente de energía; T2 (FCP) húmedo; T3 (FCP) secado al sol; T4 mezcla de torta de palmiste y harina de yuca (CSM-PKC) como remplazo del maíz amarillo.	<p>Se demostró que la mayor parte de la absorción de AG ocurre en el yeyuno, entre el 73% y 92%; en el íleon del 8% al 27%. Al reemplazar el (S) con (PFAD) se afecta el grado y sitio de absorción de los AG. Se evidencia una</p>	(Aladi et al., 2021)
Pollos de engorde	n=480; edad: 23 días	Aceite de palma P y soya S; destilado de ácidos grasos de palma PFAD	T1 dieta basal con 6% de las diferentes fuentes de grasas; T2 el S se incluyó al 6% y se agregaron cantidades crecientes de destilado de	<p>Se demostró que la mayor parte de la absorción de AG ocurre en el yeyuno, entre el 73% y 92%; en el íleon del 8% al 27%. Al reemplazar el (S) con (PFAD) se afecta el grado y sitio de absorción de los AG. Se evidencia una</p>	(Jimenez et al., 2021)

<p>ácidos grasos (AG) de palma (PFAD) en reemplazo del aceite de soya (S): (4% de S y 2% de PFAD), T3 (2% de S y 4% de PFAD ) y T4 (PFAD al 6%); T5 el P se incluyó al 6% como tratamiento control de PFAD.</p>	<p>relación directamente proporcional entre la edad y la absorción de AG. Para pollos de iniciación no es recomendable usar este subproducto; se recomienda su uso en pollos de 7 días de edad. El uso de PFAD no afecta la utilización de grasa por parte del animal, y se reducen los costos reutilizando y valorizando este subproducto.</p>
---	---

---

#### 5.4. Aguacate (*Persea americana*)

De acuerdo con la Corporación Colombia Internacional y la Organización de las Naciones Unidas, las exportaciones de aguacate alcanzaron un valor de US \$62,7 millones en 2018, registrando un crecimiento de 18% frente a 2017 (Montes, 2019). En las cifras entregadas por la FAO, Colombia ocupa la tercera posición con 545.000 toneladas producidas en 2019, precedido por República Dominicana con 692.000, y México, que es el mayor productor, con 2,17 millones (Minagricultura, 2020). Así mismo, el país mantiene esa posición en el total de área cosechada con 54.000 hectáreas, y la producción aumenta cada año a razón de 11%, como lo demuestra el registro entre 2019 y 2020 (Sanchez, 2021). El aguacate ocupa un lugar muy importante en la economía colombiana, y a su vez tiene un crecimiento en el mercado global, al ser un producto altamente demandando.

Según (Gomez, 2021), la producción de aguacate en España genera más de 2.000 toneladas de residuos de piel y semilla derivados de la elaboración de algunos subproductos como el 'guacamole'. Según lo descrito por (Barbosa et al., 2016), el aguacate se utiliza para realizar productos de valor agregado como puré y aceites. Estos productos utilizan solo la pulpa, dejando aproximadamente 148.000 toneladas de co-productos. La mayoría de colombianos

consumen aguacate, y escasamente reutilizan los desechos como son las semillas y cáscaras (Alvarez & Monsalve, 2019). Se estima que por cada millón de toneladas cosechadas, el 45% son residuos (Agriculturers, 2018), que generan problemas al medio ambiente. El exocarpo o piel del aguacate representa el 13% del peso total del fruto, la porción comestible denominada mesocarpio o pulpa un 72%, una fina capa interna que rodea la semilla correspondiente al endocarpo o cubierta de la semilla o hueso representa 0,3% y la semilla o hueso un 14,7% (Peláez, 2019). En la **Tabla 6** se presenta la composición química de la pulpa y la cáscara del aguacate.

**Tabla 6.**

*Composición química de pulpa y cascara de aguacate*

<b>Componente</b>	<b>Concentración (%)</b>	<b>Referencias</b>
<b>Pulpa</b>		
Materia seca (g/kg)	247	(de Evan et al., 2020)
Proteína cruda (g/kg)	71,9	(de Evan et al., 2020)
FDN (g/kg)	90,1	(de Evan et al., 2020)
FDA (g/kg)	62,9	(de Evan et al., 2020)
Extracto etéreo (g/kg)	640	(de Evan et al., 2020)
energía bruta (g/kg)	30,9	(de Evan et al., 2020)
Carbohidratos no estructurales (g/kg)	21	(de Evan et al., 2020)
<b>Cáscara</b>		
Proteína bruta	3,75 – 6,06	(Ceballos & Montoya, 2013), Araújo et al., 2018 & Aymacaña, 2018)
Grasa total	3,88 – 57,78	(Ceballos & Montoya, 2013) , Aymacaña, 2018 & Salmerón, 2014 )
Fibra bruta	18,93 – 51,49	(Ceballos & Montoya, 2013)(Araújo et al., 2018) (Ceballos & Montoya, 2013) , Aymacaña, 2018 & Salmerón, 2014 )
Cenizas	4,41 – 7,97	
Fosforo	0,13 – 0,20	(Ceballos & Montoya, 2013)
Calcio	0,0 – 0,2	(Ceballos & Montoya, 2013)
Magnesio	0,04	(Ceballos & Montoya, 2013)
Potasio	0,43 – 0,63	(Ceballos & Montoya, 2013)
Humedad total	64,30 – 79,77	(Ceballos & Montoya, 2013)
Ácidos grasos (100/g).		

