



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

Comportamiento productivo y características de la canal en ovinos alimentados con pulpa de café

Graciela Munguía Ameca

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

ABRIL, 2015

La presente tesis titulada: **Comportamiento productivo y características de la canal en ovinos alimentados con pulpa de café**, realizada por la alumna: **Graciela Munguía Ameca**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



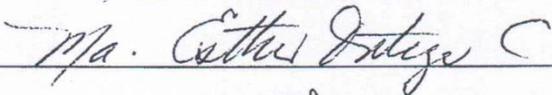
DR. JOSÉ RICARDO BÁRCENA GAMA

DIRECTOR DE TESIS:



DR. PEDRO ZETINA CÓRDOBA

ASESORA:



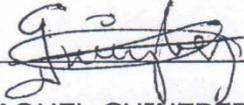
DRA. MA. ESTHER ORTEGA CERRILLA

ASESOR:



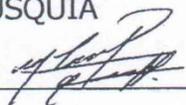
DR. ANTONIO DÍAZ CRUZ

ASESORA:



DRA. RAQUEL GUINZBERG PERRUSQUIA

ASESOR:



DR. MARIO ANTONIO COBOS PERALTA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2015

RESUMEN GENERAL

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN OVINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFÉ.

Graciela Munguía Ameca, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

Se realizaron tres investigaciones. El objetivo del primero fue determinar la composición química y la presencia de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa de café fresca (PCF), pulpa de café ensilada con 5% de melaza (PCE) y pulpa de café ensilada y deshidratada (PCED). Se determinó MS, PC, FDN, FDA, EE, ED, EM compuestos fenólicos, cafeína, etanol y capacidad antioxidante de la PCF, PCE y PCED. El segundo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo (consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y consumo de agua), variables ruminales (pH ruminal, N-NH₃, AGV, protozoarios y bacterias totales), digestibilidad (MS, PC, FDN y FDA), y en la tercer investigación se evaluaron las características de la canal (peso, rendimiento, pH, temperatura y grasa mesentérica), y características físico-químicas del *Longissimus dorsi* (LD; pH, temperatura, color, capacidad de retención de agua (CRA), textura, grasa y área dorsal, FRAP y TBARS en plasma y LD) en 36 ovinos Pelibuey con peso inicial de 20.4 ± 2.59 kg distribuidos al azar en tres tratamientos (0, 10 y 20 % BS de PCDE; n=12 animales por tratamiento). El análisis estadístico se realizó para un diseño completamente al azar con tres tratamientos. Se presentaron diferencias (P<0.05) entre tratamientos en la composición química, compuestos fenólicos y etanol en PCF, PCE y PCED, compuestos fenólicos en las dietas, digestibilidad de PC, FRAP en plasma e índice de a* en LD.

La PCED puede ser empleada en la alimentación de ovinos Pelibuey sin causar efectos negativos en el comportamiento productivo, digestibilidad y características fisicoquímicas, de la canal y oxidación del LD.

Palabras clave: pulpa de café, comportamiento, digestibilidad, *longissimus dorsi*

ABSTRACT
PRODUCTIVE PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS IN
PELIBUEY SHEEP FEED PULP OF COFFEE.

Graciela Munguía Ameca, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

Three investigations were conducted. The first objective was to determine the chemical composition and the presence of phenolic compounds and antioxidant capacity of fresh coffee pulp (FCP), ensiled coffee pulp (ECP) and ensiled and sun dried coffee pulp (EDCP), DM, CP, NDF, ADF, EE, DE, ME phenolic compounds, caffeine, ethanol and antioxidant capacity of the FCP, ECP and EDCP was determined. The second was to evaluate the productive performance (dry matter intake, daily gain, feed conversion and water consumption), ruminal variables (ruminal pH, N-NH₃, VFA, total bacteria and protozoa), digestibility (DM, CP, NDF and ADF), and the third research the carcass characteristics (weight, yield, pH, temperature and mesenteric fat), and physico-chemical characteristics of the Longissimus dorsi (LD were evaluated, pH, temperature, color, water holding capacity (WHC), texture, fat and dorsal area, FRAP and TBARS in plasma and LD) in 36 sheep Pelibuey with initial weight of 20.4 ± 2.59 kg randomly distributed in three treatments (0, 10 and 20% BS EDCP; n = 12 animals per treatment). Statistical analysis was performed for a completely randomized design with three treatments. Differences (P <0.05) between treatments in chemical composition, phenolic compounds and ethanol in FCP, ECP and EDCP, phenolic compounds in the diet, digestibility CP, plasma FRAP and index * the LD were presented.

The EDCP can be used in feeding sheep Pelibuey without causing negative effects on growth performance, digestibility and physicochemical characteristics of the channel and oxidation of LD.

Keywords: coffee pulp, performance, digestibility, *longissimus dorsi*

DEDICATORIA

A mis padres Bárbara Ameca Murillo y Sergio Munguía Carrasco por la educación y apoyo que me brindaron, pero sobre todo por el sacrificio, la confianza y el amor incondicional.

A mi esposo Edgar Hernández Moreno por su amor, paciencia y apoyo, por todos los momentos lindos e inolvidables que pasamos juntos durante esta etapa de nuestras vidas.

A mi hija Georgina por ser una luz en mi vida.

A mis hermanos Teofilo y Felipe por su cariño y apoyo.

A Dios por darme la oportunidad de seguir viva y lograr terminar una meta más en mi vida, por guiarme en cada paso de mi vida.

A toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y en especial al Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad por la oportunidad de estudiar la maestría en esta Institución.

Al FIDEICOMISO DEL CP 2013 por el apoyo económico para la realización de la investigación.

A la Línea Prioritaria de Investigación 11 Sistemas de Producción, Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera, por su apoyo y facilidades otorgadas para esta investigación.

A la Fundación Educación Superior-Empresa (FESE) por su apoyo económico para el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Pedro Zetina Córdoba y Dra. Ma. Esther Ortega Cerrilla por la asesoría, paciencia, consejos y apoyo durante la investigación y elaboración de la tesis.

Al Dr. José Ricardo Bárcena por el espacio, asesoría, paciencia y apoyo en la investigación.

A mis asesores Dr. Antonio Díaz Cruz, Dra. Raquel Guinzberg Perrusquia y Dr. Mario Antonio Cobos Peralta por su apoyo y facilidades para el desarrollo de la investigación.

A mis amigos por todos los momentos y experiencias que pasamos juntos.

CONTENIDO

RESUMEN GENERALIII
ABSTRACT	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
INDICE DE CUADRO.....	XI
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 OVINOCULTURA EN MÉXICO	3
2.2 PRODUCCIÓN DE CAFÉ.....	4
2.3 EL CAFÉ Y SUS MÉTODOS DE PROCESAMIENTO	5
2.4 PROCESAMIENTO	5
2.5 SUSTANCIAS PRESENTES EN LA PULPA DE CAFÉ.....	6
2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PULPA DE CAFÉ	10
2.7 UTILIZACIÓN DE LA PULPA DE CAFÉ.....	12
2.8 ENSILAJE DE PULPA DE CAFÉ	13
2.8.1 Uso de aditivos en el ensilaje	15
2.8.2 Proceso de ensilaje.....	17
2.8.3 Tiempo de ensilaje.....	18
2.9 SUPLEMENTACIÓN CON RESIDUOS DEL CAFÉ EN LA DIETA DE RUMIANTES Y NO RUMIANTES	19
2.9.1 Bovinos	20
2.9.2 Ovinos.....	22
2.9.3 Cerdos.....	23
2.9.4 Peces.....	24
2.9.5 Aves.....	25
2.9.6 Conejos	26
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. OBJETIVOS	28
4.1 OBJETIVO GENERAL	28
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
4. HIPÓTESIS.....	28
LITERATURA CITADA.....	29
CAPÍTULO I. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ENSILADO DE PULPA DE CAFÉ	46

RESUMEN	46
INTRODUCCIÓN.....	47
MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DEL SILO.....	48
pH, ÁCIDO LÁCTICO Y ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES	48
COMPOSICIÓN QUÍMICA	48
ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA PULPA DE CAFÉ.....	49
ETANOL.....	49
ÁCIDOS FENÓLICOS, CAFEÍNA Y TANINOS.....	49
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	50
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
RESULTADOS	51
COMPOSICIÓN QUÍMICA	51
ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA PULPA DE CAFÉ.....	52
pH, ÁCIDO LÁCTICO Y ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES	52
ETANOL.....	52
ÁCIDOS FENÓLICOS, CAFEÍNA Y TANINOS.....	53
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	53
DISCUSIÓN.....	54
COMPOSICIÓN QUÍMICA	54
ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA PULPA DE CAFÉ.....	57
pH, ÁCIDO LÁCTICO Y ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES	57
ETANOL.....	57
ÁCIDOS FENÓLICOS, CAFEÍNA Y TANINOS.....	58
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	60
CONCLUSIONES	60
LITERATURA CITADA.....	61
CAPÍTULO II. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE VINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA	71
RESUMEN	71
INTRODUCCIÓN.....	72
MATERIALES Y MÉTODOS.....	73
ÁREA DE ESTUDIO	73
PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA	73

ANIMALES Y DIETAS.....	73
ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LAS DIETAS	74
ÁCIDOS FENÓLICOS, CAFEÍNA Y TANINOS DE LAS DIETAS	74
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS DIETAS.....	76
VARIABLES PRODUCTIVAS	76
VARIABLES RUMINALES (pH, NITRÓGENO AMONICAL Y ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES) 76	
BACTERIAS Y PROTOZOARIOS	77
DIGESTIBILIDAD IN VIVO.....	77
BALANCE DE NITRÓGENO.....	77
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	78
RESULTADOS	78
ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LAS DIETAS	78
ÁCIDOS FENÓLICOS, CAFEÍNA Y TANINOS DE LAS DIETAS	79
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS DIETAS.....	79
VARIABLES PRODUCTIVAS	79
VARIABLES RUMINALES (pH, NITRÓGENO AMONICAL Y ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES) 80	
BACTERIAS Y PROTOZOARIOS	82
DIGESTIBILIDAD IN VIVO.....	82
BALANCE DE NITRÓGENO.....	82
DISCUSIÓN.....	83
ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LAS DIETAS	83
ÁCIDOS FENÓLICOS, CAFEÍNA Y TANINOS DE LAS DIETAS	83
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS DIETAS.....	85
VARIABLES PRODUCTIVAS	85
VARIABLES RUMINALES (pH, NITRÓGENO AMONICAL Y ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES) 86	
BACTERIAS Y PROTOZOARIOS	86
DIGESTIBILIDAD IN VIVO.....	87
BALANCE DE NITRÓGENO.....	87
CONCLUSIONES	88
LITERATURA CITADA.....	89
CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE OVINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA.....	97
RESUMEN	97
INTRODUCCIÓN.....	98
MATERIALES Y MÉTODOS.....	99

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	99
ESPESOR DE GRASA DORSAL Y ÁREA DEL LONGISSIMUS DORSI.....	100
FRAP Y TBARS EN PLASMA SANGUÍNEO	100
DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	101
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE.....	101
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE	102
pH y temperatura del músculo Longissimus dorsi (LD)	102
Determinación de color	102
Capacidad de retención de agua (CRA).....	102
Perfil de textura (esfuerzo al corte)	102
FRAP Y TBARS EN CARNE.....	103
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	103
RESULTADOS	103
ESPESOR DE GRASA DORSAL Y LONGISSIMUS DORSI.....	103
FRAP Y TBARS EN PLASMA SANGUÍNEO	104
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	106
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE.....	106
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE	107
pH y temperatura de Longissimus dorsi.....	107
Determinación de color	107
Capacidad de retención de agua (CRA).....	107
Perfil de textura (esfuerzo al corte)	108
FRAP Y TBARS EN CARNE.....	108
DISCUSIÓN	110
ESPESOR DE GRASA DORSAL Y LONGISSIMUS DORSI.....	110
FRAP Y TBARS EN PLASMA SANGUÍNEO.....	110
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	111
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE.....	112
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE	112
pH y temperatura de Longissimus dorsi.....	112
Determinación de color	113
Capacidad de retención de agua (CRA).....	114
Perfil de textura (esfuerzo al corte)	114
FRAP Y TBARS EN CARNE DE OVINOS PELIBUEY	114
CONCLUSIÓN.....	115
LITERATURA CITADA.....	116
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	122

INDICE DE CUADRO

REVISION DE LITERATURA.....	3
Cuadro 1. Composición química de la pulpa de café.....	12
CAPITULO I. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ENSILADO DE PULPA DE CAFÉ.....	46
Cuadro 1. Composición química de la pulpa de café.....	51
Cuadro 2. Energía digestible y metabolizable de la pulpa de café.....	52
Cuadro 3. pH, ácido láctico y concentración de ácidos grasos volátiles en pulpa de café ensilada.....	52
Cuadro 4. Contenido de cafeína, taninos, compuestos antioxidantes y capacidad antioxidante (FRAP) en pulpa de café.....	54
CAPITULO II. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DIGESTIBILIDAD DE OVINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA.....	71
Cuadro 1. Ingredientes y composición de las dietas.....	74
Cuadro 2. Energía digestible y metabolizable de las dietas.....	78
Cuadro 3. Capacidad antioxidante y composición de ácidos fenólicos de las dietas.....	79
Cuadro 4. Peso inicial y final de los ovinos.....	80
Cuadro 5. Variable productivas de los ovinos alimentados con pulpa de café ensilada y deshidratada.....	81
Cuadro 6. Variables ruminales de los ovinos alimentados con pulpa de café ensilada y deshidratada.....	81
Cuadro 7. Concentración de bacterias ruminales totales y protozoarios.....	82
Cuadro 8. Digestibilidad in vivo y retención de nitrógeno de ovinos Pelibuey alimentados con pulpa de café en diferentes proporciones.....	83

CAPITULO III. CARACTERISTICAS DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE OVINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA.....97

Cuadro 1. Capacidad antioxidante y composición de ácidos fenólicos de las dietas.....100

Cuadro 2. Espesor de grasa dorsal y área del *Longissimus dorsi*105

Cuadro 3. FRAP y TBARS en plasma sanguíneo de ovinos Pelibuey.....105

Cuadro 4. Características de la canal de ovinos Pelibuey alimentados con pulpa de café.....106

Cuadro 5. Composición química de la carne de ovinos Pelibuey alimentados con pulpa de café.....107

Cuadro 6. Características físico-químicas de la carne de ovinos alimentados con pulpa de café.....109

Cuadro 7. FRAP y TBARS en carne de ovinos Pelibuey.....109

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La pulpa de café es la parte carnosa llamada también mesocarpio, se encuentra entre el epicarpio (cáscara) y los granos, está formada por una capa de células esponjosas y presenta un porcentaje de humedad elevado (80-85%) y si no es estabilizada se degrada rápidamente por su alto contenido de humedad, azúcares y microflora endógena afectando su calidad nutricional ya que aporta sustancias químicas de interés en la alimentación animal como: proteína, compuestos fenólicos (ácido clorogénico, ferúlico, cafeico, sirínico, galico, p-hidrozibenzoico, p-cumárico y vainillínico) y taninos considerados antioxidantes (Larraín *et al.*, 2008; Torres-Mancera *et al.*, 2011; Arellano-Gonzalez *et al.*, 2011). Sin embargo, su aprovechamiento se ha limitado debido a su obtención estacional y factores antinutricionales como la cafeína (Nurfeta, 2010). La pulpa es el principal desecho agroindustrial del beneficio húmedo de café en cereza, constituye aproximadamente el 41-43.2% del peso en base fresca del fruto entero y representa un serio problema de contaminación (Ulloa *et al.*, 2004) en las regiones procesadoras, considerándose el mayor agente dañino para ríos y lagos cercanos al lugar de procesamiento.

La época de cosecha de café se concentra en 5-6 meses donde se genera una gran cantidad de este subproducto. Junto con Chiapas y Puebla, Veracruz es uno de los principales productores, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, ocupando el segundo lugar de producción (SIAP 2014).

Aunque muchas alternativas se han sugerido e investigado para la utilización de la pulpa de café, producción de bioetanol, biogas, composta, sustrato para producción de hongos y alimentación animal (Salmones *et al.* 2005; Kassa *et al.* 2011; Pedraza-Beltran *et al.*, 2011; Corro *et al.* 2013; Menezes *et al.*, 2014) la inclusión de pulpa de café en la dieta o como suplemento en la alimentación animal en muchas regiones de Veracruz no ha sido implementada a pesar de ser regiones productoras de café.

El ensilaje es un método que puede emplearse para la conservación de la pulpa de café a través del tiempo y poder usarse en la alimentación de rumiantes ya que debido a las propiedades fitogénicas de la pulpa de café puede mejorar la salud del animal, disminuir la oxidación de la carne al disminuir la peroxidación de los ácidos grasos (Ripoll *et al.*, 2013)

e incrementar la vida de anaquel (Luciano *et al.*, 2009) ya que no se han presentado efectos negativos al incluirla en la dieta de animales en las variables productivas y la digestibilidad si se incluye en la dieta en porcentajes limitados.

Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue determinar la composición química y capacidad antioxidante de pulpa de café, y el efecto en variables productivas, ruminales digestibilidad in vivo, y las características de la canal, fisicoquímicas de la carne en ovinos Pelibuey, alimentados con 0, 10 y 20% de pulpa de café ensilada.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Ovinocultura en México

La ganadería ovina en México es una fuente de empleo y desarrollo para muchos productores rurales y de bajos recursos económicos por lo que ha incrementado su importancia dentro del sector primario. En México existen explotaciones de ovinos en pequeña escala, constituidos principalmente por productores de traspatio y de tipo empresarial dedicados a la producción de animales para el abasto y pie de cría (Medrano, 2000), aunque generalmente la población ovina se tiene en medios rurales, los propietarios son campesinos con recursos financieros y tecnológicos limitados y la actividad tiene la característica de ser de tipo familiar complementaria y secundaria a las actividades agrícolas (Cuellar, 2006).

La producción ovina tiene como objetivo principal la obtención de carne para consumo humano (López *et al.*, 2000), y dada la demanda del producto, recientemente se ha propiciado mayor desarrollo de la ovinocultura en diferentes regiones del país, donde las razas de pelo, como la Pelibuey, han cobrado importancia dada sus características de rusticidad, manejo, productividad (Medrano, 2000; Morales *et al.*, 2004) y resistencia a diversas afecciones parasitarias (Morteo *et al.*, 2004). Sin embargo la demanda nacional de carne ovina no se ha logrado cubrir por lo que ha sido necesario importar, aunque se ha intentado mejorar su productividad sólo se genera el 70% de la carne ovina que se consume, y se ha recurrido a importaciones de ganado en pie y de carne congelada de Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia (Arteaga, 2003), además de enfrentar el problema de alto costo de producción por concepto de alimentación ya que la alimentación representa más del 60% de los costos de producción (González *et al.*, 2013). Por lo que una alternativa viable y económica puede ser el uso de subproductos agroindustriales como la pulpa de café.

De acuerdo con las últimas estadísticas de la SAGARPA (2011), en México existen 8, 220, 000 cabezas ovinas, de las cuales el 70.9% se localiza en diez estados de la república y sólo el 29.1% se ubica en las 21 entidades federativas restantes siendo el estado de México el que ocupa el primer lugar con 16%, Hidalgo el segundo con 13% y Veracruz el tercer lugar

con el 8%, teniendo registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, que están distribuidas en la siguiente forma: 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte (PROGAN, 2010).

2.2 Producción de café

La cafecultura es una de las actividades más antiguas que se practica en México, ha tomado relevancia en varios aspectos, pero principalmente en el aspecto social y económico debido a que muchas personas, principalmente familias productoras de café dependen de este producto, haciendo del café un elemento y fuente principal para su economía.

El café se introdujo a México por tres regiones diferentes: en el año de 1796 de la Isla de Cuba pasó a la región de Córdoba, Veracruz; en 1823 proveniente de Mokka, Arabia, se introdujo a Uruapan, Michoacán; y en 1847 de Guatemala llegó hasta Tuxtla Chico, Chiapas (Villaseñor, 1982), posteriormente se expandió en los diferentes estados de la República Mexicana hasta cubrir el 90% de la superficie nacional cultivada operada por 504,372 productores (AMECAFÉ- SIAP, 2010), porcentaje constituido por 12 estados productores de café, que actualmente destacan por su producción, entre los cuales se encuentran Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero aglutinando 688 mil 547 hectáreas cultivadas.

A nivel mundial México ocupa el quinto lugar como productor de café después de Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia y el primer lugar en producción mundial de café orgánico (Cinza-Borelli *et al.*, 2002). Las dos especies de importancia comercial a nivel mundial son *Coffea arábica* y *Coffea canephora* Pierre exFroehner cubriendo el 80% y 20% respectivamente de la producción. (FAO 2011; Clarke y Macrae, 1985). En México también se cultivan estas dos especies, sin embargo es por excelencia productor de *Coffea arábica*, cultivando las variedades: Typica, Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catuai y Catimor, mientras que el género *Coffea robusta* o *Coffea canephora* Pierre exFroehner se cultiva principalmente en los estados de Chiapas y Veracruz.

En México en el 2013 se produjo un total de 1,257,982.81 ton de café cereza de las cuales 499,105.16 ton corresponden al estado de Chiapas, 365,333.44 ton al estado de Veracruz y 136,864.84 al estado de Puebla, posicionando en segundo lugar de producción de café a

nivel nacional al estado de Veracruz (SIAP, 2014) siendo el café cereza para este estado el primer producto agrícola en cuanto a valor de exportación y su tercer producto agrícola después del maíz y la caña de azúcar en cuanto a superficie cultivada y producción, de los 100 municipios en los que se cosecha café en la región de las altas montañas destaca por su producción debido a que está constituida por 57 municipios enfatizando por su producción los municipios de Tezonapa con 24,000.00, Huatusco con 23,220.60 ton, Atzalan con 20,252.50 ton, Ixhuatlán del café con 19,262.10 ton, Totutla con 17,097.60 ton, Coatepec con 16,477.50 y Zentla con 11,813.10 ton siendo municipios aledaños a Huatusco los municipios de Totutla y Zentla (SIAP 2014).

2.3 El café y sus métodos de procesamiento

Cafeto es el nombre que comúnmente se le da a la planta de café dicotiledónea, que pertenece a la familia de las Rubiáceas, mide de 4.6 a 6 m de altura, produce flores blancas con fragancia dulce que se mantienen abiertas durante unos días para posteriormente convertirse en drupas ovaladas mejor conocidas como granos de café. La primera cosecha es a los 5 años de edad, manteniendo una producción constante durante 15 a 20 años con un rendimiento entre 900 g y 1.3 kg de semillas de valor comercial al año. No obstante requiere para su cultivo y mantenimiento un clima cálido pero con alto nivel de humedad; el sol no debe llegar directamente a la planta, por ello se ven plantados junto a los cafetos, árboles de diferente especie cuyas hojas protegen y dan sombra; su altitud debe ser entre los 1,000 a 1,300 msnm con una temperatura que oscile entre 13 y 26 °C. El periodo de cosecha del café se desarrolla en el curso de seis a siete meses siguientes a la aparición de la flor, el fruto cambia desde el verde claro al rojo y una vez maduro y listo para recolección, se torna carmesí (SIAP) y se constituye por un exocarpio (piel), un mesocarpio externo (pulpa), un mesocarpio interno (mucílago) y un endocarpio fibroso (pergamino) que rodea al grano.

2.4 Procesamiento

Una vez cosechado el fruto la extracción del grano de café implica llevar a cabo el beneficiado, un proceso que permite sustraer al grano del mucílago, pergamino y mesocarpio. Los tipos de beneficio que se usan son: el húmedo, el seco y el ecológico. La vía húmeda, involucra el despulpado, la desmucilagínación utilizando agua, secado del

fruto y finalmente, la eliminación de las envolturas internas (pergamino y película) por el trillado. Por esta vía se obtiene el café lavado o suave. La vía seca incluye la fermentación del fruto con todas sus cortezas, el secado del fruto y la eliminación de las envolturas en una única operación mecánica, descascarillado o trillado (Braham y Bressani, 1978) y el beneficio ecológico del café se caracteriza por un despulpado sin la utilización de agua, y una desmucilaginación, lavado y limpiado simultáneo. Este proceso minimiza las incidencias al medio ambiente, ya que la pulpa de café es desprendida mediante una máquina, lo que disminuye el consumo específico de agua a 1 lt por kg de café, además remueve el mucílago del grano de forma mecánica, por lo que no son necesarios los periodos de fermentación aeróbica y los lavados que generan aguas contaminantes, logrando un desarrollo sostenible (Cenicafe, 1996).

El proceso de beneficiado genera una gran cantidad de residuos entre los cuales se encuentran la pulpa, el mucilago y cascarilla de café pero sin duda alguna el residuo que se genera en mayor porcentaje es la pulpa de café al representar representa el 41% del peso húmedo (Aguilar-Rivera et al., 2014)

2.5 Sustancias presentes en la pulpa de café

En la pulpa de café están presentes compuestos fenólicos de estructuras simples como el ácido clorogénico pero también sustancias más complejas como los taninos (Clifford, 1985). Los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas formando una de las principales clases de metabolitos secundarios (Ribereau-Gayon, 1968). Tienen capacidad de inhibir mutaciones bacterianas, de actuar como donadores de hidrógeno, atrapar iones metálicos e inhiben la oxidación de lipoproteínas, que están relacionadas con la patogénesis de enfermedades coronarias. Poseen actividad anticarcinogénica actuando como inhibidores en procesos cancerígenos (Arellano, 2009).

Entre las sustancias presentes en la pulpa de café se encuentran polifenoles, taninos y cafeína, encontrando que en el fruto de la planta del café, *Coffea arabica*, se tiene un alto contenido de compuestos fenólicos, antioxidantes y fitonutrientes (Heimbach *et al.*, 2010). No obstante también la cáscara de café, la piel y la pulpa pueden ser una fuente de

fitoquímicos sobre todo para las industrias alimentarias y farmacéuticas. Ramírez-Coronel *et al.* (2004) encontraron cuatro clases principales de polifenoles (flavan-3-oles, ácidos hidroxicinámicos, flavonoles y antocianinas) en pulpa de café arábica.

Los polifenoles, se definen químicamente como sustancias que tienen un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo, incluyendo sus derivados funcionales como ésteres, éteres, glucósidos, etc. Entre los compuestos fenólicos que existen en los materiales vegetales se pueden mencionar la hidroquinona, la vainillina y el ácido gálico, que pueden clasificarse como fenoles simples, o los derivados del ácido hidroxicinámico de los cuales el ácido clorogénico y los flavonoides forman el grupo más importante (Ho y Lee, 1992). Los polifenoles prolongan la vida de los alimentos al protegerlos del daño oxidativo.

Latif *et al.* (1999), encontraron que una gran cantidad de compuestos polifenólicos poseen capacidad antioxidante. Los antioxidantes son compuestos capaces de donar rápidamente un átomo de hidrógeno a una molécula oxidada o en peligro de oxidación transformándola en un producto estable. La importancia de un antioxidante depende de su concentración, del medio donde actúa y de su habilidad para interactuar con sistemas regeneradores de radicales libres. Actualmente la pulpa de café se considera una fuente rica en antioxidantes naturales, posee fenoles simples como ácido ferúlico, ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido sinápico y ácido clorogénico (Arellano, 2009) además se ha reportado que mediante el proceso de ensilaje se obtienen antioxidantes y ácidos fenólicos de gran importancia en la alimentación ya que la fermentación con bacterias lácticas permite un mayor tiempo de proceso fermentativo de la cascarilla, semillas y pulpa de café, permitiendo la extracción de un mayor número de compuestos fenólicos, porque el etanol producido actúa como un solvente para su obtención, sin embargo la composición fenólica se modifica durante la fermentación por la actividad de las levaduras, las cuales son capaces de metabolizar algunos de los compuestos fenólicos presentes (Shahidi y Naczki, 1995).

Al suministrar pulpa de café a los rumiantes Souza *et al.* (2006) explican que los polifenoles pueden ser el factor limitante en el rendimiento productivo, ya que cuando la pulpa de café se ofrece a los animales en cantidades elevadas, disminuye la palatabilidad y por ende el consumo de materia seca y probablemente los valores de proteína y energía de

la dieta son muy bajos. Sin embargo Barcelos *et al.* (2001) y de Souza *et al.* (2005), no encontraron reducción en el consumo de materia seca cuando se incrementó la cantidad de cáscara de café en el concentrado de novillos en confinamiento hasta un nivel del 16% de materia seca en la dieta, correspondiendo a un consumo de 0.15% de cafeína y 0.33% de taninos provenientes de la pulpa de café.

Entre los fenoles simples también se encuentran los taninos, los cuales se clasifican en taninos hidrolizables y taninos condensados (Fengel y Wegener, 1983). En el caso de los taninos condensados se enlazan fuertemente a las proteínas, como defensa química, en contra de la invasión por agentes patógenos y como protección contra insectos y herbívoros.

Respecto a los taninos, la característica más importante es su capacidad de ligar proteínas, haciéndolas inaccesibles al organismo; también pueden actuar como inhibidores enzimáticos. La proteína dietética al unirse con los taninos puede ser protegida de la hidrólisis proteolítica enzimática. Estos compuestos poliméricos pueden, por lo tanto, interferir con el comportamiento de los animales al disminuir la disponibilidad biológica de la proteína consumida, o a través de un proceso de inactivación de la acción enzimática, o como una fuente de componentes fenólicos libres (Bressani, 1978).

Una concentración media de taninos puede ser usada para mejorar la eficiencia de la digestión de nitrógeno en rumiantes en pastoreo, dando como resultado, un incremento en la producción de lana y en la producción de leche en borregos y vacas, esto se relaciona a la reducción de la actividad de bacterias proteolíticas y a la digestión de la proteína en el rumen, que permite incrementar el flujo de nitrógeno no amoniacal en el abomaso (Min *et al.*, 2003).

Uno de los subproductos que es rico en taninos condensados, es la pulpa de café. No obstante, los taninos presentes pueden ser diferentes dependiendo del tipo de cultivo, Colmenares (1994) encontró que la pulpa de café de la variedad amarilla de fruto, es más rica en taninos condensados (proantocianidinas) que la pulpa de la variedad roja.

Los taninos en el intestino y el rumen tienen un efecto antimicrobiano, pueden modificar la digestión del alimento, por ejemplo, la concentración de taninos y cafeína presentes en la pulpa de café en niveles por arriba de 0.75 % y 0.12 % de MS respectivamente en la dieta de bovinos, afecta el consumo y la utilización del alimento por los animales (Cabezas, 1976). Ferreira *et al.* (2000) mencionan que los metabolitos secundarios disminuyen considerablemente cuando la pulpa es ensilada y además aumenta su valor nutritivo.

