

**Efecto de la Sustitución del Forraje (*Pennisetum sp.*) por Ensilado de Pulpa de Café  
sobre Desempeño Productivo y Calidad de Leche de Bovinos en el Trópico Medio**

Liliana López Contreras

Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Zootecnia, Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado-Modalidad de Investigación

M.Sc. Zoot. Dixon Fabián Flores Delgado

30 de noviembre del 2020

**Nota de aceptación**

**Jurado 1**

-----  
-----  
-----

**Jurado 2**

-----  
-----  
-----

**Tutor**

-----  
-----  
-----

**Pamplona, 9 de diciembre del 2020**

.....

*DEDICATORIA*

*A Dios por darme el don de la vida.*

*A mis padres que son mi más grande tesoro, por acompañarme y apoyarme en mi proceso  
de formación.*

*A mis hermanas por darme sus consejos, por estar ahí en todo momento apoyarme.*

*AGRADECIMIENTOS*

*A la Universidad de Pamplona por acogerme en sus aulas permitiéndome ser parte de la gran familia Unipamplona.*

*A mi tutor de trabajo de grado Dixon Fabián Flores Delgado por apoyo, paciencia y compromiso.*

*A mis docentes que contribuyeron con mi proceso de formación profesional.*

*A la administración y personal de la Granja experimental Villa Marina por abrirme las puertas de sus instalaciones permitiéndome llevar a cabo mi trabajo de investigación.*

**Tabla de contenido**

Resumen.....	10
Palabras claves .....	11
Abstract .....	12
Keywords .....	12
Introducción .....	13
Problema de Investigación .....	15
Hipótesis de Investigación .....	16
Justificación .....	17
Objetivos general .....	19
Objetivos específicos .....	19
Marco teórico .....	20
El café ( <i>Coffea arábica</i> ).....	20
Origen del café.....	20
Descripción de la planta de café arábica.....	20
Agroclimatología .....	20
Temperatura: .....	20
Lluvia: .....	20
Altitud: .....	21
Brillo solar y nubosidad .....	21

Cultivo de café .....	21
Germinación.....	21
Almácigo.....	21
Preparación de campo .....	21
Cosecha.....	22
Procesamiento de post cosecha.....	22
Etapas del proceso de beneficio de café por vía húmeda.....	23
Composición de la pulpa de café fresca.....	24
Sustancias de la pulpa de café.....	24
Polifenoles.....	24
Cafeína .....	25
Taninos.....	25
Ensilaje de pulpa de café.....	26
Proceso de ensilaje .....	27
Tiempos del ensilaje .....	28
Composición bromatológica del ensilaje de pulpa de café.....	29
Metodología .....	30
Localización del estudio .....	30
Animales .....	30
Elaboración del ensilado .....	30

Diseño experimental .....	31
Análisis económico.....	32
Análisis estadístico.....	32
Resultados .....	33
Discusión.....	36
Conclusión .....	38
Referencias.....	39
Anexos .....	49

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Composición Bromatológica de Ensilaje de Pulpa de Café (Coffea arabica) a 30, 45 y 90 días de Fermentación .....	29
<b>Tabla 2</b> Composición Nutricional de las Dietas en cada Tratamiento de Inclusión de Ensilado de Pulpa de Café .....	33
<b>Tabla 3</b> Medias Ajustadas, Error Estándar e Indicadores de Importancia para los Parámetros Productivos en los Diferentes Tratamientos .....	33
<b>Tabla 4</b> Estimación del Costo de Producción del Ensilado de Pulpa de Café (COP).....	34
<b>Tabla 5</b> Estimación Costo Total (COP) por Concepto de Suplementación de los Bovinos .....	34
<b>Tabla 6</b> Costo de Suplementación por Litro de Leche Producido (COP).....	35

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Pulpa de Café Fresca _____	49
<b>Figura 2</b> Compactación de la Pulpa de Café _____	49
<b>Figura 3</b> Ensilado de Pulpa de Café _____	50
<b>Figura 4</b> Forraje Pennisetum sp Picado _____	50
<b>Figura 5</b> Consumo de Ensilado de Pulpa de Café _____	51
<b>Figura 6</b> Bovinas Utilizadas en el Estudio _____	51
<b>Figura 7</b> Ordeño Mecánico de Bovinas del Estudio _____	52
<b>Figura 8</b> Medición de Leche _____	52
<b>Figura 9</b> Muestra de Leche de los Tratamiento en Estudio _____	53
<b>Figura 10</b> Análisis de Leche _____	53
<b>Figura 11</b> Centro de Acopio Lechero _____	54

## Resumen

El trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona (Colombia), ubicada en la vereda Matajira en el municipio de Pamplonita, con altura de 1100 m s. n. m. en parte baja y 1800 m s. n. m. parte alta, su temperatura promedio 20 °C, con una precipitación de 1400 mm, anual.; tuvo como objetivo la evaluación del efecto de la sustitución de forraje (*Pennisetum sp.*) por ensilado de pulpa de café sobre la producción y calidad de leche de bovinos en trópico medio. A nivel metodológico se emplearon cuatro hembras bovinas mestizas de 150 días de lactancia, cuyo componente racial está conformado por las razas Jerhol, Girolando y Rojo Sueco, con un peso promedio de 380 kg y condición corporal de 3,3 en una escala de 1 a 5. El diseño experimental consistió en un cuadrado latino 4X4 con cuatro tratamientos y cuatro periodos experimentales cada uno de 15 días, siendo los primeros 9 días de adaptación a las dietas experimentales. Los tratamientos consistieron en la sustitución parcial del forraje de la dieta base (*Pennisetum sp.*) por ensilado de pulpa de café en proporciones de 2,5%, 5% y 7,5% más un grupo control. Los resultados obtenidos fueron sujetos a ANOVA. Los efectos lineares, cuadrático y cúbicos de los niveles de sustitución de *Pennisetum sp* por ensilado de pulpa de café fueron evaluados por contrastes ortogonales. Diferencia estadística fue considerada cuando  $P \leq 0,05$ , y tendencia cuando  $0,05 < P \leq 0,1$  donde no se observó diferencia ( $P \leq 0,05$ ) para producción de leche ajustada al 4%, contenido de grasa, densidad, lactosa, SNG, proteína y consumo de forraje entre los tratamientos de inclusión de ensilado de pulpa de café y el grupo control así mismo no se presentaron efectos de orden lineal, cuadrático ni cúbico. El costo de suplementación por litro de leche se estimó en COP 68,31. Se concluye que el ensilado de pulpa es una alternativa económica que puede

emplearse en la alimentación de bovinos de leche sustituyendo el forraje de forma parcial en épocas donde el forraje es escaso sin afectar el consumo.

**Palabras claves:** alternativa, bovinas, café, ensilado, forraje, inclusión

### Abstract

The research work was carried out in the facilities of the Villa Marina Experimental Farm of the University of Pamplona (Colombia), located in the Matajira village in the municipality of Pamplonita, with a height of 1100 m s. n. m. in the lower part and 1800 m s. n. m. in the upper part, its average temperature 20 ° C, with a precipitation of 1400 mm, annually; aimed at evaluating the effect of the substitution of forage (*Pennisetum sp.*) by coffee pulp silage on the production and quality of bovine milk in the middle tropics. At a methodological level, four 150-day lactating crossbred bovine females were used, whose racial component is made up of the Jerhol, Girolando and Swedish Red breeds, with an average weight of 380 kg and body condition of 3.3 on a scale of 1 to 5. The experimental design consisted of a 4X4 Latin square with four treatments and four experimental periods each of 15 days, being the first 9 days of adaptation to the experimental diets. The treatments consisted of the partial substitution of the forage of the base diet (*Pennisetum sp.*) By silage of coffee pulp in proportions of 2.5%, 5% and 7.5% plus a control group. The results obtained were subjected to ANOVA. The linear, quadratic and cubic effects of the levels of substitution of *Pennisetum sp* by coffee pulp silage were evaluated by orthogonal contrasts. Statistical difference was considered when  $P \leq 0.05$ , and trend when  $0.05 < P \leq 0.1$  where no difference ( $P \leq 0.05$ ) was observed for milk production adjusted to 4%, fat content, density, lactose, SNG, protein and forage consumption between the coffee pulp silage inclusion treatments and the control group, likewise, there were no effects of linear, quadratic or cubic order. The cost of supplementation per liter of milk was estimated at COP 68.31. It is concluded that pulp silage is an economical alternative that can be used to feed dairy cattle, partially substituting forage in times when forage is scarce without affecting consumption.

