



Universidad de la Cañada

UNIVERSIDAD DE LA CAÑADA

INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS

Evaluación de tres dietas a base de concentrado, pulpa descafeinada, pergamino y película plateada de café (*Coffea arabica* L.) en corderos Pelibuey

TESIS

Presentada como requisito para obtener el grado de:

INGENIERO EN AGROINDUSTRIAS

PRESENTA:

JOSÉ LUIS BAUTISTA LÓPEZ

DIRECTOR:

DR. JOSÉ ALFREDO SÁNCHEZ MERAZ

CO-DIRECTOR:

DR. VICTORINO MORALES RAMOS

TEOTITLÁN DE FLORES MAGÓN, OAXACA NOVIEMBRE DE 2020



UNIVERSIDAD DE LA CAÑADA

Teotitlán de Flores Magón, Oax., a 10 de marzo de 2020.

Dr. José Alfredo Sánchez Meraz
Jefe de la Carrera de la Licenciatura en Ingeniería en Agroindustrias
Universidad de la Cañada
Presente:

Por medio de la presente, nos dirigimos a usted para notificarle que después de haber revisado el manuscrito de tesis intitulado **"Evaluación de tres dietas a base de concentrado, pulpa descafeinada, pergamino y película plateada de café (*Coffea arábica* L.) en corderos Pelibuey"**, presentado por el **C. José Luis Bautista López**, como parte de los requisitos para la obtención del Grado de Ingeniero en Agroindustrias, consideramos que cumple con los elementos requeridos en cuanto a contenido y forma. Por las razones anteriores otorgamos el voto aprobatorio para la continuación de los trámites correspondientes.

Agradeciendo la atención prestada, aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

"praeteritum noscere, posterum molior"

Comisión Revisora

Dr. Juan Manuel Loeza Corte

M.C. Marco Antonio Islas López

M.C. Julio César Hernández Rosas

M.C. Rocío Rosas López

Dr. José Alfredo Sánchez Meraz

Handwritten signatures of the five members of the Reviewing Commission over horizontal lines.

AGRADECIMIENTOS

Al **Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT** por el financiamiento, a través del Proyecto S0007-2016-01-277838 sobre Agregación de Valor al Café Mexicano, para llevar a cabo esta investigación de tesis. A sí mismo, al **Colegio de Postgraduados Campus Córdoba**, por brindarme los materiales y todas las facilidades para llevar a cabo la presente investigación.

Dr. Victorino Morales Ramos por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y permitir realizar el presente trabajo, además, de todas las facilidades que se requirieron durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados. Muchas gracias por su amistad, paciencia, tiempo y consejos.

Dr. José Alfredo Sánchez Meraz por el apoyo incondicional durante los cinco años de mi formación guiándome en el camino de crecimiento profesional, gracias por tomarse el tiempo en las tutorías y asesorías, así como en la redacción de éste proyecto y de guiarme en el proceso de titulación, muchas gracias.

Dr. Juan Salazar Ortiz por la disponibilidad del área de trabajo y facilidades en la evaluación del presente proyecto, así como los consejos del trabajo.

Al equipo del **Área de Ciencia y Tecnología del Café**, así como el **Área de Ganadería** del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba por el apoyo incondicional en cada una de las etapas del presente trabajo. Gracias por las convivencias, experiencias y de sus amistades.

Comité Revisor:

Dr. Juan Manuel Loeza Corte

M.C. Roció Rosas López

M.C. Julio Cesar Hernández Rosas

M.A. Marco Antonio Islas López

Gracias por todos sus consejos, observaciones y sugerencias que permitieron enriquecer éste trabajo.

Profesores (as) mis más sinceros agradecimientos a todos quienes tuve la oportunidad de estar en clases compartiendo sus conocimientos y experiencias en la vida profesional. Muchas gracias.

A mis compañeros y amigos de la carrera: Augusto, Uriel, Francisco Aguilar, Francisco Bernal, María de la Luz, Lilia, Luz Miriam... ¡ah! y Sarib, por todos los buenos y malos momentos, ahora solamente queda el recuerdo y la esperanza de encontrarnos en la vida profesional. Les deseo lo mejor y muchas gracias por la amistad.

Universidad de la Cañada Gracias por aceptarme y ser de ésta gran institución mi alma mater, gracias por brindarme los conocimientos y las herramientas necesarias para enfrentar en el ámbito profesional.

DEDICATORIA

A mi madre (Aurelia) por darme la vida, tu que has estado en los buenos y en los malos momentos de mi vida, enseñándome a compartir lo poco que uno tiene a los que nos siguen y a enfrentar la vida con humildad, respeto, y paciencia, gracias por tus enseñaste y tus consejos, por los valores inculcados dando el ejemplo que para superarse en la vida es trabajando, te amo mamá.

A mi padre (Nicolás) por darme la vida, a pesar el poco tiempo que estuviste con nosotros he aprendido a enfrentar la vida y dar la cara ante todos mis problemas, me enseñaste a ser amigable con los demás, sé que querías lo mejor para mí y de lo orgulloso que estarías por ésta etapa espero y en la otra vida nos encontraremos un abrazo hasta allá en el cielo.

A mi hermano (Alfredo) por ser el ejemplo a seguir y poder terminar esta etapa profesional y personal, gracias por cumplir el papel de papá y guiar el camino en los momentos de tropiezo.

A mis hermanas Regina, Francisca, María por darme consejos y de apoyarme en momentos difíciles.

A mis hermanas Isabel, Irma, Martha y Dionicia por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, de quienes confié, quiero, estimo, agradecido porque sin ustedes a lo mejor no hubiera terminado esta etapa. Me siento afortunado de tenerlas, las quiero mucho.

A mis sobrinos Alondra, Edith, Gildardo, Delmar, Cesar, Luis, Yeni, Nicolás, Abelardo, Eliza e Itzel, por su compañía y alegría en la familia.

A mi familia

A Moni y a Dayra por llegar a darme ese empujón y culminar ésta etapa, Muchas gracias por llegar a ser mi motor de inspiración para luchar en esta vida con más fuerza y dar lo mejor de mí.

“Nuestros primeros esfuerzos son puramente instintivas incitaciones de una vivida e indisciplinada imaginación. Pero esos impulsos tempranos, aunque no son inmediatamente productivos, son del momento más grande y podrían darle forma a nuestros mismos destinos”

Nikola Tesla

RESUMEN

Durante el procesamiento del café, desde el beneficiado hasta el tostado, se generan subproductos tales como la pulpa, pajilla o pergamino y la película plateada, que generalmente son desechados ocasionando contaminación al medio ambiente. La pulpa es el principal subproducto generado, cuenta con un alto contenido proteico (12-14%) y de fibra cruda (60%), que lo hace promisorio en la alimentación de rumiantes. Estos animales contienen microorganismos ruminales que degradan las fibras vegetales, transformándolas en fuente de energía. En el presente trabajo se evaluó la inclusión de pulpa descafeinado con pergamino, en los porcentajes presentes en café bola o capulín, y película plateada generada durante el tostado, como ingredientes en la formulación de una dieta base para ovinos en finalización de raza Pelibuey. Se evaluaron tres tratamientos (0, 10 y 20% de suplemento en MS) con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron Consumo de Materia Seca (CMS), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Conversión Alimentaria (CA) y Eficiencia Alimentaria (EA). Se realizó un diseño completamente al azar en medidas repetidas con evaluación inicial y durante cada una de las seis semanas que duró el experimento. Los resultados indican una GDP de 0.296, 0.216 y 0.152 kg en la suplementación del 0, 10 y 20 % respectivamente. Para los mismos porcentajes de suplemento, el consumo promedio, en kg de MS, fue de 1.35, 1.17 y 1.07, respectivamente; mientras que la CA fue de 6.156, 5.510 y 5.005 kg/kg. La EA fue de 0.205, 0.189 y 0.168 kg/kg en los tratamientos. Estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$). En conclusión se recomienda la inclusión hasta en un 20% de estos subproductos en la dieta de ovinos en finalización.

Palabras clave: Subproductos del Café, Pulpa Descafeinada, Cafeína, Pequeños Rumiantes, Ovino Pelibuey.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGNIFICADO	V
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Pequeños rumiantes	2
2.1.1. Microorganismos ruminales.....	2
2.1.2. Requerimientos nutricionales de pequeños rumiantes	3
2.1.3. Importancia de la ovinocultura	4
2.2. Pruebas de digestibilidad.....	5
2.2.1. Técnica de digestibilidad <i>in vivo</i>	5
2.2.2. Técnica de digestibilidad <i>in situ</i>	5
2.2.3. Técnica de digestibilidad <i>in vitro</i>	6
2.3. Café y subproductos	6
2.3.1. Pulpa de café	7
2.3.2. Pergamino.....	9
2.3.3. Película plateada	9
2.4. Cafeína.....	10
2.4.1. Métodos de descafeinado.....	11
2.5. Aprovechamiento de subproductos agroindustriales del café en la alimentación de rumiantes.....	12
CAPÍTULO III.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
CAPÍTULO IV	14
4. JUSTIFICACIÓN	14
CAPÍTULO V	15
5. HIPÓTESIS.....	15
CAPÍTULO VI	15