Los taninos pueden influir en el comportamiento de los animales al disminuir la disponibilidad biológica de la proteína consumida, o como fuente de polifenoles libres (Ramírez, 1987; González, 1990; Clifford *et al.*, 1991; Clifford y Ramírez, 1991; González *et al.*, 1994; González *et al.*, 1998; Ramírez, 1998). Los niveles encontrados de taninos en la pulpa de café varían entre 1.8 y 8.56 %; sin embargo, Gómez *et al.* (1985) y Ferreira *et al.* (2000) señalan que los niveles de taninos disminuyen cuando la pulpa es ensilada y además, mejora su valor nutritivo. En el caso particular de los rumiantes en crecimiento, estos pueden tolerar un consumo máximo de taninos de 28g 100 kg⁻¹ de peso por día sin manifestar síntomas (Vargas *et al.*, 1977).

La cafeína es un alcaloide de la familia de las metilxantinas, otros dos importantes alcaloides de este grupo son la teobromina y la teofilina (Mazzafera *et al.*, 2009). La cafeína actúa como una droga estimulante psicoactiva. En animales tiene efectos psicológicos y puede causar un aumento en la actividad motora. El resultado de esta actividad anormal podría ser un aumento en el uso de la energía que tendría como efecto la disminución en la ganancia de peso y en la eficiencia de conversión (Noriega *et al.*, 2008). La cafeína es un antagonista competitivo de los receptores de adenosina, lo cual explica muchos de los efectos psicológicos sobre el sistema nervioso de los animales, la adenosina actúa como un depresivo, además su molécula es similar a la molécula de la cafeína por eso puede ser reemplazada por la molécula del alcaloide. La ingesta de cafeína puede restablecer el rendimiento animal pero no puede aumentarlo (Mazzafera, 2002). Entre los efectos que tiene la cafeína se puede mencionar el aumento de sed por el animal, así como también se incrementa la evacuación con la consecuente pérdida de nitrógeno (Elias, 1978). El consumo de cafeína puede aumentar la movilización de ácidos grasos libres hacia el plasma sanguíneo dando como resultado una reducción del apetito y por ende del consumo

de materia seca (Oliveira *et al.*, 2007), su consumo en cantidades altas puede estimular la actividad de los animales produciendo un efecto diurético.

2.6 Composición química de la pulpa de café

A pesar de su bajo porcentaje de materia seca la pulpa de café supera el mínimo contenido requerido para asegurar una buena calidad en la fermentación del ensilado (Revuelta y Ayala, 2001) el cual es del 20% como mínimo. No obstante contiene alrededor de 80 - 85 % de humedad en base fresca, porcentaje que resulta ser un inconveniente para su transporte, conservación y deshidratación por lo que se ha implementado la deshidratación de la pulpa de café.

Entre los componentes de la pulpa de café se encuentra la proteína, una variable importante debido a su influencia directa en la producción animal (Juniper *et al.*, 2007; Muhonen *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2011). Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et al.* (1995) señalan valores de 10.70 y 11.58% de proteína cruda, respectivamente, para la pulpa de café. Considerando a González (1990) quien clasificó a los forrajes y otros alimentos para animales como de regular calidad cuando contiene valores entre 7 y 9% de proteína y de buena calidad con valores comprendidos entre 9 y 11% la pulpa de café debido al contenido de proteína cruda que posee se considera como un alimento de buena calidad.

La proporción de fibra detergente neutra (FND) también es muy importante en la alimentación de los rumiantes ya que está asociada negativamente con la ingestión de materia seca debido a que es la fracción del forraje que corresponde a paredes celulares. El valor de FDN, es la pared total de la célula que está comprendido por la fracción FDA más la hemicelulosa e incrementa con el estado de madurez de los forrajes. Con respecto a la fibra detergente ácida (FDA) también es una porción de pared celular del forraje constituido por celulosa y lignina cuyos valores se relacionan con la habilidad de los animales para digerir el forraje y a medida que aumenta su valor, la digestibilidad del forraje disminuye (Lechartier y Peyraud, 2011).

La grasa en la pulpa de café varía de 1.4 a 3 %, constituyendo un nutriente de poca importancia para la alimentación animal, no obstante Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et*

al. (1995) reportaron 2.6 y 5.02 %, de grasa respectivamente. Las discrepancias de los valores se deben al tiempo de ensilaje y a los aditivos utilizados.

En cuanto a las cenizas se ha identificado que incrementan a medida que aumenta el tiempo de ensilaje, sin embargo es una característica deseable en un alimento y particularmente para el caso de la pulpa el disponer de un alto contenido de cenizas, ya que proporciona niveles apropiados de minerales necesarios en las dietas para rumiantes Noriega (2008).

El tiempo de ensilaje no afecta la concentración de taninos presente en la pulpa obteniéndose un valor promedio de taninos de 0.23%, el proceso de fermentación en el silo puede inactivar biológicamente a los taninos (Noriega *et al.*, 2009) mientras que Braham y Bressani (1978) reportan valores de 1.8 a 8.5 % de taninos y Ferrer *et al.* (1995) de 1.95 %.

La composición de la pulpa de café depende de la forma en cómo haya sido procesada. Elías (1978) analizó pulpa de café fresca y deshidratada apreciándose diferencias en las determinaciones debido a la deshidratación provocada por el aumento en la cantidad de materia seca. Existen discrepancias en los valores obtenidos por diferentes autores (Braham y Bressani, 1978; Zuluaga y Tabacchi, 1980; Carrizales y González, 1984; Ferrer, 1995; Delgado-Vidal, 1999; Moreau *et al.*; 2003; Narasimha *et al.*, 2003; Bautista, 2005; Noriega *et al.*, 2008) al analizar pulpa de café fresca, deshidratada y ensilada no obstante la diferencia se debe al tiempo empleado y a la variedad de pulpa de café empleada así como a la región de origen (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de la pulpa de café

	MS	PC	FC	EE	CEN	ELN	TAN TOT	CAFEINA	FUENTE
PF	23.3	2.1	3.4	0.48	1.5	-	1.8-8.56	1.3	(Elías, 1978)
	-	12.8	24.0	2.9	9.5	50.8	8.6	1.3	(Braham y Bressani, 1979)
	-	8.9	16.2	2.7	8.7	63.5	3.7	0.75	(Zuluaga y Tabacchi, 1980)
	18.6	12.7	-	-	8.3	-	-	-	(Delgado-Vidal, 1999)
	-	13.14	-	2.85	7.73	53.55	-	-	(Moreau et al., 2003)
	-	11.57	15.24	-	0.67	-	-	0.95	(Carrizalez y González, 1984)
	14.7	8.61	14.1	-	7.4	66.9	0.067	-	(Bautista, 2005; UNET, 2001)
PD	-	14.3	15.6	3.1	8.4	58.5	-	-	(Yann et al., 2003)
	87.4	11.2	21	2.5	8.3	-	-	-	(Elías 1978)
	-	12.8	24	2.8	9.5	50.8	-	-	(Braham y Bressani, 1989)
	-	10.1	21.4	0.48	1.5	66.5	-	-	(Narasimba et al., 2003)
	-	3.9	22.9	3.9	9.1	60.3	-	-	(Noriega et al., 2008)
PE	-	13.55	17.16	-	8.08	-	-	0.83	(Carrizalez y González, 1984)
	15.4	8.29	18.4	-	7.04	63.8	0.13	-	(Bautista, 2005; UNET, 2001)
	92	10.7	20.8	2.6	8.8	49.2	1.8	-	(Braham y Bressani, 1978)
	-	11.58	-	5.02	-	-	1.95	-	(Ferrer, 1995)
	12.8	19.6	-	-	10.4	-	-	-	(Delgado-Vidal, 1999)
	-	9.12	-	1.54	9.55	63.50	-	-	(Moreau et al., 2003)

PF: Pulpa de café fresca, PD: Pulpa de café deshidratada, PE: Pulpa de café ensilada, MS: Materia seca, EE: Extracto Etéreo, FC: Fibra Cruda, PC: Proteína Cruda, CEN: Cenizas, ELN: Extracto Libre de Nitrógeno, TAN TOT: Taninos Totales.

2.7 Utilización de la pulpa de café

La pulpa de café es uno de los subproductos agroindustriales más abundantes ya que se genera anualmente por toneladas representando una fuente de contaminación severa. En México se generan aproximadamente 100,000 toneladas por año y por lo general su principal uso es como abono orgánico (Salmones *et al.*, 2005). El uso de la pulpa de café fresca o procesada ha sido tema de muchos estudios en los que, en general, se llega a la conclusión de que los residuos y sub-productos del café pueden usarse de varias maneras (Castillo, 2002) se ha utilizado como sustrato para el cultivo de setas exóticas, para la fabricación de bebidas alcohólicas o refrescantes, vinagre, extracción de cafeína, pectina, producción de biogas y producción de bioetanol, así como sustrato para el cultivo de

lombriz roja. Sin embargo su utilización en estos sectores es mínima, el mayor porcentaje de pulpa de café es depositado en vertientes de agua o ríos cercanos al lugar de beneficiado o simplemente es acumulado en las orillas de los terrenos de cultivo de café sin darle un uso funcional.

Aunque se sugiere que la pulpa de café puede ser utilizada en la dieta de rumiantes (Barcelos *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2006) debido a su moderado contenido de metabolitos secundarios, los cuales pueden modificar positivamente la fermentación ruminal, mejorar la síntesis de proteína microbiana o proteger la proteína de los alimentos de la degradación por acción de los microorganismos ruminales y por lo tanto mejorar el desempeño animal (Makkar, 2003) no puede ser adicionada a la dieta sin antes seguir un proceso que permita disminuir los factores antinutricionales que se encuentran en esta, aunado a un fácil manejo, bajo costo y poca mano de obra.

2.8 Ensilaje de pulpa de café

El ensilaje es un método utilizado para conservar forrajes donde el material se almacena durante un tiempo considerado idóneo para el productor y se usa principalmente en la época de sequía como fuente alimenticia para rumiantes y no rumiantes. Tiene la ventaja de ser un proceso sencillo y económico ya que no necesita mucha mano de obra para efectuarlo, además de poseer la característica de no afectar significativamente las propiedades nutricionales. El proceso de ensilaje está fundamentado en la fermentación a través de bacterias ácido-lácticas. Las bacterias ácido lácticas del material a ensilar fermentan los carbohidratos solubles del forraje, produciendo ácido láctico y en menor proporción ácido acético (Stefanie *et al.*, 1999) sin embargo el ácido acético es el mayor inhibidor de levaduras y mantiene una mayor estabilidad aeróbica que el ácido láctico (Heinl *et al.*, 2012).

Los tipos de silos que se pueden emplear para efectuar el ensilaje son diversos, existen silos como los aéreos o de torre, los de trinchera, de pastel o los de bunker, pero la elección del más apropiado depende del esquema de producción ganadera, recursos económicos disponibles y topografía del terreno, entre otros (Nges *et al.*, 2012).

El ensilaje de pulpa de café es una alternativa de alimentación para rumiantes ya que reduce el contenido de sustancias antinutricionales (Moreau *et al.*, 2003) presentes en la pulpa de café, tales como cafeína y derivados de taninos, mejorando su valor nutritivo además de proporcionar condiciones ambientales como un pH de 4.2 que inhiben el crecimiento de agentes patógenos y conservan las características nutricionales del producto ensilado (Mayorga, 2005; Noriega, 2008). No obstante se recomienda utilizar la pulpa proveniente del beneficio húmedo ya que tiene mayor valor alimenticio que la proveniente de beneficio seco (FAO, 1981), con la desventaja de poseer alto contenido de humedad pero mejor calidad comparada con beneficios secos del cual se obtiene un producto fibroso y pobre.

El pH tiene una alta correlación con la calidad del producto, a valores de 4.5 y superiores, generalmente los ácidos butírico y acético están presentes en altas concentraciones en el material ensilado dando lugar a olores rancios y avinagrados (Jiménez y Boschini, 1982), afectando su calidad. Otros elementos que también influyen en la calidad del ensilaje son el clima, los microorganismos como bacterias empleadas para acelerar el proceso (Ojeda y Montejó, 2001). La manipulación, las variables fermentativas y el contenido de nutrientes (Tamir *et al.*, 2012) o composición química de la pulpa a ensilar que a su vez es afectada por el clima, altitud, suelo, prácticas de cultivo, variedad de café y cantidad de material extraño como hojas, granos inmaduros y tallos presentes en el silo, los cuales pueden aumentar el contenido de energía de la pared celular así como la presencia de antinutrientes. Por lo que el valor nutricional de los ensilados depende de la calidad, el material ensilado y el proceso de ensilaje (Tamir *et al.*, 2012), está determinado principalmente por la composición del forraje en el momento de la cosecha y por las modificaciones químicas que tienen lugar durante el proceso de ensilaje, sin olvidar que este valor nutritivo es siempre menor en relación con el material de origen; sin embargo, la magnitud de los cambios es dependiente de las medidas que se adopten para conducir en forma adecuada el proceso de conservación (Conaghan *et al.*, 2010).

Cada fase del proceso de ensilaje debe ser controlada para conservar su calidad ya que es susceptible a descomposición sino se le da el manejo adecuado, como una buena compactación. Osorio (2001) menciona que el grosor de las capas debe de ser entre 0.20 a

0.30 m. y posteriormente ir agregando los subproductos, principalmente cuando se ensila en silos grandes como tipo bunker o trinchera, el sellado del silo y el volumen utilizado, debido a que la compactación es un factor que afecta considerablemente la difusión del oxígeno dentro del ensilado (Muck, 1995).

Cuando la pulpa de café se pone en contacto con el aire, ya sea fresca o ensilada, cambia de un color rojo sangre a uno marrón oscuro o negro. Este cambio de color se atribuye a reacciones de empardamiento enzimático causados por la oxidación de los polifenoles o quinonas, las que a su vez se combinan con aminoácidos libres y proteínas para dar complejos de coloración oscura. La ligación de las proteínas por estos productos de oxidación tiene un efecto sobre la digestibilidad de la proteína y por lo tanto en la cantidad absorbida de este nutriente para cubrir las necesidades fisiológicas (Bressani, 1978).

2.8.1 Uso de aditivos en el ensilaje

Los aditivos son sustancias no consumidas solas normalmente como alimento y no son empleadas como ingrediente principal, tengan o no valor nutritivo; no obstante el uso de los aditivos empleados en el proceso de ensilaje comenzó a hacerse muy común a partir de la década de 1990 (Stefanie *et al.*, 1999) jugando un papel muy importante para el proceso el estabilizar el material y contribuir a la creación de condiciones óptimas que permitan la conservación del ensilado. Los aditivos se definen como productos químicos y biológicos que estabilizan el ensilado, ya sea por acidificación, limitando el crecimiento de microorganismos, o bien estimulando la fermentación láctica. Previene la acción de bacterias indeseables y las fermentaciones secundarias (*Clostridium sp*) las cuales dañan la calidad final del ensilado (Fernandez, 1999, Lara, 2011), recomendando su uso cuando el cultivo a ensilar tiene bajo contenido de carbohidratos que imposibilitan disminuir el pH de la masa ensilada.

Los aditivos se han empleado para disminuir los riesgos de fracaso en el proceso de ensilaje y mejorar su valor nutritivo (Pauly y Tham, 2003) pero para lograr estas características deseables deben ser seguros, reducir pérdidas de materia seca, mejorar la calidad y favorecer el proceso fermentativo. No obstante se han obtenido ensilajes satisfactorios en calidad fermentativa sin usar aditivos.

Aunque algunos aditivos sean muy eficientes no se pueden evitar fallas en el ensilaje, como corte tardío o pobre sellado del silo (Conaghan *et al.*, 2010). Se debe contemplar que ningún aditivo puede substituir al buen manejo durante el proceso de ensilaje, ninguno puede evitar los efectos negativos de una mala fermentación del forraje causada por cubiertas plásticas permeables al agua y al oxígeno, mala compactación o por un almacenamiento prolongado a temperaturas sobre los 30° C (Tjandraatmadja *et al.*, 1991) por lo que un buen aditivo o conservador además de ser eficaz durante el tiempo de ensilaje debe incrementar la palatabilidad del mismo (Lara, 2011).

Actualmente existen en el mercado una gran cantidad de aditivos clasificados de acuerdo a la función que desempeñan, sin embargo, entre aditivos de la misma categoría se manifiestan diferencias tales como la efectividad general, la adecuación para determinado tipo de forraje, y la facilidad para su manejo y aplicación. Estos factores, junto al precio y la disponibilidad, determinan cual es el aditivo más conveniente que debe utilizar un productor para un ensilaje en específico.

Woolford (1984) clasifica a los aditivos de acuerdo a la función que desempeñan en:

Acidificantes directos: Son ácidos inorgánicos y orgánicos que reducen directamente el pH de la masa del forraje. Los ácidos más usados con este fin son: clorhídrico, sulfúrico y fórmico.

Conservadores. Inhiben las fermentaciones indeseables. Algunos proporcionan a la masa del forraje una acidez inicial que favorece la actividad de las bacterias lácticas. Otros tienen acción bacteriostática, limitando la multiplicación de bacterias no deseables. También tienen efecto sobre

la flora láctica, el forraje se acidifica muy poco y conserva casi todos sus azúcares, pero se estabiliza gracias a esa mínima vida bacteriana. Entre los que comúnmente se usan se encuentran los ácidos fórmico, acético, láctico, propiónico, benzoico y caproico.

Inhibidores de la fermentación. Son sustancias con acción esterilizante directa o indirecta. Inhiben el desarrollo de la microflora. Los productos usados son el formaldehído y la hexamina.

Estimulantes. Son sustratos, enzimas y cultivos microbianos que aceleran la fermentación y aumentan la producción de ácido láctico. Los materiales usados comúnmente son cultivos de *Lactobacillus*.

Antimicrobianos específicos. Son antibióticos y otros agentes químicos que reducen el crecimiento de microorganismos generadores de putrefacción. Algunos usados comúnmente son la bacitracina, la estreptomycinina y el nitrato de sodio.

Enzimas. Se encargan de la ruptura de las paredes celulares y de aumentar el contenido de azúcares solubles; los cuales son fermentados por las bacterias lácticas, reduciendo el pH (Shao *et al.*, 2010) y favoreciendo la acidificación. Las más comunes son: amilasas, celulasas, hemicelulasas y pectinasas.

Nutrientes. Son fuentes de energía, minerales y nitrógeno que tiene como objetivo mejorar la calidad del forraje como el almidón, harina de cereales, carbonato de calcio y urea (Aguerre *et al.*, 2011; Gómez-Vázquez *et al.*, 2011; Sugimoto *et al.*, 2009); melaza, glucosa, sacarosa, granos de cereales, pulpa de remolacha y pulpa de cítricos (Oelker *et al.*, 2009). Según Bressani (1991), la pulpa de café fresca puede ser ensilada con 4-6 % de melaza de caña de azúcar.

Inoculantes. Elevan rápidamente el nivel de acidez del forraje a ensilar para prevenir la ruptura de la proteína, aportando microflora láctica que puede no estar presente en cantidad suficiente, lo que dejaría campo libre a otros microorganismos cuya acción puede no ser deseable. Cuando el contenido de materia seca no es óptimo en el momento del pre-ensilado y no se puede asegurar el buen manejo agronómico y las condiciones climáticas favorables, está expuesto a fermentaciones desfavorables que ocasionan el deterioro de las plantas. Por tal motivo, es importante, la aplicación de inoculantes microbianos (*Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Streptococcus*) durante el pre-ensilado, para elevar rápidamente la acidez del forraje (Nikkhah *et al.*, 2011).

2.8.2 Proceso de ensilaje

El ensilaje se lleva a cabo mediante un proceso que consta de 4 fases o etapas (Weinberg y Muck, 1996; Merry 1997, citados por Garcés *et al.*, 2004) las cuales son:

1. Fase aeróbica. El aire (oxígeno) se encuentra presente entre las partículas del ensilado, en esta fase el pH se encuentra en un rango de 6.0-6.5. Estas condiciones son favorables para

la respiración, la actividad de las proteasas y la actividad de los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos, tales como levaduras y bacterias ácido acéticas entre las que se encuentran, bacilos, mohos y enterococos. Su presencia provoca aumento en la temperatura y por lo tanto disminución de la materia húmeda, lo cual disminuye el valor nutricional del ensilaje (Lindgren, 1985).

2. Fase de fermentación: Después de algunos días el ensilado entra a una etapa de anaerobiosis. Las bacterias ácido lácticas se desarrollan y empiezan a ser predominantes en la población microbiana, se empieza a producir ácido láctico y otros ácidos en menor proporción como propiónico y butírico, el pH disminuye entre 5.0 hasta 3.8 aproximadamente.

3. Fase de estabilización: En esta etapa ocurren relativamente pocos cambios, ya que en la etapa anterior se pudo eliminar el mayor contenido de aire.

4. Fase final: Aquí se ve terminada la etapa de ensilaje, el sustrato es liberado y expuesto al aire. Esto provoca la reactivación de microorganismos aeróbicos, muchas levaduras, mohos, bacilos y bacterias ácido acéticas, empiezan a causar la degradación del producto.

2.8.3 Tiempo de ensilaje

El ensilaje ha sido analizado a diferentes tiempos, no obstante los mejores resultados se han encontrado al evaluar el ensilaje de pulpa de café a los 120 días (Noriega, 2009), quien realizó un estudio ensilando pulpa de café a diferentes tiempos encontrando que la composición química de la pulpa de café varió con el tiempo, a los 120 días de ensilada presentó el mayor contenido de proteína cruda, menores valores de extracto libre de nitrógeno y bajos valores de taninos, que le proporcionaron un alto valor nutritivo para ser recomendada en la elaboración de dietas para animales. Sin embargo en la medida que se incrementa el tiempo de ensilaje, se observa aumento en la concentración de cenizas y taninos lo cual afecta la calidad del ensilaje. Mientras que Ferrer (1995) ensiló pulpa de café mediante fermentación anaeróbica en estado semisólido, demostrando que con 3 % de melaza, se puede conservar la pulpa de café en perfectas condiciones por un lapso de 150 días. Obteniendo condiciones óptimas del ensilaje como 80% de humedad, 3.6 de pH y

ácidos grasos (g/100 g de materia seca); 3.31 de acético, 0.49 de propiónico, 0.41 de n-butírico, 2.56 de ácido láctico y no se detectó iso-butírico, isovalérico y valérico. Al comparar la composición química de la pulpa de café con maíz amarillo, en base seca, presentó cantidades comparables en proteínas (11.58% y 11.25%, para pulpa de café y maíz respectivamente), aunque su contenido de fibra cruda fue mayor (15.26% y 2.02%) y el extracto libre de nitrógeno fue menor (61.46% y 79.76%).

El ensilado, sea de pulpa de café sola o mezclado con forrajes, está listo para ser utilizado en aproximadamente tres semanas y si está bien compactado, puede ser preservado un máximo de 18 meses y ser utilizado como tal o ser deshidratado (Bressani, 1991). No obstante tomando en cuenta estos lapsos de tiempo, el tiempo de ensilaje o la apertura del silo dependerá de las necesidades de los animales así como las del productor.

2.9 Suplementación con residuos del café en la dieta de rumiantes y no rumiantes

La pulpa de café puede ser suministrada a los animales de cuatro formas diferentes: fresca, ensilada, prensada y deshidratada. Sin embargo al comparar el proceso de ensilaje de la pulpa de café fresca, con la pulpa prensada y con la pulpa deshidratada, parcialmente mediante exposición al sol (Bohkernford y Fonseca, 1974), los resultados indican que el mejor producto es el obtenido del ensilaje de pulpa de café fresca, debido a su alto contenido de carbohidratos fermentables; luego le sigue el ensilado con pulpa prensada y el menos adecuado es el ensilado con pulpa deshidratada al sol.

El uso de ensilado de pulpa de café en la alimentación de rumiantes y no rumiantes es limitado debido a la baja digestibilidad de la proteína de la pulpa de café produciendo un efecto negativo sobre la retención de nitrógeno y el consumo voluntario (Bressani *et al.*, 1972). La digestibilidad de la pulpa de café ensilada presenta una relación directamente proporcional a la cantidad de cafeína y taninos y una relación inversamente proporcional al contenido de lignina (Ferrer *et al.*, 1994), siendo la digestibilidad de la pulpa de café ensilada y fresca de 55.38% y 47.20%, respectivamente. No obstante se han encontrado buenos resultados al incluir pulpa de café en la dieta y en algunos casos ninguna diferencia significativa con el grupo testigo.

La inclusión de ensilado de pulpa en la dieta de animales de granja podría contribuir a reducir los costos de producción de leche y carne, especialmente en los países en desarrollo (Rathinavelu y Graziosi, 2005).

2.9.1 Bovinos

En rumiantes pueden incluirse los residuos del café usándolo como sustituto de fuentes de concentrados energéticos como lo es el maíz, se puede sustituir hasta en un 25% al maíz por cascarilla de café en dietas a base de caña de azúcar usándola en vacas que producen 20 kg de leche/día considerando el concentrado de 60% compuesta por harina de maíz, pulpa de café, cascarilla de soya, soya, trigo, harina de semilla de algodón, urea y minerales (Oliveira *et al.*, 2007). Mientras que Cipriano *et al.* (2006a), al evaluar 0, 6, 12 y 18 % de cascarilla de café mencionan que el 12% de la MS de ensilaje de maíz puede ser reemplazada por cascarilla de café en vacas Holstein considerando 60% de forraje y 40% de concentrado integrado por maíz, soya, urea, fosfato dicálcico, piedra caliza, sal común y minerales. La sustitución de ensilaje de maíz por la cascarilla de café en dietas completas para vacas con una producción de 25 kg de leche/día puede incluirse en niveles de hasta el 12% en función de la disponibilidad y la conveniencia económica e incluso hasta un 15% de la MS total (Cipriano *et al.*, 2006b).

Souza *et al.* (2005) sustituyeron el maíz en el concentrado (60%) por pulpa de café, encontraron que la pulpa de café reduce la digestibilidad de los nutrientes, sin reducir la producción y composición de la leche, estos autores recomiendan la inclusión de pulpa hasta en un 10.5 % en el total de la MS de la dieta. En novillas, la inclusión de pulpa de café altera el crecimiento, sin embargo, se recomiendan niveles de inclusión de 7% de MS de pulpa de café en el concentrado Souza *et al.*, 2006).

Araujo-Teixeira *et al.* (2007) mencionan que la inclusión de pulpa de café afecta negativamente el peso de los animales, disminuyendo linealmente al tener niveles altos de pulpa sustituyendo al ensilaje de maíz en las dietas de novillas lecheras, no obstante sugieren sustituir ensilaje de maíz por pulpa de café en niveles de hasta 14% en el total de MS en la dieta. Existe una disminución lineal en el peso de los animales al tener niveles

altos de inclusión, estimándose 6.94 g por unidad de pulpa de café añadida a la dieta (Souza, 2003).

Cabezas (1976) menciona que la pulpa de café puede ser suministrada hasta en un 20% en raciones para crecimiento y engorda, sugiere que las raciones con pulpa de café deben ser balanceadas de tal forma que contengan 14% de proteína cruda y 25% de forraje de buena calidad como mínimo y que el uso de pulpa de café a niveles superiores a 30% de la ración dependerá de las características químicas y nutricionales de la pulpa y del tipo de producción de ganado, así como al tiempo de adaptación de los animales, éstos tienden a adaptarse a la pulpa de café, mejorando su rendimiento después de aproximadamente un mes de consumirla. La respuesta de los animales durante y después de este período de adaptación, depende posiblemente del contenido de cafeína y taninos en la pulpa, por lo que la pulpa de café en bovinos de carne se puede utilizar entre 20 y 30% de la ración (Braham y Bressani, 1978).

Blandón (2009) suplementó vacas lecheras *Bos taurus* x *Bos indicus* con dos tratamientos, concentrado sin suplementar con ensilaje de pulpa de café y con concentrado más 12% de ensilaje de pulpa de café en dos fases, la de sequía y la de lluvias, en la primera fase usó el concentrado más 12% de ensilaje de pulpa de café y en la segunda modificó el porcentaje de inclusión elevándolo al 30% de ensilaje de pulpa de café, encontrando que en la primera fase no hubo efecto negativo y en la segunda la producción de leche disminuyó al utilizar la pulpa de café. La diferencia fue 0.8 litros/vaca/día, mayor en el tratamiento sin suplementar con ensilaje de pulpa de café que en el tratamiento con concentrado más 12% de ensilaje de pulpa de café. No obstante concluyó que la pulpa de café ensilada no solo es buena para la alimentación del ganado en el verano sino también en el invierno suministrando 12 y 30 % respectivamente.

Pedraza (2011) al evaluar el efecto de la suplementación con pulpa de café en ganado lechero Holstein -Pardo Suizo -Cebú en pastoreo, en la producción de leche y consumo de forraje, con niveles de inclusión de 10, 15 y 20% de pulpa de café en el concentrado, concluyó que la pulpa de café puede ser incluida en un 10% en el concentrado si se pretende tener una producción de leche alta, si lo que se quiere es tener un contenido alto de

grasa y sólidos totales se recomienda incluir la pulpa de café en un 15%, sin comprometer significativamente la producción de leche y el consumo de materia seca. Además el costo del concentrado se reduce en un 20% con la inclusión de pulpa de café.

2.9.2 Ovinos

En ovinos según Blandon (2009), la pulpa de café ensilada puede remplazar a la paja de arroz encontrando que no se tienen efectos negativos en la digestibilidad aparente y se tiene un incremento en el consumo total de materia seca, aumento que se debe probablemente al menor contenido de fibra presente en la pulpa de café con respecto a la paja de arroz. Valdivia (2006) comenta que los alimentos que contienen un menor contenido de fibra inducen a un mayor consumo de alimento. Asimismo, presenta un alto potencial de degradación ruminal, demostrándose que casi toda puede ser fermentada en el rumen. Por lo tanto, la pulpa de café ensilada puede ser utilizada en la alimentación de ovinos, en época seca e incluso puede suministrarse con forrajes de alta energía como la alfalfa (Leitao *et al.*, 2005).