**Keywords:** alternative, cattle, coffee, silage, forage, inclusion

## Introducción

La base de la alimentación bovina son los forrajes y los pastos que disminuyen su calidad y producción en diferentes épocas del año, siendo dependientes de las condiciones climáticas y edáficas (Martínez et al., 2008). Por otro lado, los elevados precios de insumos, especialmente los alimentos concentrados, fertilizantes, sistemas de riego y mantenimiento de praderas, han llevado a la búsqueda de nuevas alternativas como el uso de residuos de cosechas y subproductos agroindustriales, llegando a ser importantes en la producción de carne y leche en especial en territorios donde hay escasos de pastos y forrajes (Bermúdez et al., 2015).

A lo largo de los procesos agroindustriales se originan residuos o subproducto que al no darles un adecuado manejo pueden ocasionar diferentes problemas ambientales, la eliminación ha sido los principales problemas para productores y empresa, aunque pueden ser beneficioso mediante la transformación por medio de procesos microbiológicos o químico, dándole un valor agregado (Ramírez, 2012). Entre ellos se encuentran la pulpa de café que es uno de los subproductos que se extra en el proceso de beneficio húmedo; este procedimiento se realiza con despulpadora para retirar la piel de la cereza de café, considerándose el principal residuo del beneficio ya que posee el 43,58% de peso del fruto fresco (Rodríguez y Zambrano, 2010), y comprende el 86% de agua; impidiendo el manejo, proceso, transporte y el uso de manera directa en la alimentación animal (Armas et al., 2008).

Para su conservación se realiza el procedimiento del ensilaje lo cual mantiene y mejora el valor nutritivo, no eleva el precio del producto obtenido (Blandón et al., 2012). Disminuye los compuestos antinutricionales tales como ácido clorogénico, cafeína y taninos en niveles apropiados en la alimentación animal (Mayorga, 2005). Además, el caficultor y el ganadero lo

pueden implementar ya que es método fácil y económico donde almacenan y aprovechan grandes cantidades de pulpa de café generadas en el beneficio húmedo (Blandón et al., 2012).

El ensilado de pulpa de café no se debe suministrar más de 30% en la dieta de animales rumiantes, ya que causa pérdida de peso corporal debido a que la cafeína acelera la actividad motora incrementando el uso de energía provocando disminución de peso y eficiencia de conversión (Piñeiro et al., 2015).

Pajoy (2017) recomienda implementar la pulpa de café de manera continua en dieta animal para una mayor eficiencia. Por otro lado, la pulpa de café se puede sustituir en un 20 a 40% del concentrado total y de un 10 a 20% de la ración total en vacas lecheras (Noriega et al., 2008).

## Problema de Investigación

El café es una de las bebidas no alcohólicas más preferidas, y su consumo se distribuye a nivel mundial (Días et al., 2015), siendo los mayores productores Brasil, Vietnam y Colombia. Durante el beneficio del café, aproximadamente el 40% de los residuos producidos están constituidos por la pulpa, y tienen como destino la producción de gas, abono orgánico o son arrojados a las fuentes hídricas sin recibir ningún tratamiento previo (Ramakrishnan et al., 2020). Siendo esto un problema ambiental (Benitez et al., 2019). En últimos años, se han explorado algunas opciones para su manejo y disposición final, buscando una alternativa que mitigue el impacto ambiental que ocasionan estos residuos. De la misma manera Negesse et al. (2009), sugieren el uso de subproductos agrícolas en los procesos de alimentación animal de manera segura y gradual. Así, alimentos no convencionales podrían en parte llenar la brecha en el suministro de la alimentación, la competencia entre la producción de recursos alimenticios entre los seres humanos y los animales, reducir los costes de alimentación, y contribuir a la autosuficiencia en nutrientes a partir de fuentes de alimentación disponibles a nivel local. Por tanto, es imperativo examinar los recursos no convencionales de alimentación más baratos que pueden mejorar el consumo y la digestibilidad de forrajes de baja calidad (Nonhebel y Kastner, 2011).

¿Cuál será los efectos del ensilado de pulpa de café sobre la productividad y la calidad de la leche en bovinos de trópico medio?

¿El ensilado de la pulpa de café disminuye los costos de producción obteniendo mayor rentabilidad?

### **Hipótesis de Investigación**

El ensilado de pulpa de café mejora la producción y calidad de leche bovina con una reducción de costos

## Justificación

La pulpa de café es el principal producto que se genera del procesamiento de la cereza del café, con un promedio de 2,25 t/ha-año, en Colombia por cada millón de saco exportado de café almendrado de 60 kg generan 162 900 toneladas de pulpa fresca de café (Rodríguez y Zambrano, 2010), estos son apetecidos por la industria ya que contiene proteína, carbohidratos, polifenoles entre otros, además es un recurso renovable barato que al transformarlo produce un valor añadido (Murthy y Naidu, 2012). A pesar del diferente uso que se le pueden dar a esta valiosa pulpa; en los territorios rurales colombianos donde se cultiva café, desafortunadamente este recurso es desaprovechado, habitualmente lo usa en actividades poco tecnificadas que no ayudan disminuir el impacto ambiental causado (Castro, 2020).

Lo grandes volúmenes pulpa de café originados, la falta de conciencia y el mal manejo contribuyen a que sea un problema ambiental, debido que la mayor parte de estos son vertidos a fuentes de agua; donde los microorganismos presentes requieren de mayor cantidad de oxígeno para poder descomponerlos, provocando la falta de oxígeno en el agua generando de esta forma la asfixia de la biota acuática (Álvarez et al., 2011). Asimismo, causa fuertes olores y cambios químicos en el agua y deterioro de la calidad de la misma imposibilitando su consumo para los humanos y la fauna (Capera y Sánchez, 2018). En algunos casos los residuos son dejados en suelo para su descomposición sin ningún control, estos pueden presentar contaminación cruzada y problemas fitosanitarios (Serna et al., 2018). En estos residuos se encuentra azúcares y proteínas que pueden producir fermentación en fuentes de agua, también los polifenoles, los alcaloides y taninos son complejos para la degradación biológica (Novita, 2016).

El empleo del método del ensilaje es de suma importancia ya que permite almacenar, aprovechar, conservar y mejorar la composición química de las grandes cantidades de pulpa de café que se generan en el procesamiento del fruto, también es económico y sencillo de realizar (Oliva y Reyes, 2017). La composición de la pulpa de café ensilada ha sido estudiada por diferentes autores entre ellos está Noriega et al. (2009), que ha indicado que a los 120 días de fermentación tiene mayor valor nutritivo y la recomienda en la alimentación animal; además Blandón et al.(2012) sugiere que el ensilado de pulpa de café tiene una composición química que puede remplazar en un porcentaje a los alimentos balanceados utilizados en la dieta, de igual manera puede sustituir los forrajes de forma parcial cuando se presenta escasez, contribuyendo a disminución de costos de alimentación que son mayores en un hato bovino; este alimento se puede suministrar a diferentes tipos de ganadería tales como: ganadería intensiva, ganadería extensiva y semiestabulada (Encalada et al., 2017). De la misma forma se está dando al sistema de producción un manejo sostenible como ambiental y económico (Bampidis y Robinson, 2006). Con el propósito de contribuir con el estudio de este campo, es pertinente realizar investigación sobre los efectos que causa la sustitución de forraje (*Pennisetum sp.*) por ensilado de pulpa de café sobre la producción y la calidad de la leche en bovinos de trópico medio.

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la sustitución de forraje (*Pennisetum sp.*) por ensilado de pulpa de café sobre la producción y calidad de bovinos en trópico medio

### **Objetivos específicos**

Determinar la composición de las dietas a base de *Pennisetum sp* y ensilado de pulpa de café.

Analizar los parámetros productivos y de calidad de leche en bovinos alimentados con ensilado de pulpa de café.