C10:0	0,785	(de Evan et al., 2020)
C12:0	0,006	(de Evan et al., 2020)
C13:0	0,013	(de Evan et al., 2020)
C14:0	0,062	(de Evan et al., 2020)

Se han realizado estudios que demuestran los beneficios de la inclusión de co-productos de aguacate en alimentación animal. Recientemente, se realizó un estudio con 16 cerdos de engorde divididos en 2 grupos, el grupo control recibió una de harina de sorgo 83.7% y soya 12.9%, y el grupo experimental harina de sorgo 53.7%, harina de soya 12.9% y pasta de aguacate 30%, obtenida a partir de residuos molidos. Se encontró que la inclusión de pasta de aguacate disminuye el contenido de grasa intramuscular en la carne, y aumenta el contenido de ácidos grasos insaturados y tocoferoles. Adicionalmente, el aguacate protege los lípidos y las proteínas musculares de reacciones oxidativas, mejorando la calidad y vida útil de la carne (Hernández et al., 2016).

Igualmente, en España se han utilizado 12 cabras divididas en 2 grupos, el grupo control recibió una dieta de heno de alfalfa 40% y concentrado 60%, y el grupo experimental recibió una dieta de heno de alfalfa 40%, concentrado 40%, y un bloque multinutricional a base de pulpa, cáscara, y semillas de aguacate. Se encontró que la producción de leche no se ve afectada del grupo experimental. Adicionalmente, en este grupo la calidad de la leche tuvo un incremento en el nivel de ácidos grasos: oleico, linoleico y palmítico. No obstante, se evidenció menor consumo de la dieta experimental debido a una baja palatabilidad por la oxidación de los lípidos del aguacate (de Evan et al., 2020).

En este sentido, es necesario desarrollar estrategias como la adecuación de los co-productos del aguacate para inactivar enzimas endógenas que propicien el desarrollo de rancidez oxidativa, o evaluar distintos niveles de inclusión que no afecten la palatabilidad del alimento, y evaluar estas estrategias en alimentación de animales monogástricos y rumiantes.

### 5.5. Mango (*Mangifera indica*)

Los primeros 10 países productores acumulan el 83,1% de la producción de mango en el mundo, con India (38,6%) y China (11,8%) a la cabeza. Colombia participa con el 0,53% en la producción mundial ocupando la posición 21 entre 93 países productores, con una producción de 10,2 toneladas por hectárea (t/ha), superando el promedio mundial de 9,7 t/ha (Alba, 2017). Cundinamarca se mantiene como departamento líder en producción de mango con 50900 toneladas anualmente (Restrepo, 2012, pp.05).

Durante el procesamiento del mango a nivel industrial, para la elaboración de jugos, por ejemplo, se aprovecha una pequeña porción, y se desperdician cantidades considerables de cáscaras y semillas, que se estiman en 75.000 mega toneladas, en todo el mundo. Se ha encontrado que la cáscara constituye un 15-20% y la semilla entre 35-60% del peso total del mango (Rubiano et al., 2019, p.2).

Por otra parte (Sumaya et al., 2012, p.3) menciona que las cáscaras y la semilla o hueso del mango que pueden considerar desechos aprovechables como fuente de compuestos bioactivos, tales como pectina, polifenoles y manguiferrina en la cáscara, ácidos grasos poliinsaturados y compuestos de naturaleza fenólica con actividad antioxidante y antiinflamatoria en el hueso. En la **Tabla 7** se presenta la composición química de la cascara de mango.

**Tabla 7.**

*Composición química de la cascara de mango.*

Nutriente	Composición %	Referencias
Materia seca	21,9	(Guzmán et al., 2013)
Cenizas	0,5 – 3,58	(Guzmán et al., 2013)(Hincapie et al., 2014)(Rivera, 2020)
Materia orgánica	99,5	(Guzmán et al., 2013)
FND	40,1	(Guzmán et al., 2013)
FAD	17,4	(Guzmán et al., 2013)
Hemicelulosa	22,6	(Guzmán et al., 2013)

Extracto etéreo	3,68	(Hincapie et al., 2014)
Fibra cruda	18,35 -22,76	(Hincapie et al., 2014)(Rivera, 2020)
Proteína	3,51- 4,98	(Hincapie et al., 2014)
Carbohidratos	70,27	(Hincapie et al., 2014)
Humedad	5,31	(Rivera, 2020)
Energía (kcal/100g)	248,67	(Velderrain et al., n.d.)
Agua (g/100g)	10,5	(Velderrain et al., n.d.)
Lípidos (g/100g)	2,2	(Velderrain et al., n.d.)
Azúcares (g/100g)	34,38	(Velderrain et al., n.d.)
Almidón (g/100g)	29,8	(Velderrain et al., n.d.)
Fibra (g/100g)	12,5	(Velderrain et al., n.d.)
Calcio (mg/100)	60,63	(Velderrain et al., n.d.)
Hierro	12,79	(Velderrain et al., n.d.)

En un estudio realizado en España se demuestra que la utilización de cáscaras de fruta como aguacate y mango en la dieta, una mezcla homogénea de cascara, grano y pulpa de mango y aguacate, para alimentación de cabras en producción lechera, no afecta la fermentación ruminal de estos animales en comparación con una dieta control a base de heno de alfalfa, mostrando que se pueden incluir de forma segura estos residuos en estos rumiantes y contribuir con la reducción de la contaminación que estos residuos generan en el ambiente y de los costos de alimentación (Marcos et al., 2020).