Los niveles de inclusión de pulpa de café recomendados para ovinos van de 15% a 25% de la dieta, remplazando concentrados o granos de maíz (El-Sayed *et al.*, 1999; Souza *et al.*, 2004). Asimismo Ferreira *et al.*, (2000) evaluaron el crecimiento de corderos y corderas alimentados con pulpa de café como parte de la dieta durante 50 días, quienes utilizaron un control sin pulpa ensilada, pulpa de café natural y pulpa de café tratada con urea y semillas de soya molidas. Estos autores observaron que la inclusión de niveles de 15% de pulpa de café no afectó el crecimiento de los animales, pero los machos presentaron un desempeño mayor que las hembras. Ferreira *et al.* (2003) evaluaron en corderos híbridos y en un grupo testigo, tres dietas con diferentes dosis de pulpa de café entre 0 y 25% encontrando que la inclusión de 15% de pulpa tratada con urea y semilla de soya no afectó significativamente el peso de las canales.

En ovinos adultos se ha reportado que el consumo de pulpa de café no afecta el consumo y la digestibilidad, los consumos de materia seca han sido similares entre el testigo y con 15% de inclusión de pulpa de café, Con respecto a la ganancia de peso la inclusión de 15 y

20 % de pulpa de café en la dieta presentaron resultados similares al testigo, observando los mejores resultados en los animales testigo mientras que porcentajes mayores a 25% tuvieron menor peso y consumo de MS (Vitto *et al.*, 2001), debido a que al incrementar los niveles de ensilado de pulpa de café en la dieta se obtienen resultados desfavorables. Jarquin (1987) señala que la ganancia de peso guarda relación inversa con el contenido de pulpa en la ración. Al respecto, Ribeiro *et al.* (2000), reportan que hay una tendencia lineal a disminuir el comportamiento productivo a medida que se incrementa la cantidad de pulpa de café incluida en la dieta.

2.9.3 Cerdos

La pulpa de café se ha empleado en cerdos para suplementar machos castrados en las etapas de crecimiento y finalización recomendando niveles de inclusión del 5% en crecimiento y 9.5% en finalización Parra *et al.* (2008), sin sacrificar su rendimiento y producir canales más magras, mientras que Oliveira *et al.* (2001) recomiendan un nivel de 5% en crecimiento así como en finalización, un nivel del 20% si se va a remplazar maíz para cerdos en finalización Oliveira *et al.* (2002) y 30 % para remplazar salvado de trigo en cerdos en crecimiento (Okai *et al.*, 1991).

Braham y Bressani (1978) alimentaron cerdos con diferentes dietas (mezcla de maíz y soya, pulpa de café deshidratada al sol, pulpa de café ensilada con melaza y pulpa de café ensilada con 1.5% de Na₂SO₅), observando un mejor comportamiento en animales alimentados con pulpa deshidratada al sol o deshidratada sin aditivos, encontraron mejor respuesta en relación a la ganancia de peso en animales alimentados con pulpa de café deshidratada, la cual fue similar al testigo seguida del grupo alimentado con pulpa ensilada y deshidratada.

Bautista *et al.* (1999a) emplearon pulpa de café ensilada con melaza en niveles de 0 , 5 , 10 , 15 y 20 % de la ración, encontrando que en la fase de finalización la ganancia de peso fue mejor que las producidas por el alimento comercial sólo en los niveles de 10 y 15% de pulpa de café, con el nivel de 20% de pulpa se tuvieron menores ganancias que con el alimento comercial. A medida que se incrementó el nivel de pulpa de café ensilada en la dieta en la etapa de finalización se observó una reducción en la ganancia de peso, recomendando solo la inclusión de pulpa de café en un 20% en crecimiento y 15% en

finalización, sin ocasionar pérdidas en los parámetros productivos cuando se compara con los proporcionados por el alimento comercial.

2.9.4 Peces

El uso de pulpa de café para alimentación de peces es limitado por el contenido de cafeína y taninos, sin embargo, inclusiones del 13% no afectan el crecimiento comparándolo con el testigo. Inclusive hasta un 20% en la dieta (Cabezas *et al.*, 1987) puede suministrarse.

Como alimento para alevines de cachamay (*Colossoma x Piaractus*), Bautista *et al.* (2005) al analizar pulpa de café ecológica ensilada y pulpa de café ensilada más 5% de melaza contra un testigo con niveles de 10,15 y 18 % de pulpa de café, encontraron que no hubo diferencias entre las dos pulpas utilizadas por lo que no es necesario agregar melaza, sin embargo indican que la mejor tasa de crecimiento en peso y longitud fue para la dieta con 18% de pulpa, con ganancia de peso de 0.53 g/d y crecimiento de 0,68 mm/d, respectivamente. Así como la mejor relación beneficio-costos se dio con la inclusión de 18% de pulpa de café, concluyendo que la pulpa de café ecológica ensilada puede ser empleada hasta en 18% en la alimentación de alevines de cachamay.

Sin embargo, Moreau *et al.* (2003) reportan que la pulpa de café fresca y ensilada no son recomendables en la alimentación de *O. niloticus*, debido a que afecta el crecimiento y la eficiencia alimenticia, atribuido al contenido de taninos que interactúa con la proteína dietaria y/o enzimas digestivas, no obstante Castillo *et al.* (2002), evaluaron el efecto de la inclusión de la pulpa de café deshidratada en las dietas para alevines de tilapia roja (*Oreochromis aureus x Oreochromis niloticus*) con peso inicial entre 1.10 y 1.12 g. Se prepararon cuatro tratamientos: testigo sin pulpa de café deshidratada y dietas con 10, 20 y 30 % de pulpa de café deshidratada, respectivamente. Los resultados mostraron que el mejor comportamiento lo presentaron los alevines sometidos a la dieta testigo y 10% de café con peso final de 11.24 g y 11.46 g, respectivamente. El tratamiento con 30% de café en la dieta fue diferente a los otros tres (y estos similares entre sí), en el que se observó la menor ganancia de peso de los alevines (8.9 g). Sin embargo, se puede incluir la pulpa de café en dietas para alevines de tilapia hasta en 20%, sin afectar los índices productivos del animal.

La pulpa de café es considerada como una fuente de alimentación para tilapias (*Oreochromis spp*), en la alimentación de tilapia aurea se observó que el mayor aumento de peso se logró al adicionar a la dieta pulpa de café. Inoculando la pulpa con bacterias se encuentra un incremento en el valor nutritivo de este subproducto para tilapias (Ulloa, 2002). Ulloa *et al.* (2003) al alimentar peces *Oreochromis aureus* encontraron una reducción progresiva en el peso corporal final, en la tasa de crecimiento y la tasa de eficiencia proteica al incrementar las concentraciones de pulpa de café debido a los altos niveles de fibra en la dieta y a la gran cantidad de factores antinutricionales, indicaron que la inclusión de pulpa de café en las dietas de tilapia podrían limitarse a no más de 130g/kg de pulpa de café por Kg de alimento, cuando los peces son criados en estanques de tierra.

2.9.5 Aves

En aves la pulpa de café ha tenido bajos niveles nutritivos por lo que su uso no es muy común. El nivel máximo que se recomienda es 2.5 % (Donkoh *et al.*, 1988), no obstante, Acosta *et al.* (1997) quienes alimentaron gallos con pulpa de café ensilada con niveles de inclusión de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 %, más el testigo (sólo maíz), concluyendo que inclusiones superiores a 5% de pulpa de café tienen un efecto dañino en la digestibilidad verdadera de la MS y en la energía metabolizable del animal, sin embargo, Molina *et al.* (1990), al incorporar pulpa de café sometida a fermentación sólida usando *Aspergillus niger*, en niveles de 5, 10 y 15 % de pulpa de café en raciones para pollos de engorda en crecimiento, se encontró que después de 6 semanas la ración que contenía 15% de pulpa fermentada presentó una ganancia de peso (1.43 Kg) y una eficiencia alimenticia de (120) significativamente igual al testigo y mejor que la ración que contenía la pulpa sin fermentar al nivel del 15% (1.19 y 2.55 Kg, respectivamente).

Romero *et al.* (1995) utilizaron la pulpa de café sometida a diferentes tratamientos mediante pruebas de consumo y aceptabilidad en aves. Se realizaron tres ensayos con diferentes inclusiones de pulpa de café, donde un ensayo estuvo constituido por pulpa de café ensilada con niveles de 0, 5, 10 y 15 %. El segundo ensayo por pulpa de café ensilada y 5% de melaza a niveles de 0, 5, 10 y 15 %. El tercer ensayo por pulpa de café ensilada con 5 % de melaza e inóculo de bacterias ácido lácticas a niveles de 0, 5, 10 y 15 %. Los resultados indicaron que la prueba de aceptabilidad con inclusión de inóculos afectó

significativamente el consumo y la ganancia de peso con niveles de 15% de pulpa. Por otra parte, la mejor respuesta para energía metabolizable se obtuvo con la pulpa de café ensilada con 5% de melaza.

2.9.6 Conejos

Bautista *et al.* (1999b) utilizaron pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de conejos en las etapas de crecimiento y engorda. Para realizar este estudio incluyeron pulpa de café ensilada con melaza y pulpa de café sin melaza, con inóculo de bacterias ácido lácticas, concluyendo que aunque los valores de crecimiento no superaron los reportados con alimentos comerciales, es factible utilizar hasta un 85% de pulpa de café ensilada con melaza. Además se demostró que no se requiere del inóculo durante el proceso de ensilaje, debido a que no se observó ninguna mejoría en las variables estudiadas. Cabrera (2012) al evaluar dos niveles de inclusión de ensilado de pulpa de café, 25 y 40 % contra un testigo, menciona que la inclusión de pulpa café ensilada (25% y 40%) no tuvo un efecto positivo en la engorda de conejos no mejoro la ganancia diaria de peso, Consumo de materia seca, conversión alimenticia, rendimiento de canal, pH de la canal ni temperatura de la canal, también menciona que la inclusión de pulpa de café no afecto el número de bacterias totales en el ciego de los conejos

3. JUSTIFICACIÓN

La pulpa de café representa una fuente de contaminación en la mayoría de las regiones productoras de café ya que no se le da un uso o tratamiento adecuado. La región de Huatusco Veracruz tiene una producción de 52,131.3 ton de café cereza junto con los municipios aledaños de Totutla y Zentla (SIAP, 2014), al procesar el fruto de café en cereza se generan muchos residuos que se acumulan en las orillas de los terrenos de cultivo o se depositan en las orillas de los ríos generando una severa contaminación.

Una opción para reducir la contaminación generada por la pulpa de café obtenida después del proceso de beneficiado, es usar el método de ensilaje debido a que es un método fácil y requiere poca mano de obra, siendo accesible para los productores y es económico. El ensilado de pulpa de café puede usarse para alimentar rumiantes debido a su valor nutritivo. El ensilaje de pulpa de café puede representar una forma de incrementar los recursos económicos de productores de café, al hacer uso de este subproducto y de ganaderos al alimentar a su ganado en épocas de sequía y de esta forma disminuir el uso de concentrado, además de que no se presentan efectos negativos en cuanto a crecimiento y ganancia de peso (Ferreira *et al.*, 2000; Ferreira *et al.*, 2003) en rumiantes.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características físico-químicas y capacidad antioxidante de la pulpa de café, así como el comportamiento productivo, características de la canal y físico-químicas de la carne, al incluir 0, 10 y 20% de pulpa de café ensilada en dietas integrales para ovinos Pelibuey.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el análisis químico proximal de la pulpa de café fresca, pulpa de café ensilada por 140 días con 5% de melaza y en pulpa de café ensilada y deshidratada al sol.
2. Determinar la concentración de cafeína en la pulpa de café antes y después de ensilarla.
3. Determinar el contenido de compuestos antioxidantes en la pulpa de café y en la carne de ovinos alimentados con 0, 10 y 20% de pulpa de café ensilada.
4. Evaluar el comportamiento productivo de ovinos, ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, digestibilidad *in vivo*, balance de N, nitrógeno amoniacal, ácidos grasos volátiles y pH ruminal, con dietas con 0, 10 y 20% de pulpa de café ensilada
5. Determinar las características de la canal de los ovinos alimentados con pulpa de café ensilada.
6. Determinar las características físico-químicas del *Longissimus dorsi* de ovinos alimentados con 0, 10 y 20% de pulpa de café ensilada

4. HIPÓTESIS

El ensilaje y la deshidratación no afectan la composición química y capacidad antioxidante de la pulpa de café, y la inclusión de pulpa de café ensilada en la dieta de ovinos Pelibuey en crecimiento no afecta la ganancia de peso, digestibilidad, variables ruminales y las características físico-químicas de la carne por su contenido de antioxidantes.

LITERATURA CITADA

Acosta I., A. Márquez, T. Huérfano e I. Chacón. 1997. Evaluación de la pulpa de café en aves: digestibilidad y energía metabolizable. Arch. Latinoamer. Prod. Anim. 5 (1): 311-312.

Aguilar-Rivera N., E. Houbroun, E. Rustrian y L. C. Reyes-Alvarado. 2014. Papel amate de pulpa de café (*coffea arabica*) (residuo de beneficio húmedo). Redalyc. 10 (3): 103-117.

Aguerre M. J., Wattiaux, M. A., Powell, J. M., Broderick, G. A. and C. Arndt. 2011. Effect of forage to concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. J. Dairy Sci. 94: 3081-3093.

Araújo T. R. M., J. M. de Souza C., S.D.C. Valadares F., A. Soares de Oliveira, A. J. Assis e D. dos Santos P. 2007. Consumo, digestibilidade e desempenho de novilhas alimentadas com casca de café em substituição à silagem de milho Rev. Bras. Zootec. 36 (4): 968-977.

Arellano G, M.A. 2009. Estimación de la capacidad antioxidante de ácidos hidroxicinámicos obtenidos de la pulpa de café. Tesis especialización en Biotecnología. México, D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. Division de Ciencias y la Salud. Departamento de Biotecnología. 84 p.

Arteaga C., J. de D. 2003. La industria ovina en México. *In*: Memorias del Primer Simposium Internacional de Ovinos de Carne. Desafíos y oportunidades para la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. Pachuca de Soto, Hgo.1-7 p.

Barcelos A. F., P. C. A. Paiva, J. R. O. Pérez, V. B. Santo y R.M. Cardoso. 2001. Antinutritional factors of the hull and dehydrated pulp of coffee (*Coffea arabica* L.) stored in different periods. Rev. Bras. Zootec. 30 (4): 1325-1331.

Bautista O., E. Barrueta y L. Acevedo. 1999a. Utilización de la pulpa de café ensilada en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. *In: Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal.* Ramírez J. (Ed.) CDCH Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp: 84-101.

Bautista E.O., N. Molina y L. Rodríguez. 1999b. Utilización de la pulpa de café ensilada con melaza y bacterias en raciones para conejos en crecimiento y engorde. X Congreso Venezolano de Zootecnia. San Cristóbal, Táchira. Venezuela.

Bautista O., J. Pernía, D. Barrueta y M. Useche. 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido de cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). *Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ.* 15 (1): 33-40.

Blandón N. S. 2009 Utilización de la pulpa de café ensilada como alimento de ovinos. *Revista de Ciencia y Tecnología del UNI- Norte. El HIGO* en <http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/higo-2.pdf>

Bohkernford B. y H. Fonseca. 1974. Calidad del ensilado con pulpa de café conteniendo humedad y varios aditivos. Informe Final. Primera reunión Internacional sobre la utilización de sub-productos de café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales. CATIE. Turrialba. Costa Rica.

Braham J. y R. Bressani. 1978. Coffee Pulp. Composition, Technology and Utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Develop. Res. Centre. Ottawa, Canada.

Bressani R., E. Estrada y R. Jarquín. 1972. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba (Costa Rica) 22: 299-304.

Bressani R. 1978. Factores antifisiológicos en la pulpa de café. In: Pulpa de café: Composición, tecnología y utilización. Braham, J.E. y Bressani, R. (Ed.), INCAP. pp. 143-152.

Bressani R. (1991) Coffee, Coffee pulp. In: Tropical feeds version 3.0a, Bo Göhl ed., FAO, Rome.

Cabezas M.T. 1976. Valor nutritivo de la pulpa de café para ganado de carne. Agricultura en El Salvador. 15 (3): 25-39.

Cabezas M.T., A. Flores y J.I.Egana. 1987. Use of coffee pulpin ruminant feeding. In: Brahan, J.E.; Bressani, R. (Ed.). Coffee pulp: composition, technology, and utilization. Guatemala City (Institute of Nutrition of Central Americaand Panama). pp. 25-38.

Cabrera C., M.A. 2012. Parámetros productivos y microbiológicos de conejos nueva zelanda alimentados con dos niveles de ensilado de pulpa de café. Tesis profesional. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Programa Educativo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia. 71p.

Carrizalez V. y J. Gonzalez.1984. Aprovechamiento de la pulpa de café, Estudio experimental. Reporte Final. Fundación CIEPE. San Felipe, Venezuela.

Castillo E., Y. Acosta, N. Betancourt, E. Castellanos, A. Matos, V. Téllez y M. Cerdá. 2002. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. Revista AquaTIC, 16. Disponible en línea en <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=143>.

CENICAFE. 1996. Beneficio Ecológico del Café, "Una opción rentable" Chinchiná. Programa de poscosecha. Colombia.

Cinza-Borelli R., A. Visconti., C. Mennella, M. Anesey V. Fogliano. 2002 Chemical Characterización and antioxidant propieerties of coffe melanoidins. J. Agric. Food Chem. 50:6527-6533.

Cipriano R. F., R. Garcia, A.W. P. Freitas, A. Lima de Souza, K.F. Gobbi, S. C. Valadares F., R. Gonçalves T. e G. Cipriano R. 2006a. Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. Rev. Bras. Zoot. 35 (5): 2163-2171.

Cipriano R., F., R. Garcia, A. W.P. Freitas, A. Lima de Souza, S.C. Valadares F., O. Gomes P., J. P. Sampaio R., R. Gonçalves T. e G. Cipriano R. 2006b. Consumo e digestibilidade de dietas formuladas com diferentes níveis de casca de café para vacas em lactação. Rev. Bras. Zoot .35(5): 2154-2162.

Clarke R. and R. Macrae. 1985. Coffe *In*: Eds. Clarke R.J. Macrae, R. (Eds) Coffee. Vol 1. Chemistry. London. Elsevier Applied Science Publishers. pp. 306.

Clifford M.N. 1985. Chlorogenics acids *In*: Clarke R.J. Maurae, R. (Eds). Coffee. Vol 1. Chemistry. London. Elsevier Applied Science Publishers. pp. 153-202.

Clifford N. and J. Ramirez. 1991. Tannins in wetprocessed coffee beans and coffee pulp. Food Chem. 40: 191-200.

Clifford N., J. Ramirez, R. Adams and C. Menezes. 1991. Tannins in the sun- dried pulp from the wet-processing of arabica coffee beans. 14^{to} Colloque Scientifique International Sur le Café. Australasian Society for Infectious Diseases, Paris. pp. 23-236.

Colmenares N.G, J.R. Ramirez-Martinez, J.O. Aldana and M. Clifford. 1994. Analysis of Proanthocyanidins in Coffee Pulp. J. Sci. Food Agric. 65:157–162.

Conaghan P., P. O'Kiely and F.P. O'Mara. 2010. Conservation characteristics of wilted perennial ryegrass silage made using biological or chemical additives. *J Dairy Sci* 93, 628-643.

Corro G., L. Paniagua, U. Pal, F. Bañuelos and M. Rosas. 2013. Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. *Energ. Convers. Manage.* 74: 471–481.

Cuellar O. J. A. 2006. La producción ovina en México. Descripción general de la ovinocultura empresarial de occidente. Memorias de la Primera Semana Nacional de Ovinocultura en Tulancingo Hidalgo, México. 347 p.

Delgado-Vidal F.K. 1999. Variación de la composición química de la pulpa de café sometida a procesos fermentativos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 56 p.

Donkoh A., C.C. Atuahene, A. G. Kese and B. Mensah-Asante. (1988). The nutritional value of dried coffee pulp (DCP) in broiler chickens' diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 22: 139-146.

El-Sayed H. M., S.A.H.A. El-Nor, A.M. Kholif and M.A. Tawila. 1999. *In vivo* evaluation of coffee bean shell as a component in ruminant rations. *Egyptian J. Nutr. Feeds*, 2 (1): 1-7

Elias, L.G. 1978. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: Braham, J.E., Bressan, R. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. INCAP. Panamá. p. 19-29.

FAO. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Reducción de la ocratoxina A en café. Disponible en: <http://www.coffee-ota.org>. Accesada: Septiembre/2011

Fengel, D., and G. Wegener. 1983. Wood chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin: Walter de Gruyter and Co.

Fernández M., A. 1999. Aditivos para los silajes. *In*: Silaje de planta entera. Sitio Argentino de Producción Animal. Cap. II. 12-13.

FAO. 1981. Tropical feeds. Rome, Italy.

Ferrer J., G. Páez, M. Chirino y Z. Mármol. 1995. Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 417-428.

Ferreira I., J. Olalquiaga, J. Teixeira e C. Pacheco. 2000. Desempenho de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês puros, terminados em confinamento, alimentados com casca de café como parte da dieta. Rev. Bras. Zoot. 29 (2): 89-100.

Ferreira I., J. Olalquiaga e J. Teixeira. 2003. Componentes de carcaça e composição de alguns cortes de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês puros, terminados em confinamento, com casca de café como parte da dieta Rev. Bras. Zoot. 32(6): 178-199.

Garcés M.A.M., L. Berrio, S. Ruíz , J. G. Serna, A. F. Builes. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado Rev. Lasallista Inv. 1:66-71.

Gómez R., G. Bendaña, J. Gonzalez, E. Braham y R. Bressani. 1985. Relación entre los niveles de inclusión de la pulpa de café y contenido proteínico en raciones para animales monogástricos. Arch. Latinoam. Nutr. 35(5):422-437.

Gómez-Vázquez A., J.M. Pinos-Rodríguez, J.C. García-López, E. de la Cruz-Lázaro, C. Luna-Palomera and R. Sánchez-Hernández. 2011. Nutritional value of sugarcane silage enriched with corn grain, urea, and minerals as feed supplement on growth performance of beef steers grazing stargrass. Trop. Anim. Health Prod. 43:215-220.

- González N. 1990. Alimentación Animal. América, C.A. México. 319 p.
- González N., J. Ramírez, J. Aldana and N. Clifford. 1994. Analysis of proanthocyanidins in coffee pulp. *J. Sci. Food Agric.* 65: 157-162.
- González N., J. Ramírez, J. Aldana, M. Ramos, N. Clifford, S. Péker y B. Méndez. 1998. Isolation, characterization and determination of biological activity of coffee proanthocyanidins. *J. Sci. Food Agric.* 77: 368-373.
- González G.R., R.K. Blardony, J.J.A. Ramos, H.B. Ramírez, R. Sosa y P.M. Gaona. 2013. Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipo de alimentación. *AIA.* 17(1):135-148.
- Heimbach J. T., P. A. Marone., J.M. Hunter, B.V. Nemzer, S.M. Stanley and E. Kennepohl. 2010. Safety studies on products from whole coffee fruit. *Food Chem. Toxicol.* 48: 2517–2525.
- Heinl, S., D. Wibberg, F. Eikmeyer, R. Szczepanowski, J. Blom, B. Linke, A. Goesmann, R. Grabherr, H. Schwab, A. Pühler and A. Schluter. 2012. Insights into the completely annotated genome of *Lactobacillus buchneri* CD034, a strain isolated from stable grass silage. *J. Biotechnol.* 161 (2): 153-166.
- Ho, C.T. and C.Y. Lee. 1992. Phenolic compounds in food and their effects on health II (ACS Symposium Series 507) 2-7. American Chemical Society, Washington, DC.
- Jarquín, R. 1987. Alimentación de animales con pulpa de café. III Simposio Internacional sobre la Utilización de los Subproductos del Café. Guatemala. pp 45-53.
- Jiménez C., C. and F.C. Boschini. 1982. Fermentación anaeróbica de sustratos sólidos fibrosos para la alimentación animal (Ensilaje). *In: Fermentaciones en sustratos sólidos.* ICAITI. Tegucigalpa, Honduras, 2-4 de Agosto.

Juniper, D.T., M.J. Bryant, D.E. Beever and A.V. Fisher. 2007. Effect of breed, gender, housing system and dietary crude protein content on performance of finishing beef cattle fed maize-silage-based diets. *Animal* 1(5): 771-779.

Kassa H., H. Suliman and T. Workayew. 2011. Evaluation of composting process and quality of compost from coffee by-products (coffee husk and pulp). *EJESM*. 4: 8-13.

Lara M.J. 2011. Aditivos para el mejoramiento del ensilaje de maíz forrajero. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 77 p.

Larraín R. E., D. M. Schaefer, M. P. Richards and J. D. Reed. 2008. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sci.* 79: 656–665.

Latif Abd El-Alim S.S., A. Lugasi, J. Hóvari and E. Dworchák. 1999. Culinary inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. *J. Sci. Food Agric.* 79: 277-285

Lechartier C. and J.L. Peyraud. 2011. The effects of starch and rapidly degradable dry matter from concentrate on ruminal digestion in dairy cows fed corn silage-based diets with fixed forage proportion. *J. Dairy Sci.* 94: 2440-2454.

Leitao R. A., P. C. de A. Paiva and C. A. P. de Rezende. 2005. Nutritive value of coffee (*Coffea arabica*L.) hulls treated with sodium hydroxide and/or urea supplemented with alfalfa (*Medicago sativa*L.) hay. *Pesquisa Agrop. Trop.* 35 (1): 31-36

Lindgren, S., K. Pettersson, A.Kaspersson, A.Jonsson and P.Lingvall. 1985. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *J. Sci. Food and Agric.* 36: 765-774.

López P., M. G., M. S. Rubio L. y S. E. Valdés M. 2000. Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Vet. Méx.* 31 (1): 11-19.

Liu X., L.J. Han and Z.L. Yang. 2011. Transfer of near infrared spectrometric models for silage crude protein detection between different instruments. *J. Dairy Sci.* 94: 5599- 5610.

Luciano G., F.J. Monahan, V. Vasta, L. Biondi, M. Lanza and A. Priolo. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci.* 81: 120-125.

Makkar, H.P.S., 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research* 49: 241-256.

Mayorga E. 2005. La pulpa de café: Residuo o alimento. Universidad Central del Ecuador, Quito. Disponible en línea en <http://www.ugr.es/~ri/antiores/dial03/d28-3.htm>.

Mazzafera, P. 2002. Degradation of caffeine by microorganisms and potential used on decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding: a review. *Scientia Agric.* 59: 815-821.

Mazzafera P., T.W. Baumann, M. Massao S. and M. Bernadete S. 2009. Decaf and the Steeplechase towards decafito- the coffee from caffeine-free arabica plants. *Tropical Plant. Biol.* 2 (63):63-76.

Medrano, J. A. 2000. Recursos animales locales del centro de México. *Arch. Zootec.* 49: 385-390.

Menezes E., J. do Carmo, J. G. Alves, A. Menezes, I.C. Guimarães, F. Queiroz and C.J. Pimenta. 2014. Optimization of alkaline pretreatment of coffee pulp for production of bioethanol. *Biotechnol. Progr.* 30: 451–462.

Min B. R., T. N. Barry, G. T. Attwood and W.C. McNabb. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *An. Feed Sci. and Tech.* 106, 3-19.

Molina M., O. R. Lechuga y R. Bressani. 1990. Valor nutritivo de la pulpa de café sometida a fermentación sólida usando *Aspergillus niger* en pollos y cerdos. *Agron. Mesoam.* 1:79-82.

Morales M., M., J. P. Martínez D., G. Torres H y J.E. Pacheco V. 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. *Tec. Péc. Mex.* 42 (3): 347-359.

Moreau Y., J.L.Arredondo, I. Perraud-Gaime and S. Roussos.2003. Dietary utilisation of protein and Energy from fresh and ensiled coffee pulp by the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 46(2):223-231

Morteo G.,R., R. González G., G. Torres H., G. Nuncio-Ochoa., C.M. Becerril P., J. Gallegos S. and E. Aranda I. 2004. Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a la infestación con nematodos gastrointestinales. *Agrociencia* 38: 395-404.

Muck R.E. and R.L. Huhnker. 1995. Oxygen infiltration from horizontal silo unloading practices. *Trans. ASAE.* 38: 23-31.

Muhonen S., M. Connysson, J .E. Lindberg, V. Julliand, J. Bertilsson, and A. Jansson. 2008. Effects of crude protein intake from grass silage-only diets on the equine colon ecosystem after an abrupt feed change. *J Anim Sci.* 86: 3465- 3472.

Nges, I.A., A.Björn and L. Björnsson. 2012. Stable operation during pilot-scale anaerobic digestion of nutrient-supplemented maize/sugar beetsilage. *Bioresour Technol.* 118: 445-454.

Nikkhah, A., A. Ghaempour, M. Khorvash and G.R. Ghorbani. 2011. Inoculants for ensiling low dry matter corn crop: a midlactation cow perspective. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 95, 623-631

Narasimha M. K.V., A. D'Sa and G. Kapur. 2003. An effluent treatment-cum-electricity generation option at coffee estates: is it financially feasible. International Energy Initiative, Bangalore pp.1-16.

Noriega S., A., R. Silva, A. y M. García de Salcedo. 2008. Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Revisión. Zoot. Trop.* 26 (4): 411-419.

Noriega S., A., R. Silva A. y M. García de Salcedo. 2009. Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Revisión. Zoot. Trop.* 27 (2): 135-141.

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. *Trop. Anim. Health Prod.* 42: 815–824.

Oelker E.R., C. Reveneau and J. L.Firkins. 2009. Interaction of molasses and monensin in alfalfa hay-or corn silage-based diets on rumen fermentation, total tract digestibility, and milk production by Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92: 270-285.

Ojeda F. y I.L. Montejo. 2001. Conservación de la morera (*Morus alba*) como ensilaje. I. Efecto sobre los compuestos nitrogenados. *Pastos y Forrajes* 24:147-155.

Okai D. B. and P. Dabo. 1991. Further studies on the effects of diets containing dried coffee pulp: growth performance, blood and carcass characteristics of pigs. *Beitr Trop Landwirtschaft Veterinarmed.* 29 (2): 235-241.

Oliveira V. de, E. T. Fialho, J. A. de F. Lima, A. I. G. de Oliveira and R. T. F. de Freitas. 2001. Substitution of corn by coffee hulls in isoenergetic diets for growing and finishing pigs: digestibility and performance. *Ciencia Agrotecnol.* 25 (2): 424-436.

Oliveira, S. L. de, E. T. Fialho, L. D. S. Murgas, R. T. F. de Freitas and A. I. G. Oliveira. 2002. Use of sticky coffee hulls in rations for finishing swine. *Ciencia Agrotecnol.* 26 (6): 1330-1337.