Estimar los costos por concepto de suplementación

## Marco teórico

### El café (*Coffea arábica*)

#### Origen del café

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas compuesta por 500 géneros y 6000 especies la mayor parte con extensa distribución geográfica y de origen tropical; el género *coffea* es originario en África (Herrera y Cortina, 2013).

Linneo en 1753 describió por vez primera la variedad de *Coffea arábica*; en Colombia se cultiva debido a la adaptación, mayor aprobación en el mercado y elevado precio además produce una bebida suave (Urueña, 2013).

#### Descripción de la planta de café arábica

Es un arbusto grande, con altura de 5 metros, las hojas con coloración verde oscuro, la floración se genera después del periodo de lluvias, las flores son de color blancas, de olor dulce, y están posicionadas en racimo. Los frutos, son dos pequeñas bayas con diámetro de 1,5 a 2 cm, de color rojo cuando maduran en un periodo de 7-9 meses, cada fruto posee dos semillas. Es tetraploide, lo que le hace tener un total de 44 cromosomas (Rojo, 2014).

#### Agroclimatología

**Temperatura:** Se encuentra en 19 °C y 21,5 °C (Jaramillo & Ramírez, 2013).

**Lluvia:** Es apropiada para el cultivo en cantidades comprendida entre los 1.800 y los 2.800 mm anuales, se requiere 120 mm al mes; debido que periodos con mucha cantidad o menor cantidad favorecen a la presencia de enfermedades de igual manera afecta la floración disminuyéndola o dañándola, así mismo las hojas en presencia de sequía se caen por falta de agua (Ramírez et al., 2010).

**Altitud:** Tiene un crecimiento óptimo a 1000 a 2000 m s. n. m. se puede encontrar a menor o mayor altura, es sensible a las heladas (Jaramillo y Ramírez, 2013).

### ***Brillo solar y nubosidad***

La radiación solar es la fuente de energía para las plantas llega a ellas dependiendo de la presencia o no de nubes y de la orientación de la ladera ya que está relacionada con la salida del sol. Esta variable incide en el almacenamiento de bioma, tiene relación con el número de botones de la planta es decir si disminuye el brillo solar de igual manera se reduce el número de botones florales. En la zona cafetera la luz solar se sitúa a 1.600 y 2.000 horas de sol al año (4,5 – 5,5 horas de sol al día) (Ramírez et al., 2010).

### **Cultivo de café**

#### ***Germinación***

En esta fase de crecimiento las semillas desarrollan su primer par de hojas cotiledonales, se cultivan plántulas bien formadas y sanas. Tiene una duración de 60 días (Gaitán et al., 2011).

#### ***Almácigo***

Las plantas son trasplantadas en bolsas de tierra con fertilizantes orgánicos descompuestos, libres de plagas y enfermedades, también se les adiciona un control biológico como son hongos antagonistas y micorrizas para asegurar un crecimiento adecuado. Permanecen ahí 180 días hasta cuando tengas ramas (Sadeghian y Jaramillo, 2017).

#### ***Preparación de campo***

El muestreo del suelo: se realiza de 30 a 60 días antes de la siembra para realizar la corrección de pH y fertilización que requiera; se realiza cada 2 años (Rendón y Bermúdez, 2017).

***Diseño de plantación:*** Es un factor determinante en los sistemas de café, al cultivo lo afecta la densidad de siembra lo cual depende de varios factores como la altitud, ubicación, sistema de cultivo, desarrollo de las hojas y variedad. La densidad de siembra en Colombia fluctúa entre 4.900 – 7.000 cafetos /ha (Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), 2011).

***Siembra:*** El hoyo con un buen tamaño permite a la planta un buen desarrollo en especial su sistema radicular teniendo una mayor fijación en el suelo y una óptima nutrición; el tamaño de hoyo debe tener 30 largo\*30 ancho\*30 profundidad, se modifica si el pH es inferior a 5,0 de acuerdo a los análisis de suelo (Farfán, 2019).

***Control de arvenses:*** Estas compiten por espacio, agua, luz y nutrientes, es un limitante para el cultivo se deben eliminar de raíz. En Colombia el control de arvenses se realiza de manera manual (Arcila et al., 2007).

***Riego:*** El café colombiano regularmente no se riega, el uso de agua el café es poco dependiendo de las condiciones climáticas en comparación con otros cultivos (Arévalo et al., 2012).

## **Cosecha**

En Colombia se pueden encontrar dos períodos de cosecha: uno para abril a junio donde la cosecha de grano es de 90 %, y el otro de septiembre a diciembre. El período donde la cosecha es mayor se distingue como “cosecha principal”, el período de menor producción se denomina “mitaca” o “cosecha traviesa” (Lagos et al., 2019).

## **Procesamiento de post cosecha**

Cuando la plantación tiene entre 3 a 4 años comienza la cosecha. Los frutos recolectados deben ser maduros ya que, si se recolecta frutos inmaduros y sobre maduros se produjera un café de mala calidad. La cosecha está relacionada con la altura en la que se encuentre la plantación; a

menor altura el fruto tiene rápida maduración que los que se encuentran en mayor altitud (Rojo, 2014).

En Colombia la recolecta del fruto de café se realiza de forma manual, esto garantiza que fruto recibidos en los beneficiaderos sea sano, maduro y homogéneos. Los operarios utilizan un recipiente plástico o canasto sujetado a la cintura (Oliveros et al., 2018).

### ***Etapas del proceso de beneficio de café por vía húmeda***

***Despulpado:*** Este proceso se basa en retirar la pulpa de café mediante la presión que hace la camisa de la despulpadora en el fruto. Este procedimiento debe realizarse el mismo día que se hace la recolección para evitar la fermentación de los frutos, mantener la calidad del grano evitando pérdidas (Lagos et al., 2019).

***Fermentación:*** Proceso donde se remueve el mucílago que recubre el grano, tiene una durabilidad de 18 a 30 horas, depende de las condiciones del medio, en Colombia se controla el tiempo ya que de este depende que el café conserve las características organolépticas (Puerta y Echeverry, 2015).

***Lavado del café:*** Este procedimiento se realiza con el fin de retirar los residuos y las impurezas del grano evitando manchas, fermentaciones y suciedad (Rodríguez et al., 2015).

***Clasificación:*** Esta se realiza manual o en zarandas clasificadoras (Cárdenas y Ortiz, 2014).

***Secado:*** Se realiza mediante el proceso natural con energía solar para ello utilizan tendidos, pisos de cemento e invernaderos y el método artificial donde se utilizan secadoras (Sanz et al., 2013).

En el proceso de beneficio de café se obtienen gran cantidad de residuos tales como: pulpa de café, mucilago y cascarilla de café, pero el que se encuentra en mayor cantidad es la pulpa de café en más del 41 % (Aguilar-Rivera et al., 2014).

### **Composición de la pulpa de café fresca**

Flórez (2020) reporto resultados de análisis de la pulpa de café sin ensilar con valores de 15,64 % de materia seca, 8,96 % de proteína, FDA 28,34 %, FDN 43,79 %, energía 4,15 Mcal/kg, cenizas 5,87 %, calcio 0,32 %, fosforo 0,19 %, DIV 51,67 %, pH 4,51 %, cafeína 6,53 % y polifenoles 5,18 %.

Navarro y Roa (2018) estima que un forraje es de alta calidad cuando tiene el 70 % de DIV, inferior de 50 % de FDN y mayor del 15 % de proteína; por ende, es de baja calidad si tiene menos del 50 % DIV, más del 65% de FDN y por debajo de 8 % de proteína por lo tanto la pulpa de café esta entre los rangos para considerarse de calidad, además el tiempo en el que permanece en fermentación influye en la características de químicas de la pulpa, aumentando su valor nutricional (Noriega et al., 2009). La composición nutricional de pulpa depende de las condiciones ambiental en especial disponibilidad de nutrientes, temperatura, precipitación y radiación solar (Cañas, 2015), y también del método por el cual fue procesada (Munguía, 2015).