## 5.6. Otros subproductos potenciales para alimentación animal

Se ha evidenciado que existe una gran variedad de co-productos ya sean derivados de cultivos promisorios o de algunas materias primas que pueden ser aprovechadas para el uso en nutrición animal. Por ejemplo, en ganado lechero se ha utilizado residuos agroindustriales con buenos resultados para la producción (Godoy et al., 2021); el salvado de arroz y melaza de caña de azúcar ha sido utilizado en bovinos doble propósito mejorando un 16% la producción de leche (Flores-Cocas et al., 2021); en gatos, la utilización de pulpa de remolacha ayuda a disminuir el consumo de alimento y reducir problemas asociados con obesidad en estos animales de

compañía (Rogues et al., 2020); en corderos, la adición de germen de maíz se hasta de 120g/kg de materia seca no afecta la calidad fisicoquímica de la carne (Nascimento et al., 2021). En la **Tabla 8** se presentan algunos estudios que evidencian el potencial del uso de co-productos diversos en alimentación animal.

**Tabla 8.**

*Utilización de otros co-productos en alimentación animal.*

Especie	Condición inicial del Experimento	Co-producto	Tratamientos	Resultados principales	Referencias
Ganado lechero en pastoreo	n = 10 vacas lactantes.	subproductos agroindustriales y residuos agrícolas como (cacao, palma, plátano, etc.)	Inclusión: T1 suplementación convencional (salvado de arroz) y T2 una mezcla de subproductos agroindustriales: salvado y harina de arroz, cáscara de cacao y harina de coco.	El grupo suplementado con residuos produjo más leche sin afectar su contenido de proteína, grasa o lactosa frente a los alimentados de forma convencional (10,2 vs.8,8 kg / vaca/día, (P<0,001).	(Godoy et al., 2021)
Bovinos doble propósito	n = 4 hembras multiparas	Salvado de arroz y melaza de caña de azúcar	Dieta experimental: melaza de caña de azúcar y salvado de arroz. Dieta control: sin suplementación. A todos los animales se les suministro Leucaena L. al 30%.	La suplementación utilizando una fuente de almidón solo o en combinación con azúcares, mejora la producción de leche (16%) y el uso de nitrógeno en la dieta, en vacas de doble propósito alimentadas con altos	(Flores-Cocas et al., 2021)

Gatos	n=109	Pulpa de remolacha, fibra de caña de azúcar	Dietas con 4% de pulpa de remolacha azucarera, como fuente de fibra. Inclusión de fibra de caña de azúcar: T1:0% 3.7%, 5.5% y 7.3%.	niveles de <i>L. leucocephala</i> . Al agregar fibra de caña de azúcar al 7,3% no se altera la palatabilidad, y disminuye la ingesta voluntaria de alimento en felinos. La fibra de caña de azúcar puede ser útil en los programas de control y pérdida de peso. Se puede utilizar hasta 120g/kg de MS en la dieta de corderos en fase de engorde sin causar alteraciones negativas en la calidad, composición fisicoquímica y los atributos sensoriales de la carne. Permite también reducir la ingesta de MS mejorando la eficiencia alimenticia y aporta mayores concentraciones de PUFA en la carne destacando el A. linoleico beneficiando la salud humana. El grupo experimental aumento en	(Rogues et al., 2020)
Cordero	n=40; edad: cuatro meses; peso corporal inicial (BW) de 22.1 ± 4,0 kg	Germen de maíz entero	Inclusión de 0,30,60,90,120 g/kg de maíz entero.	Permite también reducir la ingesta de MS mejorando la eficiencia alimenticia y aporta mayores concentraciones de PUFA en la carne destacando el A. linoleico beneficiando la salud humana.	(Nascimento et al., 2021)
Bovinos	n= 10 vacas multíparas	Salvado y harina de arroz, cascara	T1 suplementación convencional con salvado de arroz;	El grupo experimental aumento en	(Godoy et al., 2021)

de cacao y harina de coco	T2 una mezcla de subproductos agroindustriales no convencionales: salvado y harina de arroz, cascara de cacao y harina de coco.	15% la producción de leche sin alterar su composición química: proteína, grasa y lactosa en comparación con la dieta convencional.
------------------------------	---	--

---

También, es posible utilizar co-productos y desperdicios derivados de la industria como productos de panadería, confitería, torta de arroz y pasta (Giromini et al., 2017). Según estudios preliminares, estos co-productos son materias energéticas con un alto contenido mayor de almidón y grasa que el reportado en granos de cereales convencionales, y pueden considerarse como ingredientes nutritivos no convencionales para la alimentación de animal.

Por su parte, algunos co-productos han sido evaluados en cerdos con resultados prometedores. Por ejemplo, el uso de moringa (*Moringa oleifera*) en alimentación (0, 4 y 8 %) de cerdas Landrace en periodo de lactación demuestra que no se altera el rendimiento productivo, y aumenta la proteína en el calostro. También, se demuestra que el uso de moringa disminuye el tiempo del parto y el número de mortinatos, y aumenta el número de nacidos vivos. En los lechones se evidencia efectos positivos sobre los índices antioxidantes y bioquímicos en sangre, lo que significa mejores parámetros productivos (Sun et al., 2020).