Oliveira A. S. de, J. M. de S. Campos, S. de C. Valadares F., A. J. de Assis, R.M.A. Teixeira, R. F. D. Valadares, D. dos S Pina and G. S. de Oliveira. 2007. Replacing corn with coffee hulls or soyhulls in dairy cows diets: intake, nutrient digestibility, and milk production and composition. *Rev. Bras. Zoot.* 36 (4 Suppl.): 1172-1182.

Osorio, N. 2001. El ensilaje. Una técnica fácil de conservar pasto. *Revista Enlace.* 77:1-3. Disponible en <http://www.simas.org.ni/revistaenlace/articulo/1030>.

Parra, A. R. P., I. Moreira, A.C. Furlan, D. Paiano, C. Scherer e P.L. de O. Carvalho. 2008. Coffee hulls utilization in growing and finishing pigs feeding. *Rev. Bras. Zoot.* 37 (3): 433-442.

Pauly T.M., and W.A.Tham. (2003). Survival of *Listeria monocytogenes* in wilted and additive- treated grass silage. *Acta Vet Scand* 44: 73-86.

Pedraza B. P. E. 2011. “Efecto de la suplementación con concentrado y diferentes niveles de inclusión de pulpa de café en la dieta sobre la producción de leche y consumo voluntario de ganado lechero en pastoreo de pasto *paspalum notatum*”. Tesis de Maestría. Ciencias Agrupercuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. 75 p.

Plan de Innovación en la Cafecultura de México. 2011. Sistema Producto Café Nacional /Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A.C., 123 p.

Pedraza-Beltrán P., J. G. Estrada-Flores, A. R. Martínez-Campos, I. Estrada-López, A. A. Rayas-Amor, G. Yong-Angel, M. Figueroa-Medina, F. Avilés Nova and O. A. Castelán-Ortega. 2012. On-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 44: 329–336.

PROGAN 2010. Programa Nacional Ganadero. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx>.

Puertas-Mejía M.A., F. Rivera-Echeverry, P. Villegas-Guzmán, B.A. Rojano y C. Pelaez-Jaramillo. 2012. Comparación entre el estado de maduración del fruto de café (*Coffea arábica* L.), el contenido de antocianinas y su capacidad antioxidante. *Rev. Cubana Plant. Med.* 17: 360-367.

Ramírez J. 1987. Compuestos fenólicos de la pulpa de café: Cromatografía de papel de la pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L. *Turrialba.* 37: 317-323.

Ramírez-Coronel, M. A., N. Marnet, V. S. K. Kolli, S. Roussos, S. Guyot and C. Augur (2004). Characterization and estimation of proanthocyanidins and other phenolics in coffee pulp (*Coffea arabica*) by thiolysis-high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 52:1344–1349.

Ramirez, J. 1998. Coffee pulp is a by-product, not a waste. *Tea Coffee Trade J.* 170: 116-123.

Rathinavelu R. and G. Graziosi. 2005. Potential alternative use of coffee wastes and by-products. *International Coffee Organization.* 1967/ 05. p.1-2.

Ribeiro F. E., P.C De Aguiar, A. Ferreira, C.A. Pereira, R. Maciel e V. Lucía. 2000. Efeito da casca de café (*Coffea arabica*, L.) no desempenho de novilhos mestiços de holandês-zebu na fase de recria. *Ciênc. Agrotec, Lavras.* 24 (1):225-232.

Ribereau-Gayon, P. 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Dunod (Ed), París, p. 254.

Ripoll G., L. González-Calvo, F. Molino, J.H. Calvo and M. Joy. 2013. Effects of finishing period length with vitamin E supplementation and alfalfa grazing on carcass color and the evolution of meat color and the lipid oxidation of light lambs. *Meat Sci.* 93: 906–913

Romero I., T. Huérfano, I. Calderón y A. Méndez. 1995. Aceptabilidad y digestibilidad de la pulpa de café ensilada en aves. En Ramírez J. (Ed). *Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 88-105.

Ulloa R, J. B. 2002. Use of coffee pulp as feed ingredient for tilapia culture. Ph.D. Thesis. Fish Culture and Fisheries Group. Wageningen University. 133 p.

SAGARPA. 2011. Producción Anual Pecuaria en México. Centro de Estadística Agropecuaria. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/publicación.htm>.

Salmones D., G. Mata and K. N. Waliszewski. 2005. Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: Biomass production and substrate biodegradation. *Bioresource Technol.* 96: 537-544.

Shahidi F. and M. Naczk. 1995. *Foods phenolics. Sources, chemistry, effects, application*. Technomic. Lancaster, Pensilvania, Estados Unidos: Publishing CO, INC.

Shao Q., S. P.Chundawat, C. Krishnan, B. Bals, L.da Costa Sousa, K.D. Thelen, B.E.Dale and V. Balan. 2010. Enzymatic digestibility and ethanol fermentability of AFEX-treated starch- rich lignocellulosics such as corn silage and whole corn plant. *Biotechnol Biofuels* 3:12-21.

SIAP. 2014. Anuario del Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pecuaria (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación,

México. Available at <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (accessed 18 September 2014).

Souza A.L. 2003. Casca de café em substituição ao milho na dieta de ovinos, novilhas leiteiras e vacas em lactação. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.74p

Souza A.L de., R. Garcia, F.S.Bernardino, F. Cipriano, S.de.C. Valadares , O.G. Pereira e A.J.V. Pires. 2004. Casca de café em dietas de carneiros: consumo e digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33 (6):2170-2176.

Souza A.L de, R. Garcia, D.C. Valadares F., F. Cipriano R., J.M. de Souza C., L.da Silva C. e K. F. Gobbi. 2005. Casca de café em dietas de vacas em lactação: consumo, digestibilidade e produção de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (6): 2496-2504.

Souza A.L. de, R. Garcia, R.; F.S. Bernardino, J.M. De Souza C., S.D.C. Valadares F.; L.da Silva C. e K.F. Gobbi. 2006. Casca de café em dietas para novilhas leiteiras: consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35 (3): 921-927.

Stefanie J., F. Driehuis, J. Gottschal and S. Spoelstra. 1999. Silage fermentation processes and their manipulation. FAO Electronic Conference on Tropical Silage, <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/contents.htm>. Paper 2

Sugimoto M., W. Saito, M. Ooi, Y. Sato and T. Saito. 2009. The effects of inclusion levels of urea treated potato pulp silage in concentrate and roughage sources on finishing performance and carcass quality in cull beef cows. *Anim. Sci. J.* 80: 280-285.

Tamir B., E. Gebrehawariat, A. Tegegne and M.Y. Kortu. 2012. Rumen degradability characteristics of normal maize stover and silage, and quality protein maize silage- based diets offered to cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 44: 1547- 1553

Tjandraatmadja M., B.W. Norton and I.C. MacRae. 1991. Fermentation patterns of forage sorghum ensiled under different environmental conditions. *World J. Microbiol. Biotechn.* 7: 206-218.

Torres-Mancera M.T., J. Córdova-López, G. Rodríguez-Serrano, S. Roussos, A. Ramírez-Coronel, E. Favela-Torres and G. Saucedo-Castañeda. (2011). Enzymatic extraction of hydroxycinnamic acids from Coffee Pulp. *Food Technol. Biotechnol.* 49: 369–373.

Ulloa, J. and J. Verreth. 2003. Growth of *Oreochromis aureus* fed with diets containing graded levels of coffee pulp and reared in two culture systems. *Aquaculture.* 217: 275–283.

Ulloa, R.J.B., J.A.J.Verrethb, J.H. Van W. and E.A. Huismanb. 2004. Tropical agricultural residues and their potential uses in fish feeds: the Costa Rican situation. *Waste Manage.* 24:87–97.

Valdivia, V. 2006. Metabolismo del nitrógeno y función ruminal en vacas cruzadas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Yucatán, México. pp. 189.

Vargas E., M. Cabeza y R. Bressani. 1977. Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Absorción y retención de nitrógeno en novillos alimentados con concentrados elaborados con pulpa de café deshidratada. *Agron. Costarricense.* 1(2): 101-106.

Villaseñor L. A. 1982. Problemática de la cafecultura mexicana y estrategia para superarla. Instituto Mexicano del Café. Xalapa, Veracruz, México. 221 p.

Vitto R., J. Ciria, A. Bonilla, B. Asenjo y J.L. Calvo. 2001. Utilización del Subproducto Pulpa de Café Ensilada en Dietas de Ovinos. Decanato de Investigación. Universidad del Táchira. Venezuela.* E. U. I. Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus Universitario. 42004 Soria. Recuperado el 12 de marzo de 2015.

Woolford M. K, 1984. The silage fermentation. Microbiology Series n° 14. Marcel Dekker Inc. pp. 350.

Zuluaga V.J. 1981. Contribution a l'étude de la composition chimique de la pulpe de café. (Coffea arabica L.) Université de Neuchâtel. pp. 93

CAPÍTULO I. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ENSILADO DE PULPA DE CAFÉ

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue conocer la composición química, la presencia de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa de café fresca (PCF), pulpa de café ensilada con 5% de melaza (PCE) y pulpa de café ensilada y deshidratada (PCED). Se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, ED, EM, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. A los resultados se se les practicó un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey. La PC (13.24, 13.10, 10.85 %), FDN (55.18, 50.95, 49.33%) y FDA (52.14, 46.60, 41.90) fue mayor ($P < 0.05$) en PCED que en PCE y PCF respectivamente. La lignina no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos, mientras que la ED y EM fue mayor ($P < 0.05$) en PCF y no fue diferente ($P > 0.05$) entre PCE Y PCED. La cafeína y taninos no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$), al igual que el ácido ferúlico (4.25, 8.50, 4.25 mg g⁻¹ MS), ácido cafeico (2.03, 5.10, 4.913 mg g⁻¹ MS) en PCF, PCE y PCED respectivamente, solo el ácido clorogénico (2.59, 5.36, 4.87) de la PCF aumentó ($P < 0.05$) su concentración en PCE y PCED. El etanol de PCF disminuyó ($P < 0.05$) en la PCE y PCED (15.88, 7.04, 0.00%, respectivamente), mientras que la capacidad antioxidante no disminuyó ($P > 0.05$) (2594.7, 2486.3, 2769.9 nmol Trolox⁻¹ ml). El ensilaje de pulpa de café y el proceso de deshidratación del ensilado no afectan el valor nutritivo de la pulpa.

Palabras clave: pulpa de café, ácidos fenólicos, capacidad antioxidante

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los principales productos agrícolas de exportación en el mundo (Lashermes *et al.*, 2008). El café se procesa en beneficios húmedos o secos que generan muchos residuos como la pulpa de café, cáscara y efluentes que contribuyen a la contaminación del agua y la tierra (Yankaraddi *et al.*, 2008). El principal residuo es la pulpa de café que representa el 41% en base húmeda (Aguilar-Rivera *et al.*, 2014) del peso de café en cereza. Esta se ha empleado para la producción de bioetanol (Menezes *et al.*, 2014; Deepa, 2011), biogas (Corro *et al.*, 2013), composta (Kassa *et al.*, 2011; Yankaraddi *et al.*, 2008; Bernas, 2011) y sustrato para producción de hongos (Salmones *et al.* 2005). En la alimentación de cerdos (Parra *et al.*, 2008), peces (Bautista *et al.*, 2005; Ulloa and Verreth 2003) y conejos (Henaó *et al.*, 2012) también se ha empleado como una alternativa para su uso. La pulpa de café fresca, ensilada o deshidratada se ha incluido en la dieta de rumiantes (Oliveira *et al.*, 2007; Cipriano *et al.*, 2006; S, Pedraza-Beltran *et al.*, 2011; Donkoh *et al.*, 1988) o ensilada y deshidratada (Salinas-Rios *et al.*, 2015); sin embargo, se tienen pocas investigaciones del efecto de pulpa de café ensilada y deshidratada en los rumiantes, por otra parte, a la pulpa de café se le han atribuido propiedades antioxidantes (Arellano-González *et al.*, 2011; Puertas-Mejía *et al.*, 2012, Torres-Mancera *et al.*, 2011)) lo que puede evitar o disminuir la peroxidación de los ácidos grasos (Faulds *et al.*, 1997; Ripoll *et al.*, 2013) e incluso incrementar la vida de anaquel de la carne (Karami *et al.*, 2010) al incluirla en la dieta de los animales.

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición química (MS, PC, FDN, FDA, EE, CEN), calidad del ensilado (pH, ácido láctico y AGV), contenido de compuestos antioxidantes (ácidos fenólicos y taninos), capacidad antioxidante y concentración de cafeína de pulpa de café fresca, ensilada con la adición de 5% de melaza, y ensilada y deshidratada al sol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio y establecimiento del silo

La elaboración de los silos se realizó en Huatusco, Veracruz (19° 09' latitud norte y 96° 58' de latitud oeste) localizado en la región de las altas montañas con una altitud de entre 400 y 2000 msnm. Los análisis de laboratorio se realizaron en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, estado de México (19° 29' latitud oeste y 98° 53' latitud norte) con una altitud de 2 250 m. La pulpa se obtuvo de un beneficio húmedo de café en cereza, se dejó drenar por 12 h para eliminar el porcentaje de agua que absorbe durante el proceso de beneficiado, posteriormente se adicionó 5% de melaza y se ensiló en cuatro recipientes de plástico con capacidad de 1100 L durante 140 días. Al término de este periodo se abrieron los silos y se tomaron tres submuestras de 0.5 Kg por recipiente (parte superior, media e inferior), las cuales se mezclaron para obtener una sola muestra de 1.5 Kg por recipiente para su posterior análisis. El total del ensilado de pulpa de café fue secado al sol durante 8 días, de esta manera se obtuvieron tres tratamientos T1: pulpa de café fresca (PCF), T2: pulpa de café ensilada (PCE) y T3: pulpa de café ensilada y deshidratada (PCED).

pH, ácido láctico y ácidos grasos volátiles

En las muestras de PCF y PCE se determinó pH (Orion Research SA 210) y en PCE ácidos grasos volátiles mediante la técnica de Erwin *et al.* (1961) y ácido láctico por la técnica modificada de Madrid *et al.* (1999).

Composición química

Las muestras de PCF, PCE y PCED se deshidrataron en una estufa de aire forzado (Felisa modelo 293 A) a 55 °C y se molieron en un molino (Tomas-Willey modelo 49) a través de una malla de 1 mm y almacenaron para su posterior análisis.

En las muestras de PCF, PCE Y PCED se determinó materia seca (MS), cenizas, proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) (AOAC, 1990); fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina mediante la técnica de Van Soest *et al.* (1991).

Energía digestible y metabolizable de la pulpa de café

Se obtuvo energía digestible de acuerdo a Harris *et al.* (1972) mediante TND el cual se obtuvo al sumar la PB, FB, EEL y EE por sus correspondientes coeficientes de digestibilidad el porcentaje de TND se multiplicó por 4409 ED Kcal/kg y se obtuvo la energía digestible, posteriormente a partir de la energía digestible se obtuvo energía metabolizable al multiplicar la energía digestible por 0.82 EM Kcal/kg.

Etanol

Para la determinación de etanol se utilizaron 5 g de las muestras de PCF, PCE Y PCED, se prepararon estándares (5 ml) de etanol en una concentración de 118.4 mg en 100 ml (Davies y Chace, 1969) las muestras y el estándar se colocaron en un vial de 25 ml en baño maría por 10 min a 32 °C, posteriormente se tomaron 50 ul del espacio de cabeza del vial para inyectar al cromatógrafo (Hewlett Packard 5890 series II) y obtener las áreas bajo la curva de etanol.

Ácidos fenólicos, cafeína y taninos

Para obtener un extracto y poder determinar ácidos fenólicos (AF) y cafeína se pesaron 200 mg de PCF, PCE y PCED, posteriormente se agregó 5 ml de H₂O grado HPLC, se agitó 1 min en vortex y 30 min en un agitador (Heidolph), se centrifugó a 4,500 rpm por 10 min, se recogió y tomaron 2 ml del sobrenadante para filtrar en un acrodisco de nylon (0.45 µm de diámetro). Para medir AF se usó un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (CLAR) (Agilent Technologies modelo 1100) y una columna (Nucleosil Nautilus 100 A, 125 x 4.0 mm y 5 µm de diámetro de partícula). El CLAR fue por gradiente, agua grado HPLC en el canal A con pH 2.5 ajustado con ácido trifluoroacético y acetonitrilo en B. El gradiente fue: al min 10 A: 85% B: 15%, al min 20 A: 65% B:35% y al min 23 A:65% B:35% con velocidad de flujo de 1 ml/min y temperatura de 30 °C, se inyectaron 20 µl de extracto y lectura a 280 nm. Los estándares de los AF (SIGMA) fueron (ácido gálico, clorogénico, siríngico, vainillínico, 2,5-di-hidroxibenzoico, cafeico, p-hidroxibenzoico, 2,3-di-hidroxibenzoico, ferúlico y p-coumárico).

La cafeína se cuantificó por análisis isocrático utilizando agua y acetonitrilo grado HPLC (75:25). Se inyectaron 10 µl de la muestra a velocidad de flujo de 0.8 ml/min, temperatura

de 25°C y lectura a 273 nm. Para la curva estándar se utilizó cafeína (Merk) a concentraciones de 2 a 12 µg, con 5 puntos.

El análisis de taninos se realizó en tres fases. Muestras de 25 mg se depositaron en tubos de centrifuga, se añadieron 10 ml de acetona al 70%, y se colocaron a baño de ultrasonido (Brasonic modelo 220) por 10 min, con reposo de 5 min y sonificando 10 min; inmediatamente se centrifugaron a 5000 rpm por 10 min y el sobrenadante se colectó y colocó en hielo. En la segunda fase 100 mg de Polivinil Pirrolidona (PVPP) se colocaron en tubos de ensaye, se añadió 1 ml de H₂O destilada y 1 ml del extracto con taninos, se agitó en vortex y se almacenaron (4°C por 15 min), posteriormente se agitaron por 1min y centrifugaron a 3000 rpm por 5 min, el sobrenadante se colectó y colocó en hielo. En la tercera fase se realizó una curva estándar y una mezcla de las muestras con los reactivos. Se colocaron en tubos de centrifuga 0, 2, 4, 6, 8 y 10 µg de ácido tánico a partir de una solución madre (0.1mg mL⁻¹). En el caso de las muestras 500 µl se mezclaron con 250 µl de reactivo Folin y 1.25 ml de carbonato de sodio al 20%. La mezcla se midió en un espectrofotómetro (Espectromic modelo Genesys 5) a 725 nm.

Capacidad antioxidante

Para medir la capacidad antioxidante se usó la técnica de FRAP (poder antioxidante de reducción férrica), de acuerdo a la técnica de Restrepo *et al.* (2009). Se pesaron 0.5 g de PCF, PCE y PCED, posteriormente se realizó un lavado con 10 ml de metanol-agua (50-50) acidificada con HCl 2N a un pH de 2, se agitó durante 1 h a 37 °C y se centrifugó a 3000 rpp durante 15 min a 4 °C. El sobrenadante se recolectó y el residuo se trató con una mezcla de acetona-agua (70-30), se agitó y se centrifugó de igual manera que en la primera dilución. Este segundo sobrenadante se recolectó y se mezcló con el primero para medir la capacidad antioxidante utilizando la técnica de FRAP (poder antioxidante reducción ferroso) de Benzie y Strain (1999). Se usaron curvas patrón con diferentes concentraciones de Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-croman-2-ácido carboxílico). Y se midieron los valores en un espectrofotómetro a 593 nm.

Análisis estadístico

Se usó un diseño completamente al azar, se analizaron tres tratamientos: la pulpa de café fresca, ensilada con 5% de melaza, y ensilada y deshidratada (n=4) con el siguiente modelo matemático: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, donde: Y_{ij} = variable de respuesta en tratamiento i-esimo, repetición j-esimo, μ = media general, τ_i = efecto del tratamiento i-esimo, ϵ_{ij} = error aleatorio. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey usando PROC GLM SAS 9 (2002).

RESULTADOS

Composición química

El contenido de MS y PC en la PCF fue de 22.95% y 10.85%, respectivamente, con el ensilaje y la deshidratación, el porcentaje de PC se incrementó ($P < 0.05$) a 13.10% y posteriormente al deshidratarla a 13.24%. El porcentaje de cenizas en la PCF fue de 7.4%, al ensilarla se incrementó ($P < 0.05$) a 8.76% y deshidratada a 10.82 %; Los valores de FDN y FDA en PCF fue de (49.33% ; 41.90%) el porcentaje aumentó con el ensilaje y la deshidratación en PCE (50.95% ; 46.60) y en PCED (55.18 % ; 52.14%). El porcentaje de lignina fue de 31.50% en PCF, en PCE (30.97) y en PCED (31.25%), sin que se observaran diferencias ($P > 0.05$). El porcentaje de EE fue de 1.48 y 1.72% fue similar ($P < 0.05$) en pulpa de café ensilada y deshidratada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de la pulpa de café

Variable (%)	Pulpa de café				P < F
	PCF	PCE	PCED	EEM	
Materia seca	22.95b	18.84c	91.13a	0.240	0.0001
Cenizas	7.40c	8.76b	10.82a	0.107	0.0001
Proteína Cruda	10.85b	13.10a	13.24a	0.070	0.0001
Extracto Etéreo	1.20	1.48	1.72	0.291	0.4666
Lignina	31.50	30.97	31.25	0.282	0.4152
FDN	49.33b	50.95b	55.18a	0.864	0.0003
FDA	41.90c	46.60b	52.14a	0.667	0.0001
pH	4.25a	3.90b	-----	0.034	0.0001

PCF: Pulpa de café fresca, PCE: Pulpa de café ensilada con 5% de melaza, PCED: Pulpa de café ensilada-deshidratada, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido.

a,b,c Letras distintas en la misma fila indica diferencias.

Energía digestible y metabolizable de la pulpa de café

La energía digestible en PCF (2879.90 ED Kcal/kg), PCE (2759.17 ED Kcal/kg) y PCED (2748.31ED Kcal/kg) se comportó de manera similar a la energía metabolizable PCF (2361.52 EM Kcal/kg), PCE (2262.52 EM Kcal/kg) y PCED (2253.61 EM Kcal/kg) al encontrar que la energía digestible y metabolizable en PCF fue mayor ($P < 0.05$) que la encontrada en PCE (2262.52 EM Kcal/kg) y PCED (2253.61 EM Kcal/kg), no encontrando diferencias ($P > 0.05$) entre la PCE Y LA PCED (Cuadro 2).

Cuadro 2. Energía digestible y metabolizable de la pulpa de café

	Pulpa de café			EEM	P<0.05
	PCF	PCE	PCED		
Energía digestible (ED Kcal/kg)	2879.90a	2759.173b	2748.313b	5.46	0.0008
Energía metabolizable (EM Kcal/kg)	2361.520a	2262.522b	2253.617b	4.47	0.0008

PCF: Pulpa de café fresca, PCE: Pulpa de café ensilada con 5% de melaza, PCED: Pulpa de café ensilada-deshidratada.

a,b Letras distintas en la misma fila indica diferencias.

pH, ácido láctico y ácidos grasos volátiles

El pH en la PCE fue menor a 4.0, encontrándose en mayor cantidad ácido láctico y acético y en menor proporción ácido propiónico y butírico (Cuadro 3).

Cuadro 3. pH, ácido láctico y concentración de ácidos grasos volátiles en pulpa de café ensilada

Pulpa de café ensilada	Media \pm DE
pH	3.90 \pm 0.05
Ácido láctico g 100 g ⁻¹ de MS	4.08 \pm 0.42
Ácido acético g 100 g ⁻¹ de MS	3.08 \pm 0.51
Ácido propiónico g 100 g ⁻¹ de MS	0.02 \pm 0.05
Ácido butírico g 100 g ⁻¹ de MS	0.01 \pm 0.02

DE: Desviación Estandar

Etanol

Se detectó la presencia de etanol en la PCF (15.88 g 100⁻¹ MS) y ensilada (7.04 g 100⁻¹ MS), no obstante, disminuyó con el ensilaje y con la deshidratación se eliminó

completamente, observándose diferencias significativas en los tres tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 4).

Ácidos fenólicos, cafeína y taninos

Se encontraron ocho ácidos fenólicos con capacidad antioxidante, en mayor proporción se encontró el ácido ferúlico, seguido del ácido cafeico y clorogénico, en menor proporción se encontraron los ácidos p-hidrobenzoico, siríngico, gálico, vainillínico y p-cumarico. En el ácido ferúlico (4.25, 8.50, 4.25 mg g⁻¹MS), ácido cafeico (2.03, 5.10, 4.91 mg g⁻¹MS) y clorogénico (2.59, 5.36, 4.87 mg g⁻¹MS) fueron significativos ($P < 0.05$), el ácido clorogénico aumentó con el ensilaje y deshidratación, los ácidos cafeico y ferulico no se vieron afectados con el ensilaje y deshidratación ($P > 0.05$). Los ácidos vainillínico y p-cumarico no mostraron diferencias ($P > 0.05$) en su concentración por los procesos de ensilaje y deshidratación, no obstante el p-hidrobenzoico y siríngico disminuyeron ($P < 0.05$) al ensilar y deshidratar la pulpa de café. El ácido gálico aumentó su concentración con el ensilaje pero al deshidratar la pulpa disminuyó hasta tener un valor similar al de la pulpa no ensilada (Cuadro 4).

El valor de la cafeína en la PCF fue de 18.60 mg g⁻¹ MS (1.86%), en PCE (25.49 mg g⁻¹ MS) y en PCED de 30.29 mg g⁻¹ MS sin que se observaran diferencias ($P > 0.05$) (Cuadro 3). El contenido de taninos fue similar ($P > 0.05$), 3.5 mg g⁻¹ MS en PCF, 4.49 mg g⁻¹ MS, en PCE y 1.18 mg g⁻¹ MS en PCED (Cuadro 4).

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de la pulpa de café no varió ($P > 0.05$) con el ensilaje y deshidratación (PCF 2769.9; PCE 2594.7; PCED 2486.3 nmol Trolox⁻¹ ml) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de cafeína, taninos, compuestos antioxidantes y capacidad antioxidante (FRAP) en pulpa de café.

	Pulpa de café				
	PCF	PCE	PCED	EEM	P < F
Cafeína (mg g ⁻¹ MS)	18.60	25.493	30.296	2.78	0.1014
Taninos (mg g ⁻¹ MS)	3.50	4.490	1.189	0.945	0.1173
Etanol (g 100 g ⁻¹ MS)	15.880a	7.040b	0.000c	0.307	0.0001
Antioxidantes (mg g ⁻¹ MS)					
Ác. p-hidrozibenzoico	0.070a	0.018b	0.017b	0.010	0.0311
Ác. clorogénico	2.593b	5.368a	4.875a	0.34	0.0052
Ác. ferúlico	4.256	8.503	4.256	2.45	0.3642
Ác. cafeico	2.031	5.103	4.913	0.851	0.0950
Ác. siringico	0.062a	0.036b	0.0394b	0.003	0.0037
Ác. gálico	0.058b	0.144a	0.00b	0.018	0.0050
Ác. vainillínico	0.006	0.016	0.010	0.006	0.5326
Ác. p-cumarico	0.002	0.002	0.0004	0.001	0.2917
FRAP (nmol Trolox ⁻¹ ml)	2769.9	2594.7	2486.3	136.47	0.4382

PCF: Pulpa de café fresca, PCE: Pulpa de café ensilada con 5% de melaza, PCED: Pulpa de café ensilada-deshidratada.

a, b, c: Letras distintas en la misma fila indican diferencias.

DISCUSIÓN

Composición química

El porcentaje de MS de 22.95% encontrado en la PCF es similar al reportado por Elías (1978) (23.30%), mientras que la PCE presentó 18.84% de MS (Cuadro 1) similar con lo reportado por Bautista (2005) (15.40%). El proceso de beneficiado de la pulpa de café y la variedad de la misma pudieron influir en la cantidad de MS del ensilado, no obstante, no se presentaron problemas de descomposición o malos olores.

El contenido de PC en la PCE fue de 13.10%, aumentó a 13.24% al deshidratar la pulpa de café, ambos valores son superiores al encontrado en PCF (10.85%), Moreau *et al.* (2003), observaron un incremento en el porcentaje de proteína al ensilar la pulpa de café (fresca 9.12% y 13.14% en pulpa ensilada), mientras que Cardona *et al.* (2002) reportan 11.60 %

de PC en PCF y 12.00% en pulpa de café ensilada. Negesse et al. (2009) encontraron 10% de PC en pulpa de café. El ensilaje elevó la PC, debido probablemente a una disminución de hidratos de carbono durante el ensilaje (Pedroso *et al.*, 2005), la inclusión de melaza también pudo tener efecto en este aumento debido a la proteína que aporta (4.00%). El contenido de PC observado en esta investigación en PCE y PCED, indica que la pulpa de café es un alimento de buena calidad con una proteína superior a forrajes como el pasto maralfalfa (11.9 %) cuando tiene 105 días de rebrote (Correa, 2006), además de que no se ve afectada por el proceso de deshidratación.

Los valores observados para cenizas en PCE (8.76%) y PCED (10.82%) son mayores a los encontrados en la PCF (7.40%), el incremento de cenizas podría deberse a la presencia de residuos de tallos de la planta de café en el ensilado y a la contaminación con el suelo donde se deshidrató la pulpa de café, no obstante, los valores son similares a los encontrados por Moreau *et al.* (2003) quienes obtuvieron 7.73 % en pulpa sin ensilar y 9.55% en pulpa de café ensilada, y a los de Cardona *et al.* (2002) que reportan 7.90 y 10.80 % de cenizas para pulpa sin ensilar y ensilada. En la pulpa de café deshidratada se han reportado valores menores a los encontrados en este trabajo, como los mencionados por Figueroa y Mendoza (2010) (6.60%), mientras que para PCE los valores han sido superiores al 8.76% (Villalba *et al.*, 2011) (11.50%).

La concentración de FDN y FDA aumentó con el ensilaje y deshidratación, son similares a los de Oliveira *et al.* (2007) 51.04% de FDN y 49.26% de FDA en PCF. Salinas *et al.*, (2014) también obtuvieron valores elevados de FDN (41.4, 51.9%) y FDA (38.3, 43.9%) en pulpa sin ensilar y pulpa ensilada por 60 días, respectivamente. El incremento de FDA y FDN puede estar relacionado con la presencia de tallos u hojas de la planta de café observadas en el ensilado, lo que aumenta las paredes celulares, además a que posiblemente a que los carbohidratos presentes en la pulpa fueron utilizados por las bacterias durante el proceso de ensilaje. También la adición de 5% de melaza a la pulpa de café al ensilarla pudo haber incrementado la FDN y FDA (Salinas *et al.*, 2014), o por la pérdida de nutrientes solubles en forma de gases y efluentes que ocurre durante el ensilaje, en donde la FDA, FDN y lignina se incrementan.