### **Sustancias de la pulpa de café**

#### ***Polifenoles***

Latif et al. (1999) hallaron la cantidad de compuestos polifenólicos la cual poseen un poder antioxidante. Es un compuesto capaz de dar ágilmente un átomo de hidrógeno a una partícula oxidada estabilizándola; se han reportado que durante el proceso de ensilaje se generan ácidos fenólicos y antioxidantes, lo cual son importantes ya que junto con las bacterias lácticas confieren más tiempo en la fermentación de la cascarilla, pulpa y semillas de café; permitiendo

que el etanol extraiga un elevado número de compuestos fenólicos, además las levaduras son capaces de modificar la composición fenólica ya que metabolizan los compuestos fenólicos (Shahidi y Naczk, 1995). Los polifenoles alargan la duración de los alimentos al preservarlos del daño oxidativo (Munguía, 2015).

### ***Cafeína***

En animales puede causar un incremento en la actividad, debido a esto se produce un aumento en el uso de energía, lo cual disminuye la ganancia de peso y eficiencia de conversión (Noriega et al., 2008). La cafeína causa sed en el animal; también incrementar la movilización de ácidos grasos libres a vía sanguínea ocasionando disminución del consumo de materia seca; el consumo en altas cantidades provoca la expulsión de orina al incentivar la micción (Oliveira et al., 2007). Aunque la cafeína es restringida en la alimentación animal; ha sido consumida en diferentes niveles ya sea ensilado de pulpa de café, pulpa sin ensilar y deshidratada no presenta efectos negativos (Salinas et al., 2015).

### ***Taninos***

Hacen parte de los compuestos fenólicos, se han considerado compuestos antinutricionales, lo mismo que las cafeínas ya reducen la aceptabilidad y palatabilidad (Nurfeta, 2010), sin embargo, se ha descrito casos en los que han usado taninos y no han afectado el consumo de materia seca y la ganancia de peso diaria de los rumiantes (Krueger et al., 2010), y la eficiencia alimenticia (Frutos et al., 2004). Al poseer propiedades antioxidantes la hace deseable en las dietas alimenticias y alimentos.

Kumar y Yu (2013) afirma que el uso moderado de taninos disminuye la degradación de proteína en el rumen, mejorando el peso corporal, la producción de leche, el crecimiento de lana y el rendimiento reproductivo.

Las concentraciones de taninos no son afectadas por tiempo del ensilaje. Noriega et al. (2009) obtuvieron 0,23 % de promedio de taninos, la fermentación producida en el ensilaje puede inactivarlos biológicamente.

### **Ensilaje de pulpa de café**

El ensilaje es un método usado para preservar forrajes durante un tiempo; se utiliza sobre todo en épocas de sequías en la alimentación animal. Es un proceso fácil y económico puesto que no requiere mucha mano de obra para su ejecución, asimismo no afecta significativamente la composición nutricional. El proceso del ensilaje lo llevan a cabo las bacterias ácido-lácticas, estas bacterias fermentan en el forraje los carbohidratos solubles generando en menor cantidad ácido acético y en cantidades mayores ácido láctico (Munguía, 2015). A pesar que el ácido acético inhibe mayormente las levaduras, este también las mantiene estables aeróbicamente en comparación con el ácido láctico (Heinl et al., 2012). Los tipos de silos más utilizados son silos de trinchera, los de bunker, silos en bolsa, silo press entre otros; la implementación depende de los recursos económicos, la topografía del terreno y el sistema de producción (Nges et al., 2012).

El ensilaje proporciona condiciones ambientales como un pH de 4,2 lo cual impide el crecimiento de microorganismos no deseados y mantienen las propiedades nutricionales (Noriega et al., 2008). El pH tiene una relación alta con la calidad del ensilado, los ácidos acético y butírico se encuentran en mayor cantidad a pH de 4,5, a niveles superiores provocan olores avinagrados, a leche cortada, alcohol, tabacoso, color marrón, ensilaje caliente y silos con moho (Abdelhadi, 2011). También influye en el ensilaje la manipulación, la composición química de la pulpa a ensilar, del mismo modo afecta la altitud, el clima, el suelo, la variedad de café, las prácticas de cultivo y residuos como hojas, tallos, granos inmaduros que pueden aumentar en la pared celular la energía y antinutrientes; es decir el valor nutricional de los ensilados depende de

la calidad de los subproductos o pastos a utilizar y el procedimiento para realizar el ensilaje (Tamir et al., 2012).

### ***Proceso de ensilaje***

La especie vegetal al ser sometida a la técnica del ensilaje sufre una serie de procesos físicos y bioquímicos, con el fin de controlar y obtener un producto de excelente calidad (Valencia, 2016).

Consta de cuatro etapas que son:

***Fase aeróbica:*** Esta fase tiene poca duración debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las enterobacterias y levaduras; el oxígeno presente en la masa vegetal disminuye ligeramente, también hay actividad enzimática de la carbohidrasas y proteasas cuando el pH se mantiene en un rango de 6,0 a 6,5 (Garcés et al., 2004).

***Fase de fermentación:*** Comienza cuando se produce una etapa anaerobia, puede durar días o semanas dependiendo del material ensilado y las condiciones ambientales para que las bacterias ácido lácticas empiecen a proliferarse, estas empiezan a generar ácido láctico en mayor cantidad y ácido butírico y propiónico en menor proporción, el pH disminuye de 5,0 a 3,8 (Valencia, 2016).

***Fase de estabilización:*** Ciertos microorganismos acidófilos perduran en esta fase, los bacilos y clostridios subsisten como esporas a su vez; algunos microorganismos toleran ambientes ácidos como lo son *Lactobacillus buchneri*, las carbohidrasas y proteasas permaneciendo poco activos. Ocurren pocos cambios sin presencia de aire (Garcés et al., 2004).

***Fase de deterioro aeróbico:*** Es la fase final del ensilaje; este es liberado y expuesto al aire para su uso, lo que provoca deterioro, donde se inicia la degradación de ácidos orgánico por

parte de la levaduras y bacterias generando ácido acético provocando un aumento del pH; lo cual incrementa la temperatura y la actividad de microorganismo como los bacilos, mohos y enterobacterias (Valencia, 2016).

### **Tiempos del ensilaje**

El ensilaje de pulpa de café ha sido evaluado a diferentes tiempos donde a los 45 días la pulpa de café ensilada presenta mejores valores de las variables proteína 13,05 %, FDN 49,85 %, DIV 57,20 % Y energía bruta 4,50 Mcal/kg (Flórez, 2020). De la misma manera Noriega et al. (2009) analizo la pulpa de café ensilada en diferentes tiempos encontrado diferencias significativas entre los tiempos, donde a los 120 dias aumento la proteina, los niveles de taninos disminuyeron, incremento las cenizas, extracto libre de nitrogeno bajo, considero a los 120 dias la pulpa de café ensilada tiene mayor valor nutritivo.

## Composición bromatológica del ensilaje de pulpa de café

**Tabla 1**

*Composición Bromatológica de Ensilaje de Pulpa de Café (Coffea arabica) a 30, 45 y 90 días de Fermentación*

Composición	Tiempo de fermentación(días)			
	0	30	45	90
Materia seca (%)	15,64 ± 0,21 <sup>a</sup>	16,00 ± 0,18 <sup>a</sup>	15,42 ± 0,17 <sup>b</sup>	15,90 ± 0,08 <sup>a</sup>
Proteína (%)	8,96 ± 0,32 <sup>a</sup>	13,50 ± 0,79 <sup>b</sup>	12,42 ± 0,17 <sup>c</sup>	12,82 ± 0,09 <sup>b,c</sup>
Fibra de detergente ácido (%)	28,34 ± 0,28 <sup>a</sup>	39,02 ± 0,29 <sup>b</sup>	37,97 ± 0,22 <sup>c</sup>	40,75 ± 0,64 <sup>d</sup>
Fibra de detergente neutro (%)	43,79 ± 0,64 <sup>a</sup>	47,05 ± 0,56 <sup>b</sup>	49,85 ± 0,52 <sup>c</sup>	47,07 ± 1,00 <sup>b</sup>
Energía Mcal/Kg	4,15 ± 0,03 <sup>a</sup>	4,36 ± 0,06 <sup>b</sup>	4,50 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,46 ± 0,01 <sup>c</sup>
Cenizas (%)	5,87 ± 0,25 <sup>a</sup>	6,70 ± 0,18 <sup>b</sup>	6,97 ± 0,15 <sup>b</sup>	6,17 ± 0,09 <sup>c</sup>
Calcio (%)	0,32 ± 0,02	0,47 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,40 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,60 ± 0,01 <sup>d</sup>
Fosforo (%)	0,19 ± 0,09	0,22 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,05 <sup>a</sup>
Digestibilidad in vitro (%)	51,67 ± 0,33 <sup>a</sup>	52,47 ± 0,69 <sup>a</sup>	57,20 ± 1,12 <sup>b</sup>	54,55 ± 0,92 <sup>c</sup>
pH (%)	4,51 ± 0,05	3,82 ± 0,09 <sup>b</sup>	3,87 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,85 ± 0,05 <sup>b</sup>
Cafeína (%)	6,53 ± 0,16 <sup>a</sup>	6,39 ± 0,27 <sup>a</sup>	6,60 ± 0,05 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,11 <sup>b</sup>
Polifenoles (%)	5,18 ± 0,38 <sup>a</sup>	7,71 ± 0,47 <sup>b</sup>	7,45 ± 0,42 <sup>b</sup>	7,59 ± 0,48 <sup>b</sup>

