

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Suplementación con pulpa de café deshidratada en vacas lecheras y su efecto sobre producción, calidad de leche y costos de la dieta.

Ana Laura Fernández Navarro

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2019

Esta tesis fue aprobada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

M.Sc. Augusto Rojas Bourillon

Director de Tesis

Lic. Carlos Campos Granados

Miembro del Tribunal

Lic. Jimmy Porras Barrantes

Miembro del Tribunal

M.Sc. Roger Molina Coto

Miembro del Tribunal

M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo

Director de Escuela

Ana Laura Fernández Navarro

Sustentante

DEDICATORIA

A mi mamá y a mi papá por su guía, por su apoyo incondicional, motivación y ejemplo del día a día para salir adelante, sin importar las circunstancias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida y a Dios por brindarme salud, permitirme encontrar mi pasión y permitirme cada día hacer lo que me gusta.

A mis papás, Lourdes y Claudio, por su amor y apoyo incondicional, sus consejos y por estar ahí siempre que los he necesitado, ya que sin ellos nada de esto sería posible.

A mis compañeros y amigos de Zootecnia que hicieron estos años de estudio divertidos.

A todos los profesores de la Escuela de Zootecnia, por haber sido parte importante en mi proceso de formación como profesional y el apoyo brindados durante estos años como estudiante.

Al profesor Augusto Rojas y profesor Carlos Campos, por haberme permitido realizar este trabajo, por guiarme y apoyarme.

A Jimmy Porras y a CoopeTarrazú por brindarme la oportunidad de cooperar con este trabajo y por la ayuda brindada a lo largo del proyecto.

A los hermanos Leiva, por permitirme realizar el experimento en su finca y con sus animales y por su apertura al proyecto.

Al personal de la finca La Florida por ayudarme con el trabajo en la finca y su calidez humana.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
Portada.....	i
Hoja de Aprobación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Anexos.....	ix
Resumen.....	x
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
a. General.....	3
b. Específicos.....	3
Revisión de literatura.....	4
1. Procesamiento del café y de la pulpa deshidratada de café.....	4
2. Composición nutricional de la pulpa deshidratada de café.....	6
3. Uso de pulpa café deshidratada en alimentación de bovinos.....	10
4. Costos de dietas con pulpa de café.....	12
Materiales y Métodos.....	13
1. Procedimiento general y tratamientos.....	13

2. Variables a evaluar.....	14
3. Unidad experimental.....	15
4. Descripción del análisis de varianza.....	15
Resultados y Discusión.....	18
1. Contenido nutricional de la pulpa de café deshidratada.....	18
2. Contenido nutricional de las dietas de vacas en producción.....	21
3. Producción de leche.....	25
4. Calidad de leche.....	29
5. Nitrógeno ureico en leche.....	33
6. Costos de la dieta.....	35
Conclusiones y Recomendaciones.....	36
Literatura Citada.....	37
Anexos.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Composición nutricional de la pulpa de café.....	6
2	Constituyentes de paredes celulares y polisacáridos estructurales en la pulpa de café deshidratada.	7
3	Composición mineral de la pulpa de café deshidratada.....	8
4	Parámetros reproductivos promedio de los grupos en tratamiento al inicio y final de la etapa experimental.....	15
5	Composición química de la pulpa de café deshidratada	18
6	Fraccionamiento de la proteína de la pulpa de café deshidratada por el Método Cornell (CNCPS) comparada con la cascarilla de soya.....	20
7	Composición nutricional de los alimentos utilizados en las dietas de los animales durante el periodo experimental.	22
8	Consumos promedio de la ración suministrada en canoa de acuerdo a los diferentes tratamientos para las vacas de producción del ensayo.....	23
9	Concentración nutricional promedio de la dieta total diaria de los animales en lactancia.....	24
10	Valores de las variables evaluadas en los tres grupos experimentales.....	26
11	Costos promedio de cada dieta para los diferentes tratamientos.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Titulo	Página
1	Partes del fruto de café (<i>C. arábica</i>).....	4
2	Procesamiento del grano de café y sus subproductos.	5
3	Disponibilidad de pasto pre-pastoreo y post pastoreo y estimación de consumo de MS diaria por animal de forraje en pastoreo.....	24
4	Producción de leche promedio por tratamiento.....	27
5	Porcentaje promedio de sólidos totales, grasa, proteína y lactosa promedio en leche por tratamiento.....	30
6	Porcentaje de nitrógeno ureico en leche promedio por tratamiento.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro	Titulo	Página
1	Balance nutricional tratamiento control.....	43
2	Balance nutricional tratamiento 1.	45
3	Balance nutricional tratamiento 2.	47

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inclusión de pulpa de café deshidratada en dietas de vacas lecheras que se encontraban en el periodo de lactancia tardía en un sistema de pastoreo, en la zona de Copey del cantón de Dota, en San José, Costa Rica. El experimento se realizó con 30 vacas lecheras de producción, agrupadas de acuerdo a características similares en cuanto a número de parto ($2 \pm 1,06$), producción de leche ($17 \pm 1,12$), días en lactancia ($162 \pm 11,15$) y condición corporal ($3,01 \pm 0,18$). Se utilizaron 3 tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron: Control no suplementado, Tratamiento 1 (1 kg MF de pulpa de café/animal/día sustituyendo 1 kg de cáscara de banano maduro) y Tratamiento 2 (2 kg MF de pulpa de café/animal/día sustituyendo 1 kg de alimento balanceado). Se llevó un registro semanal por animal de la producción de leche, el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, conteo de células somáticas (CSC) y nitrógeno ureico en leche (NUL), así como la condición corporal de cada animal dentro del ensayo. También se recolectó información sobre los costos de alimentación de los animales de los diferentes tratamientos. Para el análisis de la información se utilizó un análisis de covarianza de medidas repetidas con un modelo lineal mixto analizado con el software estadístico R para determinar la significancia de los posibles efectos del uso de la pulpa de café deshidratada. Los resultados muestran que no hay efectos significativos ($p > 0,05$) en la producción de leche, el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, conteo de células somáticas (CSC) y nitrógeno ureico en leche (NUL), así como la condición corporal por la inclusión en las dietas de pulpa de café deshidratada. Se concluyó que la pulpa de café deshidratada se puede incluir hasta un 16,20% MS del total de la dieta suplementada sin causar efectos sobre la producción y la composición de la leche. También se concluyó que el costo de la dieta se redujo en un 3,4 % con la inclusión de pulpa de café deshidratada, logrando un mismo rendimiento en la producción de leche y calidad. Se recomienda que la incorporación de pulpa de café deshidratada en las dietas para rumiantes se debe realizar paulatinamente para evitar el rechazo por su baja palatabilidad y mezclarse con otros alimentos.

INTRODUCCIÓN

Históricamente Costa Rica ha sido un país de tradición cafetalera, caracterizada por su café de gran calidad a nivel nacional e internacional. El llamado grano de oro, por años ha sido y continúa siendo de gran importancia económica para el país, brindando desarrollo para los costarricenses. Para el 2017, según datos del Banco Central de Costa Rica (BCCR), el sector cafetalero generó \$305,25 millones de dólares USD en divisas para el país. El café aportó durante el año 2017, como parte del Producto Interno Bruto (PIB), un 8,46 % del PIB Agrícola y un 0,31% del PIB Nacional (ICAFE 2018).

La producción nacional de café fruta en la cosecha 2017-2018 fue de alrededor de 2.017.935,02 fanegas (Fanega = 258 kg). La Zona de los Santos es la zona con mayor producción de café en el país, representa un 40,1% de la producción nacional y dentro ella la zona de Tarrazú, es la principal productora con 262.197 fanegas, es decir un 13% de la producción nacional (ICAFE 2018).

El procesamiento industrial de todo el café producido en Costa Rica, tiene consigo un impacto ambiental, este produce residuos o subproductos que generan la alteración del medio directa o indirectamente. La elaboración industrial de café puede realizarse por medio de dos procesos: el beneficiado seco o el beneficiado húmedo, siendo este último el sistema utilizado en Costa Rica, en donde se generan como subproductos o desechos, la pulpa de café y las aguas residuales (Alfaro y Rodríguez 1994).

La conciencia conservacionista creciente desde hace varios años, tanto en el ámbito nacional como internacional, además de diferentes legislaciones y certificaciones de calidad, obligan y comprometen al sector cafetalero a desarrollar tecnologías adecuadas para disminuir el impacto ambiental y hacer de esta una actividad sostenible y amigable con el ambiente. Algunas de las tecnologías implementadas han sido la disminución del uso del agua en el proceso de beneficiado del café, así como usos alternativos para la pulpa de café (Vásquez 1997).

Dentro de los usos alternativos para la pulpa de café, hace ya varios años se ha propuesto como alimento para raciones de animales, incluso recientemente, este subproducto ha sido planteado para la alimentación humana. Décadas atrás se realizaron diferentes estudios (Cabezas *et al.* 1978, Elías 1978, Bressani 1978 a y b) e intentos por promover este subproducto para la alimentación animal, sin embargo, no tuvo mucho éxito en su difusión a nivel comercial, ya que tal vez en la época hubo poco interés por parte de los ganaderos y la conciencia ambiental

a nivel de industria no había sido tan consolidada. No obstante, se cree que en el presente puede tener un impacto diferente, ya que se vive en un mundo que aprovecha mucho mejor los subproductos de las industrias, pues se ven como recursos valiosos, no solo para alimentación animal sino hasta para alimentación humana. Además, el interés por parte de los ganaderos ha aumentado y se han visto en la constante búsqueda de ingredientes alternativos para las raciones de sus animales, por los altos costos de alimentación, debido a la importación de ingredientes.

La importancia de estudios relativos al aprovechamiento de residuos del beneficiado de café, radica en generar vías alternativas de ingresos, provenientes de recursos con potencial económico para subsanar los gastos del mismo tratamiento de estos subproductos, que tiene como fin de evitar la contaminación ambiental. Por lo que, en la presente investigación, se evaluará el impacto de la pulpa de café deshidratada sobre los parámetros y rendimientos productivos en una lechería especializada con el fin de evidenciar que es un subproducto de calidad y viable económicamente para ser utilizado en estas explotaciones.