En Suiza, país pionero en producción orgánica, se ha demostrado que el uso de dietas a base de ingredientes orgánicos como cebada, avena, torta de soya, torta de colza y habas, con inclusión de leche en polvo, lisina producida fermentativamente o proteína de papa convencional mejora la ganancia de peso y conversión alimenticia de lechones destetados. También, se demuestra que presentan menor incidencia en diarreas en comparación con dietas convencionales, mostrando que es posible utilizar productos orgánicos para la producción pecuaria, y contribuir con la sostenibilidad ecológica (Quander-Stoll et al., 2020).

También, se ha evaluado el efecto de la inclusión de fibra dietética (harina de maíz, soya y pulpa de remolacha azucarera) durante la última etapa de la gestación y la lactancia en cerdas, así como la salud intestinal de los lechones. Se demuestra que la dieta a base de pulpa de remolacha es eficiente para mejorar la calidad de la leche, el rendimiento en crecimiento y la función de barrera intestinal, disminuyendo la inflamación intestinal en lechones, en comparación con la dieta de harina de maíz y soya (Shang et al., 2019).

Finalmente cabe destacar el uso de pulpa de naranja o harina de algarrobo, 75 o 150gr/kg respectivamente, en dietas para cerdos en fase de ceba. Los resultados demuestran que los animales alimentados con dietas a base de subproductos fibrosos presentan menores cantidades de emisión de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (Beccaccia et al., 2015), contribuyendo con la disminución de gases de efecto invernadero.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

Los productos de interés nacional para Colombia tienen ventajas comparativas como una alta producción. Pese a los esfuerzos de los campesinos por su aprovechamiento en el mercado nacional e internacional, muchos de estos productos se pierden por diversos motivos. Uno de ellos, pero no es el único, es el mal estado de las vías terciarias y el retraso en su construcción, pues como corredores viales son uno de los factores que más afectan el avance del país, y así lo demuestran las mediciones sobre la competitividad de Colombia del Foro Económico Global. En la literatura sobre desarrollo económico y rural se ha demostrado, en diversos países y regiones del mundo, los beneficios de la infraestructura vial para el progreso de los habitantes del campo (Perfetti, 2019).

Se determinó los cultivos de mayor potencial en Colombia son la palma de aceite, el cacao, el mango, el aguacate y sacha inchi de los cuales se obtienen co-productos como la torta de palmiste, la cascara de mango y aguacate, la torta de sacha inchi y la cascara de cacao, demostrando que presentan valores nutricionales óptimos para la alimentación animal y al mismo tiempo aportando positivamente en algunos parámetros zootécnicos como ganancia de peso, aumento en la producción de leche, mejores índices reproductivos y una de las más importantes es la reducción de costos de producción sabiendo que es uno de los más altos con respecto a la alimentación tradicional, definiendo así estos desechos como una alternativa para mitigar daños ambientales al darles un segundo uso y completar lo que se denomina economía circular.

En este sentido, existe una gran necesidad de encontrar y establecer fuentes alternativas de subproductos de origen animal y vegetal pues poseen características nutricionales que pueden ser aprovechados para ser utilizados en alimentación animal y así contribuir eficientemente en reducir la competencia por granos y cereales para alimentación animal y la alimentación de los seres humanos. Todo esto ayudará al medio ambiente, pues existen estudios

que ofrecen soluciones que permiten reducir el uso general de la tierra (Muscat et al., 2019). Cabe recalcar que estas alternativas alimenticias contribuirán en gran medida a la reducción de costos sabiendo que la alimentación de en los SPP representa alrededor del 60 al 70% del costo de producción, lo que evidencia la necesidad de trabajar en la optimización de la misma (Anim, 2017).

Se requieren futuras investigaciones centradas en la aplicación de varias clases de tratamientos que permitan el acondicionamiento de co-productos con potencial para su inclusión en alimentación animal, y evaluar si estos procesos permiten mejorar la palatabilidad y conservación de estos productos como fuente de alimento de los SPP. El reconocimiento del potencial agropecuario de Colombia permitirá contribuir con disminuir la paradoja alimentaria y disminuir los impactos ambientales generados por los diferentes SPP.

## Bibliografía

- Abbott, P., Benjamin, T., & Burniske, G. (2019). *Cacao en Colombia. IV*.  
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/99089>
- Agriculturers. (2018). *Que se esta haciendo con los residuos del aguacate?*  
<https://agriculturers.com/que-se-esta-haciendo-con-los-residuos-de-palta-o-aguacate/>
- Agronet. (2018). *¿Cuáles cultivos tienen mayor potencial en Colombia?*  
<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/¿Cuáles-cultivos-tienen-mayor-potencial-en-Colombia.aspx>
- Aladi, N. O., Nwafor, E. J., Odoemelum, V. U., Emenalom, O. O., Okoli, I. C., & Okeudo, N. J. (2021). Performance, carcass, and organoleptic scores of broiler chickens fed diets containing wet or sun-dried fermented mixture of grated cassava roots and palm kernel cake as replacements for maize. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2).  
<https://doi.org/10.1007/s11250-021-02687-2>
- Alba, I. (2017). *Del cómo hacer, al saber hacer en el cultivo de mango en Colombia - 11 de agosto de 2017*. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Del-como-hacer,-al-saber-hacer-en-el-cultivo-de-mango-en-Colombia---11-de-agosto-de-2017.aspx>
- Alban Moreta, L. A. (2016). *Utilización de diferentes niveles (2, 4y 6%) de semilla de Plukenetia volubilis (Sacha inchi), en cuyes en la etapa de gestación - lactancia*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Alcívar, J. L., Pérez, M. M., Lezcano, P., Scull, I., & Valverde, A. (2020). Technical note on physical-chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cake. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(1), 1–5.
- Alvarez, D., & Monsalve, A. (2019). Impactos sociales, ambientales y económicos a través de la producción, comercialización y exportación de aguacate Hass en el Oriente Antioqueño (Colombia). *Esumer*, 91.  
[http://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/1373/2/Esumer\\_aguacate.pdf](http://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/1373/2/Esumer_aguacate.pdf)
- Anim, S. A. (2017). *Los costos de la alimentación en la producción pecuaria*  