Nota. las medias con distintas letras en el superíndice presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Fuente: Flórez (2020)

## Metodología

### Localización del estudio

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona (Colombia), ubicada en la vereda Matajira en el municipio de Pamplonita, con altura de 1100 m s. n. m. en parte baja y 1800 m s. n. m. parte alta, su temperatura promedio 20 °C, con una precipitación de 1400 mm, anual.

### Animales

Para este estudio, se utilizaron cuatro hembras bovinas mestizas con 150 días de lactancia, cuyo componente racial estaba conformado por las razas Jerhol, Girolando y Rojo Sueco, con un peso promedio de 380 kg y condición corporal de 3,3 en una escala de 1 a 5. Estas estuvieron estabuladas en corrales individuales con libre acceso al forraje y agua. La dieta base estuvo conformada por *Pennisetum sp*, fue cortado a los 45 días después del último corte, se ofrecido picado a las 06:00 horas y 18:00 horas.

### Elaboración del ensilado

La pulpa de café empleada para preparar el ensilaje fue variedad Castillo en fresco, se obtuvo de los productores de café de la vereda Llano Grade, municipio de Pamplonita. Se empleó el silo de bolsa (Ignacio et al., 2019), calibre 7 de polietileno con capacidad de 50 kg. Se introdujo la pulpa de café fresca dentro de las bolsas en pequeñas cantidades compactándose hasta eliminar la mayor parte de aire, hasta completar el llenado de la bolsa (Triana et al., 2014). Cerrada la bolsa se almaceno en un lugar seco y bajo sombra durante 30 días garantizando el proceso de fermentación.

Cumplido este tiempo se destaparon las bolsas, se homogenizo y se tomó una muestra del ensilado de pulpa de café donde se envió junto con la muestra de forraje (*Pennisetum sp.*) al

laboratorio Agrosavia, ubicado en la ciudad de Bogotá; donde se estimó el contenido de materia seca (método INCT-CA G-003/1), proteína cruda (método INCT- CA N-001/1), extracto de etéreo (método INCT-CA G-005/1), fibra detergente neutra corregido para cenizas y proteína (NDFap; métodos INCT-CA F-002/1, INCT-CA M-002 / 1 y INCT-CA N-004/1), proteína insoluble detergente neutro (NDIP; método INCT-CA N-004/1) y lignina (H 2 ENTONCES 4 720 g / kg; INCT-CA F- 005/1 método).

### **Diseño experimental**

El diseño consistió en un cuadrado latino 4X4 con cuatro tratamientos y cuatro periodos experimentales cada uno de 15 días, siendo los primeros 9 días de adaptación a las dietas experimentales.

Los tratamientos consistieron en la sustitución parcial del forraje de la dieta base (*Pennisetum sp.*) por ensilado de pulpa de café en proporciones de 2,5 %, 5 % y 7,5 % más un grupo control.

El consumo de alimento, se evaluó a partir del día 9 hasta el día 15 en cada periodo experimental, se tuvo en cuenta la relación entre el alimento ofrecido y el alimento no consumido por cada uno de los bovinos y se permitió el 10% de sobras. De esa forma, muestras de pasto y sobras se colectaron y pesaron diariamente en cada periodo.

Se evaluó la producción de leche, las vacas fueron ordeñadas diariamente a partir del día 9 al día 15 de cada periodo experimental, siendo el día 15 recolectadas las muestras de leche y enviadas al laboratorio ASOTRAB (centro de acopio lechero), ubicado en el municipio de Bochalema, Norte de Santander; donde fueron analizados para proteína, lactosa, densidad, sólidos no grasos y grasa; donde emplearon el equipo espectrofotómetro (Lactoscan Julie C3

Scope Electric). Se evaluó la producción de leche corrida al 4 % de grasa, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Milk4\% (kg)} = 0,4 \times (\text{milk production}) + [15 \times (\text{fat production} \times \text{milk production}/100)]$$

### **Análisis económico**

La evaluación de los costos del alimento por tratamiento y el costo de producción de litro de leche ajustado al 4% por alimento exclusivamente, se realizó empleando las siguientes ecuaciones:

Costo de alimentación por vaca = Consumo de alimento por vaca (kg) \* costo de kg de alimento (\$)

Costo de litro de leche = Costo de alimentación por vaca (\$) / producción total en litro de leche(lt)

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se le aplicaron pruebas estadísticas de ANOVA, teniendo el peso inicial como covariable y los efectos lineares, cuadrático y cúbicos de los niveles de sustitución de *Pennisetum sp* por ensilado de pulpa de café fueron evaluados por contrastes ortogonales, la diferencia estadística fue considerada cuando  $P \leq 0,05$ , y tendencia cuando  $0,05 < P \leq 0,1$ .

## Resultados

A continuación, se presenta la composición nutricional de las dietas para cada uno de los tratamientos de inclusión de ensilado de pulpa de café como reemplazo parcial del forraje *Pennisetum* sp.

**Tabla 2**

*Composición Nutricional de las Dietas en cada Tratamiento de Inclusión de Ensilado de Pulpa de Café*

Parámetro nutricional	<i>Pennisetum</i> sp	Ensilado pulpa de café	T <sub>PC2,5%</sub>	T <sub>PC5%</sub>	T <sub>PC7,5%</sub>
Materia seca (%)	15,38	19,82	15,49	15,60	15,71
Proteína (%)	9,75	16,54	9,92	10,09	10,25
FDN (%)	64,97	30,16	64,09	63,22	62,35
Fibra Cruda (%)	39,99	14,27	39,34	38,70	38,06
Energía bruta (Mcal/Kg)	1,58	1,17	1,57	1,56	1,54

Fuente: Elaboración Propia

En el presente estudio no fue observada diferencia ( $P \leq 0,05$ ) para producción de leche ajustada al 4%, contenido de grasa, densidad, lactosa, SNG, proteína y consumo de forraje entre los tratamientos de inclusión de ensilado de pulpa de café y el grupo control.

**Tabla 3**

*Medias Ajustadas, Error Estándar e Indicadores de Importancia para los Parámetros Productivos en los Diferentes Tratamientos*

Variable	Nivel de sustitución				Error estándar	P – valor <sup>1</sup>			
	Control	T <sub>PC2,5%</sub>	T <sub>PC5%</sub>	T <sub>PC7,5%</sub>		C vs S	L	Q	C
Prod. (l)	4,74	4,97	4,53	4,74	0,732	0,949	0,874	0,987	0,555
Grasa (%)	3,68	3,81	3,53	3,32	0,450	0,323	0,728	0,847	0,899
Den. (g/ml)	1,029	1,029	1,029	1,028	0,000	0,416	0,150	0,459	0,151
Lact (%)	4,06	4,66	4,04	4,21	0,282	0,159	0,830	0,300	0,099
SNG (%)	7,49	8,58	7,46	7,76	0,512	0,158	0,818	0,298	0,099
Prot (%)	2,80	3,20	2,79	3,08	0,210	0,182	0,531	0,699	0,067
Con (%)	90,77	91,27	91,51	91,32	2,247	0,989	0,821	0,832	0,981

Nota. Prod, producción de leche en litros ajustada al 4 % de grasa; Den, densidad; Lact, lactosa; SNG, sólidos no grasos; Prot, proteína; Con, consumo de forraje.