OBJETIVOS

a. General:

Determinar el efecto de la suplementación con dos niveles de pulpa deshidratada de café en la dieta de vacas lecheras sobre producción, calidad de la leche y costos de la ración.

b. Específicos:

1. Caracterizar el contenido nutricional de la pulpa de café deshidratada.
2. Evaluar el contenido nutricional de las dietas experimentales suministradas a las vacas en producción.
3. Determinar el efecto de la inclusión de 1 kg y 2 kg de pulpa deshidratada de café por día en las raciones sobre la producción, calidad de la leche y nitrógeno ureico en leche.
4. Cuantificar la relación costo-beneficio de las raciones con los diferentes niveles de inclusión de pulpa de café deshidratada.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Procesamiento del café y de la pulpa deshidratada de café

La cosecha o “cogida” de café en Costa Rica comienza desde finales de agosto hasta el mes de marzo comúnmente, no obstante, depende de la zona de producción y su altitud sobre el nivel del mar. En las zonas más cálidas el fruto madura más temprano, que el de zonas más altas y frías (Bressani 1978a). Una vez los frutos del café están maduros son procesados mediante una serie de operaciones, que tienen como fin sustraer los granos de su envoltura. Esta envoltura está constituida por la pulpa, el mucílago y el pergamino, como se observa en la Figura 1 (Noriega *et al.* 2008).

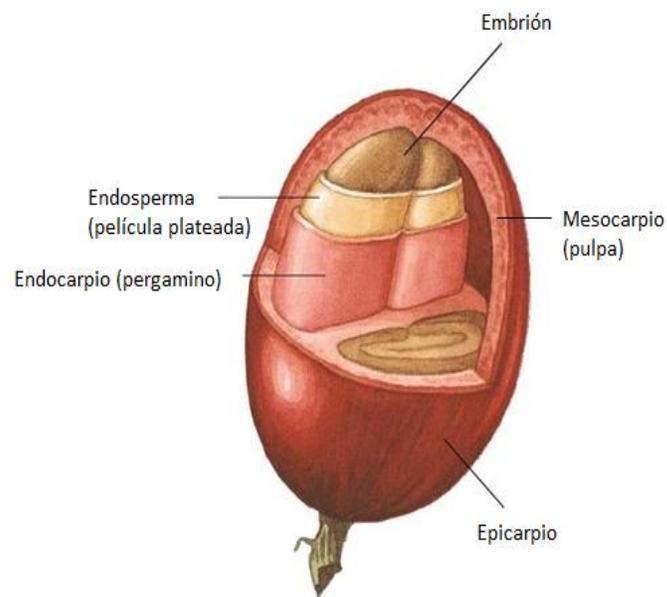


Figura 1. Partes del fruto de café (*C. arabica*). Adaptado de Bressani (1978a).

El beneficiado húmedo del fruto de café involucra básicamente dos etapas: el procesamiento húmedo y el procesamiento seco (Figura 2). La primera etapa es la vía húmeda, la cual involucra el despulpado, la desmucilagínación utilizando agua. Esta primera operación deja como producto la pulpa de café, el mucílago y aguas de desecho y, por otra parte, los granos de café y la cascarilla, como unidad. La segunda etapa es el secado del fruto y finalmente, la eliminación de

la cascarilla del grano de café por el trillado. Con este proceso se obtiene el café lavado o suave (Bressani 1978a).



Figura 2. Procesamiento del grano de café y sus subproductos. Adaptado de Bressani (1978 a).

Del proceso de beneficiado se obtienen rendimientos de aproximadamente por cada 100 g de frutos de café, alrededor de 29 g de su peso seco representa pulpa de café, 12 g cascarilla de café, 55 g granos de café y alrededor de 4 g mucílago (Bressani 1978a). La pulpa de café es el principal desecho generado del beneficio húmedo, por esta razón se han realizado muchos estudios sobre sus potenciales usos. Una de las mayores desventajas en su utilización ha sido el contenido de humedad debido a que dificulta el transporte, manejo, procesamiento y uso directo en la alimentación animal; sin embargo, su composición química favorece su uso como ingrediente en la dieta de los animales (Noriega *et al.* 2009).

De acuerdo con la disponibilidad y composición química de la pulpa de café se han propuesto varias formas de utilizarla, entre los cuales se destaca el ensilaje destinado a la alimentación animal, secado, torta de pulpa de café, jugo tratado mediante procesos microbiológicos que originan productos ricos en energía para consumo animal, extracción de

cafeína y proteína, fermentación natural utilizada como abono orgánico, energía en forma de gas, entre otros. (Bressani 1978a, Noriega *et al.* 2009).

Para el secado de la pulpa de café existen diferentes métodos, dentro de estas se pueden mencionar: secador de pilas, secado al sol, secador de túnel, secador de bandas, y secador rotativo, entre otros (Molina 1978).

El secado al sol es uno de los sistemas más económicos, en donde se pueden secar 22,7 kg por m², en 8 días con una humedad inicial de 85% a una final de 10%, esto en un ambiente con una humedad relativa de 60-65%. Sin embargo, se han obtenido resultados en donde la pulpa está seca después de dos días o 16 horas de exposición a la luz solar. Una vez seca la pulpa, esta es molida y está disponible para la alimentación animal (Molina 1978).

2. Composición nutricional de la pulpa deshidratada de café

La pulpa de café deshidratada es un material con potencial nutricional para ser incluido en la alimentación animal. Es un material fibroso con un valor de proteína interesante, como se muestra en el Cuadro 1, en donde se compara con la pulpa de café fresca y ensilada.

Cuadro 1. Composición nutricional de la pulpa de café.

	Fresca ¹	Ensilada ²	Pulpa café deshidratada			
			1	3	4	5
Humedad (%)	76,70	10,73	12,60	30,84	9,96	12,30
Materia Seca (MS) (%)	23,30	89,27	87,40	69,16	90,04	87,70
Extracto Etéreo (%)	0,48	3,34	2,50	5,71	1,34	-
Fibra Cruda (%)	3,40	29,42	21,00	33,63	35,17	32,60
Proteína Cruda (%)	2,10	21,35	11,20	18,12	7,97	14,00
Cenizas (%)	1,50	16,87	8,30	16,63	6,72	7,40
ELN (%)	15,80	26,50	44,40	15,89	16,10	-
TND (%)	-	-	-	63,75	-	-
Energía dig (kcal/kg)	-	-	-	2,00	-	-
Energía met (kcal/kg)	-	-	-	2,30	-	-

ELN=Extracto libre de Nitrógeno. TND=Total de nutrientes digestibles.

Fuente: ¹Elías (1978), ²Noriega *et al.* (2009), ³Cabrera *et al.* (2015), ⁴Donkoh *et al.* (1988), ⁵Vargas *et al.* (1977)

El contenido de proteína en la pulpa café deshidratada ha mostrado valores que varían de 9,2 a 11,2%. Con respecto al contenido de fibra cruda se ha informado de valores que varían de 13,2 a 27,6% y un promedio de 18,1% en la pulpa de café deshidratada. También se han encontrado variaciones en la fracción de carbohidratos, con un valor promedio de 43% mientras que otros datos informan variaciones desde 57,8 hasta 66,1%. El contenido de grasa parece ser menos variable, con valores que van desde 2,3 a 2,5% en base al peso seco. Desde luego, estos valores cambiarán de acuerdo a la variedad de café, a la localidad y a las diferentes prácticas agrícolas (Elías 1978).

En el Cuadro 2, se muestran resultados del fraccionamiento de la pared celular y de los polisacáridos de la pulpa de café. El contenido celular de 63% sugiere que este material contiene niveles relativamente altos de nutrientes. Los niveles de lignocelulosa, hemicelulosa y lignina indican que este producto es superior a otros tipos de materiales utilizados en raciones para animales. Es también interesante indicar que una fracción de la proteína se encuentra en forma lignificada (3%) y probablemente no sea disponible al animal (Elías 1978).

Cuadro 2. Constituyentes de paredes celulares y polisacáridos estructurales en la pulpa de café deshidratada.

Compuesto	Contenido
Contenido celular	63,20
FDN	36,80
FDA	34,50
Hemicelulosa	2,30
Celulosa	17,70
Lignina	17,50
Proteína lignificada	3,00
Proteína cruda	10,10
Cenizas insolubles	0,40

Fuente: Elías (1978).

En un ensayo de Barcelos *et.al* (2002), se estudió la composición química de la pulpa deshidratada de café a diferentes periodos de almacenamiento cada 90 días por un año, en donde se encontró diferencias significativas que el período de almacenamiento provocó una reducción lineal en el contenido de FDN (78,62% a 76,71%). Es probable que la reducción en

contenido de FDN a lo largo del tiempo se haya dado por una descomposición natural de la fibra. Para este estudio, el contenido de FDN para la pulpa de café deshidratada fue de 78,08% y FDA de 54,45%, lo cual contrasta con los valores reportados por Elías (1978) en el Cuadro 2.

Referente a la composición mineral de la pulpa de café deshidratada como se observa en el Cuadro 3, tiene un alto contenido de potasio, por lo que se debe tomar en cuenta para su uso en alimentación de bovinos, ya que puede ser un factor limitante.

Cuadro 3. Composición mineral de la pulpa de café deshidratada.

Compuesto	Contenido	
	1	2
Cenizas, %	8,30	8,42
Ca, %	0,55	0,37
P, %	0,12	0,18
K, %	1,77	2,84
Mg, %	Trazas	0,17
Na, %	0,10	-
Fe, %	0,02	0,01
Zn, ppm	4,00	2,13
Cu, ppm	5,00	-
Mn, ppm	6,25	7,15
B, ppm	26,00	-

Fuente: ¹ Elías (1978), ² Barcelos *et. al* (2002).