---

 \_\_\_\_\_. 4(2), 93–94. [http://www.scielo.org/bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2\\_a01.pdf](http://www.scielo.org/bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a01.pdf)

- Araújo, R., Rodríguez, R., Ruiz, H., Pintado, M., & Aguilar, C. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 80(October 2017), 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Aregheore, E. M. (2002). Chemical evaluation and digestibility of cocoa (*Theobroma cacao*) byproducts fed to goats. *Tropical Animal Health and Production*, 34(4), 339–348. <https://doi.org/10.1023/A:1015638903740>
- Arias Tituana, H. E. (2015). *Formulación de alimento balanceado a base de pasta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y evaluación de su efecto sobre los parámetros zootécnicos de pollos de engorde*. Universidad Técnica de Machala.
- Arroyo, R. (2018). La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo The Circular Economy as a Sustainable Development Factor of the Productive Sector. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78–98.
- Asitimbay, D. (2019). “Digestibilidad aparente de nutrientes del Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos de ceba.” <http://201.159.223.17/browse?type=subject&order=ASC&rpp=30&value=Sacha+Inchi>
- Aymacaña, A. (2018). Caracterización bromatológica de la cáscara de aguacate (*Persea americana*) y posterior extracción e identificación de la fracción con mayor actividad antimicrobiana y antioxidante. Trabajo. *Gastrointestinal Endoscopy*, 10(1), 279–288. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023><https://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726><http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>
- Barbosa, E., Guerrero, L., González, E., & Betancur, D. (2016). Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.09.006>
- Beccaccia, A., Calvet, S., Cerisuelo, A., & Ferrer, P. (2015). Effects of nutrition on digestion efficiency and gaseous emissions from slurry in growing-finishing pigs . I . Influence of the inclusion of two levels of orange pulp and carob meal in isofibrous diets. *Animal Feed Science and Technology*, 208, 158–169. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2015.07.008>
- Benítez, R., Coronell, C., & Martin, J. (2018). Chemical Characterization Sachá Inchi

(Plukenetia Volubilis) Seed : Oleaginosa Promising From the Colombian Amazon.

*International Journal of Current Science Research and Review*, 01(01), 1–12.

Campione, A., Pauselli, M., Natalello, A., Valenti, B., Pomente, C., Avondo, M., Luciano, G., Caccamo, M., & Morbidini, L. (2021). *Animal The international journal of animal biosciences 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*. 15.  
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100243>

Castelo Garcés, Á. F. (2017). *Utilización de diferentes niveles de sacha Inchi Pplukenetia volubilis) en la alimentación de terneras en la Estación Experimental Tunshi*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ceballos, A., & Montoya, S. (2013). Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 103–112. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a13.pdf>

Chirinos, R., Necochea, O., Pedreschi, R., & Campos, D. (2016). Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) shell: An alternative source of phenolic compounds and antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(4), 986–993.  
<https://doi.org/10.1111/ijfs.13049>

da Silva, L. O., de Carvalho, G. G. P., Tosto, M. S. L., Lima, V. G. O., Cirne, L. G. A., Pina, D. dos S., Santos, S. A., Rodrigues, C. S., Ayres, M. C. C., & Azevedo, J. A. G. (2020). Digestibility, nitrogen metabolism, ingestive behavior and performance of feedlot goats fed high-concentrate diets with palm kernel cake. *Livestock Science*, 241(March), 104226.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104226>

da Silva, M., Rydlewski, A. A., Oliveira, M., Biondo, P. B. F., Maldaner, L., & Visentainer, J. V. (2020). Incorporation of omega-3 fatty acids in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-products containing sacha inchi oil. *Revista Virtual de Química*, 12(2), 414–423.  
<https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200033>

Dam, J. Van. (2016). *Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa*. 37, 155.

DAPR. (2018). *Presidente Duque plantea estrategia integral con desarrollo alternativo para*

*enfrentar cultivos ilícitos*. Presidencia de La República.