<sup>1</sup>/ C vs S control versus suplementación; L, Q y C efectos de orden lineal, cuadrático y cúbico referidos a los niveles de sustitución.

Fuente: Elaboración Propia

No se presentan efectos de orden lineal, cuadrático ni cúbico con la sustitución parcial del forraje *Pennisetum* sp por ensilado de pulpa de café.

Para estimar el costo de producción de un kg de ensilado de pulpa de café se tuvo en cuenta la pulpa, los recipientes y la mano de obra. Para esta investigación, se estima el costo de kilogramo de ensilado de pulpa de café en 238,27 COP (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Estimación del Costo de Producción del Ensilado de Pulpa de Café (COP)*

	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr Unitario COP</b>	<b>Vr Total COP</b>
Pulpa	Kg	513	172	88.236
Recipientes	Unidad	12	2,500	30.000
Mano Obra	Hora	2	4,000	8.000
Total				122.236
Vr Kg Pulpa				238,27

Fuente: Elaboración Propia

La estimación de los costos de suplementación de los bovinos tipo leche durante el periodo experimental se calculó en 8 149 COP, 16 297 COP y 24 344 COP para el TPC 2,5 %, TPC 5 % y TPC 7,5 % respectivamente.

**Tabla 5**

*Estimación Costo Total (COP) por Concepto de Suplementación de los Bovinos*

	<b>EPC kg</b>	<b>COP EPC</b>	<b>COP Total</b>
T <sub>PC2,5%</sub>	34,2	8 149	8 149
T <sub>PC5%</sub>	68,4	16 297	16 297
T <sub>PC7,5%</sub>	102,6	24 344	24 344
Control	0		0

Nota. EPC. Ensilado pulpa de café.

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se estimó el costo de la suplementación para los tratamientos por litro de leche producido, siendo de 68,31 COP para TPC 2,5 %, 149,89 COP de TPC 5 % y 213,99 COP TPC 7,5 %.

**Tabla 6***Costo de Suplementación por Litro de Leche Producido (COP)*

	<b>Leche litros</b>	<b>COP Suplemento por litro leche</b>
T <sub>PC2,5%</sub>	119,28	68,31
T <sub>PC5%</sub>	108,72	149,89
T <sub>PC7,5%</sub>	113,76	213,99
<b>Control</b>	<b>113,76</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración Propia

En relación a los costos por concepto suplementación por litro de leche, se presentó un incremento del 68,31 COP, 149,89 COP y 213,99 COP para los tratamientos para TPC 2,5 %, TPC 5 % y TPC 7,5 % respectivamente en comparación al grupo control.

## Discusión

Los carbohidratos son importantes en la nutrición del rumiante, su metabolismo en el rumen es causado por microorganismo, produciendo ácidos grasos volátiles (Van y Regueiro, 2008), los cuales aporta más del 70% de energía, siendo absorbidos por el sistema circulatorio con diferentes destinos metabólicos. En el hígado el ácido propiónico por vía gluconeogénesis es transformado en glucosa, siendo la principal fuente de energía para generar lactosa por parte de la glándula mamaria; también es utilizada en el mantenimiento de las necesidades fisiológicas (Nava y Díaz, 2001). El ácido butírico transformado en ácido  $\beta$ -hidroxibutírico y el ácido acético son utilizados para producción grasa en la leche y para síntesis de energía corporal (Duque et al., 2011).

Las bovinas lactantes se encontraban en la segunda etapa de lactancia, donde es aprovechada para recuperar la condición corporal perdida en la primera etapa de lactancia; los requerimientos para producción de leche disminuyen (Pendini, 2008). La curva de lactancia comienza a decrecer debido a la disminución de células secretoras causadas por muerte celular (Glauber, 2007). Los requerimientos nutricionales de esta etapa estaban limitados por el peso vivo del animal (Pendini, 2008).

Blandón et al. (2012) realizaron un estudio donde implementaron el uso ensilaje pulpa de café en ganado lechero en dos etapas: la primera etapa consistió en alimentar vacas de leche de baja producción con ensilado de pulpa de café de 60 días y un grupo control; la segunda etapa empleo dos tratamientos: uno consistió en alimentar vacas de leche de media producción con ensilado de pulpa de café de 270 días y el otro fue con concentrado comercial de (16 %) de proteína. Evaluó composición de la leche, peso y volumen de la leche y características sensoriales, donde presentó diferencia en el peso y volumen de leche de la primera etapa. De

acuerdo los resultados que los autores obtuvieron sugieren que es apropiado el uso de ensilado de pulpa de café en la alimentación de ganado lechero y puede competir con el concentrado comercial ya que no presento diferencias.

En el estudio realizado por Oliva y Reyes (2017) donde empleo ensilaje de pulpa de café con periodo de 120 días de ensilado para alimentar vacas de diferentes cruces con 200 días de lactación, lo tratamientos fueron el testigo y una dieta de 8 libras de pulpa de café por vaca/día sin evidenciar diferencias para producción de leche promedio, producción de leche corregida al 3,5 % de grasa y porcentaje de grasa en la leche; la variable proteína disminuyo 0,35 % en relación con el testigo. A diferencia de Martínez (2015) quien utilizo pulpa de café fermentada enriquecida con urea, minerales, sales y suero de leche en la alimentación de vacas mestizas en pastoreo, donde evaluó cuatro tratamientos del 0 %, 10 %, 20 % y 30 % de pulpa de café ensilada, siendo el tratamiento del 30% que presento incremento en la producción de leche de un 1,3 l/vaca/día, ganancia de peso diaria de 800g/día, disminución del contenido de grasa en comparación con el grupo testigo. No se presentó diferencias en el contenido de proteína.

En este estudio producir un litro de leche incluyendo ensilado de pulpa de café en niveles de 2,5%, 5% y 7,5% tienen un costo de COP 68,31, COP 149,89 y COP 213,99 respectivamente. Así mismo Flórez et al. (2020) suplementaron vacas lecheras con ensilado de naranja donde producir un litro de leche le costó COP 265,15 por tal razón es viable suplementar vacas de leche con ensilado de pulpa de café ya que producir un litro de leche es menos costoso comparado con el ensilaje de naranja.

### Conclusión

No fue observada diferencia ( $P \leq 0,05$ ) para producción de leche ajustada al 4%, contenido de grasa, densidad, lactosa, SNG, proteína y consumo de forraje entre los tratamientos de inclusión de ensilado de pulpa de café y el grupo control.

No se presentan efectos de orden lineal, cuadrático ni cúbico con la sustitución parcial del forraje *Pennisetum* sp por ensilado de pulpa de café.

Producir un kilogramo de ensilado de pulpa de café tiene un costo de 238,27 COP

Producir un litro de leche incluyendo en la dieta ensilado de pulpa de café cuesta 68,31 COP.

El ensilado de pulpa es una alternativa económica que puede emplearse en la alimentación de bovinos de leche debido a que no presentó diferencias en parámetros de producción y calidad de leche, por lo tanto, puede sustituir el forraje de forma parcial en épocas donde el forraje es escaso, sin afectar el consumo.