6. OBJETIVOS.....	15
6.1. General	15
6.2. Particulares	15
CAPÍTULO VII	16
7. METODOLOGÍA.....	16
7.1. Obtención de los subproductos del café	16
7.1.1. Descafeinado de la pulpa de café	17
7.1.2. Cuantificación de cafeína con UPLC/MS	18
7.2. Selección de ovinos y formulación de dietas.....	18
7.3. Evaluación de dietas	21
7.4. Análisis proximal de las dietas.....	24
7.4.1. Materia seca.....	24
7.4.2. Materia orgánica y ceniza.....	24
7.4.3. Fibra detergente neutra (FDN)	25
7.4.4. Determinación de proteínas	26
7.4.5. Determinación de extracto etéreo	28
7.5. Diseño experimental	29
CAPÍTULO VIII	30
8. RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
8.1. Cuantificación de cafeína en la pulpa de café.....	30
8.2. Evaluación de dietas	31
CAPÍTULO IX	36
9. CONCLUSIONES.....	36
CAPÍTULO X	37
10. REFERENCIAS	37
CAPITULO XI	43
11. ANEXO.....	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición bromatológica de la pulpa de café (<i>Coffea arábico</i> L.)	8
Cuadro 2. Datos de ovinos de raza Pelibuey en evaluación.....	19
Cuadro 3. Consumo de alimento diario de corderos Pelibuey	20
Cuadro 4. Composición bromatológica de los componentes de las dietas formuladas	20
Cuadro 5. Dietas balanceadas representadas en porcentaje	21
Cuadro 6 Fase de adaptación del tratamiento 2.....	23
Cuadro 7. Fase de adaptación del tratamiento 3.....	23
Cuadro 8. Resultados de la cuantificación de cafeína de la pulpa de café con UPLC/MS.....	31
Cuadro 9. Análisis proximal de dietas	31
Cuadro 10. Análisis de la Ganancia Diaria de Peso (GDP) en corderos Pelibuey	32
Cuadro 11. Análisis del Consumo de Materia Seca (CMS) en corderos Pelibuey	33
Cuadro 12. Análisis de la Conversión Alimentaria (CA) en corderos Pelibuey	34
Cuadro 13. Análisis de Eficiencia Alimentaria (EA) en corderos Pelibuey	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Capas del café cerezo (Esquivel y Jiménez, 2012).	7
Figura 2. Pulpa de café seco (Morales <i>et al.</i> , 2018)	8
Figura 3. Pergamino de café seco (Nervada, 2018).	9
Figura 4. Película plateada del café (Artisan, 2014).	10
Figura 5. Secador solar tipo invernadero.....	16
Figura 6 Pulpa de café descafeinado sobre camas se secado.....	17
Figura 7 Corderos de raza Pelibuey en jaulas individuales.	22
Figura 8. Cromatograma de cuantificación de cafeína en la pulpa descafeinada .	30

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGNIFICADO

CMS	Consumo de Materia Seca
GDP	Ganancia Diaria de Peso
CA	Conversión Alimentaria
EA	Eficiencia Alimentaria
FDN	Fibra Detergente Neutra
PC	Proteína Cruda
EE	Extracto Etéreo
MS	Materia Seca
MO	Materia Orgánica
TND	Total de Nutrientes digestibles
PV	Peso Vivo

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura es una actividad del sector pecuario de interés comercial, que tiene como objetivo la obtención de carne y leche (López *et al.*, 2000). Recientemente se ha propiciado mayor desarrollo de la ovinocultura en diferentes regiones del país, donde las razas de pelo, como el Pelibuey, han cobrado importancia dadas sus características favorables de rusticidad, manejo y productividad (Morales *et al.*, 2004). Sin embargo, la demanda nacional de carne ovina no se ha logrado cubrir, por lo que ha sido necesaria la importación, logrando el 46,2% del consumo nacional aparente (SAGARPA, 2010). La explotación ovina enfrenta el problema del alto costo de producción por concepto de alimentación, alrededor del 70-80% (Selva, 2017), especialmente en los sistemas intensivos, donde los granos son la base de la alimentación, principalmente maíz, cuyo elevado precio agudiza el problema (Pérez *et al.*, 2010). Ante ello, se buscan alternativas en la alimentación de pequeños rumiantes, que sean de bajo costo, con aportación igual o mayor a las comerciales. En este contexto, los subproductos agroindustriales se presentan como una alternativa viable (Martín y Rogers, 2004). Seleccionando aquellos residuos que en el proceso de obtención generen una considerable cantidad para ser aprovechados y contengan un alto valor nutrimental.

En el proceso de producción del café se generan distintos subproductos como la pulpa, pergamino y película plateada, los cuales son considerados como un problema para el ambiente por la contaminación que generan, sin embargo, estos subproductos representan una fuente importante de fibra (hasta un 70%) y proteínas (hasta un 18%), que pueden ser aprovechados por pequeños rumiantes. En consecuencia, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el uso de la pulpa, pergamino y película plateada del café en raciones mezcladas con concentrado comercial para ovinos de raza Pelibuey en finalización.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Pequeños rumiantes

Los pequeños rumiantes son una fuente importante de carne, leche y lana en todo el mundo. Dentro de este grupo se encuentran los ovinos y caprinos, basando su alimentación en la degradación fermentativa de la fibra de pastos y forrajes, aprovechando los polímeros de celulosa, hemicelulosa y pectina para su transformación en productos de alto valor biológico que posteriormente son utilizados por el ser humano como fuente de nutrientes (INATEC, 2016).

La fermentación del alimento fibroso en pequeños rumiantes se da gracias a una microbiota simbiótica que se localiza en el rumen y que incluye bacterias (10^9 - 10^{10} por mL), protozoarios (10^6 por mL). Estos microorganismos permiten al rumiante aprovechar los polisacáridos estructurales. Los productos de la fermentación, como son la masa microbiana y los desechos en los que se encuentran los ácidos grasos volátiles (ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico) son utilizados por el animal para satisfacer sus necesidades de proteína y energía respectivamente, así mismo, en el rumen se generan los precursores proteínicos y lipídicos que son constituyentes de la carne y leche (Fraga, 2010).

2.1.1. Microorganismos ruminales

La población bacteriana ruminal es la que se encuentra en mayor cantidad, identificando a más de 60 especies, figurando la mayoría de bacterias anaerobias no formadoras de esporas; encontrando principalmente a *Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Streptococcus bovis*, *Bacteroides ruminicola*, *Megasphaera elsdenii*, entre otros. Estos microorganismos obtienen su fuente de energía de la celulosa, celobiosa, almidón,

lactato, glucosa y hemicelulosa, y como producto final generan el ácido propiónico, ácido acético, ácido butírico, ácido láctico, ácido succínico y ácido fórmico. La interacción entre microorganismos constituye una característica importante en la fermentación ruminal. Los protozoos se encuentran en menor nivel poblacional en comparación a las bacterias, aunque son de mayor tamaño. En los animales adultos la mayoría son ciliados pertenecientes a dos familias, la *Isotrichidae* y la *holotricoeae*; incluyen los géneros *Isotricha* y *Dasytricha*. Los *Ophryoscolecidae* u *Oligotricos*, encontrando géneros como *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium* y *Ophryoscolex* (McDonald *et al.*, 1993).

2.1.2. Requerimientos nutricionales de pequeños rumiantes

Los requerimientos nutricionales de los pequeños rumiantes se basan en sus necesidades diarias de agua, energía, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, para un adecuado crecimiento, producción y reproducción. No obstante, los requerimientos cambian de acuerdo al sistema de producción, el estado fisiológico (crecimiento, desarrollo, engorda, gestación, lactancia y mantenimiento), sexo, raza, edad y peso vivo del animal (Oriella y Silvana, 2017).

Para ello la formulación de dietas en ovinos de acuerdo a su estado fisiológico utilizan valores de requerimiento nutrimental de ovinos, el cual considera la nutrición de los microorganismos ruminales para poder nutrir a los animales. Lo anterior implica seleccionar fuentes de alimentos que logren mantener una población de microorganismos ruminales sanas y productivas, que aseguren que los animales recibirán suficiente energía y proteína en sus distintos estados fisiológico (Castellano *et al.*, 2015).

Para validar el uso de nuevas alternativas de alimentación en la nutrición de los pequeños rumiantes, se utilizan diversas técnicas que determinan el valor nutritivo de dichos ingredientes y que comúnmente se denominan pruebas de digestibilidad (Novel, 2003).

2.1.3. Importancia de la ovinocultura

La ovinocultura en nuestro país, se caracteriza por sistemas de producción muy variados, con características propias de cada región, sin embargo, es una actividad muy redituable a corto plazo. En México se tienen registrados 53,000 unidades de producción ovina (SIAP; 2018) y de acuerdo con datos de Sistema de Información Agropecuaria y Pesca, la producción ovina en pie fue de 122,464 toneladas, con un valor total de \$4.4 mil millones. Además, México genera sólo el 70% de la carne ovina que consume, por lo que tiene un mercado interno potencial de unas 30 mil toneladas anuales. La producción ovina en el país se distribuye de la siguiente forma: 53% en el centro (Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Dorset, Katahdin, Dorper y Pelibuey), 24% en el sur-este (Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper), y 23% norte (Rambouillet, Pelibuey, Katahdin y Dorper). La raza Pelibuey (*Ovis aries*) es una de las principales razas que existen en México. Su hábitat natural son las regiones cálidas: tropicales, subtropicales e incluso áridas (Wildeus, 1997) y gracias a su adaptabilidad actualmente se encuentran difundidos por todo el territorio nacional.