- de Evan, T., Carro, M., Fernández, J., Haro, A., Arbesú, L., Romero, M., & Molina, E. (2020). Effects of feeding multinutrient blocks including avocado pulp and peels to dairy goats on feed intake and milk yield and composition. *Animals*, *10*(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani10020194>
- de Melo Lisboa, M., Silva, R. R., da Silva, F. F., de Carvalho, G. G. P., da Silva, J. W. D., Paixão, T. R., da Silva, A. P. G., de Carvalho, V. M., Santos, L. V., da Conceição Santos, M., & de Lima Júnior, D. M. (2021). Replacing sorghum with palm kernel cake in the diet decreased intake without altering crossbred cattle performance. *Tropical Animal Health and Production*, *53*(1). <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02460-x>
- Di Paola, A., Rulli, M. C., & Santini, M. (2017). Human food vs. animal feed debate. A thorough analysis of environmental footprints. *Land Use Policy*, *67*(July), 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.017>
- Do, Q., Ramudhin, A., Colicchia, C., Creazza, A., & Li, D. (2021). International Journal of Production Economics A systematic review of research on food loss and waste prevention and management for the circular economy. *International Journal of Production Economics*, *239*(June), 108209. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108209>
- Fedepalma. (2021). *LA PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA*. 1. <https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Infografía Colombia 2021 en Español.pdf>
- FEDNA. (2015). *Torta de presión de palmiste*. <http://www.fundacionfedna.org/node/439>
- Flores-Cocas, J. M., Aguilar-Pérez, C. F., Ramírez-Avilés, L., Solorio-Sánchez, F. J., Ayala-Burgos, A. J., & Ku-Vera, J. C. (2021). Use of rice polishing and sugar cane molasses as supplements in dual-purpose cows fed *Leucaena leucocephala* and *Pennisetum purpureum*. *Agroforestry Systems*, *95*(1), 43–53. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00434-z>
- Freitas, T. B., Felix, T. L., Pedreira, M. S., Silva, R. R., Silva, F. F., Silva, H. G. O., & Moreira, B. S. (2017). Effects of increasing palm kernel cake inclusion in supplements fed to grazing lambs on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid profile. *Animal Feed Science and Technology*, *226*(June 2016), 71–80.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.009>

- Garcia-Ayala, J., Villa-Lavy, J., & Mori-Pinedo, L. (2012). Efecto de cuatro niveles protéicos provenientes de la harina de Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* (Euphorbiaceae) en el crecimiento de alevinos Banda Negra *Myleus schomburgkii* (Pisces, Serrasalmidae) criados en cautiverio. *Folia Amazónica*, 21, 53–62.
- Gençdağ, E., Görgüç, A., & Yılmaz, F. M. (2020). Recovery of Bioactive Peptides from Food Wastes and Their Bioavailability Properties. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(4), 855–863. <https://doi.org/doi.org/10.24925/turjaf.v8i4.855-863.2989>
- Giromini, C., Ottoboni, M., Tretola, M., Marchis, D., Gottardo, D., Caprarulo, V., Baldi, A., & Pinotti, L. (2017). Nutritional evaluation of former food products (ex-food) intended for pig nutrition. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 34(8), 1436–1445. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1306884>
- 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.*
- Gomez, M. (2021). *Aprovechamiento de los desechos del aguacate en cosméticos, pellets o piensos.* <https://www.canalsur.es/television/programas/espacio-prottegido/detalle/48.html>
- González, J. (2021). *PRODUCCION DEL SECTOR CACAOTERO.* <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-cacao-alcanzo-cifra-record-en-2020-y-llego-a-las-63416-toneladas-3123391>
- Guevara V., J., Rojas M., S., Carcelén C., F., Bezada Q, S., & Arbaiza F., T. (2016). Productiva parameters of Guinea Pigs raised with diets supplemented with fish oil and Sacha Inchi seeds. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 27(4), 715–721. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i4.12560>
- Gutiérrez, L.-F., Rosada, L.-M., & Jiménez, Á. (2011). Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites*, 62(1), 76–83. <https://doi.org/10.3989/gya044510>

- Gutiérrez, L. F., Sanchez-Reinoso, Z., & Quiñones-Segura, Y. (2019). Effects of Dehulling Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seeds on the Physicochemical and Sensory Properties of Oils Extracted by Means of Cold Pressing. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(11), 1187–1195. <https://doi.org/10.1002/aocs.12270>
- Gutiérrez, L., Quiñones-segura, Y., Sanchez-Reinoso, Z., Díaz, D. L., & Abril, J. I. (2017). Physicochemical properties of oils extracted from  $\gamma$ -irradiated Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Food Chemistry*, 237, 581–587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.148>
- Guzmán, O., Lemus, C., Bugarin, J., Bonilla, J., & Ly, J. (2013). *Composición y características químicas de mangos (Mangifera indica L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México*. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193029230009.pdf>
- Hani, M., Morsi, M., & Amer, A. (1981). *Cempositien ef eecea shell fat as related te cocoa butter*. 151, 145–151.
- Hernández, S., Rodríguez, J., Flores, C., Nuñez, F., & Estévez, M. (2016). Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. *Meat Science*, 116, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.018>
- Hincapie, G., Vasquez, D., Galicia, V., & Hincapie, C. (2014). *FIBRA DIETARIA DE CÁSCARAS DE MANGO VARIEDAD HILACHA (Mangifera indica L.): EFECTO DEL SECADO POR CONVECCIÓN TECHNOLOGICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF DIETARY FIBER FROM MANGO PEEL VAR. HILACHA (Mangifera indica L.): EFFECT OF CONVECTION DRYING PROP.* 12(1), 153–160. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a18.pdf>
- Ismail, N., Osman, N., Mohammed, I., Nabihah, N., & Farhan, M. (2019). Formulation of Rabbit Feed Pellet from Palm Kernel Cake (PKC). *Materials Today: Proceedings*, 19, 1810–1818. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.220>
- Jagersberger, J. (2013). *Development of novel products on basis of Sacha Inchi-Use of press cakes and hulls*. Universität Wien, Wien, Germany.
- Jimenez, B., Barroeta, A. C., & Tres, A. (2021). *Soybean Oil Replacement by Palm Fatty Acid Distillate in Broiler Chicken Diets : Fat Digestibility and Lipid-Class Content along the*