## Referencias

- Abdelhadi, L. O. (2011). Interpretando nuestros silos.  
<https://ensiladores.com.ar/tecnica/nota30/nota30.htm>
- Aguilar, N., Houbron, E., Rustrian, E. y Reyes, L. (2014). Papel amate de pulpa de café (*coffea arabica*) (residuo del beneficio). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111008>
- Álvarez, J., Hugh, S., Cuba, N. y Loza, M. (2011). Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del prebeneficiado de café (*Coffea arabica*) implementado en la comunidad Carmen Pampa provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(1).  
<https://biblat.unam.mx/hevila/Journaloftheselvaandinaresearchsociety/2011/vol2/no1/4.pdf>
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. y Hincapié, E. (2007). Sistema de producción de café en Colombia. [https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas\\_de\\_produccion.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf)
- Arévalo, D., Lozano, J. y Martínez, J. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica. [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/hh\\_colombia\\_6b.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/hh_colombia_6b.pdf)
- Armas, E., Cornejo, N. y Murcia, K. (2008). Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva.  
[http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1822/1/Propuesta\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_de\\_los\\_subproductos\\_del\\_beneficiado\\_del\\_caf%C3%A9\\_como\\_una.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1822/1/Propuesta_para_el_aprovechamiento_de_los_subproductos_del_beneficiado_del_caf%C3%A9_como_una.pdf)
- Bampidis, V. y Robinson, P. (2006). Citrus by-products as ruminant feeds: A review.  
[doi:https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002)

- Benitez, V., Rebollo, M., Hernanz, S., Chantres, S., Aguilera, Y. y Martin, M. (2019). *Coffee parchment as a new dietary fiber ingredient: Functional and physiological characterization. Food Research International*, 122(105-113).  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.002>
- Bermúdez, J., Melo, E. y Estrada, J. (2015). Evaluación de ensilaje de naranja entera (*Citrus sinensis*) como alternativa de suplementación en bovinos. 9(2).  
doi: 10.17151/vetzo.2015.9.2.4
- Blandón, M., Blandón, S. y Torres, K. (2012). Validación de ensilaje elaborado a partir de pulpa de café como una alternativa de alimentación de ganado lechero en dos etapas de experimentación. *FUNICA*. <http://www.renida.net.ni/renida/funica/REL02-B642.pdf>.
- Cañas, R. (2015). Guía de factores que inciden en la calidad de café.  
<https://docplayer.es/42798037-Guia-de-factores-que-inciden-en-la-calidad-del-cafe-una-alternativa-para-hacer-el-cafetal-sostenible.html>
- Capera, M. y Sánchez, H. (2018). *Diagnóstico del Impacto Ambiental de los Residuos Sólidos (pulpa y mucilago), del café Generados por unidades productivas no certificadas en BPA en las Veredas Tabacal y Betania del Municipio De Pitalito Departamento del Huila*.  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20923/1030543816.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cárdenas, R. y Ortiz, J. (2014). Manejo integrado del recurso de agua, en el proceso de beneficio húmedo del café, para la asociación de productores de café especial “Acafeto” en el municipio de Fresno, departamento del Tolima.  
[http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1265/Cardenas\\_Garzon\\_Rodrigo\\_Cristobal\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1265/Cardenas_Garzon_Rodrigo_Cristobal_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Castro, J. (2020). *Establecimiento de un protocolo para el uso potencial del residuo de la cereza del café generado en la vereda “el diamante” (Cundinamarca) como biocomposito, a partir de una revisión.*

[https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3097/Castro\\_Mora\\_Juan\\_Jos%C3%A9\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3097/Castro_Mora_Juan_Jos%C3%A9_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=)

Días, M., Melo, M., Schwan, R. y Silva, C. (2015). A new alternative use for coffee pulp from semi-dry process to  $\beta$ -glucosidase production by *Bacillus subtilis*. *Letters in Applied Microbiology*, 61(6). doi:<https://doi.org/10.1111/lam.12498>

Duque, M., Olivera, M. y Rosero, R. (2011). Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(1).

<https://www.redalyc.org/pdf/2950/295022380010.pdf>

Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N. y Quichimbo, A. (2017). Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Bosques latitud cero*, 7(2).

<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/322/293>

Farfán, F. (2019). la densidad de siembra de café en sistemas agroforestales. *Cenicafe*

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4209/1/AT499.pdf>

Flórez, D., Capacho, A., Quintero, S. y Baéz, P. (2020). Efecto de la suplementación con ensilaje de naranja sobre la composición de la leche bovina. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2). doi:<http://orcid.org/0000-0002-3915-8396>

Flórez, D. (2020). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad nutricional del ensilaje de pulpa de *Coffea arabica* L. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3).

doi:[https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:1423](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1423)

- Frutos, P., Raso, M., Hervás, G., Mantecón, Á., Pérez, V. y Giráldez, F. J. (2004). Is there any detrimental effect when a chestnut hidrolizable tannin extract is included in the diet of finishing lambs. *Anim. Res*, 53(2). doi:<https://doi.org/10.1051/animres:2004001>
- Gaitán, Á., Villegas, C., Rivillas, C., Hincapié, É. y Arcila, J. (2011). ALMÁCIGOS DE CAFÉ: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo. <https://www.cenicafe.org/es/documents/AVT0404.pdf>
- Garcés Molina, A. M., Berrio Roa, L., Ruíz Alzate, S., Serna de León, J. G. y Builes Arango, A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Lasallista de Investigación*, 1(1). <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511010.pdf>
- Glauber, C. (2007). Fisiología de la lactancia en vaca lechera. <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Heinl, S., Wibberg, D., Eikmeyer, F., Szczepanowski, R., Blom, J., Linke, B., . . . Schlüter, A. (2012). Insights into the completely annotated genome of *Lactobacillus buchneri* CD034, a strain isolated from stable grass silage. *Journal of Biotechnology*, 161(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2012.03.007>
- Herrera, J. y Cortina, H. (2013). Taxonomía y clasificación del café. <http://cafeazulejo.com.co/wp-content/uploads/2018/02/Manual-cafe-colombiano-1.pdf>
- Ignacio, H., Bartosi, R., Cendoya, M. y Urcola, H. (2019). Caracterización del uso del silo bolsa en la provincia de Buenos Aires. doi:10.35305/agro33.250
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>

- Jaramillo, Á. y Ramírez, V. (2013). Gestión del riego agroclimático fuente de amenaza climática para el café en Colombia. <http://cafeazulejo.com.co/wp-content/uploads/2018/02/Manual-cafe-colombiano-1.pdf>
- Krueger, W., Gutiérrez, H., Carstens, G., Min, B., Pinchak, W., Gomez, R., . . . Forbes, T. (2010). Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet. *Animal Feed Science and Technology*, 159(1 a 2).  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.003>
- Kumar, A. y Yu, Z. (2013). Effective reduction of enteric methane production by a combination of nitrate and saponin without adverse effect on feed degradability, fermentation, or bacterial and archaeal communities of the rumen. *Bioresource Technology*, 148.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.140>
- Lagos, T., Criollo, H., García, J., Muñoz, J., López, J., Benavides, V. y Dulce, J. (2019). El cultivo de café (*coffea arabica* L.) En Nariño.  
<http://sired.udenar.edu.co/6518/1/CARTILLA%20DIVULGATIVA%202020%20OK.pdf>
- Latif, S., Lugasi, A., Hóvári, J. y Dworschák, E. (1999). Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage.  
doi:[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199902\)79:2<277: AID-JSFA181>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199902)79:2<277: AID-JSFA181>3.0.CO;2-S)
- Martínez, L. (2015). Utilización de diferentes niveles de pulpa de café biofermentada en raciones suplementarias para vacas mestizas en pastoreo, en el cantón Gonzanamá, provincia de Loja.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10249/1/Tesis%20Lista%20Luis.pdf>

- Martínez, J., Chongo, B., Jordán, H., Hernández, N., Fontes, D., Lezcano, Y. y Cubillas, N. (2008). Características nutritivas de los hollejos húmedos de naranja (*Citrus sinensis* cv. *Valencia*) mantenidos en estibas. *Técnica pecuaria en México*, 46(2).  
<https://www.redalyc.org/pdf/613/61346206.pdf>
- Mayorga, E. (2005). La pulpa de café: de residuo a alimento.  
<http://www.ugr.es/~ri/antiores/dial03/d28-3.htm>
- Munguía, G. (2015). Comportamiento productivo y características de la canal en ovino alimentados con pulpa de café. <https://1library.co/document/4yr2rj7z-comportamiento-productivo-caracteristicas-canal-ovinos-alimentados-pulpa-cafe.html>
- Murthy, P. y Naidu, M. (2012). *Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Nava, C. y Díaz, A. (2001). Introducción a la digestión ruminal. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/79-introduccion\\_a\\_la\\_digestion\\_ruminal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf)
- Navarro, C. y Roa, M. (2018). Comparación de la digestibilidad de tres especies forrajeras estimadas mediante diferentes técnicas. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n1/0121-3709-rori-22-01-00015.pdf>
- Negesse, T., Makkar, H. y Becker, K. (2009). Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *Animal Feed Science and Technology*.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.010>