La proteína de la pulpa de café contiene niveles de aminoácidos semejantes o mayores que otras materias primas de muy buena calidad como son, la harina de algodón y la harina de soya. El contenido lisina en la pulpa de café es alto (6,8 g/g N) y comparable con el contenido de este aminoácido en la harina de soya (6,3 g/g N). Sin embargo, la pulpa de café es deficiente en los aminoácidos azufrados (Elías 1978).

Alrededor de 40% del nitrógeno total de la pulpa de café, es nitrógeno no proteico y un 60% del nitrógeno proviene de la proteína. Dentro de esta fracción de nitrógeno no protéico, se incluye compuestos como cafeína, trigonelina, niacina, purinas, pirimidinas, nitrógeno inorgánico y otras fracciones (Elías 1978).

En la pulpa de café están contenidos algunos compuestos que pueden afectar el valor nutricional de este material, ya que se cree que son las responsables de la toxicidad observada, sin embargo, se debe investigar más sobre estos efectos en ganado lechero. Estas sustancias son: a) cafeína; b) los fenoles libres y c) los taninos hidrolizables y los condensados (Bressani 1978b, Elías 1978, Noriega *et al.* 2008, Blandón *et al.* 2012).

Cafeína

La cafeína es un alcaloide tipo purina metilada que puede causar en rumiantes un aumento de la actividad motora, esta actúa en conjunto con el ácido clorogénico. Esto tiene como resultado un aumento en el uso de la energía y por lo tanto, tiene un efecto en la disminución de ganancia de peso y en eficiencia de conversión, además de un aumento de sed en el animal y así como un aumento en la excreción urinaria (Elías 1978, Blandón *et al.* 2012). El contenido de cafeína en la pulpa de café deshidratada varía de 0,51% a 1,3% en base seca (Bressani 1978b, Elías 1978) y también se señalan valores mayores para la pulpa de café cuando es ensilada de 11,7% (Ferreira *et al.* 2000).

Fenoles libres

Los tres polifenoles contenidos en la pulpa de café son ácido caféico, clorogénico y tánico. La cantidad de ácido clorogénico en la pulpa de café es alrededor de 2,6% y de ácido caféico de 1,6% en base seca. Su actividad está relacionada a la propia bioquímica de la pulpa de café, así como también el efecto que puede tener sobre la utilización de los nutrientes y sus consecuencias fisiológicas (Bressani 1978b)

Con respecto a la bioquímica de la pulpa, se ha observado que al ponerse ésta en contacto con el aire, ya sea fresca o ensilada, cambia de un color rojo sangre cuando fresca a uno marrón oscuro o negro. Este cambio de color ha sido atribuido a reacciones de empardeamiento enzimático causadas 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, disminuyen la digestibilidad de la proteína y, por lo tanto, en la cantidad absorbida de este nutriente para llenar las necesidades fisiológicas. Sin embargo, se deben investigar los niveles de estos fenoles libres que causen toxicidad en los animales (Bressani 1978b, Blandón *et al.* 2012).

Taninos

Los taninos se pueden agrupar en taninos hidrolizables y condensados. Una de sus principales características es que pueden ligar las proteínas, esto genera menor aprovechamiento de la proteína, además de que los taninos pueden actuar como inhibidores enzimáticos (Bressani 1978b, Blandón *et al.* 2012). Los valores de taninos encontrados en la pulpa de café varían entre 1,8% y 8,56% (Elías 1978), y se cree que estos niveles disminuyen al ensilar la pulpa de café (Noriega *et al.* 2008). Sin embargo, los taninos pueden ser tolerados en un nivel de 28 g/100 kg de peso del animal por día sin causar ningún síntoma (Blandón *et al.* 2012).

3. Uso de pulpa de café deshidratada en alimentación de bovinos

El uso de los subproductos de la industria cafetalera, como la pulpa de café tiene un enorme potencial para la alimentación del ganado en las regiones de clima tropical del mundo, ya que se produce y dispone en grandes cantidades.

Una de las mayores limitaciones a la hora de la inclusión de la pulpa de café en las raciones de los bovinos es el efecto de consumo debido a su baja palatabilidad. Sin embargo, según Cabezas *et al.* (1978) el consumo voluntario mejora cuando la pulpa es suplementada con alimentos de alta palatabilidad. Además, según un estudio de Cabezas (1973), los animales tienden a adaptarse a la pulpa de café deshidratada gradualmente, por lo que la inclusión de este material puede ser mayor.

La incorporación de pulpa de café en las raciones de ganado bovino en niveles de 10% a 20% en base seca, no ha provocado disminuciones en la producción de leche (Blandón *et al.* 2012) y en novillos en crecimiento y de engorde se puede dar una inclusión hasta 20% de la MS (Cabezas 1973). Cabrera *et al.* (2015), concluyeron de su investigación, donde suplementaron con dos dietas isocalóricas e isoproteicas con 30% de pulpa de café deshidratada, que puede ser incluida en ganado bovino de leche y carne como suplemento sin ningún efecto adverso.

En un estudio de Pedraza *et al.* (2012), la inclusión de pulpa de café en cantidades de 0; 0,6; 0,9 y 1,2 kg/vaca/día, tuvo efectos positivos sobre producción, composición de leche y peso vivo. La inclusión de 0,6 kg MS/día de pulpa de café produjo 19,5% más de leche, si bien este incremento no fue significativo, sugiere que niveles moderados pueden producir mejores

resultados que niveles altos, como 1,2 kg MS/día. Esta respuesta podría ser atribuida al contenido moderado de taninos y fenoles de la pulpa de café. Souza *et al.* (2005), menciona que bajos niveles de taninos se ligan a las proteínas del alimento formando complejos tanino-proteína los cuales actúan como proteína de sobrepaso.

Pedraza *et al.* (2012) obtuvo resultados que sugieren que la pulpa de café se puede incluir en niveles del 20% (1,2 kg MS/día/vaca) en el concentrado de vacas lecheras sin comprometer la producción de leche o su composición. Estos resultados están en línea con las observaciones tempranas de Cabezas *et al.* (1978) que indican que la alimentación de vacas lecheras por varios años con un concentrado comercial que contiene hasta un 20% (0,6 kg MS/100 kg PV) de pulpa de café no produce los efectos negativos en la producción de leche, ni desbalances fisiológicos.

Otras investigaciones (Mazzafera 2002, Souza *et al.* 2005), sugieren que el nivel de inclusión adecuado de pulpa de café es entre el 10,5 y el 20% de la ración total. Resultados similares fueron encontrados por Noriega *et al.* (2008), donde mencionan que se puede incluir pulpa de café en rangos de 20 al 40% en concentrados y en el 10% al 20% de la MS de la ración total sin afectar la producción de leche. Souza *et al.* (2005) alimentaron con pulpa de café desde el 0 a 26,25% de la dieta para vacas lactantes reemplazando maíz y no observó diferencias significativas en consumo de MS (18,53 kg MS/día), sólidos totales en leche, grasa y proteína de la leche en los diferentes niveles de inclusión. Por el contrario, Costa *et al.* (2005), sugieren que las inclusiones alimenticias iguales o superiores al 25% (1 kg MF/día) de pulpa en concentrado pueden disminuir la ingesta de nutrientes y el rendimiento de las vacas lecheras de bajo rendimiento (8 a 3,5 kg leche/día, en lactancia media a tardía), lo que resulta en pérdidas financieras.

En un estudio de Souza *et al.* (2005), las digestibilidades aparentes del total de MS, PC, carbohidratos totales, FDN y CNF se redujeron de forma lineal conforme aumentó la pulpa de café (0; 8,75; 17,5 y 26,25% de MS). La pulpa de café aumentó la excreción de N en las heces dando como resultado un balance nitrogenado negativo. Los niveles incrementales de pulpa de café no afectaron las excreciones urinarias de alantoína, ácido úrico y derivados de purina, así como la síntesis de proteína microbiana.

En algunos estudios mencionados por Cabezas *et al.* (1978), se realizaron determinaciones de metabolitos del suero sanguíneo para tratar de evaluar en forma indirecta los efectos de la pulpa de café sobre el metabolismo de los rumiantes. Braham *et al.* (1973) y

Cabezas *et al.* (1976) no encontraron diferencias en las concentraciones de glucosa, proteína, albúmina, nitrógeno ureico, calcio, fósforo y transaminasas glutámico-oxaloacética y glutámico-pirúvica en terneros alimentados con y sin pulpa de café. También se encontró un incremento significativo en la concentración de ácidos grasos libres del suero de los animales alimentados con pulpa de café, lo cual, de acuerdo a los mismos autores, podría afectar el apetito de los animales y ayudar a explicar las disminuciones en consumo de alimento que produce la pulpa de café. En los ensayos de Vargas (1974) y Daqui (1974), nombrados por Cabezas *et al.* (1978), se determinó el pH y la concentración de ácidos volátiles en los contenidos ruminales de novillos, obteniendo valores similares a los encontrados con raciones que no contenían pulpa de café. Estos resultados indican que la fermentación ruminal que produce la pulpa de café no es diferente de la producida por forrajes altamente fibrosos.

4. Costos de dietas con pulpa de café

En las dietas utilizando pulpa de café, ya sea como ingrediente de la ración total o como componente del concentrado, el ganadero debe considerar los precios de las dietas, porque como se evidenció en la sección anterior, si la pulpa de café no genera mayor rendimiento productivo o reproductivo en el animal, podría reducir los gastos en alimentación del hato.

Rocha *et al.* (2006) realizaron un estudio del consumo y digestibilidad de cascara de café con niveles de 0; 12,5; 25,0 y 37,5% de la MS de la ración en vacas en lactancia con consumos diarios de 18,89 kg MS, donde no encontró diferencias significativas en la producción y composición de la leche. Sin embargo, los saldos de alimentación (rendimiento bruto de la leche - costos de alimentación) por vaca y por litro de leche aumentaron de forma lineal reemplazando parcialmente el maíz con cáscara de café. Por lo que concluyó, que la cascara de café puede reemplazar hasta el 15% del maíz en la dieta sin efectos perjudiciales sobre la producción.