*Intestinal Tract*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani11041035>

- Jiménez, H. (2016). *Conozca el valor nutricional de algunos subproductos agroindustriales*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/conozca-el-valor-nutricional-de-algunos-subproductos-agroindustriales>
- Kim, S. W., Less, J. F., Wang, L., Yan, T., Kiron, V., Kaushik, S. J., & Lei, X. G. (2019). *Meeting Global Feed Protein Demand: Challenge, Opportunity, and Strategy*.
- La cabaña. (n.d.). *TORTA DE PALMISTE*. <https://www.lacabana.com.co/torta-de-palmiste/>
- Lima, B. T. M., Takahashi, N. S., Tabata, Y. A., Hattori, R. S., Ribeiro, C. da S., & Moreira, R. G. (2019). Balanced omega-3 and -6 vegetable oil of Amazonian sacha inchi act as LC-PUFA precursors in rainbow trout juveniles: Effects on growth and fatty acid biosynthesis. *Aquaculture*, 509(April), 236–245. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.004>
- Marcos, C., Carro, M., Fernándezs, J., Arbesu, L., & Molina, E. (2020). Utilization of avocado and mango fruit wastes in multi-nutrient blocks for goats feeding: In vitro evaluation. *Animals*, 10(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani10122279>
- Mendoza Ordoñez, G., Sánchez Pereyra, G., León Gallardo, Z., & Loyaga Cortéz, B. (2019). Effect of dietary sacha inchi pressed cake as a protein source on guinea pig carcass yield and meat quality. *Pakistan Journal of Nutrition*, 18, 1021–1027. <https://doi.org/10.3923/pjn.2019.1021.1027>
- Mercado R., J. L., Elías P., C. C. A., & Pascual C., G. J. (2015). Obtención de un aislado proteico de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales. *Anales Científicos*, 76(1), 160–167. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.777>
- Micanquer-Carlosama, A., Cortés-Rodríguez, M., & Serna-Cock, L. (2020). Formulation of a fermentation substrate from pineapple and sacha inchi wastes to grow *Weissella cibaria*. *Heliyon*, 6(4), 0–7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03790>
- Minagricultura. (2020). *Cadena productiva Aguacate*. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)
- Miranda-Gelvez, R. A., & Guerrero-Alvarado, C. E. (2015). Efecto de la torta de Sacha Inchi

(*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Respuestas*, 20(2), 82–92.

- Mondragón Tarrillo, I. G. (2009). Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi). In *Libro De Resúmenes*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.
- Montes, S. (2019). *LOS CULTIVOS QUE FUERON MÁS RENTABLES EN 2019 Y A LOS QUE SE APOSTARÁ EN 2020*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-cultivos-que-fueron-mas-rentables-en-2019-y-a-los-que-se-apostara-en-2020-2945365>
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14(January 2016), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Muangrat, R., Veeraphong, P., & Chantee, N. (2018). Screw press extraction of Sacha inchi seeds : Oil yield and its chemical composition and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, July 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13635>
- Muscat, A., Olde, E. M., & Boer, I. J. M. (2019). The battle for biomass : A systematic review of food-feed-fuel competition. *Global Food Security*, 25(September 2019), 100330. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100330>
- Nascimento, C. O., Pina, D. S., Cirne, L. G. A., Santos, S. A., Araújo, M. L. G. M. L., Rodrigues, T. C. G. C., Silva, W. P., Souza, M. N. S., Alba, H. D. R., & de Carvalho, G. G. P. (2021). Effects of whole corn germ, a source of linoleic acid, on carcass characteristics and meat quality of feedlot lambs. *Animals*, 11(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani11020267>
- Nuraini, N., Nur, Y. S., & Djulardi, A. (2020). *Response of Laying Quail to a Diet Enriched with Cocoa Pods Fermented by Pleurotus ostreatus*. 10(1), 96–101. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.36380/jwpr.2020.13>
- 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 and Technology*, 63, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- Peláez, A. (2019). *Estudian el uso del hueso y la piel y sus posibilidades en el desarrollo de*

*productos para alimentación animal y cosméticos.*

<https://www.diariosur.es/economia/agroalimentacion/objetivo-aprovechar-aguacate-20191114000407-ntvo.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.diariosur.es%2Feconomia%2Fagroalimentacion%2Fobjetivo-aprovechar-aguacate-20191114000407-ntvo.html>

Perfetti, J. J. (2019). ¿Por qué hay que construir y mejorar las vías terciarias en Colombia? *Publicaciones Semana S.A.*

Pojić, M., Mišan, A., Sakač, M., Dapčević Hadnađev, T., Šarić, B., Milovanović, I., & Hadnađev, M. (2014). Characterization of Byproducts Originating from Hemp Oil Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(51), 12436–12442. <https://doi.org/10.1021/jf5044426>

Pojić, M., Mišan, A., & Tiwari, B. (2018). Eco-innovative technologies for extraction of proteins for human consumption from renewable protein sources of plant origin. *Trends in Food Science & Technology*, 75(October 2017), 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.010>

Quander-Stoll, N., Holinger, M., Früh, B., Zollitsch, W., & Leiber, F. (2020). Comparison of different piglet diets in organic agriculture using milk powder, enriched lysine, conventional potato protein or high soybean cake content. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2025. <https://doi.org/10.1017/S1742170520000253>

Reátegui-Inga, R., Paredes-López, D., & Robles-Huaynate, R. (2015). Determination of the effect of sacha inchi (*Plukenetia volúbilis* L.) cake feeding on blood biochemical profile of broilers. *Folia Amazónica*, 24(2), 131–138.