Los sistemas de explotación en los que se encuentran los ovinos Pelibuey son pastoreo y estabulación, pero de acuerdo a la intensidad de producción se dividen en intensivos, semi-intensivo y extensivo. No obstante, un factor común de estos sistemas de explotación es el costo de la alimentación de los animales, el cual representa en un sistema intensivo el 80% del costo total de producción (Rodríguez *et al.*, 2017), debido a los altos precios de los granos y cereales en las dietas. Esto ha significado que los productores busquen nuevas alternativas o fuentes de alimentación que no afecten la productividad y salud de los animales.

2.2. Pruebas de digestibilidad

La digestibilidad es la base de las metodologías de evaluación de los alimentos. La digestibilidad sirve como una medida para determinar la calidad de la dieta y de las materias primas utilizadas en ella, la disponibilidad de los nutrientes que las constituyen, la importancia que tienen estos en la salud de los animales, su desempeño y las características de las heces, además sirve como soporte para el cálculo de los requerimientos nutricionales (Osorio *et al.*, 2012).

2.2.1. Técnica de digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad *in vivo* históricamente ha sido utilizada para determinar la degradabilidad aparente de los alimentos (Rosero y Posada, 2007), porque es una técnica que evalúa los parámetros productivos y comportamiento de un animal, además es el medio para conocer la calidad nutritiva de los forrajes (Giraldo *et al.*, 2007).

La digestibilidad *in vivo* se obtiene a partir de ensayos con animales donde se mide exactamente las cantidades de forraje consumido o también de las heces producidas (Ressia, 2007).

2.2.2. Técnica de digestibilidad *in situ*

Esta técnica ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en la cánula ruminal. Y ha sido adoptada como método estándar para caracterizar la degradabilidad ruminal del nitrógeno. Esta técnica ha sido escogida debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*. Este método también puede ser usado para describir las características de degradación de los componentes estructurales del forraje (Rosero y Posada, 2007).

2.2.3. Técnica de digestibilidad *in vitro*

Las técnicas *in vitro* permiten la evaluación rutinaria de la fermentación ruminal empleando fluido ruminal o el uso de complejos enzimáticos. Este método ofrece determinar la cinética de degradación de un alimento a través del volumen de gas liberado (Posada y Noguera, 2005).

2.3. Café y subproductos

El café es una de las bebidas favoritas del mundo, siendo el segundo producto más comercializado después del petróleo. En México, en el 2018 la producción nacional fue de 860 mil ton^{-1} de café cereza con un valor de casi 5 mil millones de pesos. El estado con mayor producción fue Chiapas con 339 mil ton^{-1} , y el segundo fue Veracruz con 194 mil ton^{-1} , a nivel nacional. Considerando la producción de café en el 2018, se generaron alrededor de 387 mil toneladas de subproductos a nivel nacional, destacando los estados de Chiapas (333 mil ton^{-1} de café cereza) y Veracruz (209 mil ton^{-1} de café cereza), con 150 mil ton^{-1} y 94 ton^{-1} respectivamente (SIAP, 2018).

El café como fruto es una drupa con epicarpio usualmente rojo-violeta o rojo oscuro en estado de madurez (incluso amarillo o naranja en genotipos específicos). El epicarpio cubre los tejidos blandos amarillentos, fibrosos y pulpa dulce o mesocarpio exterior. En la parte interna se encuentra el mucílago o mesocarpio interno que es translúcido, incoloro, delgado, viscoso y altamente hidratado (capa de pectina). Después se encuentra un fino endocarpio amarillento, también llamado pergamino y finalmente, la película plateada que cubre cada hemisferio del grano de café (endospermo) (Figura 1) (Esquivel y Jiménez, 2012).

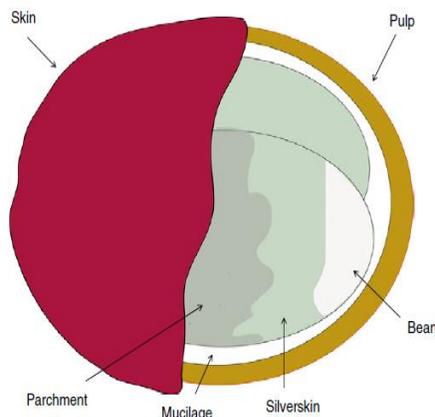


Figura 1. Capas del café cerezo (Esquivel y Jiménez, 2012).

2.3.1. Pulpa de café

El pericarpio, envoltura general de las semillas, representa el 28.7% del peso seco del café, y en él se distingue el a) epicarpio, b) mesocarpio, y c) endocarpio. Siendo el primero (a) y el segundo (b) los que conforman la pulpa del café (Figura 2), esencialmente rica en carbohidratos, proteínas y minerales (especialmente k^+) (Bressani *et al.*, 1972). En el Cuadro 1 se presentan los componentes orgánicos presentes en la pulpa de café y los cuales incluyen taninos 1,80-8,56%, sustancias pécticas totales 6,5%, cafeína 1,3%, ácido clorogénico 2,6%, y ácido cafeico total 1,6% (Pushpa y Madhava, 2012).

La pulpa es obtenida del beneficiado húmedo, que consiste en un proceso de despulpado por medio de fricción, posteriormente se deja en fermentación con la finalidad de facilitar la separación del mucilago del endocarpio. La pulpa separada es transportada a un sistema de recolección de desperdicios para su posterior desecho (Esquivel y Jiménez, 2012).

Cuadro 1. Composición bromatológica de la pulpa de café (*Coffea arábico* L.)

Variable medida	Unidad	Base seca	Base húmeda
pH			4.21
Humedad	%	12.05	85.37
Sólidos solubles totales	°Brix		3
Azúcares reductores	%	45.67	
Fenoles totales	mg EAG g ⁻¹ pulpa	4.09	0.91
DPPH	μmol ETrolox g ⁻¹ pulpa	132.54	28.93
Cafeína	%	2.262	
Proteína	%	10.63	9.04
Grasa	%	5.78	6.93
Fibra	%	36.07	30.63
Cenizas	%	9.58	
Conductividad eléctrica	s/dm	7.88	
Materia Orgánica	%	92.11	

(Morales *et al.*, 2018)Figura 2. Pulpa de café seco (Morales *et al.*, 2018)

2.3.2. Pergamino

También llamado cascarilla o pajilla, es la parte que presenta una fibra dura, que envuelve ambos hemisferios de la semilla del café y los separa de uno al otro, representa alrededor del 12% del grano (Figura 3). La composición química de este es de 12% de humedad 5.4% de ceniza, 7.0% de proteína, 0.3% de lípidos y 72.3% de carbohidratos (24.5% celulosa, 29.7% de hemicelulosa, 23.7% de lignina y 6.2% de ceniza (Burton *et al.*, 2010).

La cascarilla se obtiene durante el beneficio seco, en este proceso mediante el uso de un equipo de trillado, el café pergamino es sometido a fricción para separar la cascarilla del grano del café, obteniéndose como resultado el pergamino y el grano que es denominado café verde u oro (Pushpa y Madhava, 2012).



Figura 3. Pergamino de café seco (Nervada, 2018).

2.3.3. Película plateada

Éste es un integumento del grano de café (Figura 4), que muestra un alto contenido de fibra dietaría soluble (86% de fibra dietaría total) con fibras totales del 62.4%; 17.8% de celulosa, 13.1% de hemicelulosa y 1.0% de lignina. El contenido de azúcares totales es 6.64%, contenido de grasas de 2.2% y el contenido de proteína de 18.6%. La película plateada del café tiene una alta capacidad antioxidante,

probablemente debido a la concentración de compuestos fenólicos, y posee melanoidinas que contribuyen con la reacción de Maillard en el proceso de tostado (Borelli *et al.*, 2000).

La película plateada se genera en el proceso de tostado cuando el grano de café, al someterse a las altas temperaturas (aproximadamente 200°C), se infla desprendiendo el integumento del café verde (Sánchez y Anzola, 2012).



Figura 4. Película plateada del café (Artisan, 2014).

2.4. Cafeína

El café es el producto que contiene la cantidad más alta y variable de cafeína en la dieta (0.5-3%), su concentración depende de las diferencias genéticas de los granos, así como, del tiempo y la forma de preparación, oscilando entre 30 y 175 mg por 150 mL. El café descafeinado contiene entre 2 y 8 mg por 150 mL (Pardo *et al.*, 2007). La cafeína (1,3,7-metilxantina) es un alcaloide de estructura purínica que se encuentra naturalmente en los granos del café (Valenzuela, 2010).

De acuerdo con algunos estudios, la cafeína es un antagonista competitivo de los receptores adenosinicos del sistema nervioso central, y puede provocar efectos psicoestimulantes, respiratorios, músculo esquelético y cardiovasculares en seres humanos y animales (Pardo *et al.*, 2007); (Flores y Rosales, 2018). En este sentido

se han buscado métodos de descafeinado eficientes que permitan conservar las características del café para su degustación y utilizar los subproductos en la alimentación animal.

2.4.1. Métodos de descafeinado

El descafeinado consiste en la remoción de la cafeína presente principalmente en los granos de café verde, variando la eficiencia de descafeinado dependiendo de los diferentes métodos aplicados.

2.4.1.1. Extracción con solventes

Hasta mediados de los años 70, todos los métodos de descafeinado utilizados eran a base de solventes; el benceno, cloroformo, éter, alcohol, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, acetona, hidróxido de amonio y ácido sulfúrico, utilizados para descafeinar los granos de café. En el proceso de extracción, los granos de café verde son primero vaporizados para aumentar su contenido de humedad y después tratados con disolvente para eliminar la mayor parte de cafeína presente (Ramalakshmi y Raghavan, 1999).