Pedraza *et al.* (2012), en cuanto a costos se obtuvieron una reducción del 20% en el costo del concentrado con la inclusión de la pulpa de café (1,2 kg MS/vaca/día).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una finca lechera comercial ubicada en el distrito de Copey del cantón de Dota, en San José. La finca se ubica a 1550 m.s.n.m., la temperatura promedio en Copey es 16,2 ° C y la precipitación promedio es de 3496 mm al año (Climate-data.org. 2017).

1. Procedimiento general y tratamientos

El experimento se realizó con 30 vacas lecheras de producción, agrupadas de acuerdo a características similares en cuanto a número de parto ($2 \pm 1,06$), producción de leche ($17 \pm 1,12$ kg/animal/día), días en lactancia ($162 \pm 11,15$) y condición corporal ($3,01 \pm 0,18$).

Se utilizaron 3 tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron:

- Tratamiento control no suplementado,
- Tratamiento 1 (1kg MF de pulpa de café sustituyendo 1 kg de cascara de banano).
- Tratamiento 2 (2 kg MF de pulpa de café sustituyendo 1 kg de concentrado).

Se suplementó a los animales durante 100 días de lactancia, con un periodo previo de acostumbramiento de 2 semanas. Las dietas fueron balanceadas de forma isoenergética e isoproteica para cada tratamiento.

Para determinar el perfil nutricional de la dieta consumida por vacas de producción se realizaron muestreos de los suplementos de la dieta de animales en lactancia y de los potreros de pasto Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). Los potreros de pasto Kikuyo tenían una rotación de 32 días promedio y el área de pastoreo diaria promedio fue de 53,23 m²/vaca. La dieta de los animales en producción consistió en alimento balanceado comercial relación 3:1 (kg de leche: kg de concentrado), cáscara de banano, pasta de banano, suplemento mineral comercial, pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto King grass (*Pennisetum purpureum cv King grass*) de corta. El pasto de corta King grass tuvo una edad promedio de corta a los 70 días. A estos se le determinó la materia seca (MS), proteína cruda (PC), lignina, extracto etéreo (EE),

cenizas (AOAC 2012), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) (Van Soest *et al.* 1991).

Se estimó el consumo de pasto por parte de los animales en el potrero mediante la estimación de disponibilidad del forraje por medio de la técnica Botanal® (Hargreaves y Kerr 1978), simulando el pastoreo, con muestreos prepastoreo y postpastoreo de forma semanal.

También se realizó el análisis del fraccionamiento de proteína por el método Cornell (CNCPS) para la pulpa de café deshidratada de acuerdo con la metodología de Sniffen *et al.* (1992).

2. Variables evaluadas

2.1 Producción y calidad de la leche

Se llevó un registro de producción de leche semanal por animal. Se tomó una muestra semanal de leche por animal, para analizar el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, el conteo de células somáticas (CSC) y el nitrógeno ureico en leche (NUL).

Para el análisis estadístico, se transformó la variable original de conteo de células somáticas (CCS, en unidades por ml de leche) a un puntaje en escala logarítmica (SCCS), mediante la siguiente fórmula (Shook 1993).

$$SCCS = \log_2 (CCS/100.000) + 3$$

2.2 Parámetros reproductivos y condición corporal

Se llevó el registro de los eventos y parámetros reproductivos de cada animal asignados a cada uno de los tratamientos. Como se muestra en el Cuadro 4 los datos reproductivos de la población en estudio al inicio y al final del estudio.

También se realizaron evaluaciones visuales de la condición corporal (1-5) de las vacas dentro del ensayo de forma semanal, esto relacionado con los días en lactancia que presentaron las mismas.

Cuadro 4: Parámetros reproductivos promedio de los grupos en tratamiento al inicio y final de la etapa experimental.

Tratamiento	Parto Promedio	Preñadas Inicio (%)	Días Gestación		Días en lactancia		Días Abiertos	IEP
			Inicio	Final	Inicio	Final		
Control	2	80,0	60,9	161,1	174,0	296,9	182,0	413,0
Tratamiento 1	2	50,0	127,6	170,4	163,0	283,5	152,3	412,0
Tratamiento 2	2	80,0	98,1	170,3	172,0	277,1	114,0	374,0

IEP: Intervalo entre partos.

2.3 Costos de las raciones

Se recolectó información sobre los costos de alimentación de los animales de los diferentes tratamientos para evaluar las diferencias económicas entre cada grupo y la relación costo-beneficio en la alimentación.

3. Unidad experimental

La unidad experimental utilizada en este ensayo se define como cada vaca en los grupos de tratamiento.

4. Descripción del análisis de varianza

Para las variables; producción de leche, producción de leche corregida a 3.5% grasa, proteína, lactosa y células somáticas se analizaron mediante un modelo mixto de medidas repetidas, con la siguiente estructura de efectos fijos:

$$Y_{ijkl} = T_i + P_j + \beta_1 * DIM + \beta_2 * DIM^2 + T_i * DIM + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} es la producción de leche de una vaca k bajo el tratamiento i y con un número j de partos.
- T_i es el efecto del tratamiento ($i = 0, 1, 2$).
- P_j es el efecto del número de parto ($j = 1, 2, 3, 4$).
- β_1 y β_2 son coeficientes de regresión.

- DIM es la cantidad de días en producción de leche de la vaca al momento de la evaluación.
- $T_i * DIM$ es la interacción entre el tratamiento y los días en producción de leche.
- ϵ_{ijk} es el error aleatorio asociado al tratamiento i , en la semana j , para la vaca k .

Para el análisis de producción de leche, producción de leche corregida a 3,5% grasa y proteína, como variable aleatoria se incluyó cada vaca. La estructura de covarianza de medidas repetidas usada fue una ARMA (5,0), seleccionada a partir de la observación del gráfico de la función de autocorrelación (ACF) y los criterios de información (AIC, BIC), de acuerdo al procedimiento sugerido por Pinheiro y Bates (2000). Para el análisis de lactosa y células somáticas, se utilizó el paquete la función *lme* del paquete *nlme* (Pinheiro *et al.* 2018) disponible en el lenguaje de programación estadística R 3.5.1 (R Core Team, 2018).

Para la variable grasa se utilizó un modelo lineal generalizado mixto con una distribución gamma y función de enlace identidad, con la siguiente estructura de efectos fijos:

$$Y_{ijk} = T_i + \beta_1 DIM + S_j + T_i * DIM + P_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijkl} es la medición de grasa obtenida en un día dado, para la vaca l en el tratamiento i con k partos durante la semana j .
- T_i es el efecto del tratamiento i .
- β_1 es un coeficiente de regresión.
- DIM es la covariable de días en producción de leche de la vaca.
- S_j es el efecto de la semana en que se obtuvo la medición, agrupada en semana 0-5 y semana 6 o mayor.
- P_k es el efecto del número de partos (1,2,3,4)
- $T_i * DIM$ es la interacción entre DIM y el tratamiento.
- ϵ_{ijk} es el error aleatorio asociado al tratamiento i , en la semana j , para la vaca k .

Para el análisis de la variable grasa se empleó el paquete la función *glmer* del paquete *lme4* (Bates *et al.* 2015) disponible en el lenguaje de programación estadística R 3.5.1 (R Core Team, 2018).

Para las variables de sólidos totales (ST), nitrógeno ureico en leche (NUL) y condición corporal (CC) el modelo de efectos fijos que se usó es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = T_i + \beta_1 DIM + \beta_2 DIM^2 + S_j + P_k + T_i^* DIM + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} es la medición de ST, NUL o CC obtenida en un día dado, para la vaca l con k partos en el tratamiento i durante la semana j .
- T_i es el efecto del tratamiento i .
- β_1 y β_2 son un coeficientes de regresión.
- DIM es la covariable de días en producción de leche de la vaca.
- S_j es el efecto de la semana en que se obtuvo la medición.
- P_j es el efecto del número de partos (1, 2, 3, 4).
- $T_i * DIM$ es la interacción entre DIM y el tratamiento.
- ϵ_{ijk} es el error aleatorio asociado al tratamiento i , en la semana j , para la vaca k .

Para modelar la respuesta del NUL, ST y CC a través del tiempo se usaron modelos lineales mixtos con la función *lme* del paquete *nlme* (Pinheiro *et al.* 2018) disponible en el lenguaje de programación estadística R 3.5.1 (R Core Team 2018). No se detectaron problemas de autocorrelación ni heteroscedasticidad, por lo cual no fue necesario utilizar estructuras de varianza covarianza diferentes a la matriz identidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Contenido nutricional de la pulpa de café deshidratada.

La pulpa de café deshidratada utilizada de este experimento puede considerarse una muestra representativa de este alimento, su composición nutricional es similar al valor promedio de referencias publicadas (Vargas *et al.* 1977, Elías 1978, Donkoh *et al.* 1988, Barcelos *et al.* 2002, Cabrera *et al.* 2015). La pulpa de café deshidratada es un material fibroso que presenta 14% de proteína, valor superior a los de los forrajes utilizados en las dietas del presente estudio, sin embargo, su aporte energético es bajo, como se observa en el Cuadro 5. La proteína de sobrepeso de la pulpa tiene un valor de 15,3% y proteína degradable de 49,1%, expresado como porcentaje de la proteína cruda. Otros investigadores han informado valores similares en el contenido de proteína de la pulpa de café deshidratada, aunque también se han encontrado valores que varían de 8,40 a 18,12% (Pedraza *et.al* 2012, Cabrera *et.al* 2015).

Cuadro 5. Composición química de la pulpa de café deshidratada.

Nutrientes	Contenido
Materia Seca (%)	91,34
Proteína cruda (%)	14,06
Extracto etéreo (%)	2,41
Cenizas (%)	9,31
Fibra Detergente Neutro (%)	55,80
Fibra Detergente Ácido (%)	41,00
Lignina (%)	11,50
Carbohidratos No Fibrosos (%)	27,23
Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)	72,30
Digestibilidad in vitro de la FDN (%)	50,40
Nitrógeno Indigestible en Detergente Acido (%)	1,89
Nitrógeno Indigestible en Detergente Neutro (%)	1,41
Nutrientes Digestibles Totales (%)	47,81
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	1,68
Energía Neta de Lactancia (Mcal/kg)	1,05

Con respecto al contenido de fibra neutro detergente (FND), este fue intermedio con respecto a valores que se ha informado por otros autores, valores bajos, alrededor de 36,8 % (Elías 1978, Pedraza *et al.* 2012) y valores altos de 77,6% (Barcelos *et al.* 2002).