El porcentaje de lignina encontrado en la PCF (30.50%), PCE (31.97%) y PCED (30.25%) fue mayor a lo obtenido por otros autores. Oliveira *et al.* (2007) encontraron 10.30% de lignina en cascarilla de café, Molina (1990) 21.54% en pulpa sin ensilar y 20.80% en pulpa de café ensilada, así como Vargas (1977) (28.80%) y Donkah *et al.* (1988) (22.80%), en pulpa de café deshidratada. El elevado contenido de lignina observado en este experimento pudo deberse a la presencia de residuos de la planta de café en el ensilado, aunado a la edad del fruto y condiciones ambientales ya que la edad o estado de madurez de la planta determina la calidad nutritiva de los forrajes, a medida que avanza el estado de madurez, la formación de los componentes estructurales como la lignina, se desarrollan a mayor velocidad que el incremento de los carbohidratos solubles (Pirela, 2005). La variedad del café utilizado también pudo influir en los resultados, ya que, en pastos la calidad de una especie varía de acuerdo al manejo a que son sometidos y las condiciones donde se desarrollan (Pirela, 2005).

Los resultados observados para EE en la PCF, PCE y PCED (1.20 %, 1.48% y 1.72%, respectivamente) coinciden con lo mencionado por Molina (1990) quien encontró 1.91% y Moreau *et al.* (2003) que reportan 1.54% en pulpa de café ensilada. En contraste, Cardona *et al.* (2002), Bautista (2005) y Noriega *et al.*, (2009) obtuvieron valores superiores (3.60, 2.56 y 3.34%, respectivamente) en la PCE. Bautista (2005) menciona valores de 2.56% en pulpa ecológica ensilada con 5% de melaza, mientras que Noriega *et al.* (2009) obtuvieron 3.34% en pulpa de café ensilada. En pulpa de café deshidratada también se han encontrado valores similares a los observados en esta investigación, como Donkah *et al.* (1988), que reportan 1.34% en pulpa de café deshidratada y Figueroa y Mendoza (2010) un mayor porcentaje (2.8) para pulpa de café deshidratada. Mientras que en PCF el valor es menor al reportado por Noriega *et al.*, (2009) quien reporta 3.86% pero superior al reportado por Braham y Bressani, (1978) (0.48).

La variedad del cultivo, la región donde fue cultivado, el clima, la forma en que se cosecha y el mantenimiento de una planta influye en su composición y valor nutritivo (Pirela 2005), así que la composición química de la pulpa de café pudo estar influenciada por estos parámetros. La forma en como se ensilo, el tiempo de fermentación y los aditivos utilizados (melaza) pudieron contribuir en los resultados obtenidos.

Energía digestible y metabolizable de la pulpa de café

La energía digestible y metabolizable de esta investigación fue mayor en la PCF coincidiendo con Anzola *et al.* (1996) quien evaluó pulpa de café fermentada y sin fermentar, el cual menciona que el mejor valor nutritivo se presenta en la pulpa sin fermentar, no obstante ED y EM en ambas fue bajo. Mientras que Rubio, (1973) encontró valores de ED y EM menores en pulpa de café fresca y valores mayores en PCE. Las diferencias encontradas con estos autores posiblemente se deban a la región de procedencia de la pulpa de café y a su composición.

pH, ácido láctico y ácidos grasos volátiles

El pH de la PCE (3.90) fue similar al encontrado por Villalba *et al.* (2011) de 3.8 y al de Ramírez *et al.* (2002) quienes obtuvieron niveles de pH por debajo de 4.0 en ensilado de pulpa de café enriquecida con aditivos y a los encontrados por Ulloa *et al.* (2003), que van de 3.9 a 4.2 en ensilados con melaza. El valor de pH observado en este trabajo, indican que se obtuvo un ensilado de buena calidad, que no favoreció el crecimiento de bacterias indeseables.

El contenido de ácido láctico ($4.087\text{ g } 100\text{g}^{-1}\text{ MS}$), ácido acético ($3.084\text{ g } 100\text{ g}^{-1}\text{ de MS}$) ácido propiónico ($0.024\text{ g } 100\text{g}^{-1}\text{ de MS}$) y butírico ($0.01\text{ g } 100\text{g}^{-1}\text{ de MS}$) observados en este trabajo, indican también una fermentación adecuada durante el proceso de ensilaje. Se ha reportado que el ácido acético es uno de los mayores inhibidores de levaduras y mantiene una mayor estabilidad aeróbica que el ácido láctico (Heinl *et al.*, 2012), en el presente estudio los niveles de ácido acético fueron adecuados, ya que la pulpa de café no presentó olor desagradable al realizar la apertura del silo, debido también a la presencia de bajos niveles de ácido butírico y altos de ácido láctico.

Etanol

El etanol detectado en la PCF ($15.88\text{ g } 100\text{g}^{-1}\text{ MS}$) fue mayor al encontrado en PCE ($7.04\text{ g } 100^{-1}\text{ MS}$) y este último valor fue superior al reportado por Cabrera *et al.* (1987) quienes afirman que se obtiene entre 2 a 2.5 g de etanol en 48 h, cuando la fermentación se realiza a 28°C, a partir de 200 g de cerezas de café frescas. No obstante Rodríguez (2007) reporta que 25.17 ml de etanol son producidos por kilogramo de pulpa fresca. Bhoite *et al.* (2013) obtuvo 3.3% de etanol en pulpa de café al usar β -glucosidasa en la sacarificación y

fermentación simultánea de pulpa de café. Mientras que Ulloa *et al.* (2003) no lo detectaron al término del ensilaje. La rapidez con la que disminuye el pH en el ensilado afecta la cantidad de azúcares utilizados por las bacterias, la preservación de la proteína verdadera, la cantidad de ácidos láctico y acético, así como la de etanol (Contreras-Gevea *et al.*, 2006). Al disminuir el pH también se redujo el contenido de etanol. El etanol afecta principalmente al sistema nervioso central y provoca ansiedad (Abrams *et al.*, 2001), los animales con un consumo de alcohol superior a 2.5 gr. desarrollan daño cerebral que afecta su memoria visual, cognitiva y emocional (Krystal *et al.*, 2003) además en relación con el efecto locomotor, roedores de tres semanas de edad sometidos al consumo de 2.5% gr. de alcohol aumentaron su actividad motora (Stevenson *et al.*, 2008), por lo que es uno de los factores indeseables en la alimentación de rumiantes. En la PCF y en PCE se encontró etanol, pero no en la PCED, por lo que no representa un riesgo para la salud de los rumiantes.

Ácidos fenólicos, cafeína y taninos

El ácido ferúlico, cafeico, clorogénico, p-hidrobenzoico, siríngico, gálico, vainillínico y p-cumarico encontrados en esta investigación tienen poder antioxidante, no obstante el ácido ferúlico, cafeico y clorogénico destacan por ser los que se encontraron en mayor cantidad en la PCF, PCE y PCED y por sus propiedades antioxidantes. El ácido clorogénico, ferúlico, cafeico y p-cumárico presentes en café y pulpa de café tienen propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y capacidad antioxidante (Torres-Mancera *et al.*, 2011, Iwai, *et al.*, 2004), el ácido ferúlico puede inhibir la peroxidación de los ácidos grasos, no obstante, su utilización comercial ha sido limitada por su disponibilidad y costo (Faulds *et al.*, 1997). El ácido cafeico es un poderoso antioxidante similar al alfa tocoferol (Gülçin, 2006) y al igual que el ácido clorogénico, ferúlico, p-cumarico tienen propiedades hepato protectoras, hipoglucémicas, antivirales, así como antibacteriales (Almeida *et al.*, 2006; Farah y Donangelo, 2006). El ácido clorogénico aunque no fue el más abundante como en otras investigaciones (Murthy y Naidu, 2012) debido probablemente a que la cantidad de este ácido varía con el grado de maduración (Aerts y Baumann, 1994), la especie y otros factores asociados a la calidad del café, como la altura y la presencia o ausencia de sombra, así como a la resistencia a algunas enfermedades (Humphrey y Macrae

1987), está dentro de los tres ácidos más abundantes en PCF, PCE y PCED. Algunos ácidos fenólicos pudieron aumentar su concentración con el ensilaje, como fue el caso del ácido clorogénico y gálico, un tiempo más prolongado de fermentación por bacterias lácticas permite la extracción de un mayor número de compuestos fenólicos, porque el etanol producido actúa como un solvente para su obtención, aunque la composición fenólica se puede modificar durante la fermentación por la actividad de las levaduras, capaces de metabolizar algunos de los compuestos fenólicos presentes (Shahidi y Naczki, 1995) y disminuir su proporción inicial, lo que sucedió con los ácidos p-hidroxibenzoico y siringico. Ramirez-Coronel *et al.* (2004) encontraron 37.9 y 32.6 g kg⁻¹ MS de compuestos fenólicos en pulpa de café fresca y secada al sol durante tres días, también observaron que al deshidratar la pulpa los ácidos hidroxicinámicos disminuyeron, sin embargo en esta investigación solo el ácido gálico disminuyó por efecto de la deshidratación.

Ulloa *et al.* (2003) encontraron valores de cafeína de 1.80% en pulpa sin ensilar deshidratada, 1.30% ensilada sin melaza y 2.20% en pulpa de café ensilada por dos meses con 50 g de melaza por kg de pulpa, valores similares a los encontrados en este trabajo, mientras que Pandey (2000) reportó 1.25% de cafeína en pulpa de café sin ensilar. En esta investigación no se presentaron diferencias en la concentración de cafeína. Los procesos de ensilaje y deshidratación no modificaron los niveles iniciales de cafeína. Perez-Hernández *et al.* (2013) no encontraron diferencias entre el contenido de café *Coffea arabica* verde y procesado, el proceso de tostado a 280°C no afectó el nivel de cafeína. Sin embargo, a pesar de que la cafeína es un factor limitante para la alimentación animal, la cafeína ha sido consumida por los rumiantes en diferentes niveles, al proporcionarles pulpa de café ensilada, sin ensilar y deshidratada, sin presentar efectos negativos (Salinas *et al.*, 2015; Bautista *et al.*, 2005).

Los taninos cuyos valores fueron de 3.5 mg g⁻¹ MS (0.35%) en PCF, PCE (4.49 mg g⁻¹ MS) (0.44%) y PCED (1.18 mg g⁻¹ MS) (0.11%) son similares a los de la PCE que encontraron Ulloa *et al.* (2003) 0.74% en pulpa de café deshidratada, 0.3 % en pulpa de café ensilada sin melaza así como 0.4% y 0.5% en PCE ensilada por 3 meses con 50 y 100 g de melaza kg⁻¹ de pulpa, respectivamente; pero diferentes a los reportados por Bautista (2005) quien identificó la presencia de 0.067, 0.136 y 0.204% en pulpa de café ecológica, y ecológica ensilada con 5% de melaza. Se han encontrado valores de taninos en pulpa de

café mayores a los reportados en este estudio como los que señala Pedraza- Beltran *et al.* (2012) quienes obtuvieron (22 g kg⁻¹ DM) y los de Negesse *et al.* (2009) (60 g kg⁻¹ DM) en pulpa de café fresca. Barcelos (1997), 1.83% en pulpa de café deshidratada al sol y Donkoh *et al.* (1988) 4.64% también en pulpa de café deshidratada al sol.

En el presente estudio no se encontraron diferencias en el contenido de taninos ($P>0.05$), debido posiblemente a que el proceso de fermentación en el silo pudo mantener la actividad de los taninos (Noriega *et al.*, 2009) lo que impidió su disminución.

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de la PCF no se afectó con el ensilaje y deshidratación, contrario a lo reportado por Arellano-González *et al.* (2011), quienes mencionan que al comparar la pulpa de café fermentada con la no fermentada, los extractos de pulpa de café fermentada presentan una mejor capacidad antioxidante a pesar de que contiene menor cantidad de compuestos fenólicos totales y un contenido menor de ácidos hidroxicinámicos totales, los cuales son metabolizados por el microorganismo con el que se fermentó la pulpa de café (*Aspergillus tamarii*), En esta investigación no se vieron afectados los ácidos fenólicos totales ni los ácidos hidroxicinámicos.

CONCLUSIONES

La pulpa de café fresca mejoró su calidad al incrementar el porcentaje de PC con el ensilaje y la deshidratación no afectó los ácidos fenólicos con mayor capacidad antioxidante (ácidos ferúlico, cafeico y clorogenico. La capacidad antioxidante no se vio afectada por el ensilaje o deshidratación. Se puede concluir que ensilar pulpa de café con 5% de melaza o ensilar pulpa de café con 5% de melaza y deshidratarla bajo el sol son una alternativa para mejorar la calidad de la misma y conservarla.

LITERATURA CITADA

Abrams K., M. Kushner, K.L. Medina and A. Voight 2001. The pharmacologic and expectancy effects of alcohol on social anxiety in individuals with social phobia. *Drug Alcohol Depend.* 64 (2): 219-31.

Aerts R.J and T.W. Baumann. 1994. Distribution and utilization of chlorogenic acid in coffee seedlings. *J. Experm. Botany* 45 (273): 497-503.

Aguilar-Rivera N., E. Houbron, E. Rustrian y L. C. Reyes-Alvarado. 2014. Papel amate de pulpa de café (coffee arabica) (residuo de beneficio húmedo). *Redalyc.* 10 (3): 103-117.

Almeida A.A.P., A. Farah, D.A.M. Silva, E.A. Nunan and M.B.A. Glória. 2006. Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. *J. Agric. Food Chem.* 54: 8738-8743.

Anzola V., H.J., D.C. Beltrán, E.A. Facundo, E.L. de Leal and C.A. Poveda. 1996. Digestibility and digestible energy of the coffee pulp fermented with *Aspergillus niger* in swine. *ICA.* 24 (4).

Arellano-González M.A., M.A. Ramírez-Coronel, M.T. Torres-Mancera, G.G. Pérez-Morales and G. Saucedo-Castañeda. 2011. Antioxidant activity of fermented and nonfermented coffee (*Coffea arabica*) pulp extracts. *Food Technol. Biotechnol.* 49 (3): 374-378.

AOAC - Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. AOAC, Washington, D.C.

Barcelos F.A., F. I. De Andrade, I. M.E.V. Von T., J.J. Ferreira, R. De Souza S., C.F. Hermeto B., R. Amaral e P.C. Aguiar P. 1997. Aproveitamento da casca de café na alimentação de Novilhos confinados-resultados do primeiro ano. *Rev. Bras. de Zoot.* 26 (6): 1208-1214.

Bautista E. O., J. Pernia, D. Barrueta y M. Useche. 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (*ColossomaMacropomum* X *PiaractusBrachypomus*). Rev. Científica FCV-LUZ. 15:33-40.

Benzie I. F. F. and J. J. Strain. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol.* 299:15-27.

Bernas S.M. 2011. Effect of Coffee Pulp Compost and Terrace on Erosion, Run off and Nutrients Loss from Coffee Plantation in Lahat Regency, South Sumatra. *J. Tropic Soils.* 16 (2): 161-167

Bhoite R.N., P.N. Navya and P. S Murthy. 2013. Statistical Optimization, Partial Purification, and Characterization of Coffee Pulp β -Glucosidase and Its Application in Ethanol Production. *Food Sci. Biotechnol.* 22 (S): 205-212.

Braham J. and R. Bressani. 1978. Coffee pulp. Composition, technology and utilization. Institute of nutrition of Central America and Panama. Microfiche edition available. IDRC. Ottawa. 95p

Cabrera S.D.E., J.F., Calzada, L. A. Gil y M. C. D.E. Arriola. 1987. Etanol de cerezas y mucílago de café. *In: Simposio Internacional sobre la Utilización Integral de los Subproductos del Café*, 3. Guatemala, Febrero 16-18. ICAITI-ANACAFE-PNUMA. p. 129-137.

Cardona M.G., J.D. Sorza, S.L.Posada, J. C. Carmona; S.A. Ayala y O. L. Alvarez. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Rev. Colombiana Cienc. Pec.* 15: 240-246.

Cipriano R. F., R. Garcia, A.W. P. Freitas, A. Lima de Souza, K.F. Gobbi, S. C. Valadares F., R. Gonçalves T. e G. Cipriano R. 2006. Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. *Rev. Bras. Zoot.* 35 (5):2163-2171.

Contreras-Gevea F. y R. Muck. 2006. Inoculantes microbiales para ensilaje. *Focus on Forage.* 8 (4): 1-4.

Correa H.J. 2006: Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Res. Rural Develop.* Retrieved February 6. 2015. from <http://www.lrrd.org/lrrd18/6/corr18084.htm>

Corro G., L. Paniagua, U. Pal, F. Bañuelos and M. Rosas. 2013. Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. *Energy Conv. Management* 74: 471–481.

Dash S.S. and S.N. Gummadi. 2010. Biodegradation of caffeine by *Pseudomonas* sp. NCIM 5235. *Res. J. Microbiol.* 5(5): 395–403.

Davies P.L. and Chace W.G. 1969. Determination de alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of head space. *Horticultural Sci.* 4: 117-119.

Deepa Shenoy, A. Pai, R.K. Vikas, H.S. Neeraja, J.S. Deeksha, C. Nayak, and C. Vaman R. 2011. A study on bioethanol production from cashew apple pulp and coffee pulp waste. *Biomass Bionergy.* 35(10):4107-4111.

Donkoh A., C.C. Atuahene, A.G. Kese and B. Mensah-Asante. 1988. The Nutritional Value of Dried Coffee Pulp (DCP) in Broiler Chickens' Diets *Anim. Feed Sci. Technol.* 22: 139-146.

Elias L.G. 1978. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: Braham, J.E., Bressan, R. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Panamá: INCAP. pp. 19-29.

Erwin E. S., G. J. Marco and E. M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1771.

Farah A. and C.M Donangelo. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant Physiol.* 18 (1): 23-36.

Faulds C.B., B. Bartolomé and G. Williamson. 1997. Novel biotransformations of agro-industrial cereal waste by ferulic acid esterases, *Industrial Crops and Products* 6 (3-4): 367-374.

Figueroa H. J.G. y J. Mendoza A. (2010). Cuantificación de minerales K, Ca, Mg y P en pulpa y pergamino de café (*Coffearabica* L. var. *Typica*). *Rev. Venezolana Ciencia Tecnol. Alim.* 1(2):221-230.

Filya I. 2003. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *J. Dairy Sci.* 86: 3575-3581.

Gülcin I. 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3, 4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology.* 217:213-220.

Harris L.E., L.C. Kearl and P.V. Fonnesbeck. 1972. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. *J. Anim. Sci.* 35: 658-680.

Heinl S., D. Wibberg, F. Eikmeyer, R. Szczepanowski, J. Blom, B. Linke, A. Goesmann, R. Grabherr, H. Schwab, A. Pühler and A. Schlüter. 2012. Insights into the completely

annotated genome of *Lactobacillus buchneri* CD034, a strain isolated from stable grass silage. *J. Biotechnol.* 161 (2): 153-166.

Henao J.D., N. Gutiérrez y O.M. Oviedo. 2012. uso de subproductos agrícolas en la alimentación de conejos en fases de ceba y reproducción. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 10 (2): 236 -242

Humphrey C. J. and Macrae R. 1987. Determination of chlorogenic acid in instant coffee using derivative spectrophotometry and its application to the characterization of instant coffee/ chicory mixtures p. 179- 186. In: *Colloques scientifique international sur le café*, 12. Montreux (Suiza), Juin 29 - Juillet 3. 1987.

Ibrahim S., M.Y. Shukor, M.A. Syed, N.A. Ab Rahman, K. A. Khalil, A. Khalid and S.A. Ahmad. 2014. Bacterial Degradation of Caffeine: A Review. *Asian J. Plant Biol.* 2 (1): 18-27.

Iwai, K., N. Kishimoto, Y. Kakino, K. Mochida and T. Fujita. 2004. *In vitro* antioxidative effects and tyrosinase inhibitory activities of seven hydroxycinnamoyl derivatives in green coffee beans. *J.Agric.Food Chem.* 52: 4893–4898.

Karami M., A.R. Alimón and A. Q. Sazili. 2010. Meat quality and lipid oxidation of infraspina muscle and blood plasma of goats under dietary supplementation of herbal antioxidants. *JAV.* 9: 3039-3047.

Kassa H., H. Suliman and T. Workayew. 2011. Evaluation of composting process and quality of compost from coffee by-products (coffee husk and pulp). *Ethiopian J. Environm. Studies Management.* 4 (4): 8-13.

Krystal J., Petrakis I., Mason G., Trevisan L and D'Souza D. (2003) N-methyl-D-aspartate glutamate Receptors and Alcoholism: Reward, Dependence, Treatment, and Vulnerability. *Pharmacol. Therapeutics* 99:79–94.

Lashermes P., A. C. Andrade and H. Etienne. 2008. Chapter 9. Genomics of Coffee, One of the World's Largest Traded Commodities. *Genomics of Tropical Crop Plants*. Springer. pp. 203-225.

Madrid J., A. Martínez-Terruel, F. Hernández and M. D. Megías. 1999. A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. *J. Sci. Food Agric.* 79:1722-1726.

Menezes E., J. do Carmo, J. G. Alves, A. Menezes, I.C. Guimarães, F. Queiroz and C.J. Pimenta. 2014. Optimization of alkaline pretreatment of coffee pulp for production of bioethanol. *Biotechnol. Progress.* 30 (2): 451–462.

Molina M., O. R. Lechuga y R. Bressani. 1990. Valor nutritivo de la pulpa de café sometida a fermentación sólida usando *Aspergillus niger* en pollos y cerdos. *Agron. Mesoam.* 1: 79-82.

Moreau, Y., J.L. Arredondo, I. Perraud-Gaime and S. Roussos 2003. Dietary Utilisation of Protein and Energy from Fresh and Ensiled Coffee Pulp by the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 46(2): 223-231

Murthy P.S. and M.M. Naidu. 2010. Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. *Food Bioprocess Technol.* 5:897–9031.

Negesse T., H.P.S. Makkar and K. Becker. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *Anim. Feed Sci. Technol.* 154: 204–217.

Parra A.R.P., I. Moreira, A.C. Furlan, D. Paiano, C. Scherer and P.L. de O. Carvalho. 2008. Coffee hulls utilization in growing and finishing pigs feeding. *Rev. Bras. Zoot.* 37 (3): 433-442.

Pandey A., C.R. Soccol, P. Nigam, D. Brand, R. Mohan and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochem. Engineering J.* 6: 153–162.

Noriega S. A., A. R. Silva y S. M. García. 2009. Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Zoot. Trop.* 27 (2):135-141.

Pedraza-Beltrán P., J. G. Estrada-Flores, A. R. Martínez-Campos, I. Estrada-López, A. A. Rayas-Amor, G. Yong-Angel, M. Figueroa-Medina, F. Avilés Nova and O. A. Castelán-Ortega. 2012. On-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 44:329–336.

Pedroso, A. F.; Nussio, L. G.; Paziani, S. F.; Loures, D. R. S.; Igarasi, M. S.; Coelho, R. M.; Packer, I. H.; Horii, J. and Gomes, L. H. 2005. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agric.* 62:427-432.

Pérez-Hernández L.M., K. Chávez-Quiroz, L.A. Medina-Juárez y N. Gámez. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* Y *Coffea canephora*. *Rev. Cienc. Biol. Salud.* XV (1): 51-56.

Pirela F. M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. *Manual de Ganadería Doble Propósito.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela. pp. 176-182.

Puertas-Mejía M.A., F. Rivera-Echeverry, P. Villegas-Guzmán, B.A. Rojano y C. Pelaez-Jaramillo. 2012. Comparación entre el estado de maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L.), el contenido de antocianinas y su capacidad antioxidante. *Rev. Cubana Plantas Medicinales.* 17(4): 360-367.

Ramírez-Coronel M. A., N. Marnet, V.S.K. Kolli, S. Roussos, S. Guyot and C. Augur. 2004. Characterization and estimation of proanthocyanidins and other phenolics in coffee

pulp (*Coffea arabica*) by thiolysis-high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 52:1344–1349.

Ramírez J.R., R.D Pernía, E.O. Bautista, M.N. Clifford y M.R. Adams. 2002. Producción y caracterización de la pulpa de café ensilada. Producción, caracterización y utilización en alimentación animal. http://www.funtha.gov.ve/doc_public/doc_249.pdf.

Restrepo-Sánchez D.C., C. E. Narváez-Cuenca y L. P. Restrepo-Sánchez. 2009. Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. *Química Nova.* 32:1517-1522.

Ripoll G., L. González-Calvo, F. Molino, J.H. Calvo and M. Joy. 2013. Effects of finishing period length with vitamin E supplementation and alfalfa grazing on carcass color and the evolution of meat color and the lipid oxidation of light lambs. *Meat Sci.* 93: 906–913

Rodríguez V., N. 2007. Balance energético en la producción de etanol a partir de la pulpa y el mucilago de café y poder calorífico de los subproductos del proceso del cultivo de café. Chinchiná (Colombia). Cenicafé Centro Nacional de Investigaciones de Café. Disciplina de calidad y manejo ambiental. 7 p.

Rubio U., J. 1973. Composición química y digestibilidad *in vitro* de pulpa de café. Tesis de Maestría. Instituto Colombiano Agropecuario. 80 p.

Salinas Rios T., T. Sánchez, M.E. Ortega, M. Soto, A. Díaz, J. Hernández, C. Nava and H. Vaquera. 2014. Changes in composition, antioxidant content, and antioxidant capacity of coffee pulp during the ensiling process *Rev. Bras. Zoot.* 43(9):492-498

Salinas-Rios T., M.E. Ortega-Cerrilla, M.T Sánchez-Torres-Esqueda., J. Hernández-Bautista, A. Díaz-Cruz, J. L. Figueroa-Velasco, R. Guinzberg-Perrusquía and J. L. Cordero-Mora. 2015. Productive performance and oxidative status of sheep fed diets supplemented with coffee pulp. *Small Rum. Res.* 123: 17–21.

Salmones D., G. Mata and K.N. Waliszewski. 2005. Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Bioresource Technol.* 96 (5): 537–544.

Shahidi, F. y M. Naczk. 1995. *Foods phenolics. Sources, chemistry, effects, application.* Technomic. Lancaster, Pensilvania, Estados Unidos: Publishing CO, INC

SIAP. 2014. Anuario del Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pecuaria (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. Available at <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (accessed 18 September 2014).

Soares de Oliveira A., J.M. de Souza , S. Campos Valadares, A.J. de Assis⁴, R.M. Araújo, R.F. Diniz, D. dos Santos e G. Soares. 2007. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zoot.* 36 (4): 1172-1182.

Stevenson R., J. Besheer and W. Hodge. 2008. Comparison of Ethanol Locomotor Sensitization in Adolescent and Adult DBA/2J Mice. *Psychopharmacology.* 197 (3), 361-370.

Torres-Mancera M.T., J. Córdova-López, G. Rodríguez-Serrano, S. Roussos, A. Ramírez-Coronel, E. Favela-Torres and G. Saucedo-Castañeda. 2011. Enzymatic Extraction of HAs from Coffee Pulp. *Food Technol. Biotechnol. Scientific.* 49 (3): 369–373.

Ulloa, J. and J. Verreth. 2003. Growth of *Oreochromis aureus* fed with diets containing graded levels of coffee pulp and reared in two culture systems. *Aquaculture* 217, 275–283.

Ulloa J.B., J.A.J. Verreth, S. Amato and E.A. Huisman. 2003. Biological treatments affect the chemical composition of coffee pulp. *Bioresource Technol.* 89 267–274.

Van Soest P.J., J.B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and no starch polysaccharides in relation to nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

Vargas E., M. Cabeza y R. Bressani. 1977. Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Absorción y retención de nitrógeno en novillos alimentados con concentrados elaborados con pulpa de café deshidratada. *Agron. Costarricense.* 1(2): 101-106.

Villalba D. K., V. A. Holguin, J, A. Acuña y V.R. Piñeros. 2011. Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café-musáceas. *Rev. Colombiana Ciencia Anim.* 4 (1):47-52.

Yankaraddi H., M. D. Kumar and D. Madaiah. 2009. Effect of coffee pulp compost and rice hull ash on growth, yield and nutrient uptake in rice. *Karnataka J. Agric. Sci.* 22 (4): 751-754.

CAPÍTULO II. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE VINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento productivo, consumo de agua, variables ruminales y la digestibilidad en ovinos Pelibuey alimentados con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y deshidratada. Se determinó la composición química de las dietas, ED, EM, la capacidad antioxidante y la cantidad de compuestos fenólicos en cada dieta. Treinta y seis ovinos machos de la raza Pelibuey con peso promedio de 20.4 ± 2.59 kg fueron distribuidos en forma aleatoria en tres tratamientos (n=12); T0: tratamiento testigo 0.0% de PCED; T1: 10% de PCED y T2: 20% de PCED. La prueba de comportamiento tuvo una duración de 60 días. Al principio y final de la prueba se tomaron muestras de líquido ruminal para evaluar variables ruminales (pH, protozoarios y bacterias totales, nitrógeno amoniacal, AGV). Al término de la prueba de comportamiento e escogieron al azar cinco animales de cada tratamiento para determinar digestibilidad y balance de N. Los resultados se analizaron por análisis de varianza, las medias por la prueba de Tukey y PROC MIXED. La ED y EM fue mayor ($P < 0.05$) en el T1 pero no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre el T0 y T2. La capacidad antioxidante de las dietas no fue diferente entre tratamientos. La concentración compuestos fenólicos fue mayor ($P < 0.05$) en los tratamientos con PCED. No hubo diferencia en el consumo de materia seca (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), consumo de agua, pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃), protozoarios, y bacterias totales, ácidos grasos volátiles del rumen, retención de nitrógeno y digestibilidad. Se concluye que la inclusión de hasta el 20 % de PCED en dietas para ovinos en engorda no afecta la digestibilidad ni el comportamiento productivos.