2.4.1.2. Extracción con agua

La cafeína tiene una solubilidad específica en agua que varía ampliamente con la temperatura. A temperatura ambiente la cafeína se disuelve en agua a un máximo de solubilidad del 2%, mientras que con agua en ebullición puede disolverse hasta el 70% o más. Un factor adicional en la extracción acuosa es que la cafeína se combina con ácidos orgánicos dentro de las células del grano verde. Por lo que los granos de café deben ser hidrolizados por calor para liberar la cafeína (Ramalakshmi y Raghavan, 1999).

2.5. Aprovechamiento de subproductos agroindustriales del café en la alimentación de rumiantes

Dentro de los factores que contribuyen a mantener la calidad del medio ambiente, se encuentra el aprovechamiento de subproductos agroindustriales. Estos subproductos, pueden ser incorporados, por sus características bromatológicas, a la nutrición animal (Cury *et al.*, 2017). Además, la industria pecuaria está en constante búsqueda de nuevas alternativas nutricionales que permitan reducir costos sin afectar la eficiencia productiva y la salud de los animales (Ramírez *et al.*, 2017). En la industria del café son generados subproductos (la pulpa, el pergamino y la película plateada) destacados por su alto contenido de proteínas, carbohidratos y fibras.

Pushma y Madhavan (2012) mencionan que una dieta con 20% de pulpa de café en la alimentación de rumiantes llega a generar un efecto anti-nutricional por su contenido de cafeína. Por su parte, Furusho *et al.*, (2000) al evaluar en 50 días el crecimiento y la alimentación de ovinos con pulpa de café y pulpa de café tratada con urea y semillas de soya molida encontraron que un nivel de inclusión del 15 % no afecta al crecimiento de los animales, siendo los machos los que presentaron un mejor desempeño comparado con las hembras.

Blandón (2009) formuló y evaluó una dieta para ovinos Pelibuey con pulpa de café ensilado utilizando 92.5% de pulpa, 5% de melaza, 1.5% urea y 1% de sal mineral y determinó que los ovinos incrementaron su consumo de materia seca sin afectar la digestibilidad aparente. Además, Aguirre *et al.*, (2017) al evaluar el efecto de la suplementación con pulpa de café fermentada sobre algunos indicadores productivos y económicos en corderos con una etapa de crecimiento por 90 días, encontraron que la ganancia media diaria fue de 74.11g d⁻¹, un consumo de materia seca de 89.01 g Kg⁻¹ PV, una conversión alimenticia de 12.93.

CAPÍTULO III

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La alimentación de los animales en los sistemas de producción pecuaria representa alrededor del 60 al 70% del costo de producción, por lo que la industria pecuaria busca nuevas fuentes de nutrientes de bajo costo que disminuyan las concentraciones de ingredientes costosos, como son los granos y cereales.

En el procesamiento e industrialización de alimentos para el hombre, se genera una gran cantidad de subproductos o residuos agroindustriales que, por lo general, son desechados al ambiente generando gases de efecto invernadero y representando una fuente de contaminación al ambiente. Los subproductos agroindustriales pueden ser utilizados en la alimentación de animales debido a que presentan entre sus componentes nutrientes que pueden mantener y/o incrementar la eficiencia productiva de los animales sin efectos secundarios o perjudiciales en la salud del animal y del ser humano.

En la industria cafetalera, durante el proceso del beneficio del café se generan subproductos como son la pulpa, el pergamino y la película plateada del café, los cuales pueden constituir una fuente de nutrientes para los animales y que además no compiten con la alimentación del ser humano. Aun cuando existen estudios de la pulpa de café en la alimentación de los animales, la investigación realizada en rumiantes *in vivo* ha sido poca e insuficiente desconociendo todavía los benéficos en la eficiencia productiva de estos animales.

CAPÍTULO IV

4. JUSTIFICACIÓN

Las actividades agrícolas, ganaderas y agroindustriales generan constantemente residuos o subproductos orgánicos de bajo costo, que no son aprovechados directamente por el humano, pero que pueden ser utilizados como una alternativa en la alimentación de los rumiantes, gracias a que presentan una microflora ruminal compuesta de bacterias (10^9 - 10^{10} UFC por mL), protozoarios (10^6 UFC por mL) y levaduras (McDonald *et al.*, 1993) capaces de aprovechar estos recursos, a través de una fermentación, transformándolos en nutrimentos (proteína microbiana, ácidos grasos volátiles, vitaminas) para la producción de carne y leche de alto valor biológico para el hombre y sin entrar en competencia con el mismo por el aprovechamiento de estos recursos.

La pulpa, el mucílago y la cascarilla son subproductos del beneficio del café que se han utilizado, en especial la pulpa, en la alimentación de peces, aves, cerdos y rumiantes. Debido a las características nutrimentales y fibrosas de la pulpa de café, esta se ha considerado como un forraje de calidad, no obstante, sus beneficios se han visto afectados por su contenido de cafeína, fenoles libres y taninos.

En este contexto, el presente trabajo tiene la finalidad de sustituir parcialmente las materias primas empleadas en una dieta para corderos Pelibuey por pulpa de café descafeinada con pergamino y película plateada de café, para ofrecer una alternativa en el aprovechamiento de estos subproductos.

CAPÍTULO V

5. HIPÓTESIS

La inclusión de pulpa descafeinada, pergamino y película plateada de café en distintas proporciones (10, 20%) sobre un concentrado para corderos en finalización no afectarán la ganancia diaria de peso, el consumo de materia seca, la conversión y eficiencia alimenticia en corderos Pelibuey.

CAPÍTULO VI

6. OBJETIVOS

6.1. General

Evaluar los cambios en las variables productivas de corderos de raza Pelibuey en finalización por la inclusión de pulpa descafeinada, pergamino y película plateada de café (*Coffea arabica* L.) en su dieta, para determinar el potencial de uso de estos subproductos como alternativa en la alimentación de ovinos.

6.2. Particulares

- ❖ Descafeinar la pulpa del café mediante una extracción solido-líquida y cuantificar el contenido de cafeína presente en el subproducto.
- ❖ Formular dietas a base de concentrado con diferentes proporciones de pulpa descafeinada, pergamino y película plateada con el software NUTRION.
- ❖ Determinar el comportamiento del consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimentaria (CA) y eficiencia alimentaria (EA), en corderos Pelibuey.

CAPÍTULO VII

7. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en las Áreas de Ciencia y Tecnología del Café y de Ganadería, pertenecientes al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, ubicado a 650 msnm, 18°50' latitud norte y 96°51' longitud oeste. El clima de la zona es templado húmedo con lluvias en verano y temperatura media de 20 °C, máximo de 35°C y mínima de 10°, con una precipitación media anual de 1807 mm (Gómez *et al.*, 2013).

7.1. Obtención de los subproductos del café

Los subproductos del café (*Coffea arábico* L.) fueron obtenidos en el Área de Ciencia y Tecnología del Café, de 100%, el 25 % de la pulpa fue recolectada en el beneficiado húmedo, posterior al despulpado del café cereza y puesto a secar por 10 días en un secador solar tipo invernadero, con estructura PTR cubierto de malla sombra y lamina de polietileno (Figura 5) la pulpa fue extendida en una cama de secado (rectangular de 2 X 1 m hecha con malla galvanizada de entramado cuadrado de 0.4 cm, y tubos de PTR). La pulpa seca fue pesada en un bascula romana cap.250 kg y se molió en una licuadora Oster® modelo BLSTUP6640R-013 por 2 min en lotes de 50 g y guardadas en un saco de rafia de 50 kg.



Figura 5. Secador solar tipo invernadero.

El 75 % restante fue obtenido del beneficio seco después del morteo del café seco. La pulpa molida fue mezclada con la pulpa obtenida del beneficiado seco. La película plateada fue obtenida del proceso de tostado y guardada en sacos de rafia de 50 kg.

7.1.1. Descafeinado de la pulpa de café

El método empleado para la remoción de cafeína es mediante la extracción sólido-líquido, ocupando agua como medio de extracción con dos lavados en una relación 1:10. El primero lavado de 7 kg de pulpa se realizó con agua a temperatura ambiente durante 30 min dentro de un recipiente de acero de 0.52 m de diámetro y 0.48 m de altura con capacidad de 100 L. En otro recipiente de acero con capacidad de 100 L, se hizo el siguiente lavado con agua a 80 °C por 5 min. Posteriormente se filtró el sólido con una malla de polietileno de 1 m². La pulpa sin el líquido es puesta a secar extendida sobre una cama de secado por 10 días dentro del secador solar tipo invernadero (figura 6).



Figura 6 Pulpa de café descafeinado sobre camas se secado.

7.1.2. Cuantificación de cafeína con UPLC/MS

La cuantificación de cafeína se realizó adaptando la metodología de Malta y Chagas (2009). Se utilizó un cromatógrafo de ultra alta resolución marca ACQUITY I CLASS acoplado a un espectrómetro de masas Xevo G2-XS QT, Waters USA. Para prepara las muestras se tomaron 100 g de pulpa descafeinada y fueron puestos en una estufa de secado a 50 °C por 12 h, con la finalidad de mantenerlos a peso constante. 10 g de la pulpa seca se pulverizaron en un molino para granos de café y se tomaron 0.5 g de polvo, agregandolos a 50 mL de agua ultra pura (Milli Q Reference) a 92 °C agitando por 3 min.