Coincidiendo con lo que señala Elías (1978), el contenido de grasa parece ser menos variable con valores similares que van desde 2,5 a 2,6% (Elías 1978, Barcelos *et al.* 2002).

Los niveles de nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN), nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) obtenidos para la pulpa de café deshidratada fueron altos, similar a Souza *et al.* (2005) que reporta niveles de 0,52% y 0,36% respectivamente. También se destaca de la composición de la pulpa de café, los altos niveles de lignina (11,5%) y de la FDA (41,0%) en este material. Estos compuestos son de lenta digestión o indigestibles por las enzimas producidas por los microorganismos del rumen y sus concentraciones en la pulpa de café deshidratada pueden contribuir como factor limitante para la inclusión en la dieta de vacas lecheras (Souza *et al.* 2005)

La composición de la pulpa de café deshidratada puede cambiar, de acuerdo a la variedad de café, a la localidad, a las diferentes prácticas agrícolas, a la etapa de crecimiento y el proceso de extracción (Elías 1978, Mazzafera 2002). En estudios de Barcelos *et al.* (2002), encontraron que la composición de la pulpa puede variar debido al tiempo de almacenaje, habiendo una reducción lineal en el contenido de FDN (78,62% a 76,71%), lo cual es probable por una descomposición natural de la fibra. La cafeína aumentó su concentración producto del almacenaje, de 0,83 a 0,93% de la MS y el contenido de taninos y lignina disminuyó proporcionalmente al tiempo de almacenaje; de 2,77 a 1,7% y de 10,4 a 9,9%, respectivamente.

La cafeína y los taninos son algunos factores antinutricionales que pueden limitar la inclusión de la pulpa de café en alimentación animal. En el presente estudio no se analizaron estos compuestos, sin embargo, es importante considerar su presencia a la hora de incluir la pulpa en las dietas de los animales. Ya que se sabe que los taninos confieren astringencia a los alimentos y proteínas complejas, lo que afecta la digestibilidad de los alimentos y disminuye la utilización de nitrógeno en los animales. Y aunque la cafeína presenta un sabor algo amargo, afectando la palatabilidad, las principales limitaciones de este alcaloide para la alimentación animal están relacionadas con sus efectos fisiológicos en el sistema nervioso central (Bressani, 1987a, Mazzafera 2002).

- Fraccionamiento de proteína de la pulpa de café deshidratada por el método Cornell

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del análisis del fraccionamiento de proteína de la pulpa de café deshidratada por el método Cornell (CNCPS). La fracción A la cual representa el nitrógeno no proteico (NNP), es de 26,9% en relación con la proteína total, el cual es rápidamente degradado en el rumen y se convierte en amoníaco para ser aprovechado por los microorganismos de este (Guada 1996, Gaviria *et al.* 2015). En otro estudio, el autor determinó que la porción de nitrógeno no proteico en la proteína de la pulpa de café deshidratada es de alrededor del 40%, y alrededor del 60% del nitrógeno provenía de proteína verdadera (Elías 1978).

Cuadro 6. Fraccionamiento de la proteína de la pulpa de café deshidratada por el Método Cornell (CNCPS) comparada con la cascarilla de soya, expresado como porcentaje de la proteína cruda total.

Componente	Pulpa de café deshidratada	Cascarilla de soya ¹
Proteína Cruda	12,31%	12,10%
Fracción A	26,90 %	12,49%
Fracción B1	3,80%	5,41%
Fracción B2	18,40%	62,10%
Fracción B3	15,30%	6,00%
Fracción C	35,60%	14,00%

Fuente: ¹ Sniffen *et al.*, (1992).

El valor para la fracción B es de 37,5% la cual comprende la proteína verdadera potencialmente degradable, esta fracción se subdivide en otras tres que se caracterizan por su diferente ritmo de degradación. La fracción B1 o la proteína verdadera de rápida degradabilidad es de 3,8%, la B2, de degradabilidad intermedia con un valor de 18,4%, y la B3 de 15,3%, de lenta degradabilidad, también denominada proteína de escape (Gaviria *et al.* 2015, Guada 1996). Esto porque la fracción B3 se degrada en el rumen solo en un 10-25 %, por lo que gran parte de

esta proteína pasa al intestino, donde es digerida debido a la acción enzimática y se convierte en la fracción de mayor eficiencia en los rumiantes (Sniffen *et al.* 1992).

La fracción C con un valor de 35,6%, se refiere a la proteína no degradable, por estar ligada a la FDA. Esta fracción incluye proteínas asociadas a la lignina, complejos taninos-proteína, así como productos de Maillard que son altamente resistentes a la hidrólisis por enzimas microbianas, lo cual provoca que no pueda ser digerida en el rumen (Guada 1996, Gaviria *et al.* 2015). Según Elías (1978), reporta un 3% de la proteína que se encuentra lignificada.

De acuerdo con los resultados del análisis del fraccionamiento de proteína para la pulpa de café deshidratada, un 64,4% de la proteína total es aprovechable, de la cual se estima que 49% degradable en rumen y 15,3% de sobrepaso.

Al comparar los resultados obtenidos del fraccionamiento de la proteína por el método Cornell (CNCPS) de la pulpa de café deshidratada con la cascarilla de soya (Cuadro 6), los cuales son materiales fibrosos, se puede observar que la pulpa de café deshidratada tiene mayor contenido de NNP y porcentajes similares de proteína verdadera de rápida degradabilidad. Sin embargo, la fracción de proteína no aprovechable es mayor en la pulpa de café deshidratada que en la cascarilla de soya. Esto implica que, aunque el contenido de proteína cruda total de la pulpa de café sea mayor que el contenido de proteína de la cascarilla de soya, el aporte real al animal para su desempeño puede ser similar.

2. Contenido nutricional de las dietas de vacas en producción.

La composición nutricional de los alimentos que se suministraron en las dietas de cada tratamiento de las vacas en lactancia se puede apreciar en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Composición nutricional de los alimentos utilizados en las dietas de los animales durante el periodo experimental.

	Pasta de banano	Cáscara de banano	King Grass	Estrella Africana	Pulpa Café deshidratada	Concentrado	Kikuyo
MS (%)	15,22	14,04	19,18	63,70	91,34	87,00	20,12
PC (%)	10,28	8,64	10,16	6,24	14,06	16,00	21,15
EE (%)	0,99	5,83	2,00	1,44	2,41	3,00	2,81
Cenizas (%)	6,34	10,45	12,11	6,94	9,31	5,10	12,76
FDN (%)	15,30	29,10	72,60	74,10	55,80	15,30	56,90
FDA (%)	6,10	18,10	40,30	35,80	41,00	7,00	24,50
Lignina (%)	1,40	6,70	3,70	5,30	11,50	0,50	1,80
ED (Mcal/kg)	3,41	2,97	2,33	2,29	2,00	3,40	2,83
DIVMS (%)	79,20	82,20	71,70	52,90	72,30	-	67,70
DIVFDN (%)	-	38,80	61,10	36,40	50,40	-	43,30
NIDA (%)	0,42	0,08	0,20	0,29	1,89	-	0,21
NIDN (%)	1,00	0,10	0,67	0,56	1,41	-	0,98

MS: Materia Seca. PC: Proteína Cruda. EE: Extracto Etéreo. FDN: Fibra Detergente Neutro. FDA: Fibra Detergente Acido. ED: Energía Digestible. DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la Materia seca. DIVFDN: Digestibilidad In vitro de la Fibra Detergente Neutro. NIDA: Nitrógeno Indigestible en Detergente Acido. NIDN: Nitrógeno Indigestible en Detergente Neutro.

Las dietas que se suministraron para cada tratamiento durante el periodo experimental se pueden observar en el Cuadro 8. En los tres tratamientos, el aporte de pasto de corta King Grass, pasto Estrella Africana y la pasta de banano fue constante. Para el tratamiento 1, se suplementó 1 kg MF de pulpa deshidratada de café lo que representó un 8,45% de MS y el tratamiento 2, se suplementó con 2 kg MF lo que representó un 16,20% de MS del total de la dieta suplementada.

Cuadro 8. Consumos promedio de la dieta suplementada en canoa de acuerdo a los diferentes tratamientos para las vacas de producción del ensayo.

Alimentos	Control		Tratamiento 1		Tratamiento 2	
	MF (kg/d)	MS (kg/d)	MF (kg/d)	MS (kg/d)	MF (kg/d)	MS (kg/d)
Pasta de banano	8,0	1,22	8,0	1,22	8,0	1,22
Pasto King Grass	8,3	1,59	8,3	1,59	8,3	1,59
Pasto Estrella Africana	2,0	1,27	2,0	1,27	2,0	1,27
Cáscara de banano	9,0	1,26	8,0	0,98	9,0	1,26
Pulpa café deshidratada	0	0	1,0	0,91	2,0	1,83
Alimento Balanceado	5,5	4,86	5,5	4,86	4,5	3,98
	32,8	10,3	32,8	10,8	33,8	11,3

MS: Materia Seca. MF: Materia Fresca.

El consumo de materia seca (CMS) de la ración suministrada en canoa varió entre 10,30 y 13,45 kg MS para los 3 tratamientos, dependiendo del consumo de alimento balanceado para cada animal, que en algunos animales fue hasta de 9 kg MF/vaca/día. El tratamiento control tuvo un consumo menor de kg de MS diaria en la dieta suplementada en canoa, sin embargo, el aporte de energía y proteína para las dietas fue muy similar (Cuadro 8).