Palabras clave: pulpa de café, comportamiento productivo, digestibilidad

INTRODUCCIÓN

La pulpa de café es un subproducto que causa graves problemas de contaminación (Ulloa *et al.*, 2004), no obstante posee un valor nutricional favorable para ser utilizada en la alimentación de rumiantes, además de tener una capacidad antioxidante considerable, ya que se han detectado varios compuestos fenólicos como el ácido clorogénico, ácido cafeico y ácido ferúlico (Torres-Mancera *et al.*, 2011). Entre sus características más importantes está el inhibir la peroxidación de los ácidos grasos (Faulds *et al.*, 1997), ser hepato protectores, hipoglucémicos, antivirales, así como antibacteriales (Almeida *et al.*, 2006) lo que puede favorecer las características de la canal al evitar su oxidación o disminuirla. Los taninos forman parte de los compuestos fenólicos, aunque se han considerado compuestos antinutricionales al igual que la cafeína porque reducen la aceptabilidad y palatabilidad (Nurfeta, 2010), actualmente su presencia es deseable en las dietas y alimentos ya que poseen propiedades antioxidantes. Patra *et al.* (2013) mencionan que el uso moderado de taninos reduce la degradación de proteína en el rumen, mejora el peso corporal, el crecimiento de lana, la producción de leche y el rendimiento reproductivo. La pulpa de café se ha incluido en las dietas de rumiantes (De Souza *et al.*, 2005; Salinas-Rios *et al.*, 2015) y no rumiantes (Bautista *et al.*, 2005; Ulloa y Verreth 2002;), no obstante su inclusión en las dietas o suplementos es limitada por la presencia de cafeína, un compuesto antinutricional (Nurfeta, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo, digestibilidad y variables ruminales de ovinos machos de la raza Pelibuey, y la capacidad antioxidante de las dietas al incluir 0, 10 y 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco de Mora, México (19° 29' latitud oeste y 98° 53' latitud norte) con una altitud de 2 250 m.

Pulpa de café ensilada y deshidratada

La pulpa que se utilizó para las dietas fue ensilada por 140 días y posteriormente deshidratada al sol por 8 días inmediatamente después de la apertura del silo. La pulpa de café ensilada y deshidratada contenía 13.24 de PC, 10.82% de cenizas, 1.72 de EE, 31.25 de lignina, 55,10% de FDN, 52.14 de FDA, 1.189 mg g⁻¹ MS de taninos y tres antioxidantes en cantidades elevadas: el ácido ferúlico (4.256 mg g⁻¹ MS) ácido cafeico (4.913 mg g⁻¹ MS) y ácido clorogénico (4.875 mg g⁻¹ MS).

Animales y dietas

Se utilizaron 36 ovinos machos de la raza Pelibuey recién destetados, con peso vivo promedio de 20.4 ± 2.59 kg, (Cuadro 1) alojados en corraletas individuales, con acceso a la dieta y agua *ad libitum*. Al inicio y a la mitad de la fase experimental, se desparasitaron con 1 ml 50 kg⁻¹ peso vivo de Ivermectina y se les aplicaron 3 ml de estimulante metabólico (Catosal ®) por inyección intramuscular. Los animales fueron distribuidos al azar a tres tratamientos; T0: Control (n = 12), T1: 10% de pulpa de café en la dieta (n = 12) y T2: 20% de pulpa de café en la dieta (n = 12), se adaptaron a la dieta durante 20 días y posteriormente estuvieron 60 días en engorda. La composición de las dietas fue isoproteínica e isoenergética y se formuló de acuerdo a los requerimientos establecidos por el NRC (1985) (Cuadro1).

Cuadro 1. Ingredientes y composición de las dietas.

Ingredientes (%)	TRATAMIENTOS		
	T0	T1	T2
Pasta de soya	21.00	22.00	20.00
Sorgo molido	39.00	38.00	40.00
Rastrojo	35.00	25.00	15.00
Melaza	3.00	3.00	3.00
Minerales	2.00	2.00	2.00
Pulpa de café ensilada y deshidratada	0.00	10.00	20.00
Composición de los tratamientos en base seca (%)			
Materia seca	88.53	88.21	87.02
Proteína Cruda	15.06	16.02	16.41
Fibra Detergente Neutro	22.28	23.45	25.06
Fibra Detergente Acido	37.93	36.92	38.88
Cenizas	8.17	7.37	8.20
Extracto Etéreo	2.16	2.95	2.40
Materia Organica	81.16	80.23	80.05

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

Energía digestible y metabolizable de las dietas

Se determinó la energía digestible de acuerdo a Harris *et al.* (1972) a partir del porcentaje de nutrientes digestibles totales (TND) obtenido al sumar la PB, FB, EEL y EE por sus correspondientes coeficientes de digestibilidad. TND se multiplico por 4409 ED Kcal kg⁻¹ y posteriormente se calculó la energía metabolizable al multiplicar la energía digestible por 0.82 EM Kcal kg⁻¹.

Ácidos fenólicos, cafeína y taninos de las dietas

Para la extracción de los ácidos fenólicos y cafeína se pesaron 200 g de muestra, se agregaron 5 ml de H₂O grado HPLC, se agitó por 1 min en vortex y 30 minutos en un agitador de tubos marca Heidolph, posteriormente se centrifugó a 4,500 rpm en una centrifuga marca Eppendorf modelo 5804 durante 10 min, y se recogió el sobrenadante. Se tomaron 2 ml del sobrenadante y se filtraron a través de un acrodisco de nylon con 0.45 µm de diámetro de poro para depositarlos en viales color ámbar de 2 ml de capacidad.

Para determinar los ácidos fenólicos, se realizó el análisis en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (CLAR) marca Agilent Technologies modelo 1100, equipado con un arreglo de diodos e inyector automático modelo 1200. La columna que se utilizó fue una Nucleosil Nautilus100 A, 125 x 4.0 mm y 5 µm de diámetro de partícula. El CLAR fue por gradiente utilizando agua grado HPLC en el canal A con pH 2.5 ajustado con ácido trifluoroacético y acetonitrilo en B. El gradiente fue de la siguiente manera, al minuto 10 A:85% B:15%, minuto 20 A:65% B:35% y al minuto 23 A:65% B:35%. La velocidad de flujo fue de 1 ml por min a una temperatura de 30 °C, inyectando 20 µl de muestra, leyéndolo a 280 nm. Los estándares de los ácidos fenólicos fueron de la marca Sigma (ácido gálico, clorogénico, siríngico, vainillínico, 2,5-di-hidroxibenzoico, cafeíco, p-hidroxibenzoico, 2,3-di-hidroxibenzoico, ferúlico y p-coumárico)

La cantidad de cafeína presente en las dietas se cuantificó mediante análisis isocrático utilizando agua y acetonitrilo grado HPLC en una proporción 75:25, con una columna Nucleosil Nautilus100 A, 125 x 4.0 mm y 5 µm de diámetro de partícula. Se inyectaron 10 µl de la muestra a una velocidad de flujo de 0.8 ml por minuto, temperatura de 25°C y lectura a 273 nm. Para la elaboración de la curva estándar se utilizó como estándar cafeína marca Merk a concentraciones de 2 a 12 µg, con 5 puntos

El análisis de taninos se realizó en tres fases. En la primera se pesaron 25 mg de muestra deshidratada, se colocó en tubos de centrifuga de 15 ml y se añadieron 10 ml de acetona al 70%, se colocaron los tubos en un baño de ultrasonido marca Brasonic modelo 220 por 10 min, dejando en reposo 5 min y sonificando 10 min, posteriormente se centrifugaron a 5000 rpm por 10 min y se colectó el sobrenadante colocándolo en hielo. En la segunda fase se pesaron 100 mg de Polivinil Pirrolidona (PVPP) en tubos de ensaye, se añadió 1 ml de H₂O destilada y 1 ml del extracto con taninos, se agitó en vortex y se almacenaron los tubos a 4°C por 15 min, posteriormente se agitaron en vortex por 1min y se centrifugaron a 3000 rpm por 5 min, se colectó el sobrenadante y se colocó en hielo. La tercera fase consistió en hacer una curva estándar y una mezcla de las muestras con los reactivos donde se colocaron en tubos de centrifuga 0, 2, 4, 6, 8 y 10 µg de ácido tánico a partir de una solución madre (0.1mg mL⁻¹). En el caso de las muestras se tomaron 500 µl de extracto de la muestra,

mezclándose con 250 µl de reactivo Folin y 1.250 ml de carbonato de sodio al 20%. La mezcla se midió en un espectrofotómetro marca Espectromic modelo Genesys 5 a una longitud de onda de 725 nm de absorbancia

Capacidad antioxidante de las dietas

Se empleó la técnica descrita por Restrepo *et al.* (2009) para obtener la muestra, esta consistió en pesar 0.5 g de las dietas, hacer un lavado con 10 ml de metanol-agua (50-50) acidificada con HCl 2N a un pH de 2. Posteriormente se agitó durante 1 h a 37 °C y se centrifugó a 3000 rpp durante 15 min a 4 °C. El sobrenadante se recolectó y el residuo se trató con una mezcla de acetona-agua (70-30), se agitó y se centrifugó de igual manera que en la primera dilución. Este segundo sobrenadante se recolectó y se mezcló con el primero, posteriormente con este extracto se midió la capacidad antioxidante, se usó la técnica de FRAP (poder antioxidante de reducción férrica) por Benzie y Strain (1999) y TBARS, que se midió de acuerdo a la técnica de Ohkawa *et al.* (1979).

Variables productivas

Para determinar la ganancia diaria de peso (GDP), los ovinos se pesaron al iniciar la prueba de comportamiento por la mañana antes de consumir alimento y posteriormente cada 15 días. La GDP se obtuvo por diferencia de peso entre el número de días transcurridos entre las dos pesadas. El consumo de materia seca (CMS) del alimento se estimó de manera individual, por la diferencia de peso entre el alimento ofrecido y el rechazado diariamente. Se calculó la conversión alimenticia (CA) mediante la relación kg de alimento consumido y kg de peso vivo ganado CMS/GDP de forma individual en cada periodo de pesaje por tratamiento, la ingesta de agua diaria se midió usando un recipiente de 1 L, graduado en mililitros.

Variables ruminales (pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles)

Se tomaron muestras de líquido ruminal a ocho ovinos de cada tratamiento a los 0 y 60 días de la fase experimental mediante sonda esofágica para observar el efecto de la pulpa de café en las dietas. Tres horas después de proporcionar la dieta se extrajeron 20 ml de líquido ruminal de cada animal, para medir pH mediante un potenciómetro calibrado a pH 4.0 y 7.0. Posteriormente 4ml de líquido ruminal se mezcló con 1ml de ácido metafosfórico

al 25% para determinar N-NH₃ (McCullough, 1967) mediante un espectrofotómetro (Varian Caril I) y AGV (Erwin *et al.*, 1961) por cromatografía de gases (Hewlett Packard HP 6890).

Bacterias y protozoarios

Se mezcló 4ml de líquido ruminal con 1 ml de formaldehído al 10% para determinar bacterias ruminales totales mediante una cámara Petroff-Hauser, el conteo se realizó de acuerdo a lo descrito por SIGMA (1990). La concentración se calculó con la fórmula: Bacterias totales mL⁻¹ = (Promedio) (Factor de dilución) (2 x 10⁷) y los protozoarios totales se determinaron mediante una cámara Neubauer y un microscopio marca Olympus modelo BX51 usando la fórmula: Protozoarios totales mL⁻¹ = (Promedio) (Factor de dilución) (10⁴) para obtener la concentración (Baker, 1970).

Digestibilidad *in vivo*

Al concluir los 60 días de la prueba de comportamiento productivo se determinó la digestibilidad *in vivo* de la MS, MO, PC, FDN y FDA, en cinco borregos de cada tratamiento escogidos al azar (T0, T1, y T2). Se colocaron bolsas recolectoras de heces durante 12 días, 4 días fueron de adaptación ajustando el consumo de alimento al 90% del consumido *ad libitum* y los 8 restantes para la recolección de heces, las cuales se recogieron durante la mañana, éstas se pesaron y se tomó una muestra de 100 g diarios para almacenar a 4 ° C. Al finalizar la prueba de digestibilidad, las muestras diarias de cada animal se mezclaron para obtener una sola muestra de cada animal para análisis. La MS, MO, PC en las heces se determinaron por la técnica de AOAC (1990); FDN y FDA de acuerdo a Van Soest *et al.* (1991), la digestibilidad se calculó mediante la fórmula de Harris (1970): DA = Nutriente consumido-nutriente en heces/nutriente consumido x100.

Balance de nitrógeno

Se colectó la orina total diariamente durante los 8 días que duró la recolección de heces. En la parte inferior de cada jaula se colocó una cubeta con 100 ml de HCl al 50% para evitar la pérdida de nitrógeno. La orina se depositó en recipientes de plástico y se tomó una alícuota de 100 ml que fue congelada a -4°C, para su posterior análisis. El balance de nitrógeno se calculó de acuerdo a la fórmula propuesta por Harris (1970). Nitrógeno retenido = nitrógeno consumido - nitrógeno en heces - nitrógeno en orina.

Análisis estadístico

Se usó un diseño completamente al azar para tres tratamientos: testigo, 10% de PCED y 20% de PCED en la dieta (n=4). Los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey empleando el siguiente modelo matemático: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, donde: Y_{ij} = variable de respuesta en tratamiento i-esimo, repetición j-esimo, μ = media general, τ_i = efecto del tratamiento i-esimo, ϵ_{ij} = error aleatorio y PROC GLM. El mismo modelo y procedimiento se utilizó para las variables protozoarios y bacterias totales (n=12), digestibilidad *in vivo* y balance de nitrógeno (n=5). Para las variables del comportamiento productivo y ruminales (pH, AGV, N-NH3) (n=12) se usó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo con el siguiente modelo matemático: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{j(i)} + P_k + (tP)_{ik} + \epsilon_{ijk}$, donde: Y_{ijk} = variable de respuesta en observación k, repetición j, tratamiento i, μ = media general, τ_i = efecto del tratamiento i-esimo, $\delta_{j(i)}$: error aleatorio asociado con el j-esimo animal dentro del i-esimo tratamiento, P_k : efecto del k-esimo periodo, $(tP)_{ik}$: interacción tratamiento x periodo, ϵ_{ijk} = error aleatorio asociado con k-esima medida repetida dentro del j-esimo animal y PROC MIXED. Las medias se compararon con la prueba de Tukey utilizando la versión SAS 9 (2002).

RESULTADOS

Energía digestible y metabolizable de las dietas

La mayor energía digestible y metabolizable ($P < 0.05$) se presentó en el T1 (3004.96 ED Kcal/kg, 2464.06 EM Kcal/kg) mientras que el T0 y el T2 no presentaron diferencias T0 (2878.59 ED Kcal/kg, 2360.44 EM Kcal/kg) y T2 (2846.93 ED Kcal/kg, 2334.48 EM Kcal/kg) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Energía digestible y metabolizable de las dietas

	TRATAMIENTOS			EEM	P<0.05
	T0	T1	T2		
Energía digestible (ED Kcal/kg)	2878.593b	3004.963a	2846.931c	6.42	0.0008
Energía metabolizable (EM Kcal/kg)	2360.446b	2464.069a	2334.484b	5.27	0.0008

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

a, b, c: Letras distintas en la misma fila indican diferencias

Ácidos fenólicos, cafeína y taninos de las dietas

Ocho ácidos fenólicos fueron detectados, pero destacan por su mayor ($P < 0.05$) presencia en las dietas el ácido clorogénico (T0 5.27, T1 7.34, T2 14.98) y el ácido ferúlico (T0 0.95, T1 0.98, T2 1.06) sin presentar diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. La concentración de ácido cafeico (T0 0.00, T1 0.65, T2 1.32) también fue elevada comparada los otros ácidos; sin embargo, este presentó un mayor valor en el T2. El resto de los ácidos fenólicos encontrados fueron p-hidrobenczoico, siringico, gálico, vainillinico y p-cumarico. El ácido p-hidrobenczoico, cafeico, siringico y vainillinico se observaron en mayor ($P < 0.05$) proporción en las dietas con PCED, el ácido gálico no presentó diferencia entre los tratamientos y el ácido p-cumarico no presentó diferencia en el T1 con el testigo, mientras que los taninos se encontraron en mayor cantidad en el testigo, la cafeína solo se presentó en las dietas con PCED (Cuadro 3).

Capacidad antioxidante de las dietas

La capacidad antioxidante no presentó diferencia ($P > 0.05$) entre las dietas, en T0 1396.68, T1 1386.18 y T2 1415.07 nmol Trolox⁻¹ ml (Cuadro 3).

Cuadro 3 Capacidad antioxidante y composición de ácidos fenólicos de las dietas

	TRATAMIENTOS			EEM	P<F
	T0	T1	T2		
FRAP (nmol Trolox ⁻¹ ml)	1396.68	1386.18	1415.07	41.92	0.8896
Antioxidantes (mg g ⁻¹ MS)					
p-hidrobenzoico	0.23c	0.55b	1.15a	0.029	0.0004
clorogenico	5.27	7.34	14.98	3.94	0.3242
ferulico	0.95	0.98	1.06	0.018	0.0540
cafeico	0.00c	0.65b	1.32a	0.008	<.0001
siringico	0.12c	0.34b	0.57a	0.022	0.0018
galico	0.09	0.53	0.47	0.212	0.3994
vainillinico	0.19c	0.44b	0.71a	0.024	0.0015
p-cumarico	0.18b	0.28ab	0.33a	0.018	0.0228
taninos	3.42a	2.06c	2.99b	0.011	<.0001
Cafeína (mg g ⁻¹ MS)	0.00b	7.21a	7.27a	0.105	<.0001

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada. a, b, c: Letras distintas en la misma fila indican diferencias

Variables productivas

No se encontraron diferencias ($P>0.05$) en el peso de los animales (Cuadro 4). El consumo de MS, GDP, CA y consumo de agua entre tratamientos (T0, T1, T2) no se encontraron diferencias ($P>0.05$), pero se observó un efecto en los tiempos manejados (15, 30, 45, 60 días). El CMS y el consumo de agua incrementaron al transcurrir los días de la engorda pero GDP y CA incrementaron su valor solo hasta los 45 días a partir de este día el valor disminuyó. Todas las variables productivas tuvieron una diferencia en el tiempo (15, 30, 45, 60 días) pero no en los tratamientos (T0, T1, T2) y en la interacción del tratamiento x tiempo (Cuadro 5).

Variables ruminales (pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles)

No se observaron diferencias ($P>0.05$) en los valores de pH en el líquido ruminal en los tratamientos ni a los 0 días y 60 días. Con respecto a nitrógeno amoniacal no se encontraron diferencias ($P <0,05$) entre tratamientos o tiempos (0, 60 días) pero si se observa un efecto en la interacción tiempo x tratamiento. En los valores de ácidos grasos volátiles, ácido propiónico y butírico en los tiempos y tratamientos tampoco se presentaron diferencias, mientras que en el ácido acético se encontró una diferencia en el tiempo y en la interacción tiempo x tratamiento, aunque en los tratamienros no hubo efecto (Cuadro 6).

Cuadro 4. Peso inicial y final de los ovinos

	TRATAMIENTOS			EEM	P>F
	T0	T1	T2		
Peso inicial (Kg)	20.20	21.21	19.77	0.75	0.3874
Peso final (kg)	33.10	31.70	30.35	0.85	0.0952

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

Cuadro 5. Variables productivas de los ovinos alimentados con pulpa de café ensilada y deshidratada

VAR	PERIODO 1 (15 días)				PERIODO 2 (30 días)				PERIODO 3 (45 días)				PERIODO 4 (60 días)				TRAT	PER	TRAT *PER
	TRATAMIENTOS				TRATAMIENTOS				TRATAMIENTOS				TRATAMIENTOS						
	T0	T1	T2	EEM															
CMS (kg)	1.20	1.20	1.20	0.007	1.35	1.35	1.35	0.007	1.48	1.49	1.46	0.007	1.53	1.54	1.51	0.006	0.2622	<.0001	0.7489
GDP (g d ⁻¹)	186.18	192.50	181.25	10.81	196.82	208.25	200.87	10.81	234.91	225.25	226.00	10.81	190.73	190.62	181.87	10.81	0.9071	0.0202	0.9978
CA	6.86	7.21	7.36	0.36	7.44	6.92	6.85	0.36	6.79	7.02	6.47	0.36	8.13	8.27	8.85	0.36	0.9881	0.0045	0.8808
C-AGUA (L d ⁻¹)	2.63	2.54	1.82	0.09	2.99	2.84	2.56	0.09	3.35	3.20	3.01	0.09	3.43	3.17	3.19	0.09	0.0884	<.0001	0.0807

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada, TRAT: tratamiento,

PER: periodo.

Cuadro 6 Variables ruminales de los ovinos alimentados con pulpa de café ensilada y deshidratada

VAR	PERIODO 1 (0 días)				PERIODO 2 (60 días)				TRAT	PERIODO	TRAT *PERIODO
	TRATAMIENTOS				TRATAMIENTOS						
	T0	T1	T2	EEM	T0	T1	T2	EEM			
ph	6.37	6.30	6.37	0.03	6.40	6.428	6.28	0.03	0.6870	0.5754	0.1754
Ácido acético (mmol L ⁻¹)	40.63	42.80	39.20	1.65	22.26	26.26	36.56	1.65	0.0892	<.0001	0.0153
Ácido Propionico (mmol L ⁻¹)	13.36	12.16	10.20	0.55	12.19	12.07	12.28	0.55	0.3196	0.7112	0.2069
Ácido. Butírico (mmol L ⁻¹)	7.16	7.50	6.73	0.36	6.30	6.92	6.19	0.36	0.5586	0.1717	0.9533
N-NH3 (mg dL ⁻¹)	16.48	13.61	16.57	0.99	17.17	16.23	9.5886	0.99	0.1586	0.3340	0.0095

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada, TRAT: tratamiento.

Bacterias y protozoarios

La cantidad de bacterias totales observadas fue de $23.681 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ en T0 $23.571 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ en T1 y $23.501 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ en T2, sin que se observaran diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. Para los protozoarios, los valores fueron de $13.331 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$ en T0, $14.201 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$ en T1 y $14.141 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$ en T2, sin que tampoco se encontraran diferencias ($P > 0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Concentración de bacterias ruminales totales y protozoarios.

VARIABLES		TRATAMIENTOS				
		T0	T1	T2	EEM	P<F
Bacterias totales	$1 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$	23.68	23.57	23.50	0.310	0.1522
Protozoarios	$1 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$	13.33	14.20	14.14	0.064	0.1007

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada

Digestibilidad *in vivo*

La inclusión de PCED no afectó ($P > 0.05$) la DMS, DMO, DFDN y DFNA; sin embargo, la mayor ($P < 0.05$) digestibilidad de PC se observó con la inclusión de 10% de PCED, mientras que con 20% de PCED fue igual al testigo (Cuadro 8).

Balance de nitrógeno

No se presentaron diferencias ($P > 0.05$) en el balance de nitrógeno entre tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Digestibilidad *in vivo* y retención de nitrógeno de ovinos Pelibuey alimentados con pulpa de café en diferentes proporciones.

Digestibilidad (%)	TRATAMIENTOS			EEM	P<F
	T0	T1	T2		
Materia seca	69.99	72.95	70.68	2.33	0.6378
Proteína cruda	67.13b	74.99a	60.40b	2.36	0.0042
Fibra detergente neutra	62.41	64.57	63.45	2.07	0.7612
Fibra detergente ácida	58.75	47.51	51.28	3.13	0.0754
Materia orgánica	76.33	77.20	72.43	2.12	0.2874
Balance de nitrógeno					
Nitrógeno retenido (%)	1.498	9.362	7.987	3.37	0.1955

T0: testigo, T1: dieta con 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: dieta con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada

a,b letras diferentes en hileras existe diferencia significativa(P>0.05).

DISCUSIÓN

Energía digestible y metabolizable de las dietas

La inclusión del 10% de pulpa de café incrementó la energía digestible y metabolizable de la dieta pero no se observó un incremento lineal al aumentar a 20 % la PCED. Sin embargo, Vargas *et al.* (1977) al alimentar novillos Holstein con pulpa de café deshidratada mencionan que al incrementar los niveles de pulpa de café en la dieta disminuye la energía digestible. Mientras que Romero *et al.* (1995) al alimentar aves señalan que los niveles de energía metabolizable son adecuados al emplear pulpa de café ensilada con 5% de melaza. Los mayores valores de energía digestible y metabolizable observados en T1 probablemente se deban a que la energía de las dietas está relacionada con los niveles de proteína digestible en la dieta (Barreto, 2001) y, en el presente estudio, el mayor porcentaje de proteína digestible se encontró en T1.

Ácidos fenólicos, cafeína y taninos de las dietas

Los ácidos fenólicos encontrados tienen capacidad antioxidante (Sroka y Cisowski, 2003), no obstante, el ácido clorogénico, cafeico, ferúlico y p-cumarico presentes en las dietas son los que presentan mayor actividad antioxidante (Martinez Valverde *et al.*, 2000) y debido a que éstos ácidos presentan mayor actividad antioxidante se presentan en mayor cantidad el

ácido clorogénico, cafeico, ferúlico en las dietas con pulpa de café ensilada y deshidratada, pudiendo evitar que se produzcan daños tisulares por radicales libres, disminuyendo su formación e incluso eliminándolos una vez originados (Perez –Hernandez *et al.*, 2013). Al incluir la pulpa de café en la dieta de los animales puede disminuir la oxidación de lípidos de la carne y disminuir el estrés al contener estos ácidos fenólicos con poder antioxidante.

La cafeína se encontró solamente en las dietas con PCED, sin diferencias entre T1 y T2. Elevadas concentraciones de cafeína en la dieta pueden causar un aumento en la actividad motora de los animales, incrementar el gasto energético y como consecuencia se tendría una disminución en la ganancia de peso y en la eficiencia de conversión (Noriega *et al.*, 2008) también concentraciones elevadas de cafeína tienen un efecto diurético, en humanos 6 mg de cafeína por kg de peso no afecta características como osmolaridad, color y volumen en la orina (Armstrong *et al.*, 2005). Degraives *et al.* (1995), reportaron que la administración intravenosa de 8 mg de cafeína por kg de peso corporal en vacas no es suficiente para inducir un cambio en las características de la leche y en cabras al aplicar 200 mg de cafeína dos veces al día no disminuyó la grasa en la leche (Brown y Harris 1988). Existen animales que pueden desarrollar tolerancia a ciertos compuestos, de manera que una exposición repetida aumenta la dosis requerida para producir letalidad (Vivas, 2008). La cantidad de cafeína presente en las dietas no afectó a los animales ya que estos toleraron el nivel de cafeína que contenían las dietas.

Los taninos encontrados en las dietas son menores al porcentaje que se ha reportado que afecta el consumo de materia seca de los rumiantes. Beauchemin *et al.* (2007) mencionan que solo una cantidad mayor al 5 % de la MS de la dieta afecta su consumo mientras que Velazquez (2013) al emplear en sus dietas taninos condensados de extracto de quebracho y Vit E no encontró diferencias en CMS, GDP y CA. Al evaluar taninos de diferentes plantas forrajeras en la dieta de ovinos Pelibuey tampoco encontró diferencia en el CMS y la GDP. Los taninos se encuentran en la pulpa de café en una forma considerable y algunos lo consideran un factor antinutricional al igual que la cafeína (Nurfeta, 2010). Se han reportado casos en los que el uso de taninos no afecta el CMS y la GDP de los rumiantes

(Krueger *et al.*, 2010; Beauchemin *et al.*, 2007; Alberti *et al.*, 2005) y la eficiencia alimenticia (Frutos *et al.*, 2004).

Capacidad antioxidante de las dietas

La capacidad antioxidante fue igual en las tres dietas evaluadas debido probablemente a que la dieta testigo contenía en la misma proporción sorgo que en las dietas con PCED, que se ha reportado tiene un alto contenido de proantocianidinas o taninos condensados (Krueger *et al.*, 2003; Larrain *et al.*, 2008) a que se les ha atribuido capacidad antioxidante, así como al rastrojo de maíz, Salas *et al.* (2012) quienes también encontraron compuestos fenólicos en forraje de maíz. El no observar valores superiores en la capacidad antioxidante en las dietas con PCED, no significa que su inclusión en las dietas no sea benéfica, Araya *et al.* (2006) mencionan que una capacidad antioxidante más alta, no siempre significa que su acción sea mejor o más efectiva *in vivo*, ya que la estructura química determina la absorción de los polifenoles y la efectividad en el organismo depende de la biodisponibilidad de estos compuestos antioxidantes, por lo tanto la capacidad antioxidante depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en las dietas.

VARIABLES PRODUCTIVAS

En el consumo de MS, GDP, CA y consumo de agua no se encontraron diferencias entre tratamientos. Vitto *et al.* (2001) tampoco las encontraron al incluir en la dieta 15, 20 y 25% de pulpa de café ensilada, pero sí en la GDP favoreciendo al testigo. Lema (1987) al incluir 10 y 20% de pulpa de café deshidratada en dietas para ovinos africanos obtuvo los mismos resultados en relación al grupo testigo en GDP y CMS, al igual que Salinas-Rios *et al.* (2015) al incluir 8% y 16 % de pulpa de café en CMS, GDP y CA, mientras que Ferreira *et al.* (2000) y Lima de Souza *et al.* (2004) al incluir 15.23% de pulpa de café y 10% de cascarilla de café respectivamente en la dieta de ovejas no encontraron efecto en el consumo de alimento y ganancia de peso.

Con respecto al consumo de agua no se encontró diferencia entre tratamientos. Salinas-Rios *et al.* (2015) reportan que las dietas con pulpa de café incrementan el consumo de agua debido a la cafeína y que al aumentar los porcentajes de pulpa en la dieta se eleva el consumo de agua, no obstante en el consumo de agua pudo influir la humedad de la dieta, y

la temperatura ya que el experimento se llevó a cabo en la estación de otoño donde la temperatura es baja.

Variables ruminales (pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles)

El porcentaje de pulpa de café que se proporcionó en las dietas no afectó el pH, nitrógeno amoniacal y la concentración de los ácidos acético, propionico y butírico. Monteiro *et al.* (2007) encontraron que la cáscara de café no afecta el pH del rumen al agregar niveles de 0, 7, 14 y 21% de la ingesta total de materia seca. Soares *et al.* (2007) al alimentar vacas Holstein con 40% de concentrado (25 % de cáscara de café en el concentrado) encontraron que el pH ruminal y el nitrógeno amoniacal no se vieron afectados por la inclusión de la cáscara de café y Krueger *et al.* (2010) al adicionar en la dieta de novillos extractos de taninos comerciales encontraron que no hubo efecto en el pH del rumen, concentración de amoníaco y proporciones molares de acetato, propionato y butirato, mientras que Portela (2012) menciona que la cascarilla de café afecta la concentración de ácidos grasos.

La PCED empleada hasta un 20% en la dieta no afectó las variables ruminales, la cantidad de cafeína y taninos presentes en las dietas no tuvo un efecto negativo en el ambiente ruminal de los ovinos a pesar de que se ha reportado que señalan que altas concentraciones de taninos inhiben a las bacterias del rumen Smith *et al.* (2005), sin embargo, mencionan que solo una cantidad mayor al 5 % de la MS de la dieta afecta a los animales Beauchemin *et al.* (2007), los taninos presentes en las dietas empleadas en esta investigación están dentro de un rango que no se considera perjudicial para los animales y respecto a los niveles de cafeína probablemente fueron tolerados por los ovinos.