- Nges, I., Björn, A. y Björnsson, L. (2012). Stable operation during pilot-scale anaerobic digestion of nutrient-supplemented maize/sugar beet silage. *118*.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.096>
- Nonhebel, S. y Kastner, T. (2011). Changing demand for food, livestock feed and biofuels in the past and in the near future. *Livestock Science*, *139*(1-2).  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.021>
- Noriega, A., Silva, R. y García, M. (2008). Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Scielo*. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692008000400001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000400001)
- Noriega, A., Silva, R y García, M. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Zootecnia Trop*, *27*(2). [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692009000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200004)
- Novita, E. (2016). Biodegradability simulation of coffee wastewater using instant coffee. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. doi:10.1016/j.aaspro.2016.02.138
- Nurfeta, A. (2010). Feed intake, digestibility, nitrogen utilization, and body weight change of sheep consuming wheat straw supplemented with local agricultural and agro-industrial by-products. *Tropical Animal Health and Production*.  
doi:<https://doi.org/10.1007/s11250-009-9491-8>
- Oliva, E y Reyes, J. (2017). Efecto de la suplementación con ensilaje de pulpa de café (*Coffea arabica* L.) sobre el desempeño productivo de ganado lechero en Zamorano, Honduras.  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6018/1/CPA-2017-076.pdf>
- Oliveira, A., Souza, J., de Campos, S., de Assis, A., Araújo, R., Diniz, R., . . . de Oliveira, G. (2007). Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras:

- consumo, digestibilidad dos nutrientes, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4). doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000500026>
- Oliveros, C., Ramírez, C. y Sanz, J. (2018). Manual del cafetero colombiano, cosecha del café. <http://cafeazulejo.com.co/wp-content/uploads/2018/02/Manual-cafe-colombiano-tomo-2.pdf>
- Pajoy, H. (2017). Evaluación de las ganancias de peso en cerdos alimentados con ensilaje de pulpa de café en la finca el cabuyo de la vereda Alto Cañada del municipio de la Plata Huila. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14857/1081409969.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pendini, C. (2008). Notas sobre la alimentación de la vaca lechera. <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/notas-sobre-alimentacion-de-la-vaca-leche2008.pdf>
- Piñeiro, A., Canul, J., Alayón, J. y Chay, A. (2015). Potential of condensed tannins for the reduction of emissions of enteric methane and their effect on ruminant productivity. doi:10.4067/S0301-732X2015000300002
- Puerta, G. y Echeverry, J. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. [https://www.researchgate.net/publication/324026007\\_Fermentacion\\_controlada\\_del\\_cafe\\_Tecnologia\\_para\\_agregar\\_valor\\_a\\_la\\_calidad](https://www.researchgate.net/publication/324026007_Fermentacion_controlada_del_cafe_Tecnologia_para_agregar_valor_a_la_calidad)
- Ramakrishnan, A., Rajesh, j., Yukesh, R., Yogalakshmi, K. y Kumar, G. (2020). Biohythane production from food processing wastes – Challenges and perspectives. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122449>

- Ramírez, S. (2012). Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, cascarilla de arroz, (*Oriza sativa*) y residuos de papa (*solanum tuberosum*) para la producción de *Trichoderma spp.*  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3063/1/SBQ.29.pdf>
- Ramírez, V., Jaramillo, Á. y Arcila, J. (2010). Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia. *Cenicafe*. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0395.pdf>
- Rendón, J. y Bermúdez, L. (2017). criterios para el establecimiento de café en Colombia.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4211/1/AVT0475.pdf>
- Rodríguez, N., Sanz, J., Oliveros, C. y Ramírez, C. (2015). Beneficio del café en Colombia.  
[https://www.cenicafe.org/es/publications/Final\\_libro\\_Beneficio\\_isbn.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/Final_libro_Beneficio_isbn.pdf)
- Rodríguez, N. y Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/351/1/avt0393.pdf>
- Rojo, E. (2014). Café I (G. Coffea). <https://eprints.ucm.es/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- Sadeghian, S., y Jaramillo, Á. (2017). Nutrición de los cafetales en Colombia. *Cenicafe*.  
<https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0477.pdf>
- Salinas, T., Ortega, M., Sánchez, M., Hernández, J., Díaz, A., Figueroa, J., . . . Cordero, J. (2015). Productive performance and oxidative status of sheep fed diets supplemented with coffee pulp. *Small Ruminant Research*, 123(1).  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.09.008>
- Sanz, J., Oliveros, C., Ramírez, C., Peñuela, A. y Ramos, P. (2013). Manuel del cafetero colombiano, proceso de beneficio. <http://cafeazulejo.com.co/wp-content/uploads/2018/02/manual-cafecolombiano-tomo-3.pdf>

- Serna, J., Torres, L., Martínez, K. y Hernández, M. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista Ion*, 31(1). doi: 10.18273/revion.v31n1-2018006
- Shahidi, F. y Naczk, M. (1995). *Food phenolics: sources, chemistry, effects, applications*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co.
- Tamir, B., Gebrehawariat, E., Tegegne, A. y Kortu, M. (2012). Rumen degradability characteristics of normal maize stover and silage, and quality protein maize silage-based diets offered to cows. *Tropical Animal Health and Production*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11250-012-0104-6>
- Triana, E., Leal, F., Campo, Y. y Lizcano, H. (2014). Evaluación de ensilaje a partir de dos subproductos agroindustriales (cascara de naranja y plátano derecho) para alimentación de ganado bovino. *Alimentos hoy*, 22(31). <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/254/238>
- Urueña, M. (2013). El mercado mundial y nacional del café. <http://cafeazulejo.com.co/wp-content/uploads/2018/02/Manual-cafe-colombiano-1.pdf>
- Valencia, A. (2016). Los ensilajes: una mirada a esta estrategia de conservación de forraje para la alimentación animal en el contexto colombiano. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/261>
- Van, E. y Regueiro, M. (2008). Digestión e el retículo-rumen. <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>

**Anexos****Figura 1***Pulpa de Café Fresca*

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2***Compactación de la Pulpa de Café*

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3**

*Ensilado de Pulpa de Café*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 4**

*Forraje Pennisetum sp Picado*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5**

*Consumo de Ensilado de Pulpa de Café*



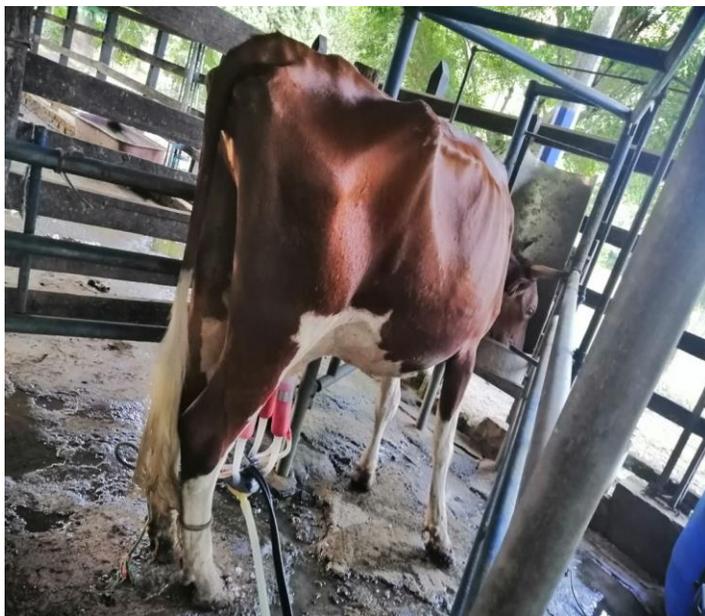
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 6**

*Bovinas Utilizadas en el Estudio*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 7***Ordeño Mecánico de Bovinas del Estudio*

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 8***Medición de Leche*

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 9**

*Muestra de Leche de los Tratamiento en Estudio*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 10**

*Análisis de Leche*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 11**

*Centro de Acopio Lechero*



Fuente: Elaboración Propia