Se estimó la producción de biomasa promedio para los potreros de vacas en producción de pasto Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y se obtuvo un promedio de 2306 kg/ha de MS por ciclo, con una rotación de 32 días con un contenido de 20,3% de MS. El valor obtenido en este estudio es inferior en comparación con resultados de otros autores donde encontraron producciones de biomasa promedio por ciclo de 3517 y 7238 kg/ha de MS (Villalobos et. al 2013, Andrade 2006). Según el NRC (1987), indica que la ingesta en ganado bovino es máxima con una disponibilidad de forraje de aproximadamente 2250 kg/ha, por lo tanto, el consumo durante la etapa experimental fue máximo. Sin embargo, al inicio del ensayo la disponibilidad fue más baja y por lo tanto, el rendimiento productivo de los animales no fue el óptimo. En la Figura 3, se puede notar un aumento de la producción de biomasa a partir de la semana 5 del ensayo, esto se puede explicar debido al riego que se instaló en los potreros de pasto Kikuyo y esto mejoró la cantidad de biomasa producida durante la época seca en la cual se realizó el ensayo.

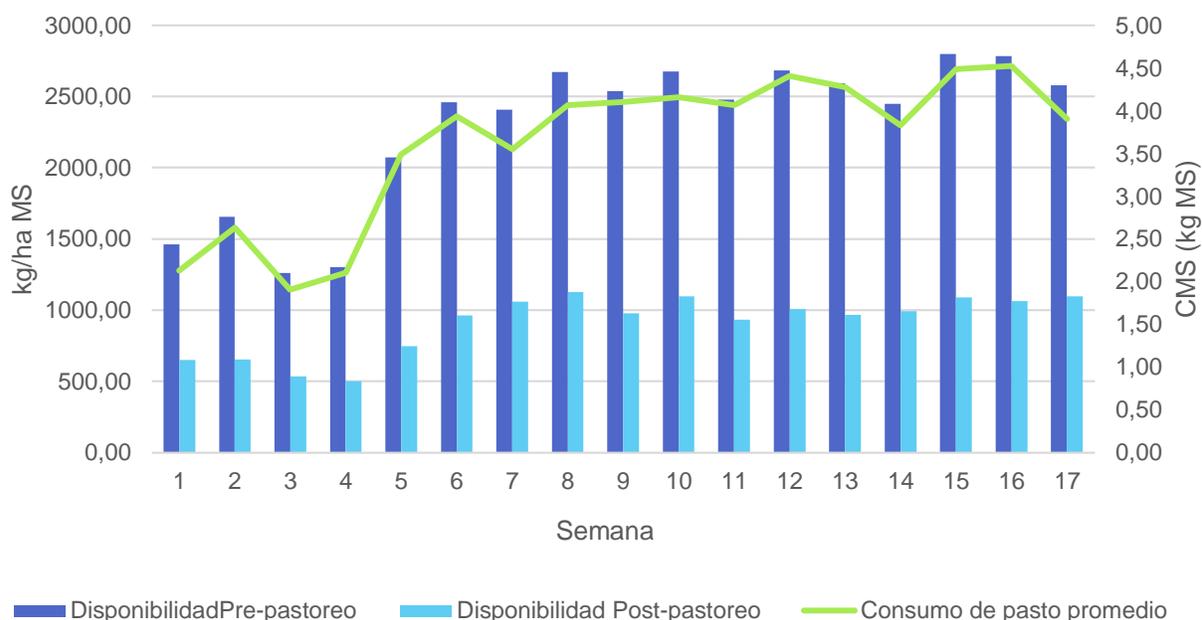


Figura 3. Disponibilidad de pasto pre-pastoreo y post pastoreo y estimación de consumo de materia seca diaria por animal de forraje en pastoreo.

El comportamiento de la disponibilidad de pasto se puede observar en la Figura 3, así como el consumo de forraje estimado en pastoreo por parte de los animales. De acuerdo con lo anterior, se estimó que el consumo de pasto promedio vaca/día fue de 3,62 kg de MS vaca/día, con un aprovechamiento aproximadamente de 60,05%.

Una vez estimado el consumo de forraje en pastoreo, se evaluó el aporte nutricional para cada tratamiento, como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Concentración nutricional promedio de la dieta total diaria de los animales en lactancia.

	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
CMS total (kg/animal/día)	13,92	14,42	14,92
PC (%)	15,30	15,40	15,10
FDN (%)	39,50	40,90	43,50
FDA (%)	18,90	20,60	22,80
ENL (Mcal/kg)	1,60	1,61	1,58
CNF (%)	38,90	37,30	34,90
Azúcares (%)	5,60	5,09	5,00
Proteína degradable (%)	9,72	9,69	9,52

Como se muestra en el Cuadro 9, la ingesta de fibra detergente neutra (FDN) aumentó proporcionalmente con la inclusión de pulpa de café deshidratada en la dieta y disminuyó proporcionalmente el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF). De manera similar, Souza *et al.* (2005) estudiaron la sustitución de 0; 3,5; 7,0 y 10% de ensilado de maíz de la MS de la dieta total en vacas lecheras Holstein-Zebu alimentadas con una dieta compuesta de 60% de ensilado de maíz y 40% de concentrado. En dicho estudio se reportó niveles crecientes de FDN (36,4; 38,2; 39,7 y 41,7%) y valores decrecientes de CNF (40; 38; 36,6 y 34,3%) por la inclusión de pulpa de café deshidratada, a pesar de esto no limitó la ingesta de MS, materia orgánica y proteína ($p > 0,05$). Además, dichos autores reportan la reducción en la digestibilidad de la MS de las dietas con pulpa de café y se atribuyó principalmente a la disminución de consumo de CNF, ya que estos presentan disponibilidad prácticamente completa en el tracto gastrointestinal de los rumiantes.

Según una hipótesis que plantea Nakamura y Owen (1989) citados por Ranathunga *et al.* (2008) en un estudio donde se utilizó cascarilla de soya con niveles de 50 a 95% en el concentrado de vacas lecheras, el aumento en la FDN en la dieta por parte de fibras no forrajeras no limitó el consumo de MS de igual manera que la FDN de forrajes, ya que se cree que puede mejorar la digestión de la MS o la tasa de pasaje o una combinación de ambos.

Pedraza *et al.* (2012), analizaron el efecto de suplementar pulpa de café sobre la ingesta de forraje de vacas lecheras en pastoreo, ya que los pastos tropicales son la principal fuente de nutrientes para el ganado en los trópicos y la suplementación de algunos subproductos agrícolas podría afectar la ingesta de este y, por lo tanto, el rendimiento del animal. Estos autores concluyeron que el reemplazo parcial de la torta de maíz y canola por pulpa de café deshidratada en los concentrados experimentales (con consumos de 0; 0,6; 0,9; 1,2 kg MS de pulpa de café/día/animal), no influyó en la ingesta de pasto y el consumo de MS total. Resultados similares fueron reportados por Oliveira *et al.* (2007) donde no se observaron diferencias ($p > 0,05$) en la ingesta de MS al evaluar una dieta de control, que contenía 60% de ensilaje de maíz y 40% de concentrado versus una dieta experimental, compuesta de caña de azúcar y un concentrado donde el maíz se reemplazó con 25% pulpa de café (10% de la dieta total).

La altura, la cantidad y la calidad del forraje disponible son los principales factores que influyen en la ingesta del ganado en pastoreo, siendo la cantidad de forraje disponible el primer factor limitante (Mayne *et al.* 2000). Lo anterior, concuerda con lo observado en la Figura 3, donde el consumo fue mayor cuando los animales tuvieron mayor disponibilidad de pasto y este fue el

factor limitante. Por lo tanto, en la presente investigación el consumo de forraje en pastoreo por los animales fue afectado por la disponibilidad neta de forraje y la altura del pasto, y no por la inclusión de pulpa de café en la ración.

3. Producción de leche.

En el ensayo realizado no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la producción de leche debido a la suplementación de pulpa de café deshidratada para los diferentes tratamientos. Los valores promedio de producción para los diferentes tratamientos se pueden observar en el Cuadro 10.

Cuadro 10: Resumen del análisis de varianza y valores promedio de las variables evaluadas en los tres grupos experimentales.

Variable	Promedio			p					
	Control	Trat 1	Trat 2	T	P	DIM	DIM ²	T*DIM	S
Leche (kg/d)	13,84	12,52	14,94	0,30	<0,01	0,70	0,21	0,82	-
Leche 3,5%G (kg/d)	10,27	9,85	10,76	0,66	0,06	0,35	0,12	0,78	-
Grasa (%)	1,74	2,23	2,43	0,06	0,25	<0,01	-	0,59	<0,01
Proteína (%)	3,36	3,31	3,59	0,30	0,33	0,87	<0,01	0,94	-
Lactosa (%)	4,45	4,46	4,37	0,39	0,14	<0,01	<0,01	0,33	-
ST (%)	9,72	9,83	10,55	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	0,10	<0,01
SCCS	4,27	5,08	4,40	0,46	0,14	0,61	0,51	0,98	-
NUL (mg/dL)	8,01	7,52	8,16	0,79	0,18	0,35	0,53	0,54	<0,01
CC	2,51	2,85	2,82	0,07	0,05	0,08	0,05	0,87	<0,01

Leche 3,5% CG: Leche corregida al 3,5% de grasa. SCCS: Puntaje de conteo de células somáticas. CC: Condición Corporal. p=Probabilidad para los efectos: T=Tratamiento. P=parto. DIM=días en lactancia. DIM²= días en lactancia al cuadrado. T*DIM= interacción entre DIM y el tratamiento. S=Semana.

En la Figura 4, se puede observar el comportamiento de la producción láctea de acuerdo a los diferentes tratamientos durante la etapa experimental. Se puede notar un aumento de la producción a partir de la semana 6 y 9 del ensayo para el Tratamiento 2, esto se puede explicar debido al aumento en el consumo de forraje en pastoreo por mayor disponibilidad de biomasa,

como se mencionó en la sección anterior, además que mejoró la calidad nutricional del pasto y por ende el desempeño de los animales en este tratamiento.