Bacterias y protozoarios

Portela (2012) realizó un cultivo *in vitro* de protozoarios empleando pulpa de café, observó que la pulpa de café no disminuye la concentración de protozoarios y el pH no se ve afectado. Contrario a lo reportado por (McSweeney *et al.*, 2001) quienes mencionan que los taninos inhiben el crecimiento de las bacterias. Andrade *et al.* (2012) reporta que una dosis de 2% de taninos condensados de quebracho (*Schinopsis balansae*) inhibe el crecimiento microbiano y una dosis mayor es fatal para los microorganismos del rumen.

Los taninos también tienen efecto sobre la actividad de los protozoarios (Patra y Yu, 2013; Patra *et al.*, 2006) se ha reportado que disminuyen la concentración de protozoarios, sin embargo, depende del tipo de taninos y nivel de inclusión (Patra y Saxena, 2011), Animut *et al.*, (2008) demostraron que niveles altos de taninos (50, 101, 151 g/kg MS) en la dieta reducen el número de protozoarios en cabras. Mientras que Jayanegara *et al.* (2011) al evaluar plantas tropicales con compuestos fenólicos, no encontraron correlación entre los taninos hidrolizables y condensados con el recuento de protozoos. El nivel de taninos en la pulpa de café empleada en el presente trabajo no afectó la cantidad de protozoarios y bacterias.

Digestibilidad *in vivo*

La inclusión de pulpa de café ensilada y deshidratada en las dietas no afectó la digestibilidad total aparente de la MS, MO, FDN y FDA, solo se observaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) en la digestibilidad de PC, los valores más altos de digestibilidad de PC se observaron en la dieta con 10% de PCED. Lima de Souza *et al.* (2004) encontraron que hasta un 10% de cáscara de café, se puede incluir en la dieta sin disminuir la digestibilidad de la MS, MO, PC, FDN, carbohidratos totales, carbohidratos no fibrosos y nutrientes totales. Maldonado (1986) al emplear pulpa de café en la dieta de ovinos tampoco encontró diferencias en la digestibilidad, Blandón (2009) también señala que al incluir pulpa de café en las dietas no tiene efecto en la digestibilidad aparente. Salinas *et al.* (2015) al usar 8% y 16% pulpa de café en las dietas tuvieron respuestas similares en la digestibilidad de MO, PC y FDN de esta investigación. La inclusión de pulpa de café ensilada y deshidratada entre un 10 y 20% no afecta la digestibilidad total aparente de ovinos Pelibuey y puede ser empleada en las dietas.

Balance de nitrógeno

No se encontraron diferencias en la retención de nitrógeno en las dietas con 10% y 20% con pulpa de café y la dieta testigo. Vargas (1977) al suministrar pulpa de café a novillos (0, 20, 40, 60 %) en la dieta tampoco encontró entre el tratamiento testigo y con 20% de pulpa de café en el nitrógeno total retenido, pero la retención y absorción de nitrógeno disminuyó al incrementar el porcentaje de pulpa de café en la dieta. El consumo de agua influye mucho en la retención de N a menor consumo de agua mayor retención de

nitrógeno ya que se incrementan las pérdidas de nitrógeno urinario y por este motivo se disminuye la retención de nitrógeno (Bressani y Braham, 1964), debido a que el consumo de agua en la dieta testigo y en las dietas con PCED no fue significativo, esto pudo influir para que tampoco se encontraran diferencias en el balance de nitrógeno.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló éste estudio se concluye que la inclusión de hasta el 20 % de pulpa de café ensilada y deshidratada en dietas para ovinos en engorda no afecta la digestibilidad de las dietas ni el comportamiento productivo de los animales debido a que tiene un valor nutricional adecuado.

LITERATURA CITADA

Albertí P., G. Ripoll, I. Casasús, M. Blanco, J.L.G. Chapullé y J. Santamaría. 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros. ITEA. 101 (2):91-100.

Almeida A.A.P., A. Farah, D.A.M. Silva, E. A. Nunan, and M.B.A. Glória. 2006. Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. J. Agric. Food Chem. 54:8738–8743.

Armstrong L.E., A.C. Pumerantz, M.W. Roti, D.A. Judelson, J.C. Dias, B. Sök-men, D. J. Casa, C.M. Maresh, H. Lieberman and M. Kellogg. 2005. Fluid, electrolyte, and renal indices of hydration during 11 days of controlled caffeine consumption. Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metabol. 15: 252–265.

Andrade-Rivero E, A.R.Martínez-Campos y O.A. Castelán-Ortega. 2012. Producción de metano utilizando plantas taníferas como substrato en fermentación ruminal *in vitro* y efecto de extractos fenólicos en la microflora ruminal. Trop. Subtrop. Agroecosystems. 15: 301 – 312.

Animut G, R. Puchala, A.L. Goetsch, A.K. Patra, T. Sahlu V.H. Varel and J. Wells. 2008. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. Anim. Feed Sci. Technol. 144: 212–227.

AOAC - Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. AOAC, Washington, D.C.

Araya L.H., C Clavijo y C. Herrera. 2006. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. ALAN 56 (4) 361-365.

Baker F. J. P. 1970. Procedimientos bioquímicos en la cuantificación de microorganismos. Manual de técnicas bacteriológicas. Ed. Acribia. Zaragoza. España. pp. 227-228.

Barreto C., Ma. D. R. 2001. "Utilización de pulpa de café como complemento en dietas para crias de tilapia *Oreochromis niloticus*". Tesis de Maestría. Biotecnología. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 92 p.

Bautista E. O., J. Pernia, D. Barraeta y M. Useche. 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma Macropomum* X *Piaractus Brachypomus*). *Revista Científica LUZ*. 15:33-40.

Beauchemin K.A., S.M. McGinn, T.F. Martinez and T.A. McAllister. 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 85:1990–1996.

Benzie I.F.F. and J. J. Strain. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol.* 299:15-27.

Blandón N. S. 2009 Utilización de la pulpa de café ensilada como alimento de ovinos. *Revista de Ciencia y Tecnología del UNI- Norte. El HIGO en* <http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/higo-2.pdf>

Bressani R. and Braham, J.E. 1964 Effect of water intake on nitrogen metabolism of dogs. *J. Nutrition.* 82: 469-474.

Brown D.L. and D.M. Harris. 1988. Effects of Caffeine and 3-Isobutyl 1-Methyl Xanthine on Caprine Milk Secretion. *J. Dairy Sci.* 71:513-517.

Degraves F.J., D.C. Ruffin, S.H. Duran, J.S. Spano, E.M. Whatley, J. Schumacher and M.G. Riddell. 1995. Pharmacokinetics of caffeine in lactating dairy cows. *AJVR.* 56: 619-622.

De Souza A.L, R. Garcia, SDCV Valadares F., F. Cipriano R., J.M De Souza C., L. Da Silva C., e K.F. Gobbi. 2005. Casca de Café em Dietas de Vacas em Lactação: Consumo, Digestibilidade e Produção de Leite. *Rev. Bras. Zoot.* 34: 2496-2504.

Erwin E. S., G. J. Marco and M. E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1771.

Faulds C.B., B. Bartolomé and G. Williamson. (1997) Novel biotransformations of agro-industrial cereal waste by ferulic acid esterases. *Ind. Crop. Prod.* 6:367–374.

Ferreira I., J. Olalquiaga, J. Teixeira e C. Pacheco. 2000. Desempenho de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês Puros, terminados em confinamento, alimentados com casca de café como parte da dieta. *Rev. Bras. Zoot.* 29(2): 89-100.

Frutos P., M. Raso, G. Hervás, R. Mantecón Á., V. Pérez and F. Giráldez. 2004. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs. *Anim. Res.* 53:127–136.

Harris L.E., 1970. *Nutrition Research Techniques for Domestic Animals and Wild Animals*, vol. 1. Utah State University, Logan, UT, USA.

Harris L.E., L.C. Kearland and P.V. Fonnesebeck. 1972. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. *J. Anim. Sci.* 35: 658-680.

Jayanegara A., E. Wina, R. Soliva, S. Marquardt, M. Kreuzer and F. Leiber. 2011. Dependence of forage quality and methanogenic potential of tropical plants on their phenolic fractions as determined by principal component analysis. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 163: 231–243.

Krueger C.G., M.M. Vestling and J.D. Reed. 2003. Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry of heteropolyflavan- 3-ols and glucosylated heteropolyflavans in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *J Agric. Food Chem.* 51:538–543.

Krueger W.K., H. Gutierrez-Bañuelos, G.E. Carstens, B.R.Min, W.E. Pinchak, R.R.Gomez., R.C. Anderson , N.A.Krueger and T.D.A. Forbes. 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159: 1–9

Larrain R. E., D. M. Schaefer, M. P. Richards and J. D. Reed. 2008. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sci.* 79: 656–665

Lema Z.A. 1987. Estudio técnico económico de la ganancia de peso en ovinos africanos estabulados, alimentados con pulpa de café deshidratada. Tesis Licenciatura. Universidad de Caldas. Facultad de agronomía. 62 p.

Lima de Souza A., R. García, B.F.Salgado, F. Cipriano R., F.S. Valadares, P.O Gomes and P.A.Vierira. 2004. Coffee hulls in the diet of sheep: intake and apparent digestibility. *Rev. Bras. Zoot.* 33: 2170–2176.

Maldonado G. y M.A. Benezra. 1986. Uso fresco y ensilado de la cereza del café en pruebas de consumo y digestibilidad con ovinos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, (CENICAFE). Jornadas Técnicas.

Martínez-Valverde I.; M. J. Periago y G. Ros. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *ALAN.* 50 (1): 5-18.

McCullough, H., 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chim. Acta.* 17: 297–304.

McSweeney C.S., B. Palmer, D.M. McNeill and D.O. Krause. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91:83-93.

Monteiro A.T.R., C. J. M. Souza, F.S.C. Valadares, D.V.R. Ferreira, O.A. Soares and P.D. Santos. 2007. Compound balance and microbial protein production in dairy heifers fed with coffee husk in substitution of cornsilage. *Rev. Bras. Zoot.* 36: 1691–1698.

Noriega S.A., A.R. Silva y García, S.M., 2008. Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical.* 26:419-419.

NRC (National Research Council), 1985. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Sheep, 6th revised ed. National Academy of Sciences. Washington, DC, USA.

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, *Trop. Anim. Health Prod.* 42: 815–824.

Ohkawa H., N. Ohishi and K. Yagi. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* 95: 351–358.

Patra A. K., D. N Kamra and N. Agarwal. 2006. Effect of plant extracts on in vitro methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. *Anim. Feed Sci. Technol.* 128: 276–291.

Patra A. K. and J. Saxena. 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 91: 24–37.

Patra A.K., M. Byeng-Ryel and J. Saxena. 2012. Dietary Tannins on Microbial Ecology of the Gastrointestinal Tract in Ruminants. *Dietary Phytochemicals and Microbes.* Capítulo 8 pp. 237-262.

Patra A.K. and Z. Yu. 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 Technol.* 148: 352–360.

Pérez-Hernández L.M., K. Chávez-Quiroz, L.A. Medina-Juárez y N. Gámez. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. *Revi. Ciencias Biol. Salud. BIOTECNIA XV (1): 51-56*

Portela D., D.F. 2012. Evaluación *in vitro* de subproductos agrícolas y plantas con capacidad desfaunante sobre la producción de metano. Tesis de Maestría. Posgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados 111 p.

Restrepo-Sánchez D. C., C.E. Narváez-Cuenca y L.P. Restrepo-Sánchez. 2009. Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. *Química Nova 32:1517-1522*.

Romero I., T. Huérfano, I. Calderón y A. Méndez. 1995. Aceptabilidad y digestibilidad de la pulpa de café ensilada en aves. *In Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 88-105.*

Salas P.L., R.J.R Esparza, R.P. Preciado, R.V.P. Álvarez, V.J.A. Meza, M.J.R. Velázquez y O.M. Murillo. 2012. Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verdehidropónico de maíz (*zea mays*) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. *Interciencia. 37: 215-220*

Salinas-Rios T., M.E. Ortega-Cerrilla, M.T. Sánchez-Torres-Esqueda, J. Hernández-Bautista, A. Díaz-Cruz, J.L. Figueroa-Velasco, R. Guinzberg-Perrusquía and J.L. Cordero-Mora. 2015. Productive performance and oxidative status of sheep fed diets supplemented with coffee pulp. *Small Rum. Res. 123:17–21*

SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Versión 9.SAS Institute, Cary, NC, USA.

SIGMA. 1990. Commonly used tissue culture terms. Technical information. Catalogue sigma cell culture reagents. pp.180-190.

Smith A.H., E. Zoetendal and R.I. Mackie. 2005. Bacterial Mechanisms to Overcome Inhibitory Effects of Dietary Tannins *Microbial Ecology*. 50: 197–205

Soares O.A., C.J. Souza, F.S. Valadares, A.A. Jorge, T.R.Araújo, R.L. Navajas, P.D. Do santos and O.G. Soares. 2007. Replacing corn with coffeehulls or soyhulls in diets of dairy cows: chewing activity, ruminal metabolism, nitrogen utilization and microbial protein synthesis. *Rev. Bras. Zoot.* 36: 205–215.

Sroka Z. and W. Cisowski. 2003. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food Chem. Toxicol.* 41:753–758.

Torres-Mancera M.T., J. Córdova-López, G. Rodríguez-Serrano, S. Roussos, A. Ramírez-Coronel, E. Favela-Torres and G. Saucedo-Castañeda. (2011). Enzymatic Extraction of HAs from Coffee Pulp. *Food Technol. Biotechnol.* 49 (3): 369–373.

Ulloa R.J.B. and J.A.S. Verreth. 2002. Growth, feed utilization and nutrient digestibility in tilapia fingerlings (*Oreochromis aureus* Steindachner) fed diets containing bacteria-treated coffee pulp. *Aquaculture Res.* 33: 189–195.

Ulloa R.J.B., J.A.J.Verrethb, J.H.van Weerd and E.A.Huismanb. 2004. Tropical agricultural residues and their potential uses in fish feeds: the Costa Rican situation. *Waste Manage.* 24:87–97.

Van Soest P.J., J.B.Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and no starch polysaccharides in relation to nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

Vargas E., M. Cabeza y R. Bressani. 1977. Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Absorción y retención de nitrógeno en novillos alimentados con concentrados elaborados con pulpa de café deshidratada. *Agron. Costar.*1(2): 101-106.

Velázquez M. M. 2013. Taninos de forraje de árboles y su efecto en producción y calidad de la carne de bovinos y ovinos. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. 98 p.

Vitto R., J. Ciria, A. Bonilla, B. Asenjo y J.L. Calvo. 2001. Utilización del Subproducto Pulpa de Café Ensilada en Dietas de Ovinos. Decanato de Investigación. Universidad de Táchira. Venezuela. E. U. I. Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus Universitario. 42004 Soria.

Vivas G.J.A. 2008. Toxicología veterinaria. Universidad Nacional Agraria. Facultad de ciencia animal. Departamento de Veterinaria Managua. 115 p.

Woodward S.L., G.C. Waghorn, M.J. Ulyatt and K.R., Lassey. 2001. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. Proc.N. Z. Soc. Anim. Prod. 61: 23–26.

CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE OVINOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFÉ ENSILADA Y DESHIDRATADA.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto sobre las características de la canal, físico-químicas y oxidación de la carne a 24 horas y 7 días *postmortem*, al incluir pulpa de café ensilada y deshidratada (PCED) en dietas para ovinos Pelibuey. Treinta y seis ovinos machos de la raza Pelibuey con peso promedio 20.4 ± 2.59 kg fueron distribuidos en forma aleatoria a tres tratamientos T0: tratamiento testigo (n = 12), T1: 10% de PCED en la dieta (n = 12), y T2: 20% de PCED en la dieta (n = 12). Los animales se alojaron en corraletas individuales y se adaptaron a la dieta 20 días. La prueba de comportamiento fue de 60 días, durante esta prueba se midió grasa dorsal, área del *Longissimus dorsi* (LD) y plasma para determinar FRAP Y TBARS. Posteriormente cinco ovinos de cada tratamiento se alojaron en jaulas metabólicas para evaluar la digestibilidad y finalmente fueron sacrificados para evaluar la canal y el *Longissimus dorsi*. Los resultados obtenidos se analizaron con análisis de varianza y las medias por la prueba de Tukey y PROC MIXED. La inclusión de PCED en la dieta no aumentó la grasa dorsal, ni el área del LD. Con respecto a FRAP en plasma, se observó que el T2 tuvo mayor capacidad antioxidante, pero en el LD no se encontraron diferencias, mientras que los valores de TBARS en plasma y LD no se vieron afectados por la inclusión de pulpa, no obstante TBARS en LD a través del tiempo (cero, siete días) si se presentó efecto. No se encontraron diferencias en el rendimiento de la canal, grasa mesentérica y características físico-químicas evaluadas solamente el índice a* fue superior en los tratamientos con pulpa de café al incrementar el tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$). Se concluye que la PCED puede ser empleada en la dieta de ovinos Pelibuey sin afectar las características de la canal y las características físico-químicas.

Palabras clave: canal, características físico-químicas, *Longissimus dorsi*, oxidación.

INTRODUCCIÓN

Las características físico-químicas de la canal se ven afectadas por la oxidación de la carne ya que durante su procesamiento, la oxidación de la grasa se incrementa debido a la ruptura de su estructura celular y a la presencia de oxígeno, ocasionando la pérdida de integridad de la membrana de las células musculares e incrementando la pérdida de jugo de la carne (Mitsumoto *et al.*, 1995), sin embargo, se puede reducir la oxidación si se utilizan con capacidad antioxidante. Los compuestos fenólicos tienen esta característica (Sroka and Cisowski, 2003) y entre éstos se encuentran los taninos, que modulan la oxidación de lípidos e influyen en el color de la carne (Larrain *et al.*, 2008). La pulpa de café es un subproducto que contiene taninos y ácidos fenólicos, entre los cuales se encuentran los ácidos hidroxicinámicos como el ácido ferúlico, cafeico, clorogénico y p-cumarico. Entre los beneficios que aportan los taninos se ha reportado que pueden modificar la composición de los ácidos grasos de la carne (Vasta *et al.*, 2009), mantienen estable el color en la carne fresca, además de retardar su oscurecimiento (Luciano *et al.*, 2009; Alberti *et al.*, 2005, Nasri *et al.*, 2012) e incluso tienen efectos en la vida de anaquel (Larraín *et al.*, 2008; Luciano *et al.*, 2009), mientras que el ácido ferúlico tiene la característica de disminuir el efecto de oxidación en la carne. El ácido cafeico se compara con el α -tocoferol (Gülcin, 2006) y con el α -tocoferol que pueden inhibir la oxidación de las proteínas (Estévez y Heinonen, 2010).

Se han agregado antioxidantes a la carne fresca al procesarla, pero esto ha sido menos efectivo que su incorporación en el músculo al agregarlos directamente a la dieta (Channon y Trout, 2002), por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto que tiene proporcionar pulpa de café ensilada y deshidratada en la dieta de ovinos en crecimiento sobre las características de la canal, así como sus características físico-químicas y en la oxidación de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La pulpa de café usada en este experimento fue ensilada por 140 días y posteriormente deshidratada al sol durante 8 días. Se determinó el contenido de taninos, cafeína, ácidos fenólicos y capacidad antioxidante (FRAP) en la pulpa de café ensilada y deshidratada y en las dietas. La pulpa de café ensilada y deshidratada contenía 1.18 mg g⁻¹ MS de taninos, 30.29 mg g⁻¹ MS de cafeína y tres antioxidantes en mayor proporción: ácido ferúlico (4.25 mg g⁻¹ MS), ácido caféico (4.91 mg g⁻¹ MS) y ácido clorogénico (4.87 mg g⁻¹ MS y 2486.3 nmol Trolox⁻¹ ml de FRAP, mientras que, las dietas establecidas T0 (dieta testigo), T1 (10% de pulpa de café ensilada y deshidratada) y T2 (20% de pulpa de café ensilada y deshidratada) contenían (3.42, 2.06, 2.99 mg g⁻¹ MS) de taninos, de cafeína (0.00, 7.21, 7.27 mg g⁻¹ MS), tres ácidos fenólicos abundantes: clorogénico (5.27, 7.34, 14.98 mg g⁻¹ MS), ferúlico (0.95, 0.98, 1.06 mg g⁻¹ MS) y cafeico (0.00, 0.65, 1.32 mg g⁻¹ MS), FRAP (1396.68, 1386.18, 1415.07 nmol Trolox⁻¹ ml) respectivamente (Cuadro 1).

La prueba de comportamiento se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (19° 29' latitud oeste y 98° 53' latitud norte) donde 36 corderos de la raza Pelibuey, con un peso promedio de 20.4±2.59 kg recién destetados, fueron distribuidos en los siguientes tratamientos de forma aleatoria: T0 = dieta control (n = 12), T1 = dieta con 10% de PCED (n = 12) y T2 = dieta con 20% de PCED (n = 12). El diseño experimental fue completamente al azar. Los ovinos tuvieron 20 días de adaptación a la dieta y posteriormente se alimentaron 60 días con la dieta asignada. Al finalizar el período de engorda en cinco ovinos de cada tratamiento se determinó digestibilidad *in vivo* por 12 días y al finalizar esta prueba los animales fueron sacrificados para determinar las características de la canal, así como las características fisicoquímicas y oxidación de la carne.

Cuadro1. Capacidad antioxidante y composición de ácidos fenólicos de las dietas

	TRATAMIENTOS			EEM	P<F
	T0	T1	T2		
FRAP (nmol Trolox ⁻¹ ml)	1396.68	1386.18	1415.07	41.92	0.8896
Antioxidantes (mg g ⁻¹ MS)					
p-hidrobenzoico	0.23c	0.55b	1.15a	0.029	0.0004
clorogenico	5.27a	7.34a	14.98a	3.94	0.3242
ferulico	0.95b	0.98ab	1.06a	0.018	0.0540
cafeico	0.00c	0.65b	1.32a	0.008	<.0001
siringico	0.12c	0.34b	0.57a	0.022	0.0018
galico	0.09a	0.53a	0.47a	0.212	0.3994
vainillinico	0.19c	0.44b	0.71a	0.024	0.0015
p-cumarico	0.18b	0.28ab	0.33a	0.018	0.0228
Taninos	3.42a	2.06c	2.99b	0.011	<.0001
Cafeína (mg g ⁻¹ MS)	0.00b	7.21a	7.27a	0.105	<.0001

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

a,b,c letras diferentes en fila existe diferencia significativa P<0.05

Espesor de grasa dorsal y área del *Longissimus dorsi*

El espesor de la grasa dorsal y el área del *Longissimus dorsi* fue medido en los 12 ovinos de cada tratamiento con un equipo de ultrasonido; la medida se realizó en posición perpendicular a la línea media dorsal, entre la doceava y treceava costilla (Silva *et al.*, 2005), ésta se midió a los 0, 30 y 60 días de la prueba de comportamiento productivo.

FRAP y TBARS en plasma sanguíneo

Al inicio y final de la prueba de comportamiento productivo se tomaron muestras de sangre de los 12 ovinos de cada tratamiento que fueron centrifugadas a 5 000 rpm por 10 min a 4°C para separar el plasma, este se depositó en tubos de plástico y se almacenó en un ultracongelador a -20°C hasta su análisis. La capacidad antioxidante del plasma se midió usando la técnica de FRAP por Benzie y Strain (1996). Se hicieron curvas patrón con diferentes concentraciones de Trolox (ácido 6-hidroxi-2-5-7-8-tetrametilcroman-2-carboxílico) un equivalente de la vitamina E. El análisis de TBARS (ácido tiobarbitúrico sustancias reactivas) se efectuó de acuerdo a la técnica descrita por Ohkawa *et al.* (1979). Las muestras se leyeron en un espectrofotómetro UV-V15 Thermo Scientific. Los

resultados fueron interpretados como nmol de MDA, que es un subproducto de la peroxidación lipídica.

Determinación de características de la canal

Al término de la prueba de digestibilidad, los ovinos fueron sacrificados después de un ayuno de 12 horas. Una vez desollados y decapitados se retiraron las extremidades y se pesó la grasa mesentérica en una báscula TOR REY, las vísceras de la cavidad torácica y abdominal se pesaron por separado. Se realizó limpieza de las vísceras (rumen e intestinos) para pesar de nuevo y calcular la diferencia del contenido gastrointestinal.

Se realizó la limpieza de la canal y se registró su peso en caliente, el pH y la temperatura con un potenciómetro portátil (HANNA) equipado con un electrodo de penetración digital, de acuerdo a la metodología propuesta por Guerrero *et al.* (2002), en el músculo *Longissimus dorsi* entre la última vértebra torácica y la primera lumbar, directamente en la canal. El procedimiento se repitió después de someter la canal a refrigeración en una cámara a 5°C por 24 h.

El rendimiento de la canal se calculó dividiendo el peso de la canal en caliente o en frío entre el peso al sacrificio x 100. Rendimiento biológico en caliente (PCC/PVV x 100). Rendimiento biológico en frío (PCF/PCC x 100). Dónde: PCC: Peso de canal caliente; PCF: Peso de canal fría; PVV: Peso vacío (Peso corporal vivo – contenido gastrointestinal). La longitud de la canal se tomó directamente de la canal de acuerdo a la metodología descrita por De Boer *et al.* (1974) y grasa mesentérica se pesó en báscula TOR-REY una vez extraída de la canal.

Composición química de la carne

Se determinó el porcentaje de materia seca, cenizas, humedad y proteína cruda en el músculo *Longissimus dorsi* de las muestras a las 24 horas *postmortem* y en muestras congeladas a -4°C de acuerdo a las técnicas de AOAC (1990).

Características físico-químicas de la carne

pH y temperatura del músculo *Longissimus dorsi* (LD)

El pH y la temperatura se midieron usando un potenciómetro (HANNA), se realizaron tres mediciones en la superficie del músculo *Longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem* (cero días) y siete días.

Determinación de color

El color del músculo *LD* se midió a las 24 h *postmortem* en la carne refrigerada a 5°C y a los siete días en la carne congelada -4°C, entre la última vértebra torácica y la primera lumbar utilizando un colorímetro y se registraron valores de CIEL* (luminosidad), a* (índice de rojo) y b* (índice de amarillo).

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se picaron finamente 20 g del músculo de *LD* de las muestras de cada tratamiento a las 24 horas *postmortem* (0 días) y siete días después. Se colocaron 5 g de carne molida en un tubo de centrifuga, posteriormente se añadió a cada tubo 8 ml de solución 0.6 M de NaCl y se agitó con una varilla de vidrio durante un minuto. Enseguida se colocaron los tubos en baño de hielo durante 30 min. Una vez concluido este lapso de tiempo se agitó nuevamente las muestras durante un minuto y se procedió a centrifugar los tubos durante 15 min a 10 000 rpm. Terminado el proceso de centrifugación se decantó el sobrenadante de cada muestra en una probeta y se midió el volumen no retenido de los 8 ml de solución de NaCl. Finalmente se calculó la cantidad de solución retenida por 100 g de muestra (Guerrero *et al.*, 2002).

Perfil de textura (esfuerzo al corte)

El perfil de textura se efectuó en carne fresca de *Longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem* (0 días) y siete días, mediante la prueba de resistencia al corte usando una navaja de Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 empleando una velocidad de 5mm s⁻¹ a una distancia de ruptura de 40 mm, con fuerza de corte de 0.918 N en un tiempo de 2 s. Las muestras se cortaron en cubos de carne cruda de 1cm³ y se colocaron transversalmente al filo de la navaja (Guerrero *et al.*, 2002).

FRAP y TBARS en carne

La carne de los ovinos se almacenó en un ultracongelador a -20°C hasta su posterior análisis. Se realizó la técnica de Bradford (1976) para determinar el porcentaje de proteína verdadera de la carne a las 24 horas postmortem (0 días) y 7 días, posteriormente se determinó la capacidad antioxidante mediante la técnica de FRAP por Benzie y Strain (1996), así como también se efectuó la técnica de TBARS descrita por Ohkawa *et al.* (1979) en las mismas muestras. Se reportaron los resultados de FRAP en $\text{nmol de troloxmg}^{-1}$ de proteína y los de TBARS en $\text{nmol de MDA mg}^{-1}$ de proteína.

Análisis Estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar para tres tratamientos: testigo, 10% de PCED y 20% de PCED con el siguiente modelo matemático: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, donde: Y_{ij} = variable de respuesta en tratamiento i -ésimo, repetición j -ésimo, μ = media general, τ_i = efecto del tratamiento i -ésimo, ϵ_{ij} = error aleatorio, para las variables FRAP y TBARS en plasma sanguíneo y carne ($n=12$) así como para las características de la canal y composición química ($n=5$) usando PROC GLM.

Para grasa y área dorsal del LD ($n=12$), y las características físico-químicas de la carne (5) se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo con el siguiente modelo matemático: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{j(i)} + P_k + (tP)_{ik} + \epsilon_{ijk}$, donde: Y_{ijk} = variable de respuesta en observación k , repetición j , tratamiento i , μ = media general, τ_i = efecto del tratamiento i -ésimo, $\delta_{j(i)}$: error aleatorio asociado con el j -ésimo animal dentro del i -ésimo tratamiento, P_k : efecto del k -ésimo periodo, $(tP)_{ik}$: interacción tratamiento x periodo, ϵ_{ijk} = error aleatorio asociado con k -ésima medida repetida dentro del j -ésimo animal y PROC MIXED.

Las medias se compararon con la prueba de Tukey utilizando la versión SAS 9 (2002).

RESULTADOS

Espesor de grasa dorsal y *Longissimus dorsi*

No se encontraron diferencias ($P>0.05$) en el espesor de la grasa dorsal y área del *Longissimus dorsi* entre tratamientos, pero sí entre los diferentes tiempos en que se midió,

ya que la grasa dorsal aumentó al tener mayor edad los animales. Tampoco se observaron diferencias ($P>0.05$) en la interacción tratamiento x tiempo (Cuadro 2).