La mezcla se pasa por filtros de cafetera (Whatman N° 1), dejando enfriar hasta temperatura ambiente, tomando 5 mL de alícuota y vaciado en tubos eppendorf de 5 mL los cuales son centrifugados a 4500 rpm en una centrifugadora modelo DM0412S por 10 min, la fase liquida se filtra en filtros de membrana de 0.22 µm y diluidas en agua milli-Q, en relación 0.1:9.9 mL, posteriormente inyectados en viales de 1.5 mL, para la separación, identificación y cuantificación de la cafeína.

Los viales son colocados en la cámara de inyección de muestras del UPLC (Acquity Class I, Waters, USA) ocupando una columna C18 (ACQUITY UPLC BEH, 1.7 µm, 2.1x1.7x50, Waters, USA) a una temperatura de 30 °C con fase móvil: ácido fórmico (89.9) (eluyente A)/ agua acetonitrilo (0.1:10) (eluyente B) a un flujo de 0.4 µL/min y tiempo de retención 2 m aproximadamente. La identificación de la cafeína se realizó en un detector de espectrometría de masas con tiempo de vuelo (Xevo G2-XS QTOF; Waters, USA), en modo de ionización positivo.

7.2. Selección de ovinos y formulación de dietas

Se eligieron 12 ovinos de raza Pelibuey sanos registrados al área de ganadería perteneciente al Colegio de Postgraduados campus Córdoba, seleccionados en base a edad (5 meses), sexo (machos) y peso (promedio 30 kg), mismos fueron

acomodados al azar (Cuadro 2). Al mismo tiempo se acondicionaron 12 jaulas individuales unidos y hechos de bambú (6 jaulas de 1×1×1.5 m) y madera (6 jaulas 1×1×1 m), adaptándoles un comedero de plástico (40×25×8 cm), los cuales se mantuvieron dentro de una nave de producción de ovinos con techado de lámina galvanizada y el suelo cubierto de concreto que se limpió y encaló, una vez seco se cubrió una pequeña capa de aserrín.

Cuadro 2. Datos de ovinos de raza Pelibuey en evaluación

Jaula N°	Tratamiento	ID Ovino	Sexo	Edad (meses)	Peso (kg)	Tipo de parto	Origen
1	T3	590	M	5	32.9	Doble	I
2	T1	602	M	5	35.1	Doble	MN
3	T2	625	M	5	32.4	Simple	MN
4	T2	603	M	5	30.2	Doble	MN
5	T3	564	M	5	34.4	Doble	I
6	T1	569	M	5	28.8	Triple	I
7	T3	618	M	5	27.4	Doble	MN
8	T1	631	M	5	30.4	Triple	MN
9	T2	621	M	5	31.1	Triple	MN
10	T1	612	M	5	32.1	Doble	MN
11	T3	604	M	5	35.3	Doble	MN
12	T2	592	M	5	33.8	Doble	I

N°=Número, ID= Identificación, M= Macho, MN= Monta Natural, I= Inseminación.

La formulación de las dietas se utilizó el software de predicción NUTRION® basándose en la evaluación de consumo de alimento normal (Cuadro 3), el requerimiento nutricional para ovinos de engorda de 30 kg de PV⁷⁵ (NRC, 2001), y la composición bromatológica de los componentes de cada dieta. El alimento normal se basaba de concentrado para ovinos de finalización con caña de azúcar en estado de maduras cortada y molida 24 h antes de la mezcla. Para saber el consumo diario se pesó cada alimento proporcionado y el rechazado total con la ayuda de una balanza eléctrica (VELAB®) modelo VE-5000 (Cap. 5000 g) repitiendo por tres días

seguidos. Los valores nutrimentales del concentrado, película plateada y pulpa descafeinada con el pergamino se obtuvo de un análisis bromatológico que previamente se mandó a realizar en el laboratorio de Fypa® ubicado en la ciudad de Fortín Veracruz. La composición química de la caña se basó de acuerdo a Lagos y Castro (2019) (Cuadro 4).

Cuadro 3. Consumo de alimento diario de corderos Pelibuey

Alimento	Consumo diario por animal (kg/BH)	Consumo diario por animal (kg/MS)	Consumo diario (%/MS)
Concentrado	1.5	1.32	92
Caña	0.3	0.114	8
Total		1.434	

*Los valores de consumo diario de cada animal fueron obtenidos del promedio de mediciones de tres días de consumo.

Cuadro 4. Composición bromatológica de los componentes de las dietas formuladas

	H%	MS%	CEN%	PC%	EE%	FDN%	TND%	EM%
Concentrado	12	88	8	14	4	8	54	-----
Caña de azúcar	66.5	33.5	4.2	4.8	0.6	64.9	39	-----
Pulpa descafeinada con pergamino	8.48	91.52	5.9	14.7	7.6	27.7	95.12	2.1
Película plateada	19.5	80.5	4.2	10	2.8	43.6	79.8	-----

H= Humedad, MS= Materia Seca, CEN= Cenizas, PC= Proteína Cruda, EE= Extracto Etéreo, FDN= Fibra Detergente Neutra, TND= Total de Nutrientes Digestibles, EM= Energía Metabolizable.

Las dietas formuladas corresponden a los tratamientos los cuales se caracterizan en un 10 y 20 %/MS de una mezcla de pulpa de café con pergamino y película plateada con respecto a la dieta testigo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Dietas balanceadas representadas en porcentaje

Ingredientes	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Concentrado	92%	90%	80%
Caña de azúcar	8%	--	--
Pulpa descafeinada con pergamino de café		9.7%	19%
Película plateada de café		0.3%	1%

7.3. Evaluación de dietas

Los corderos 12 corderos machos seleccionados fueron desparasitados con Iverfull® (1 mL/50 kg PV) y 24 horas después se llevaron a las jaulas individuales, donde se les provee de agua diario a cada cordero en cubetas de aluminio (cap. 10 L) con horario de ocho de la mañana y cuatro de la tarde. Así también, se empezó con un proceso de adaptación a la dieta de la evaluación, el cual se hicieron en siete días con proporciones diarias diferentes (25%, 50% y 75%) (Cuadros 6 y 7) hasta alcanzar el 100% (figura 7).



Figura 7 Corderos de raza Pelibuey en jaulas individuales.

Al inicio de la evaluación se prepararon los tres tratamientos con base a la formulación ya elaborada, llevando acabo diariamente. Las mediciones se realizaron a las nueve de la mañana cada 24 horas pesando con una balanza eléctrica (VELAB®) modelo VE-5000 (Cap. 5000 g) la cantidad de alimento consumido y rechazado por cada unidad experimental, así como el pesado de ovinos con bascula de grúa portátil modelo OCS-L (Cap. 100 kg) cada 8 días. El tiempo de la fase experimental duró 42 días (6 semanas) y los datos generados se calcularon se calcularon las siguientes variables productivas;

1. El Consumo de Materia Seca se obtuvo de la diferencia del peso del alimento proporcionado contra el peso del alimento rechazado en base seca por los corderos:

$$CMS = \text{Peso alimento inicial (kg MS)} - \text{peso alimento final (kg MS)}$$

2. La Ganancia Diaria de Peso (GDP), se obtuvo dividiendo el CMS entre los días transcurridos de cada periodo, empleando la siguiente formula:

$$GDP = \frac{P_{inicial} (kg MS) - P_{final}(kg MS)}{\text{Dias transcurridos}}$$

3. La Conversión Alimentaria se calculó por semana con el consumo alimentario diario y la ganancia diaria de peso (GDP), empleando la siguiente formula:

$$CA = \frac{\text{Alimento consumido diario}}{GDP}$$

4. La eficiencia alimentaria se calculó por semana dividiendo la ganancia diaria de peso (GDP) sobre el consumo de materia seca diaria (CMS), mediante la siguiente formula:

$$EA = \frac{GDP}{\text{Consumo alimentario diario (MS)}}$$

Cuadro 6 Fase de adaptación del tratamiento 2.