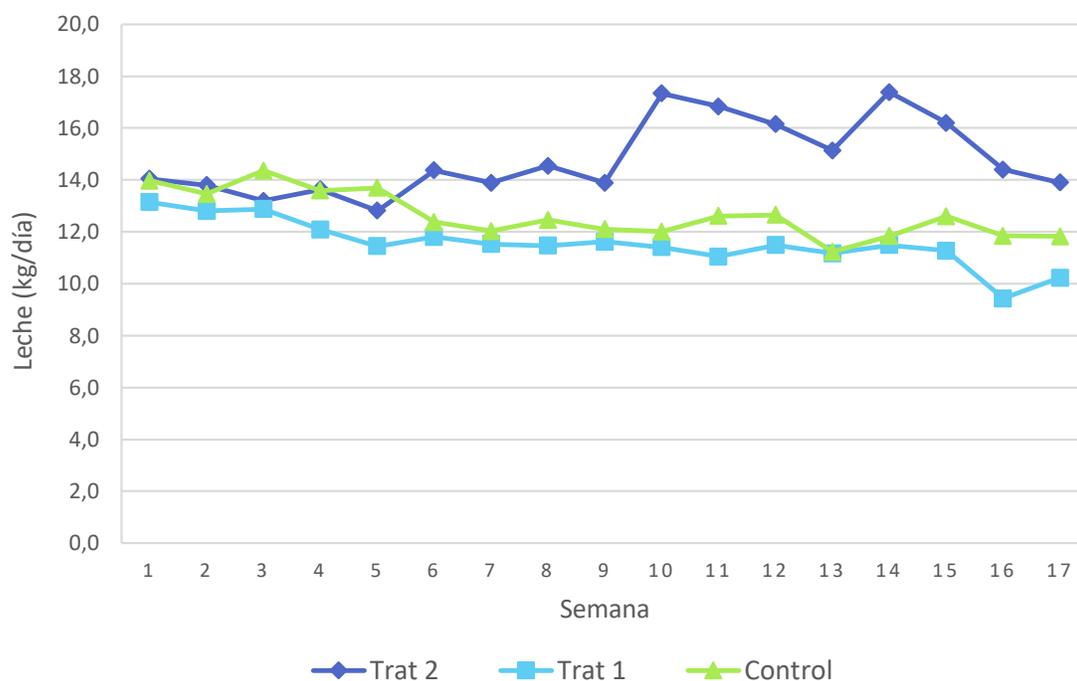


Figura 4. Producción de leche promedio por tratamiento.

Para el tratamiento 2, con la inclusión de 1,83 kg MS/día de pulpa de café deshidratada las vacas produjeron 2,27 kg más de leche por día en promedio, sin embargo, este incremento no fue significativo (Figura 4, Cuadro 10).

Un estudio similar llevado a cabo por Pedraza *et al.* (2012) en donde se incluyó en la dieta de vacas lecheras en pastoreo con días de lactancia tardíos, pulpa de café en proporciones de 0%, 10%, 15%, y 20% en el concentrado (consumos de 0; 0,6; 0,9; 1,2 kg MS de pulpa de café/día/animal), lo cual tuvo efectos positivos sobre producción. La inclusión de 10% de pulpa de café en el concentrado, que representó un consumo de 0,6 kg MS/animal/día de pulpa de café, produjo 19,5% más de leche (1,38 kg de leche/día), si bien este incremento no fue significativo, sugiere que niveles moderados pueden producir mejores resultados que niveles altos.

Esta respuesta positiva en producción para el Tratamiento 2, podría ser atribuida al contenido moderado de taninos y fenoles de la pulpa de café. Souza *et al.* (2005), menciona que bajos

niveles de taninos y polifenoles, ligan a las proteínas del alimento formando complejos tanino-proteína, los cuales actúan como proteína de sobrepaso, mejorando así el rendimiento del animal. Como se analizó en la sección anterior, la fracción C de la pulpa de café deshidratada, incluye los complejos taninos-proteína, resistentes a la hidrólisis por enzimas microbianas. Sin embargo, es difícil saber con certeza si este fenómeno ocurrió realmente en el presente experimento porque no se midió la utilización de nitrógeno ruminal y la síntesis de proteínas microbianas.

Firkins (1997) menciona que las fuentes de FDN no forrajeras presentan un efecto de fibra efectiva. No obstante, es difícil separar los beneficios de la fibra efectiva de los beneficios de la dilución de CNF por la inclusión de fuentes FDN no forrajeras, ya que ambos influyen en el pH ruminal. El reemplazo de CNF con FDN de fuentes no forrajeras, puede aumentar el pH ruminal y esto aumenta la digestibilidad de la fibra, tanto de la fibra de la fuente no forrajera como de las fuentes forrajeras de la dieta. Lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de la fibra gracias a una mejor salud ruminal. Por otro lado, el efecto de la fibra físicamente efectiva que presentan las fuentes de FDN no forrajeras, puede aumentar el tiempo de retención promedio y disminuir la tasa de pasaje, aumentando la digestibilidad de la dieta, no obstante, este efecto depende de características del material como tamaño de partícula, digestibilidad de la FDN, la densidad, gravedad específica, entre otras.

La cascarilla de soya al ser un material similar en composición nutricional y partícula física a la pulpa de café deshidratada, se podría tomar como referencia en cuanto a su comportamiento en la cinética del rumen y su tasa de pasaje ruminal con el objetivo de plantear una hipótesis en cuanto al comportamiento y resultados obtenidos en producción de leche por el uso de pulpa de café deshidratada en la dieta de las vacas. Según con Firkins (1997), la tasa de pasaje de la cascarilla de soya cambia considerablemente dependiendo de la fuente de forraje y la cantidad. Tasas de pasaje ruminal de la cascarilla de soya de vacas en lactancia con un promedio de CMS de 15,7 kg/d variaron de 0,043 a 0,050 / h, que fueron similares a los valores para forrajes (0,037 a 0,046 / h). Una tasa de pasaje más lenta podría aumentar la digestibilidad ruminal de FDN, que proporciona energía para la síntesis de proteína microbiana (Firkins 1997).

En un estudio de Ranathunga *et al.* (2008) donde se sustituyeron el almidón del maíz con fuentes de fibra no forrajeras a partir de destilados de maíz y cascarilla de soya (0; 3,19; 6,36; y 9,55% de MS de la dieta), se estimó el factor de fibra efectiva de cada dieta. Con la mayor inclusión de cascarilla de soya en la dieta aumentó proporcionalmente el factor de fibra efectiva

de 35,1 hasta 37,5; estableciendo que hay una mayor retención de la fibra en el rumen con el uso de fuentes de FDN fibra no forrajeras.

De acuerdo con lo anterior, se podría proponer como hipótesis que la pulpa de café deshidratada es un material fibroso que puede mejorar la salud ruminal y tener un efecto de retención por la fibra efectiva que pudo aportar, esto puede aumentar la digestibilidad de la fibra de origen forrajero en sistemas lecheros en pastoreo.

En cuanto a la condición corporal no se detectó ningún efecto de la suplementación de pulpa de café sobre estas variables (Cuadro 10). No obstante, se encontró un efecto de la semana sobre la condición corporal, donde los animales disminuyeron su condición entre la semana 6 a 8 y se sugiere que se puede deber al aumento en producción y sólidos totales de la leche.

Algunos autores sugieren que la ingesta de cafeína podría afectar el comportamiento y el peso del animal por tener la capacidad de acelerar el metabolismo y por lo tanto tiene un efecto en la disminución de ganancia de peso y en eficiencia de conversión, además de un aumento de sed en el animal y un aumento en la excreción urinaria (Elías 1978, Blandón *et al.* 2012). En este estudio no se analizó el contenido de cafeína de la pulpa de café deshidratada, sin embargo, la administración de cafeína de alrededor de 8 mg de cafeína por kg de peso vivo (PV) en un ensayo realizado por Degraives *et al.* (1995), se reportó que no genera ninguna alteración en el animal. Bajo esta consideración y bajo el supuesto que el contenido medio de cafeína en la pulpa de café está alrededor de 0,84% de la MS (Bressani 1978; Vargas *et al.* 1977; Barcelos *et al.*, 2002). Suponiendo que este valor es representativo de la pulpa de café utilizada en este experimento, la ingesta diaria mayor fue para el Tratamiento 2 fue de 1,83 kg de MS, el valor estimado de consumo de cafeína fue de alrededor de 15,37 mg/kg PV en animales con un peso promedio de 450 kg. Este valor fue bastante superior al valor que reporta Degraives *et al.* (1995) por lo tanto pudo tener algún efecto sobre el desempeño de los animales y se recomienda considerarlo para futuras investigaciones.

4. Calidad de leche

Los valores promedio de la composición láctea y NUL se muestran en el Cuadro 10. El comportamiento de los resultados obtenidos para la concentración de sólidos totales, proteína, grasa, y lactosa pueden observarse en la Figura 5.