Restrepo, J. (2012). *CADENA DEL MANGO*. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2012-03-31 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2012-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

Rivera, V. (2020). *Evaluación de la actividad antioxidante de los carotenoides presentes en tres variedades de cáscara de mango (Mangifera indica L.) Trabajo*. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a18.pdf>

Rogues, J., Mehinagic, E., Lethuillier, D., Bouvret, E., Hervera, M., & Lepoudere, A. (2020). Reduction of cat voluntary feed intake in the short-term response to the sugar cane fibre

- supplementation. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 8(3), 115–125.  
<https://doi.org/10.3920/JAAN2020.0012>
- Rojo poveda, O., Barbosa pereira, L., Zeppa, G., & St, C. (2020). *Cocoa Bean Shell — A By-Product with Nutritional*. 1–29. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>
- Rubiano, K., Velásquez, H., & Aristizabal, I. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango, como fuente de compuestos bioactivos, para la elaboración de rollos comestibles TT - Use of the mango by-products, as source of bioactive compounds, for the preparation of edible rolls. *Rev. Udca Actual. Divulg. Cient*, 22(2), e1078–e1078.
- Salmerón, M. (2014). *Fracción indigestible, bioaccesibilidad in vitro y actividad antioxidante, de compuestos fenólicos de la cáscara de aguacate cv. "Hass"*. 104.  
<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/391/1/SALMERON-RUIZ-ML14.pdf>
- Sanchez-Reinoso, Z., Mora-Adames, W. I., Fuenmayor, C. A., Darghan-Contreras, A. E., Gardana, C., & Gutiérrez, L. F. (2020). Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from Sacha Inchi shell: Optimization, physicochemical properties and evaluation of their antioxidant activity. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 153(April), 107922. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.107922>
- Sanchez, A. (2021). *COLOMBIA ES TERCERO EN EL MUNDO EN PRODUCCIÓN Y ÁREA COSECHADA DE AGUACATE HASS*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-es-tercero-en-el-mundo-en-produccion-y-area-cosechada-de-aguacate-hass-3142547>
- Semana. (2018). *¿Cuáles cultivos tienen mayor potencial en Colombia?*  
<https://www.semana.com/edicion-impres/pais/articulo/que-cultivos-son-rentables-en-colombia-en-2018/261447/>
- Shang, Q., Liu, H., Liu, S., He, T., & Piao, X. (2019). Effects of dietary fiber sources during late gestation and lactation on sow performance, milk quality, and intestinal health in piglets. *Journal of Animal Science*, 97(12), 4922–4933. <https://doi.org/10.1093/jas/skz278>
- Siew, L. (1992). *Características y usos de la torta de palmiste en Malasia*. 2, 77–81.  
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/346>

- Sumaya, T., Sánchez, L., Torres, G., & Garcia, D. (2012). Value chain of mango and its byproducts based in the nutritional and functional properties. *Artide*, 30, 826,827. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14123097005.pdf>
- Sun, J. J., Wang, P., Chen, G. P., Luo, J. Y., Xi, Q. Y., Cai, G. Y., Wu, J. H., Zeng, B., Xie, Y. Q., Jiang, Q. Y., Chen, T., & Zhang, Y. L. (2020). Effect of *Moringa oleifera* supplementation on productive performance, colostrum composition and serum biochemical indexes of sow. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(1), 291–299. <https://doi.org/10.1111/jpn.13224>
- Tipanquiza Aman, L. M., & Tintin Clavijo, B. C. (2020). *Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (Plukenetia volubilis) en cerdos criollos en crecimiento.*
- Torres Sánchez, E. G., Hernández-Ledesma, B., & Gutiérrez, L.-F. (2021). Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. *Food Reviews International*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>
- UPM. (2020). *Subproductos agroindustriales para la alimentación animal.* <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/subproductos-agroindustriales-para-alimentacion-animal.asp>
- Vanegas-Azuero, A. M., & Gutiérrez, L. F. (2018). Physicochemical and sensory properties of yogurts containing sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and  $\beta$ -glucans from *Ganoderma lucidum*. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1020–1033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13235>
- Velderrain, G., Pacheco, R., & González, G. (n.d.). *Cáscara de mango.* <https://alimentos-autoctonos.fabro.com.mx/cascara-de-mango.html>
- Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry*, 265(April), 316–328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>
- Wilkinson, J., & Lee, M. (2017). Review : Use of human-edible animal feeds by ruminant livestock. *Animal, The International Journal of Animal Biosciences*, 12(8), 1735–1743.

<https://doi.org/10.1017/S175173111700218X>

Yoplac, I., Goñas, K., Bernal, W., Vásquez, H. V., & Maicelo, J. L. (2021). Chemical characterization and in vitro digestibility of Amazonian seeds and agro-industrial by-products with potential for animal feed. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(3), 1–15. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V32I3.18765>