90-10		Inicio	25%	50%	75%	100%				
Alimento	MS	CD (kg/MS)	CD (kg/MS)	CD (kg/BH)						
Concentrado	88	1.2906	1.2906	1.4666	1.2906	1.4666	1.2906	1.4666	1.2906	1.4666
Caña	38	0.1434	0.1076	0.2830	0.0717	0.1887	0.0359	0.0943	0.0000	0.0000
Pulpa y pergamino del café	80.52		0.0348	0.0432	0.0695	0.0864	0.1043	0.1296	0.1391	0.1727
Película plateada del café	91.52		0.0011	0.0012	0.0022	0.0024	0.0032	0.0035	0.0004	0.0005

MS= Materia seca, CD= Consumo diario, BH= Base Húmeda

Cuadro 7. Fase de adaptación del tratamiento 3

80-20		inicial	25%	50%	75%	100%				
Alimento	MS	CD (kg/MS)	CD (kg/MS)	CD (kg/BH)						
Concentrado	88	1.1472	1.1472	1.3036	1.1472	1.3036	1.1472	1.3036	1.1472	1.3036
Caña	38	0.2868	0.2151	0.5661	0.1434	0.3774	0.0717	0.1887	0	0.0000
Pulpa y pergamino del café	80.52		0.069549	0.0864	0.139098	0.1727	0.208647	0.2591	0.278196	0.3455
Película plateada del café	91.52		0.002151	0.0024	0.004302	0.0047	0.006453	0.0071	0.008604	0.0094

MS= Materia seca, CD= Consumo diario, BH= Base Húmeda

7.4. Análisis proximal de las dietas

7.4.1. Materia seca

En un crisol se pesaron 0.5 g de muestra, se sometió a un proceso de secado en estufa a una temperatura de 105 °C durante 5 horas, con la finalidad de evaporar la mayor parte de contenido de agua (Ferri, 2002). Para obtener el contenido de MS, se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%MS = \frac{gMS}{gmh} * 100$$

Donde:

%MS = % de materia seca

gMS = g de muestra seca

gmh = g de muestra húmeda

7.4.2. Materia orgánica y ceniza

El análisis se basó con lo descrito en la NMX-F-066-S-1978. Se ocuparon tres crisoles, los cuales fueron guardados a una estufa de secado a 105 °C por 12 h previo a la incineración para mantener a peso constante. Después de ese tiempo en cada uno de los crisoles se pesaron 0.5 g de muestra, calcinándolos en una mufla a 540 °C por 5 h. Los valores obtenidos son calculados con las siguientes formulas:

$$\% MO = \% MS - \% Cenizas$$

Donde:

% MO = % materia Organica

% MS = % materia seca

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P - p * 100)}{M}$$

Donde:

P = Peso del crisol con las cenizas (g)

p = Peso del crisol (g)

M = peso de la muestra (g)

7.4.3. Fibra detergente neutra (FDN)

El análisis se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Van Soest y Wine (1967). El cual consiste en pesar 2 g de muestra y colocarla en un matraz Kitasato de 125 mL, se adicionan 20 mL de solución detergente neutra y 1 mL de solución de amilasa. La mezcla es sometida a tratamiento térmico en una parrilla de calentamiento hasta alcanzar su punto de ebullición por 60 min. Por otra parte, se pesa papel filtro N° 541 seco y se registra el dato.

El matraz con la muestra es agitado para suspender y decantar sobre el papel filtro, y éste es succionada al vacío con una bomba (FELISA®, México). El matraz con la alícuota decantada es lavado con agua caliente a 80°C y el papel filtro se somete a un proceso de secado durante 12 h a 105 °C en una estufa de secado. Después del tiempo de secado el papel filtro es pesado, para calcular la FDN se ocupa la siguiente ecuación:

$$\text{FDN} = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

7.4.4. Determinación de proteínas

El análisis se realizó de acuerdo al método de Micro-Kjendahl descrito en la NMX-F-068-S-1980 El procedimiento se divide en tres partes: digestión, destilación y valoración.

Digestión

Para este análisis se pesaron 0.15 g de muestra y se depositaron en un matraz Kjendahl con capacidad de 200 mL, al mismo tiempo se depositaron 1 g de catalizador (Sulfato de cobre (II)) con 4 mL de ácido sulfúrico concentrado. El matraz con la muestra fue colocada en la parrilla de digestión durante 60 minutos hasta observar un color verde esmeralda. Al presentarse esta coloración se apagó la parrilla, pero se dejó prendido el extractor hasta observar que el gas liberado de la digestión sea eliminado. Finalmente se adicionó 20 mL de agua destilada a cada matraz y se deja enfriar hasta los 25 °C.

Destilación

Para realizar esta parte primero se prepararon 10 mL de ácido bórico con tres gotas de solución indicadora de Tashiro (Violeta oscuro) en un matraz Erlenmeyer de fondo plano de 250 mL, y fue colocado debajo del colector del refrigerante del destilador. Al matraz Kjendahl se agregaron 20 g de zinc previamente tratadas con NaOH y 25 mL de solución de hidróxido de sodio al 28.6%. Al tener esto listo se conectó el matraz Kjendahl al refrigerante del destilador, e inicia el calentamiento. Se destilaron aproximadamente 50 mL del contenido del matraz (virando a verde oscuro). Al terminar con la destilación se lavó el extremo del tubo con agua destilada.

Valoración

El destilado se valoró con una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 0.1 N con tres gotas de fenolftaleína terminando hasta observar una coloración rojo violeta, con esto se registran los mL gastados de HCl en la titulación y se realizan los cálculos correspondientes con la siguiente ecuación:

$$\%PCBH = [(0.1138 * 0.014 * A) * B] * 100 * 6.25$$

Donde:

%PCBH= % proteína cruda en base humedad

0.1138=Normalidad del HCl

0.014= miliequivalentes del nitrógeno

A= mL gastados de HCl

B= g de muestra

6.25= factor de conversión para proteína cruda

$$\%PCBS = \frac{(\%PCBH * 100\%)}{\%MS}$$

Donde:

%PCBS= % proteína cruda en base seca

%PCBH= % proteína cruda en base húmeda

%MS= % de Materia Seca

7.4.5. Determinación de extracto etéreo

El análisis se realizó con base al A.O.A.C. (2003), Para ello se realizó una extracción continua con calor de las sustancias solubles en éter etílico. Para éste análisis se pesó 1 g de muestra sobre un papel filtro de peso constante, la muestra se envolvió con el papel filtro y fue depositado sobre un dedal. El dedal se colocó dentro de un extractor Soxhlet System y se agregó éter etílico anhidro por el extremo superior del refrigerante con una cantidad suficiente para tener tres descargas de extracto. Se efectuó la extracción durante 5 h y al terminar, el dedal con la muestra fue retirado y sometido a un proceso de secado en una estufa por 24 horas a 100°C. Al paso del tiempo antes mencionado se registraron los pesos, posteriormente utilizados para determinar el extracto etéreo empleando la siguiente ecuación:

$$\%EEBS = \left[\frac{C}{D} \right] * 100$$

Donde:

C = g de extracto etéreo

D = g de muestra seca

7.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas a través del tiempo (REPEATED MEASURES); los resultados se analizaron utilizando PROC MIXED (SAS, 2002) con lo propuesto por Littell, *et al.*, (1998) y Wang y Goondwardese (2004). Cada una de las variables fueron ajustadas por su covariable al inicio del experimento (peso inicial), considerando la opción ANTE (1) correspondiente a la estructura de la covarianza. El modelo estadístico que se empleó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_i + \tau_{ij} + \gamma_k + (\delta\tau)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1,2,3 \dots \dots t$ (Tratamiento)

$j = 1,2,3, \dots \dots n$ (Repetición)

Y_{ijk} = Variable de respuesta del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo periodo.

μ = Media general

δ_i = Efecto fijo del i – ésimo concentración de pulpa de café.

τ_{ij} = Efecto aleatorio asociado con el j – ésimo cordero en el i – ésimo tratamiento

γ_k = Efecto fijo del k – ésimo periodo

$(\delta\tau)_{ij}$ = Efecto fijo de la interacción de i – ésimo tratamiento con el k – ésimo periodo

ε_{ijk} = Error aleatorio asociado con la j – ésimo cordero en el i – ésimo tratamiento
al k – ésimo muestreo.

CAPÍTULO VIII

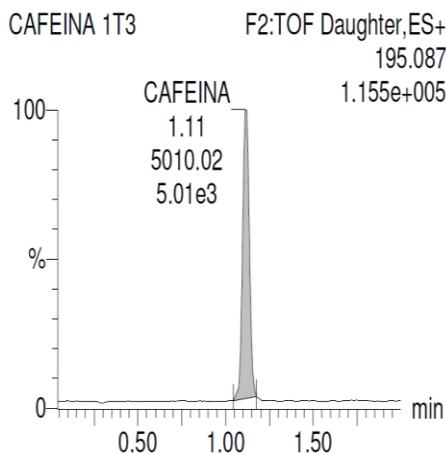
8. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de dietas en corderos Pelibuey con diferentes proporciones de pulpa descafeinada con pergamino y película plateada del café (*Coffea arabica* L.).

8.1. Cuantificación de cafeína en la pulpa de café

Se realizó la cuantificación de cafeína presente en la pulpa de café con un UPLC/MS. Se obtuvo una curva de calibración, que contenía un coeficiente de determinación de $R^2=0.999003$ (Figura 8).

Figura 8. Cromatograma de cuantificación de cafeína en la pulpa descafeinada



Cuadro 8. Resultados de la cuantificación de cafeína de la pulpa de café con UPLC/MS.

MUESTRA	TR	AREA	CONC (%)
Sin Descafeinar	1.15	37813.891	3.4
Descafeinado	1.15	5010.016	0.4

TR= tiempo de retención

La concentración de cafeína presente en la muestra se redujo en un 88%, por lo tanto, al realizar dos lavados con agua; la primera con agua a temperatura ambiente y otra con agua a 80°C, ayudó a la extracción de cafeína. Franca (2016) menciona que las temperaturas altas son favorables en la extracción de cafeína debido a su alta solubilidad en agua con temperaturas elevadas (recomendable >90 °C).

La concentración de cafeína presente en la muestra varía dependiendo de la variedad o el método de cuantificación. En un trabajo realizado por Morales et al., (2018) encontraron 2.262% de cafeína en la pulpa de café (*C. arábica* L.) al ser analizada en base seca con un HPLC con detector ultravioleta/visible.