FRAP y TBARS en plasma sanguíneo

La concentración de FRAP en plasma sanguíneo no fue diferente ($P<0.05$) al inicio y al final de la prueba de comportamiento para T0 y T1, pero distinto a T2, el T2 presentó la mayor capacidad antioxidante. Por otra parte, los valores de TBARS fueron similares ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 2. Espesor de grasa dorsal y área del *Longissimus dorsi*

VAR	PERIODO 1 (0 días)				PERIODO 2 (30 días)				PERIODO 3 (60 días)				TRAT	PERIODO	TRAT * PERIODO
	TRATAMIENTOS			EEM	TRATAMIENTOS			EEM	TRATAMIENTOS			EEM			
	T0	T1	T2		T0	T1	T2		T0	T1	T2				
GRASA DORSAL (cm)	1	1	1	0.07	2	2	1	0.06	2	2	2	0.1	0.1132	<.0001	0.1953
AREA LD (cm ²)	480.36	496.08	499.33	29.72	679.82	707.58	650.83	28.46	826.73	833.17	771.00	28.46	0.4986	<.0001	0.4416

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada, LD: Longissimus Dorsi, TRAT: tratamiento.

Cuadro 3. FRAP Y TBARS en plasma sanguíneo de ovinos Pelibuey

PLASMA	VI	TRATAMIENTOS			EEM	P<F
		T0	T1	T2		
FRAP (nmol Trolox ml ⁻¹)	415.00b	457.65ab	459.08ab	519.06a	21.99	0.0075
TBARS (nmol MDA ml ⁻¹)	4.160a	5.643a	6.294a	10.442a	1.80	0.0990

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada. VI: Valor Inicial a,b letras diferentes en hileras existe diferencia significativa(P>0.05).

Características de la canal

Al determinar pH al sacrificio y *postmortem*, el peso, temperatura y rendimiento de la canal caliente y fría, así como peso de la grasa mesentérica y longitud de la canal solo se presentaron diferencias ($P < 0.05$) en la temperatura de la canal caliente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características de la canal de ovinos Pelibuey alimentados con pulpa de café

VARIABLE	TRATAMIENTOS			EEM	P<F
	T0	T1	T2		
Peso al sacrificio (kg)	36.07	35.20	33.72	0.871	0.2247
Peso canal caliente (kg)	17.70	17.32	16.03	0.544	0.1386
Peso canal fría (kg)	17.07	16.76	15.52	0.497	0.1251
Rendimiento canal caliente (%)	49	49.18	47.54	0.195	0.4460
Rendimiento canal fría (%)	47.35	47.60	46.03	0.918	0.4611
Grasa mesentérica (Kg)	0.55	0.50	0.19	0.139	0.1955
pH (sacrificio)	6.27	6.21	6.32	0.113	0.7757
pH (<i>postmortem</i>) 24h	6.02	5.59	5.43	0.235	0.2488
Temperatura caliente °C	18.05b	18.56a	18.32ab	0.111	0.0250
Temperatura fría °C	12.52	14.22	12.40	0.598	0.0896
Longitud de la canal (cm)	57.5	56.00	55.62	1.160	0.5222

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

a,b letras diferentes en hileras existe diferencia significativa ($P > 0.05$).

Composición química de la carne

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en la composición química de la carne, con valores promedio para humedad, proteína y cenizas de 74.36, 21.84 y 4.22%, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Composición química de la carne de ovinos Pelibuey alimentados con pulpa de café

VARIABLE (%)	TRATAMIENTOS			EEM	P<F
	TO	T1	T2		
Humedad	74.16	73.72	75.22	1.411	0.7433
Proteína	21.52	21.85	22.15	0.201	0.1266
Cenizas	4.23	4.05	4.39	0.135	0.2144

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada.

Características físico-químicas de la carne

pH y temperatura de *Longissimus dorsi*

No se observaron diferentes valores ($P > 0.05$) para pH entre tratamientos, pero si hubo un efecto en el tiempo (cero y siete días), de 6.24 a las 24 horas *postmortem* (0 días) bajó a 5.67 a los siete días de almacenamiento, sin que se encontraran diferencias en la interacción tratamiento x tiempo ($P > 0.05$). En cuanto a la temperatura en las muestras, fue mayor a los siete días de almacenamiento con efecto en los tratamientos, tiempo (cero y siete días) e interacción tratamiento x tiempo ($P < 0.05$) (Cuadro 6).

Determinación de color

Los valores de L^* y b^* en los tratamientos analizados (T0, T1, T2) fueron similares ($P > 0.05$) a los siete días de almacenamiento, no hubo efecto en la luminosidad y el índice de color amarillo de las muestras del músculo *Longissimus dorsi* debido a los tratamientos, sin embargo en el índice de color rojo (a^*) se presentó un efecto entre tratamientos, tiempo, e interacción tratamiento x tiempo ($P < 0.05$), en los tratamientos con PCED aumentó el índice de color rojo, mientras que en el tratamiento testigo (T0) disminuyó al transcurrir siete días de almacenamiento (Cuadro 6).

Capacidad de retención de agua (CRA)

La PCED suministrada a los ovinos tuvo efecto ($P > 0.05$) en la CRA del *Longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem* y después de siete días de almacenamiento (Cuadro 6).

Perfil de textura (esfuerzo al corte)

En esfuerzo al corte no se obtuvo diferencia estadística ($P>0.05$) entre los tratamientos ni a través del tiempo e interacción tratamiento x tiempo. La PCED y los siete días de almacenamiento no afectaron la textura de la carne (Cuadro 6).

FRAP y TBARS en carne

En la carne se determinó FRAP y TBARS a las 24 horas *postmortem* (0 días) y 7 días, se encontró que no hubo diferencias ($P>0.05$) en FRAP en ninguno de los tratamientos, ni en el tiempo (cero y siete días) e interacción tratamiento x tiempo. La capacidad antioxidante hasta el día siete se mantuvo estable, mientras que en TBARS, aunque no hubo efecto en los tratamientos, en el tiempo (cero y siete días) si se presentó diferencia ($P<0.05$) ya que la oxidación en todos los tratamientos aumentó al transcurrir los siete días de almacenamiento, no obstante en la interacción tratamiento x tiempo no se presentó efecto la oxidación de la carne se presentó por igual en los tres tratamientos analizados (Cuadro 7).

Cuadro 6. Características físico-químicas de la carne de ovinos alimentados con pulpa de café.

Carne	PERIODO 1 (0 días)				PERIODO 2 (7 días)				TRAT	PERIODO	TRAT *PERIODO
	TRATAMIENTOS				TRATAMIENTOS						
	T0	T1	T2	EEM	T0	T1	T2	EEM			
pH	6.27	6.17	6.30	0.18	6.00	5.57	5.46	0.18	0.2596	0.0007	0.2927
Temperatura °C	17.97	18.55	18.32	0.25	21.81a	20.98a	19.81b	0.25	0.0285	<.0001	0.0019
Color											
L*	37.72	38.93	39.57	1.69	36.95	39.78	43.56	1.69	0.2013	0.1152	0.0971
a*	20.70	20.16	20.83	0.63	19.50b	21.26ab	23.49a	0.63	0.0299	0.0988	0.0266
b*	6.04	5.00	4.91	19.6	3.52	4.98	7.71	19.6	0.2965	0.9047	0.0375
CRA (ml/100g de carne)	61.08	46.13	42.86	19.94	56.19	26.36	35.97	19.94	0.6698	0.0952	0.5112
Textura (g/cm ²)	2388.28	2597.63	2483.40	339.53	2668.01	2307.50	2675.39	339.53	0.9412	0.7841	0.4990

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada, TRAT: tratamiento.
a, b: Letras distintas en la misma fila indican diferencias

Cuadro 7. FRAP y TBARS en carne de ovinos Pelibuey.

Carne	PERIODO 1 (0 días)				PERIODO 2 (7 días)				TRAT	PERIODO	TRAT *PERIODO
	TRATAMIENTOS				TRATAMIENTOS						
	T0	T1	T2	EEM	T0	T1	T2	EEM			
FRAP (nmol Trolox mg de proteína)	31.47	31.75	33.66	7.70	39.08	43.96	46.22	7.70	0.8331	0.0910	0.9360
TBARS (nmol MDA mg de proteína)	0.41	0.47	0.52	0.10	4.74	4.23	5.18	2.66	0.9635	0.0162	0.9668

T0: Testigo, T1: 10% de pulpa de café ensilada y deshidratada, T2: 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada, TRAT: tratamiento.

DISCUSIÓN

Espesor de grasa dorsal y *Longissimus dorsi*

El espesor de grasa dorsal y el área del *Longissimus dorsi* no se vio afectado con la inclusión de pulpa de café ensilada y deshidratada en las dietas. Poornahavandi y Zamiri (2008) mencionan que al administrar 80 mg de cafeína y 100 mg de efedrina a corderos, la carne y la grasa interna disminuyen pero en esta investigación no disminuyó la grasa en el área del *Longissimus dorsi* en comparación con el testigo. Krueger *et al.* (2010) al usar taninos comerciales en una dieta para novillos tampoco encontraron efecto en el área del ribeye y en el espesor de la grasa dorsal de la 12^{ava} costilla.

FRAP Y TBARS en plasma sanguíneo

El testigo tuvo un valor similar a las dietas con pulpa de café en la capacidad antioxidante debido a que al inicio del experimento las tres dietas contenían la misma capacidad antioxidante, no obstante todos los ácidos fenólicos encontrados fueron mayor en el T2, motivo por el cual pudo ser mayor el valor de trolox en el plasma del T2. Kuskoski *et al.* (2005) determinaron la capacidad antioxidante de las pulpas de frutos comerciales congelados por los métodos ABTS y DPPH y encontraron que la capacidad antioxidante está correlacionada con el contenido de compuestos fenólicos y antocianos. La capacidad antioxidante en el T2 fue mayor debido a que todos los ácidos fenólicos que se detectaron en las dietas se encontraron en mayor cantidad en el T2 a excepción del ácido gálico.

Los valores de TBARS fueron similares en todos los tratamientos y no cambió su valor final con respecto al valor inicial, en todos los tratamientos se tuvieron se mantuvieron las mismas condiciones de oxidación la PCED no evitó que se oxidara el *Longissimus dorsi* a los siete días de almacenamiento, pero el porcentaje de inclusión de PCED hizo más lento el proceso en comparación con los resultados que reportan Salinas *et al.* (2014) quienes encontraron valores de 4.49 (nmol mL⁻¹) en la dieta testigo, 4.36 (nmol mL⁻¹) en la dieta con 8% de pulpa de café ensilada y deshidratada y 3.55 (nmol mL⁻¹) en la dieta con 16% de pulpa de café ensilada y deshidratada. El encontrar un efecto similar en los tres tratamientos en TBARS pudo deberse a que los valores de dos ácidos abundantes ácido

clorogénico y ácido ferúlico presentes en la dieta se encontraron en niveles iguales y a que ambos tienen poder antioxidante y pueden inhibir la peroxidación de Lípidos (Fauld *et al.*, 1997).

Características de la canal

En el peso y rendimiento de la canal caliente y fría, pH al sacrificio y *postmortem*, así como la longitud de la canal y temperatura en canal fría, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en ninguno de los tratamientos a excepción de la temperatura caliente donde sí se presentó efecto ($P < 0.05$).

La pulpa de café no modificó el pH de la carne al momento del sacrificio y a las 24 hrs *postmortem* en relación al grupo control. Valores similares de pH reportan Resendiz *et al.* (2011) (6.5 y 5.6) al incluir alfalfa que contiene antioxidantes, en las dietas y Ayala (2013) al incluir taninos y vitamina E en las dietas (6.00 y 5.6) en pH al sacrificio y *postmortem*. Los valores de pH encontrados en este estudio están dentro del rango normal e indican que los ovinos no estuvieron bajo estrés ambiental previo al sacrificio ya que pH y estrés están relacionados (Torrescano *et al.*, 2008). En cuanto a la diferencia de temperatura en la canal caliente, la cual fue mayor en el T2 con 20% de pulpa de café ensilada y deshidratada pudo deberse al grado de inclusión de pulpa de café en las dietas ya que Majdoub-Mathlouthi *et al.* (2013) mencionan que el grado de inclusión de concentrado y los pesos al sacrificio no afectan el pH pero sí la temperatura de la canal caliente.

El hecho de no haber observado diferencias en el rendimiento de la canal en este estudio pudo deberse a la cantidad de taninos empleados. Alberti (2005) tampoco encontró diferencias en el rendimiento de la canal entre tratamientos al incluir en la dieta de terneros vitamina E, al igual que Resendiz *et al.* (2011) que al incluir en sus dietas alfalfa, un forraje con un contenido alto en taninos no encontraron diferencias en el peso de la canal y el rendimiento con un peso promedio de 19.3 kg en peso de la canal y 54.4 % de rendimiento.

Frutos *et al.* (2004) observaron que los pesos de los componentes gastrointestinales vacíos, la piel y los depósitos de grasa en la canal de corderos en finalización, no fue diferente

entre el control y el tratamiento con taninos hidrolizables (HT). Además el peso de la canal vacía de los corderos no fue diferente entre el control y HT.

La administración de pulpa de café ensilada y deshidratada no afectó las características de la canal debido a la cantidad de antioxidantes que posee, aunque su efecto depende del tipo de taninos, forraje y la concentración empleada (Velázquez, 2013)

Composición química de la carne

Los valores de humedad, proteína y cenizas de esta investigación son superiores a los que reportan Salinas-Rios et al., 2014 quien también empleo en sus dietas pulpa de café ensilada y deshidratada, no obstante los valores que utilizaron 8% y 16% de PCED en la dieta fueron menores a los de este estudio, sin embargo, son similares a los de Resendiz 2011 (77.3 en humedad, 21.2 en proteína, 4.2 de cenizas) quien empleo en sus dietas diferentes niveles de alfalfa, forraje con antioxidantes, aunque, Poornahavandi y Zamiri (2008) reportaron que al incluir 80 mg de cafeína y 8 mg de efedrina se incrementa el contenido de proteína en el extracto seco de la carne, en esta investigación no se observó, al igual que lo reportado por Salinas *et al.* (2015).

Características físico-químicas de la carne

pH y temperatura de Longissimus dorsi

No se encontraron diferencias entre tratamientos en los valores de pH, sin embargo, en los diferentes tiempos en que se midió, se encontraron diferencias y a los siete días en todos los tratamientos fue menor. Zhang *et al.* (2013) no reportan diferencias en el pH de la carne envasada al vacío a 4°C en sus tratamientos al emplear extractos de regaliz como suplemento antioxidante, pero sí a través del tiempo (0, 2, 4, 6 Y 8 días). La disminución del pH a través del tiempo (cero y siete días) observada en este estudio pudo deberse a la transformación de glucógeno a ácido láctico por glucólisis anaerobia (Carballo *et al.*, 2001). Los valores de pH encontrados en el presente trabajo fueron superiores a 6.00 a las 24 horas *postmortem* (0 días), lo que indica que los animales no estuvieron bajo un estrés ambiental previo al sacrificio ((Torrescano *et al.*, 2008). En relación a la temperatura, ésta fue diferente entre tratamientos y en el tiempo ($P < 0.05$), la temperatura fue mayor a al transcurrir siete días de almacenamiento, teniendo el más alto valor a el tratamiento testigo.

Zhang *et al.* (2013) también observaron que la mayor temperatura es mayor la tuvo el tratamiento testigo, además de un efecto debido al tiempo. El que la carne de ovinos alimentados con PCED fuera menor en comparación con el tratamiento testigo, indica que la temperatura de la carne de animales que recibieron PCED en su dieta, se mantuvo más estable, esto es importante ya que se ha encontrado una relación entre la vida útil de un producto y la temperatura del mismo (López *et al.*, 2013), y que ésta disminuye considerablemente a medida que se incrementa la temperatura.

Determinación de color

En este estudio la luminosidad e índice de amarillo permanecieron constantes hasta los siete días de almacenamiento de la carne, mientras que los valores de a^* aumentaron en los tratamientos con PCED en comparación con el testigo. Luciano *et al.* (2009) señalan que al alimentar ovinos con plantas frescas y dietas ricas en antioxidantes, la canal tiende a tener valores más altos de enrojecimiento (a^*) durante el tiempo de almacenamiento, ya que la oxidación de la mioglobina disminuye, asegurando la estabilidad del color y una mejor apariencia de la carne. Du *et al.* (2002) mostraron valores superiores de a^* (enrojecimiento) en muslos de pollo después de almacenarlos por 7 días a 4 °C, estos animales fueron alimentados con 10% de sorgo rico en taninos, el efecto antioxidante de los taninos en la dieta puede mejorar la carne de diferentes especies. Por su parte, Ayala (2013) quien incluyó en la dieta de corderos follaje de Guácimo como fuente de taninos en diferentes porcentajes encontró diferencias entre las los tratamientos, valores superiores de L^* , a^* y b^* en dietas que incluían taninos pero al pasar los días de almacenamiento de la carne no encontró diferencias con respecto al valor inicial. . Los índices a^* y b^* determinan el deterioro en el color de la carne de rojo a marrón y la concentración de mioglobina en la carne (Mncini y Hunt, 2005). La inclusión de pulpa de café en la dieta de ovinos mejoró el color rojo de la carne a los siete días de almacenamiento y no afectó el índice de amarillo y luminosidad en el músculo *Longissimus dorsi*, debido posiblemente a la presencia de taninos en la PCED empleada en esta investigación, ya que se ha encontrado que los taninos mantienen estable el color de la carne y hacen más lento su proceso de oscurecimiento (Alberti *et al.*, 2005; Nasri *et al.*, 2012).

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA no fue diferente entre el testigo y las dietas con PCED. Alberti (2005) tampoco encontró diferencias en terneros al adicionar vitamina E en sus dietas. Zhang *et al.* (2013) no observaron diferencias al emplear extractos de regaliz como suplemento antioxidante de ovinos usando la técnica de goteo. Resendiz 2011 tampoco encontró diferencias en la carne al emplear alfalfa en la dieta de ovinos Pelibuey. La pulpa de café no retuvo más o menos agua en la carne de los ovinos en comparación con el tratamiento testigo. El almacenamiento de siete días no afectó la CRA por pérdidas de agua, Zhong *et al.* (2009) mencionan que los antioxidantes en la dieta podrían disminuir la pérdida de agua por goteo en la carne, ya que también regulan la degradación de proteínas mediante la mejora de la actividad de la calpaína, que se asocia con las pérdidas de agua de la carne (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005; Tomisaka *et al.*, 2010).

Perfil de textura (esfuerzo al corte)

El esfuerzo al corte fue similar en los tres tratamientos, sin que lo afectara el tiempo de almacenamiento. Alberti *et al.* (2005) no encontró diferencias entre sus tratamientos al incluir antioxidantes, flavonoides y vitamina E en la dieta de terneros al igual que Resendiz 2011 quien empleo en sus dietas para ovinos Pelibuey alfalfa un forraje que posee antioxidantes. Contrario a lo reportado por Moran *et al.* (2012) quienes encontraron menor esfuerzo al corte en la carne de corderos, en las dietas en las que empleo ácido carnósico y en las dietas con vitamina E que en el grupo testigo. No obstante la edad y el peso al sacrificio influyen en el esfuerzo al corte (Purchas *et al.*, 2002), la resistencia al corte es menor en animales jóvenes por la menor proporción de tejido conectivo (Lawrie y Ledward, 2006). La alimentación con pulpa de café ensilada y deshidratada no afectó la apariencia y textura de la carne, ni el esfuerzo al corte.

FRAP Y TBARS en carne de ovinos Pelibuey

La capacidad antioxidante en la carne en las tres dietas fue similar después de siete días de almacenamiento. Los niveles de FRAP permanecieron estables en los siete días de almacenamiento posiblemente a que se presentaron los mismos compuestos antioxidantes en las dietas analizadas a excepción del ácido cafeico que no se presentó en la dieta testigo. Aunque no se presentaron en la misma proporción los ácidos fenólicos en las dietas no influyeron los niveles de ácidos fenólicos de las dietas en los resultados de FRAP en

Longissimus dorsi ya que la capacidad antioxidante de una mezcla no depende solo de la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes, también depende del tipo de compuestos de antioxidantes que posee la mezcla y del ambiente donde se encuentren, de esta forma los compuestos interactúan produciendo efectos sinérgicos o inhibitorios (Prior *et al.*, 1999; Rice-Evans *et al.*, 1996; Robards *et al.*, 1999) el ambiente ruminal de los ovinos de este experimento pudo influir en los resultados del *Longissimus dorsi*. Ensayos *in vivo* se ha reportado que pueden presentar inconvenientes, como la adaptabilidad en respuesta al aumento del estrés oxidativo (Kuskoski *et al.*, 2005; Satue-Gracia *et al.*, 1997) lo que podría afectar las características de la canal e incluso influir en la oxidación de la carne. Los valores de TBARS en el *Longissimus dorsi* en el día cero y siete en los tratamientos se comportaron de la misma forma, sin embargo, al día siete los valores de TBARS incrementaron en todos los tratamientos, Moran *et al.* (2012) encontraron que al alimentar ovinos con vitamina E los valores de TBARS fueron menores en comparación con el grupo testigo en los músculos, *Longissimus lumborum* y *Gluteus medius* en diferentes períodos de almacenamiento (0, 7 y 14 días). Sin embargo, al adicionar pulpa de café ensilada y deshidratada no se observó este efecto ya que no se encontraron diferencias en los tratamientos debido posiblemente a que el LD que se analizó era de animales que estuvieron en una prueba *in vivo* previa al sacrificio.

CONCLUSIÓN

La inclusión de pulpa de café ensilada y deshidratada en un 20% en la dieta de ovinos puede ser empleada sin presentar efectos negativos, ya que los compuestos fenólicos con capacidad antioxidante y los taninos que contiene no afectan las las características de la canal o las características físico-químicas como capacidad de retención de agua, textura y la oxidación de la carne, sin embargo, incrementan el valor del índice de color rojo en el músculo *Longissimus dorsi* y mantienen una temperatura menor en el *Longissimus dorsi* que la del testigo, además de mantener la luminosidad e índice de amarillo al transcurrir siete días de almacenamiento.

LITERATURA CITADA

Albertí P., G. Ripoll, I. Casasús, M. Blanco, J.L.G. Chapullé y J. Santamaría. 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros. *Información Técnica Económica Agraria*. 101 (2) 91-100.

AOAC - Association of Official Analytical Chemist. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. AOAC, Washington, D.C.

Armenta L., G.E., M.T. Sumaya M., M. Spanopoulos H., R. Balois M, M. Sánchez H and E. Jiménez R. 2015. Inclusion of natural antioxidant compounds in fish feeds to counteract oxidative stress. *Inclusión de compuestos antioxidantes naturales en dietas para peces para contrarrestar el estrés oxidativo*. *Rev. Bio Ciencias*. 3 (2): 68-78

Ayala M., M.A. 2013. *Inclusión de taninos en la dieta de ovinos en finalización: respuesta en calidad de la carne*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. p.55

Benzie I. F. F. and J.J. Strain. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol*. 299:15-27.

Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*.72: 248-254.

Carballo B., T.G. López y A. Madrid. 2001. *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. Madrid. Ed. Mundi-Prensa. pp 320.

Channon H.A. and G.R. Trout. 2002. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Sci.* 62: 9-17.

De Boer H., B.L.Dumont, R.W. Pomeroy and T.H Weniger. 1974. Manual on E.A.A.P. reference Methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livestock Prod. Sci.* 1: 151-164.

Du M., G. Cherian., P.A.Stitt and D.U. Ahn. 2002. Effect of dietary sorghum cultivars on the storage stability of broiler breast and thigh meat. *Poultry Sci.* 81: 1385–1391.

Estevez M. and M. Heinonen. 2010. Effect of phenolic compounds on the formation of alpha-amino adipic and gamma-glutamic semialdehydes from myofibrillar protein oxidized by copper, iron and myoglobin. *J. Agric. Food Chem.* 58 (7): 4448-4455.

Faulds C.B., B. Bartolomé and G. Williamson. 1997. Novel biotransformations of agro-industrial cereal waste by ferulic acid esterases. *Industrial Crops and Products.* 6: 367–374.

Frontela C., R. Canali and F. Virgili. 2010. Use of dietary phenols to modulate inflammatory bowel response. *Gastroenterología y Hepatología.* 33 (4): 307–312.

Frutos P., M. Raso, G. Hervás, A.R. Mantecón, V. Pérez and F. Giráldez. 2004. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs. *Anim. Res.* 53: 127–136.

Gülcin I. 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3, 4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology.* 217: 213-220.

Guerrero I, E. Poncey M.L. Pérez. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa, México, D.F.

Huff-Lonergan E. and S.M. Lonergan. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* 71, 194–204.

Kuskoski E. M., A. G. Asuero, A. M. Troncoso, J. Mancini-Filho and R. Fett. 2005. Aplicación DE diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas.* 25(4): 726-732.

Krueger W.K., H. Gutierrez-Bañuelos, G.E. Carstens, B.R.Min, W.E. Pinchak, R.R.Gomez, R.C. Anderson, N.A. Krueger and T.D.A. Forbes. 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159: 1–9

Morán L., S. Andrés., B. Raúl, N. Priorto and F. J. Giráldez. 2012. Meat texture and antioxidant status are improved when carnosic acid is included in the diet of fattening lambs. *Meat Sci.* 91 430–434

Larraín R.E., D.M. Schaefer, M.P. Richards and J.D. Reed. 2008. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sci.*79: 656–665

Lawrie R.A. and Ledward. 2006. *Lawries meat science.* Woodhead Publishing. Seventh ed. Cambridge. England.

Luciano G., F.J. Monahan, V. Vasta, L. Biondi, M. Lanza and A. Priolo. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci.* 81: 120-125.

Majdoub-Mathlouthi L., B. Saïd, A. Say and K. Kraiem. 2013. Effect of concentrate level and slaughter body weight on growth performance, carcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed oat hay based diet. *Meat Sci.* 93 (3): 557-563

Mancini R. A. and Hunt M. C. 2005. Current research in meat color. *Meat Sci.* 71: 100–121.

Mitsumoto M., R.G. Arnold, D.M. Schaefer and R.G.Cassens, 1995. Dietary vitamin E supplementation shifted weight loss from drip to cooking loss in fresh beef Longissimus during display. *J. Anim. Sci.* 73: 2289-2294.

Nasri S., G. Luciano, V.Vasta, D. Aouadi, A. Priolo, H.P.S. Makkar and H. Ben Salem. 2012. Effect of *Quillaja saponaria* dietary administration on colour, oxidative stability and volatile profile of muscle Longissimus of Barbarine lamb. *Meat Sci.* 92: 582–586.

Ohkawa H., N. Ohishi and K. Yagi. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* 95: 351–358.

Priolo A. and V. Vasta V. 2007. Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. *Italian J. Anim. Sci.* 6 (1): 527-530.

Poornahavandi H.R. and Zamiri M.J. 2008. Effects of ephedrine and its combination with caffeine on body composition and blood attributes of fat-tailed Mehraban lambs. *Iranian J. Vet. Res.* 9:51-58.

Prior R.L. and G. Cao. 1999. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Rad. Biol. Med.* 27: 1173-1181.

Purchas R.W., A.G.S Sobrinho, D.J. Garrick and K.I. Lowe. 2002 Effects of age at slaughter and sire genotype on fatness, muscularity, and the quality Of meat from ram lambs born to Romney ewes. *NZ J. Agric. Res.* 45:77-86.

Resendiz C.V. 2011. Finalización de borregos Pelibuey utilizando dietas con diferentes niveles de alfalfa: respuesta en producción y calidad de carne. Tesis de Maestría. Posgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Edo de México. 67pp.

Restrepo-Sánchez D.C., C.E. Narváez-Cuenca and L.P. Restrepo-Sánchez. 2009. Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. *Química Nova.* 32:1517-1522.

Rice-Evans C.A., N.J. Miller and G. Papaganda. 1996. Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol. Med.* 20:933-956.

Robards K.P.D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitang and W. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.* 66: 401-436.

Salinas-Rios T., M.T. Sánchez-Torres-Esqueda, J. Hernández-Bautista, A. Díaz-Cruz, C. Nava-Cuellar, M.E. Ortega-Cerrilla, J.L. Cordero-Mora, H. Vaquera-Huerta and J.L.F. Velasco. 2014. Carcass characteristics, physicochemical changes and oxidative stress indicators of meat from sheep fed diets with coffee pulp. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66: 1901-1908.

Satué-Gracia M.T., M. Heinonen and E.N. Frankel. Anthocyanin as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3362-3367, 1997.

Silva S.R., M.J Gomes, A. Silva, L.F. Gil and J.M. Azevedo. 2005. Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by realtime ultrasonography. *J. Anim. Sci.* 83:350-357

Sroka Z. and W. Cisowski. 2003. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food Chem. Toxicol.* 41:753-758.

Tomisaka Y., A.M. Ahhmed, S. Tabata, S. Kawahara, and M. Muguruma. 2010. Changes in water-holding capacity and textural properties of chicken gizzard stored at 4 °C. *Anim. Sci. J.* 81:362–368.

Torrescano U, G.R., E.A Sanchez, M.N.F. González y A.J.P Camou.2008. Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal en animales de abasto. *NECAMEH* 2: 78-94.

Van Soest P. J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and no starch polysaccharides in relation to nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

Vasta V., A. Priolo, M. Scerra, K. Hallett, J. Wood and O. Doran. 2009 $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Sci.* 82: 357-364.

Zhang Y., L. Hailing, Y. Chen, L. Yan, Y. Chang, L. Jiao and K. Liu. 2013. Effects of liquorice extract on the pH value, temperature, drip loss, and meat color during aging of Longissimus dorsi muscle in Tan sheep. *Small Rumin. Res.* 113: 98–102.

CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

La pulpa de café ensilada con 5% de melaza y deshidratada bajo el sol puede ser empleada en la alimentación de ovinos ya que el ensilaje y la deshidratación no afectan el valor nutritivo de la pulpa de café, el comportamiento productivo, la digestibilidad, las variables ruminales, características de la canal, características físico-químicas y oxidación del *Longissimus dorsi*. A pesar de que el nivel de cafeína no disminuyó con el ensilaje se mantuvieron los índices L* y b, además de aumentar el índice de color rojo a través del tiempo.

La pulpa de café estabiliza el color de la carne debido al contenido de compuestos fenólicos y taninos presentes en ésta. Se recomienda hasta un 20% de inclusión en la dieta de ovinos Pelibuey sin que se afecte su comportamiento productivo.

Es importante realizar otras investigaciones incluyendo más tratamientos con otros niveles de inclusión de pulpa de café ensilada y deshidatada, para encontrar el nivel óptimo de inclusión en dietas para ovinos Pelibuey. También es importante evaluar la capacidad de la pulpa de café fresca al proporcionarla en dietas para ovinos en el contenido de antioxidantes, y cómo afectan éstos el comportamiento productivo, digestibilidad, características de la canal, oxidación y vida de anaquel.