8.2. Evaluación de dietas

Los análisis proximales de cada dieta se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis proximal de dietas

	T ₁ (%)	T ₂ (%)	T ₃ (%)
MS	83.74	88.32	88.59
MO	76.04	80.54	81.03
Cenizas	7.70	7.78	7.56
PC	13.26	14.06	14.09
EE	3.73	4.35	4.67
FDN	12.65	10.02	12.10

T₁: 92 % de concentrado y 8 % de caña de azúcar; T₂: 90 % de concentrado, 9.7 % de pulpa descafeinada con pergamino y 0.3 % de película plateada del café; T₃: 80 % de concentrado, 19 % de pulpa descafeinada con pergamino y 1 % de película plateada del café; MS=Materia seca, MO=Materia orgánica, PC=Proteína Cruda, EE=Extracto etéreo, FDN=Fibra detergente neutra.

Con las dietas balanceadas se realizó la evaluación de las variables productivas (peso, consumo, conversión y eficiencia alimentaria) de los corderos Pelibuey en 6 semanas (42 días).

Cuadro 10. Análisis de la Ganancia Diaria de Peso (GDP) en corderos Pelibuey

	Periodos (Semanas)					
	1	2	3	4	5	6
T1 (kg)	0.16072 ^a	0.3036 ^a	0.3321 ^a	0.3643 ^a	0.3214 ^a	0.2964 ^a
T2 (kg)	0.15714 ^a	0.2714 ^a	0.2036 ^a	0.2286 ^{ab}	0.2179 ^a	0.2179 ^a
T3 (kg)	0.06071 ^a	0.1535 ^a	0.2000 ^a	0.1643 ^b	0.1786 ^a	0.1536 ^a
Error estándar = 0.04418						

^{ab} diferente literal por columna indica diferencia significancia ($P < 0.05$); T1: 92% de concentrado y 8% de caña de azúcar; T2: 90% de concentrado, 9.7% de pulpa descafeinada con pergamino y 0.3% de película plateada del café; T3: 80% de concentrado, 19% de pulpa descafeinada con pergamino y 1% de película plateada del café.

En la cuarta semana de experimentación la ganancia de peso de los corderos alimentados con la dieta 3 (T3) disminuye en 200 g de PV en relación al peso de los corderos alimentados con la dieta base (0.3643 kg). Mientras que en las semanas restantes no se observan cambios significativos ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 11). Las ganancias promedios de peso por tratamiento fueron de 296 g, 216 g y 152 g animal⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Éstos valores se acercan al resultado descrito por Resendiz et al., (2013) con 271g animal⁻¹ día⁻¹ de GDP, aunque Partida et al., (2009) mencionan que estos valores van a diferir de acuerdo a la raza y sexo ya que ellos reportan una GDP de 206 y 222 g animal⁻¹ día⁻¹ en corderos Pelibuey cruzados con Suffolk y Dorset, respectivamente.

Por lo tanto, los resultados encontrados indican que al descafeinar los subproductos de café se logra incrementar su inclusión hasta un 20% en las dietas, dado que Salinas et al., (2014) al alimentar ovinos de raza Blackbely con pulpa de café sin descafeinar solo logra incluir hasta un 16% sin afectar a la Ganancia Diaria de Peso

de los ovinos, mientras que Ferreira et al., (2000) mencionan una inclusión del 15.23 % de pulpa con pergamino sobre la dietas para ovinos. Mazzafera (2002) menciona que el uso del pergamino y pulpa de café pueden ser usados en la alimentación de animales, aunque el contenido de cafeína que estos presentan disminuye la palatabilidad y aceptación.

Cuadro 11. Análisis del Consumo de Materia Seca (CMS) en corderos Pelibuey

	Semanas					
	1	2	3	4	5	6
T1	1.10 ^a	1.30 ^a	1.31 ^a	1.38 ^a	1.46 ^a	1.55 ^a
T2	1.04 ^a	1.15 ^a	1.09 ^{ab}	1.22 ^{ab}	1.25 ^b	1.29 ^{ab}
T3	0.86 ^a	1.13 ^a	1.08 ^b	1.07 ^b	1.10 ^b	1.21 ^b

Error estándar = 0.13774

^{ab} diferente literal por columna indica diferencia significancia ($P < 0.05$); T1: 92% de concentrado y 8% de caña de azúcar; T2: 90% de concentrado, 9.7% de pulpa descafeinada con pergamino y 0.3% de película plateada del café; T3: 80% de concentrado, 19% de pulpa descafeinada con pergamino y 1% de película plateada del café.

El consumo de materia seca (Cuadro 12) de los corderos Pelibuey presentó un decrecimiento en la tercera semana con 50 g en la dieta T3 y 10 g aún más a la baja a la cuarta semana, en ésta última hay una diferencia de consumo de 310 g en comparación a la primera dieta ($P < 0.05$). Los valores encontrados en la evaluación de consumo tienen mucha relación con la ganancia diaria de peso y peso final. En ésta evaluación los corderos alimentados con la primera dieta consumieron 1.37 kg MS/día con una ganancia de 296 g, teniendo un peso de 39.5 kg/PV, en la segunda dieta consumieron 1.17 kg MS/día con 216 g de ganancia, teniendo un peso final de 38,5 kg/PV y en la tercera dieta consumieron 1.07 kg MS/día obteniendo así una ganancia de 152 g/día y un peso final de 37.4 kg/PV, estos resultados son acordes a lo descrito por la NRC (2007), en donde se menciona que un cordero de 30 a 40 kg/PV consume entre 0.88 kg a 1.54 kg MS/día.

Cuadro 12. Análisis de la Conversión Alimentaria (CA) en corderos Pelibuey

	Semanas					
	1	2	3	4	5	6
T1	6.0406 ^a	6.3712 ^a	5.9532 ^a	5.8709 ^a	6.0383 ^a	6.6611 ^a
T2	4.2839 ^{ab}	5.3435 ^a	5.3822 ^a	5.675 ^a	5.9987 ^a	6.3745 ^a
T3	3.7873 ^b	4.9769 ^a	4.7835 ^a	5.376 ^a	5.4711 ^a	5.6322 ^a

Error estándar = 1.00571

^{ab} diferente literal por columna indica diferencia significancia ($P < 0.05$); T1: 92% de concentrado y 8% de caña de azúcar; T2: 90% de concentrado, 9.7% de pulpa descafeinada con pergamino y 0.3% de película plateada del café; T3: 80% de concentrado, 19% de pulpa descafeinada con pergamino y 1% de película plateada del café.

La conversión alimentaria (Cuadro 13) fue de 6.156, 5.510 y 5.005 respectivamente en cada dieta, comportándose en la primera semana una diferencia de 2.25 de la tercera dieta con respecto a la primera ($P < 0.05$) y a partir de la segunda la diferencia disminuye quedando con 1.39 ($P > 0.05$); estos resultados coinciden con lo reportado por Partida et al., (2009), quienes encontraron valores de entre 6.6 y 8.6, en la conversión alimentaria de ovinos Pelibuey, siendo estos datos favorables debido a lo reportado por la NRC (2007) que en corderos de 40 kgPV la conversión adecuada debe de ser 5.1 kgMS/kg.

Cuadro 13. Análisis de Eficiencia Alimentaria (EA) en corderos Pelibuey

	Semanas					
	1	2	3	4	5	6
T1	0.2672 ^{ab}	0.2027 ^a	0.2130 ^a	0.1865 ^a	0.1836 ^a	0.1791 ^a
T2	0.2419 ^a	0.1921 ^a	0.1903 ^a	0.1805 ^a	0.1702 ^a	0.1604 ^a
T3	0.1729 ^b	0.1617 ^a	0.1741 ^a	0.1753 ^a	0.1685 ^a	0.1544 ^a

Error estándar = 0.02941

^{ab} diferente literal por columna indica diferencia significancia ($P < 0.05$); T1: 92% de concentrado y 8% de caña de azúcar; T2: 90% de concentrado, 9.7% de pulpa descafeinada con pergamino y 0.3% de película plateada del café; T3: 80% de concentrado, 19% de pulpa descafeinada con pergamino y 1% de película plateada del café.

La eficiencia alimentaria (Cuadro 14) fue de 0.205, 0.189 y 0.168 respectivamente en cada dieta. Estos resultados se acercan al valor promedio descrito por Resendiz et al., (2013) con 0.212 al evaluar en corderos Pelibuey en diferentes niveles de alfalfa (10, 20, 30 y 40%), mientras que Álvarez et al., (2003) encontraron un valor menor de 0.137. mas sin embargo la NRC (2007) reporta que en corderos de 30 o 40 kg deben de tener como adecuado 0.226 o 0.172 respectivamente.

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo obtenido en los resultados del presente trabajo de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones que se describen a continuación en los siguientes puntos:

- ❖ El método de extracción sólido líquido para la remoción de cafeína (descafeinado) reduce hasta en un 88% de cafeína presente en la pupa de café.
- ❖ La pulpa descafeinada con pergamino y película plateada del café (*Coffea arabica* L.) pueden complementar en un 10 % hasta un 20% en la dieta base de concentrado para ovinos Pelibuey de finalización sin tener efectos negativos en las variables productivos (CMS, GDP, CA, EA).
- ❖ Las dietas evaluadas de los corderos Pelibuey obtuvieron una GDP de 0.296, 0.216 y 0.152 kg aniaml⁻¹ día⁻¹; CMS de 1.35, 1.17 y 1.07 kg MS/día; CA de 6.156, 5.510 y 5.005; EA de 0.205, 0.189 y 0.168 respectivamente.

CAPÍTULO X

10. REFERENCIAS

- Aguilar M, C, U., Berruecos, V, J, M., Espinoza G, B., Segura, C, J, C., Valencia, M, J., Roldán, R, A., 2017. Origen, historia y situación actual de la oveja pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3), pp. 429-439.
- Aguirre , L. A., Gutiérrez , D., Rodríguez , Z., Chuquirima, D., 2017. Uso de la pulpa de café fermentada en la alimentación de ovinos criollos en pastoreo: ventajas técnicas y económicas. *CEDAMAZ*, Issue 7, pp. 122-131.
- Álvarez, M. G., Melgarejo, V., Castañeda , N., 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla de vaina) de parote (*Enterolobiumcy clocarpum*) y pollinaza. *Rev Vet Mex.*, 34(1), pp. 39-46.
- A.O.A.C., 2003. Official methods of analysis 17th edition. Association of Official Analytical Chemistry Washington, D.C.
- Artisan, 2014. Revisada 16 de junio de 2019. https://www.google.com/search?q=silver+skin+coffee&tbm=isch&ved=2ahUKewj6k7a94oHoAhVjja0KHasPBzUQ2-cCegQIABAA&oq=silver+skin+co&gs_l=img.1.1.0i19i3j0i5i30i19j0i8i30i19i6.5292.20510..22719...1.0..2.1804.18201.2-3j5-2j5j4j4.....0....1..gws-wiz-img.....10..35i362i39j0i10i24j0i67j0j0i30.MWAG3sYdM34&ei=Yx5gXrrWDeOatgWrn5yoAw&bih=657&biw=1366#imgsrc=unuQZnQSe1okVM&imgdii=wa22mqmwH53AGM
- Blandón N., 2009. Utilización de la pulpa de café ensilado como alimento de ovinos. *EL HIGO*, 1(1).
- Borelli, R., Esposito, F., Napolitano, A., Ritieni, A., 2004. Characterization of new function ingredient: coffee silverskin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(1), pp.1338.

- Bressani, R., Estrada, A., Jarquin, R., 1972. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba : (1).
- Burton, R., Fan, X., Austin, G., 2010. Evaluation of two-step reaction and enzyme catalysis approaches for biodiesel production from spent coffee grounds. *International Journal of Green Energy*, pp. 530-6.
- Castellano, G., Orellana, M., Escamilla C., 2015. Manual básico de nutrición y alimentación de ganado ovino. Facultad de ciencias agronómicas Universidad de Chile.
- Cury, R, K., Aguas, M, Y., Martínez, M, A., Olivero, V, R., Chams, Ch, L., 2017. Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9(1), pp. 122-132.
- Esquivel P., Jiménez V, M., 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(1), pp. 488-495.
- FAO, 2016. Plan Rector Sistema Producto Ovinos (2015-2024). SAGARPA.
- Ferri C, M., 2002. Implicancias del diferimiento de la utilización de *Panicum coloratum* L. sobre el consumo de ovinos en pastoreo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar de Plata, pp. 153-155.
- Flóres D, F., Rosales A, E., 2018. Uso del ensilado de café en alimentación animal. *Mundo FESC*, 8(15), 73-82.
- Fraga C, M., 2010. Microbiota ruminal: estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos. Tesis Maestría en Biotecnología Facultad de Ciencias, Universidad de la República.
- Franca, A, S., 2016. Coffee: Decaffeination. *Food Science*, pp. 232-236.
- Furusho G, I, F., Olalquiaga P, J, R., Teixeira, J, C., Pacheco B, C, M., 2000. Performance of Texel*Bergamácia, Texel*Santa Ines and purebred Santa

- Ines lambs, finished in confinement, with coffee hull as hull as part of the diet. *Brasileira Zoot.*, 29(2), pp. 1215-1221.
- Giraldo, L, A., Gutiérrez , L., Rúa, C., 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimular la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1).
- Gómez M, F, C., Trejo T, L, I., García A, J, C., Morales R, V., 2013. Lulo (*Solanum quitoense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), pp. 877-887.
- INATEC, 2016. Manual del protagonista; Nutrición animal. Instituto Nacional Tecnológico
- Littell, R, C., Henry, P., Ammerman, C., 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76(1), pp. 1216.
- López, P., Rubio, L., Valdés, M., 2000. Efecto de cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Revista Verineraria Mexicana*, pp. 11-19.
- Martin, J, M., Rogers, R, W., 2004. Forage-produced beef: Challenges and potential. *The Professional Animal Scientist*, 20(3),pp. 205-210.
- Mazzafera, P., 2002. Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. *Scientia Agricola*, 59(4), pp. 815-821.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J., 1993. Nutrición animal. España: ACRIBIA.
- Morales, M., Martínez, D., Torres, H., Pacheco, V., 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina en el enfoque de agroecosistemas en un ejido en Veracruz. *Téc. Pecua. Méx.*, 42(3), pp. 347-359.

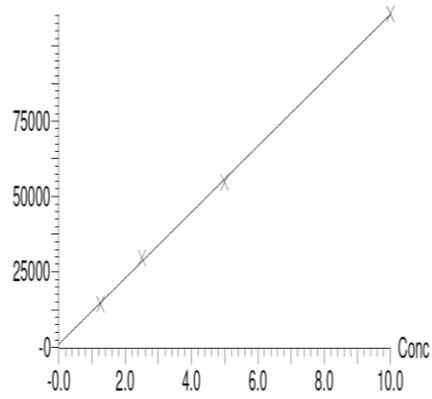
- Morales, R, V., Fierro, C, N., Contreras, O, A., González, R, O., Rosas, M, E, S., 2018. Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.). *Agroproductividad*, 11(4), pp. 9-13.
- Nervada, 2018. Revisada 16 de junio de 2019. https://www.google.com/search?q=cascarilla+del+cafe&tbm=isch&ved=2ahUKEwi049Dp0oHoAhUOaq0KHVpTC6QQ2-cCegQIABAA&oq=cascarilla+del+cafe&gs_l=img.3..0.262296.267896..268582...1.0..3.654.5674.0j15j2j2j2.....0....1..gws-wiz-img.....35i39j0i67j0i131j0i24.-C1QXBmKgXc&ei=A1gXrSHO47UtQXapq2gCg&bih=657&biw=1366#imgrc=yzH1DZaoACGptM
- NMX-F-068-S-1980. Determinación de proteínas, Norma Mexicana, Dirección General de Normas.
- Nouel B., G., Castellanos J, R., Ugarte, M, I., 2003. Manual de prácticas de Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal. Departamento de Producción Animal, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. En: *Animal Nutrition Series*. Washington, D.C. : The National Academies Press, pp. 362.
- Oriella R., Silvana B., 2017. Alimentación y nutrición en los ovinos.
- Osorio, C, E., Giraldo, C, J., William, N, S., 2012. Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Veterinaria y Zootecnia*. 6(1), pp 87-97.
- Partida, P., Braña, V., Martínez, R., 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y cruza con Suffolk o Dorset. *Téc. Pec. Méx.* , 47(1), pp. 313-322.
- Pérez, P., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H, B., Reyes, F., Oquendo, G., Milián, I., 2010. Caracterización y potencialidades del grano del sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench). *Pastos y Forrajes*, 33(1), pp. 1-17.

- Posada, S., Noguera, R., 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*, 17(4).
- Pushpa, S, M., Madhava , N., 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition. *Resources Conservation and Recycling*, 66(1),pp 45-58.
- Ramalakshmi, K., Raghavan, B., 1999. Caffeine in Coffee. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, 5(1), pp. 441-456.
- Ramírez, N, V, M., Peñuela, S, L, M., Pérez, R, M., 2017. Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas* , 34(2), pp. 107-124.
- Resendiz, C, V., Hernández, O., Guerrero, I., Gallegos, J., Martínez, P, A., Sánchez, C., 2013. Engorda de corderos Pelibuey con diferente nivel de alfalfa en la dieta. *Archivos de Zootecnia*, 62(239), pp. 457-467.
- Ressia, M., 2007. Digestibilidad *in vivo* de silajes de tres híbridos de sorgo cosechados en inicio de panojamiento y su comparación con estimaciones de métodos indirectos. Tesis de Maestría en Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Rosero, N, R., Posada, O, S, L., 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, p. 175.
- SAGARPA, 2010. Producción anual pecuaria en México. Centro de Estadística Agropecuaria .
- Salinas, R, T., Ortega, C, M, E., Sánchez, T, M, T., Hernández, B. J., Díaz, C, A., Figueroa, V, J, L., Guinzberg, P, R., Cordero M, J, L., 2015. Productive performance and oxidative status of sheep fed diets supplemented with coffee pulp. *Small Ruminant Research*, 123(1), pp. 17-21.

- Sánchez, R., Anzola, V., 2012. Caracterización química de la película plateada del café (*Coffea arabica*) en variedades colombiana y caturra. Revista Colombiana de Química, 41(2), pp. 211-226.
- SIAP, 2017. Anuario Estadístico de la Producción Ganadera, SAGARPA, México.
- SIAP, 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.
- Valenzuela, A., 2010. El café y sus efectos en a salud. Revista Chilena de Nutrición, 37(4).
- Van Soest, P., Wine, R, H., 1967. Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds.. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, pp. 50-55.
- Wang, Z., Goondwardese, L., 2004. The use of mixed models in the analysis of animal experiments with repeated measures data. Journal of Animal Science, 84(1), pp. 11.
- Wildeus, S., 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. Journal Animal Science , 75(1), pp. 630-640.

CAPITULO XI

11. ANEXO



Anexo 1 Curva de calibración de cafeína en el UPLC/MS