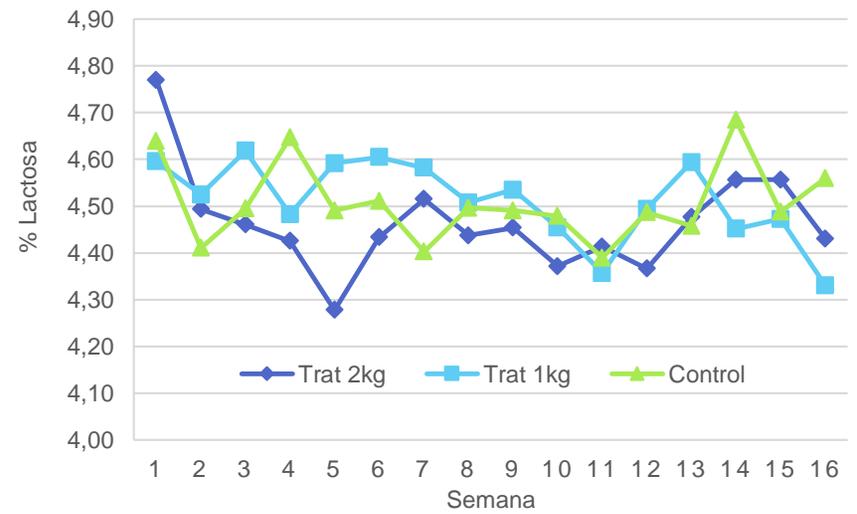
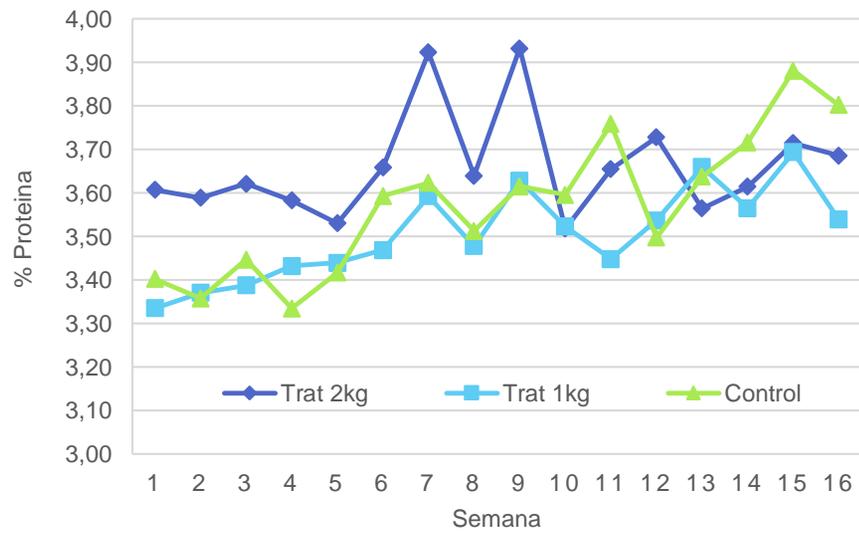
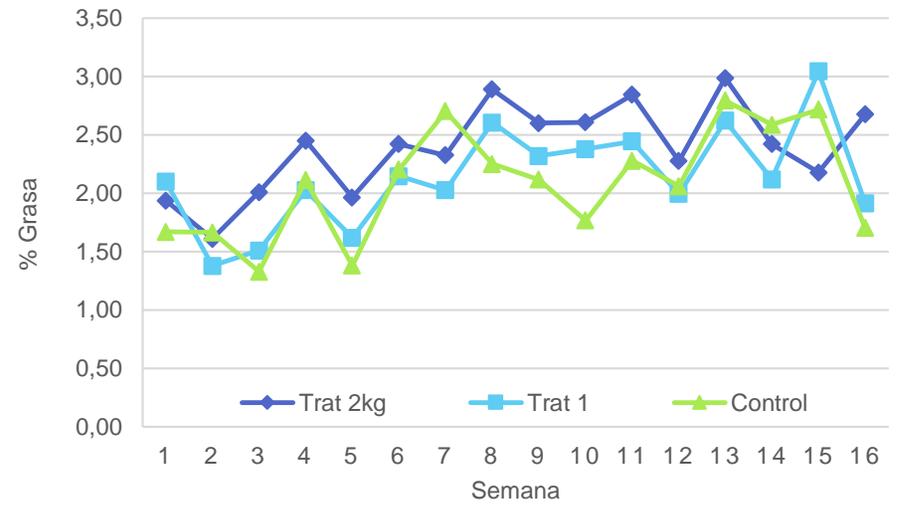
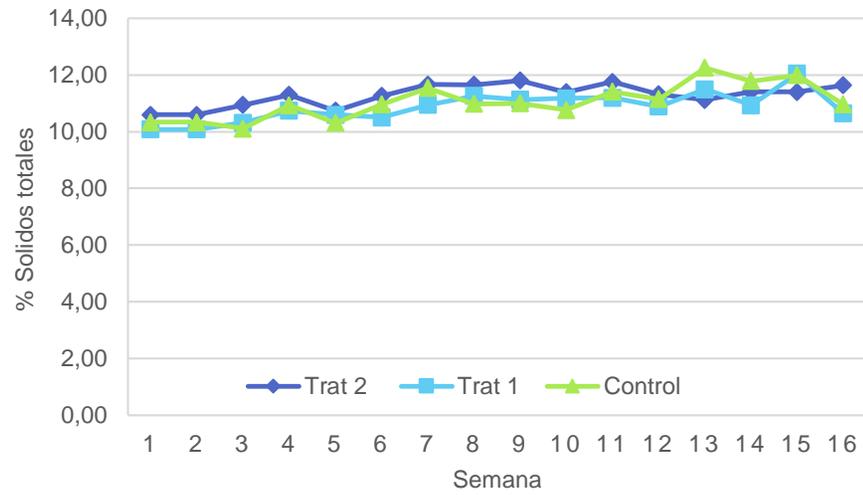


Figura 5. Porcentaje promedio de sólidos totales, grasa, proteína y lactosa promedio en leche por tratamiento.

En el experimento realizado no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la composición láctea por la inclusión de pulpa de café deshidratada (Cuadro 10). Resultados similares obtuvo Souza *et al.* (2005) quienes alimentaron con diferentes niveles de pulpa de café deshidratada (con un rango de 0% a 10% de la MS de la dieta total) a vacas lecheras lactantes, reemplazando maíz molido y no observaron diferencias significativas en concentraciones y cantidades de proteína, grasa y sólidos totales de la leche, con valores medios de 3,1; 4,0 y 12,2%, respectivamente. Resultados similares para la composición de la leche fueron encontrados por Barcelos *et al.* (1996), que evaluaron la inclusión de cáscara de café en la dieta de vacas con una media de producción de leche de 16,9 kg / día.

En otro estudio realizado por Pedraza *et al.* (2012), no se encontraron diferencias en la concentración de sólidos lácteos con la inclusión de pulpa de café en concentrados de vacas lecheras, en rangos de 10 a 20%, obteniendo valores medios de 4,5% de grasa, 3,2% de proteína y 13,09% de sólidos totales.

Para la producción de grasa láctea, el tratamiento y la interacción entre el tratamiento y los días de lactancia, no tuvieron efectos significativos. No obstante, los días de lactancia y la semana de evaluación sí tuvieron un efecto significativo (Cuadro 10). El porcentaje de grasa en leche aumentó significativamente ($p < 0,05$) a partir de la sexta semana, esto se puede explicar por el aumento en consumo de fibra proveniente del forraje en pastoreo y su aprovechamiento, lo que pudo aumentar la producción del ácido acético y ácido butírico en rumen, como precursor de grasa en leche (Linn 1988).

De acuerdo con la Figura 5 y con el Cuadro 10, el Tratamiento 1 y 2 en comparación con el Tratamiento Control, obtuvieron mayor porcentaje de concentración de grasa promedio durante el ensayo, no obstante, este no fue significativo ($p > 0,05$). Este efecto se pudo dar debido a que el consumo de CNF, específicamente de almidones provenientes del alimento balanceado, en el Tratamiento 2 se disminuyó en comparación con el Tratamiento Control, lo que pudo favorecer el mantenimiento de un pH ruminal más estable. De igual manera el Tratamiento 1, donde también se disminuyó el consumo de CNF, sin embargo, en este caso se redujo el aporte de pectinas por la sustitución en la dieta de la cáscara de banano, ya que esto no causa una disminución tan brusca del pH. Esto porque el consumo excesivo de los almidones y azúcares altera el pH de manera más significativa que las pectinas (Linn 1988, Rojas y Campos 2017).

El mantenimiento de un pH más estable favorece la producción de ácido acético y ácido butírico como precursores de la grasa láctea en la glándula mamaria. Además, cuando el pH ruminal desciende se puede producir una alteración al proceso de biohidrogenación ruminal, que origina la formación de un compuesto *trans-10-cis-12* C18:2 ALC, que, al estar disponible en la glándula mamaria, causa la depresión de la síntesis de grasa en leche. Esto porque este compuesto afecta la actividad enzimática lipogénica de las células de la glándula mamaria, causando una depresión en la síntesis de triglicéridos, este fenómeno es conocido como Síndrome de Baja Grasa Láctea (Rojas y Campos 2017). De acuerdo con lo anterior, en general los Tratamientos 1 y 2 por ser dietas con menor aporte de CNF, además del aporte de la pulpa de café deshidratada como material fibroso favoreció un pH ruminal más estable en los animales de estos tratamientos.

Respecto al contenido de proteína en la leche, no se obtuvo efecto significativo por la inclusión de pulpa de café deshidratada en la dieta ($p>0,05$) (Cuadro 10). Para el Tratamiento 2 el contenido de PC del suplemento fue ligeramente menor (Cuadro 7), no obstante, el rendimiento de la leche y el contenido de proteína no disminuyó. Esto puede estar relacionado con el contenido de taninos en la pulpa de café, ya que los niveles bajos de taninos condensados que están vinculados a la proteína de la pulpa de café deshidratada que convierten una parte de esta en proteína de sobrepaso, siendo esta más eficiente al ser absorbida en el intestino delgado (Pedraza *et al.* 2012).

Si bien el presente estudio no fue diseñado para evaluar el conteo de células somáticas la suplementación de pulpa de café en este estudio no tuvo efecto sobre el conteo de células somáticas e incidencia de mastitis (Cuadro 10). Similar al estudio de Costa *et al.* (2005) donde mencionan que en el caso del conteo de células somáticas influyen muchos factores que determinan su valor, como, por ejemplo, un mayor estrés también podría afectar negativamente al sistema inmunológico y aumentar la incidencia de mastitis.

5. Nitrógeno ureico en leche (NUL)

La concentración de NUL se puede utilizar como herramienta de manejo para el monitoreo del estado nutricional de vacas lecheras. En este sentido, se han establecido valores estándares de las concentraciones de NUL para la identificación de las condiciones de manejo nutricional.

Investigadores como Souza *et al.* (2006), afirman que la concentración de NUL debe variar de 10 a 16 mg/dL, dependiendo del nivel de producción, y que valores por encima del máximo pueden ser indicativos de consumo de N en exceso o de exceso de proteína degradable en el rumen. Si se considera estas proposiciones, se puede inferir que los valores de NUL obtenidos con las dietas utilizadas en este experimento fueron inferiores a los estándares normales (Cuadro 10, Figura 6).

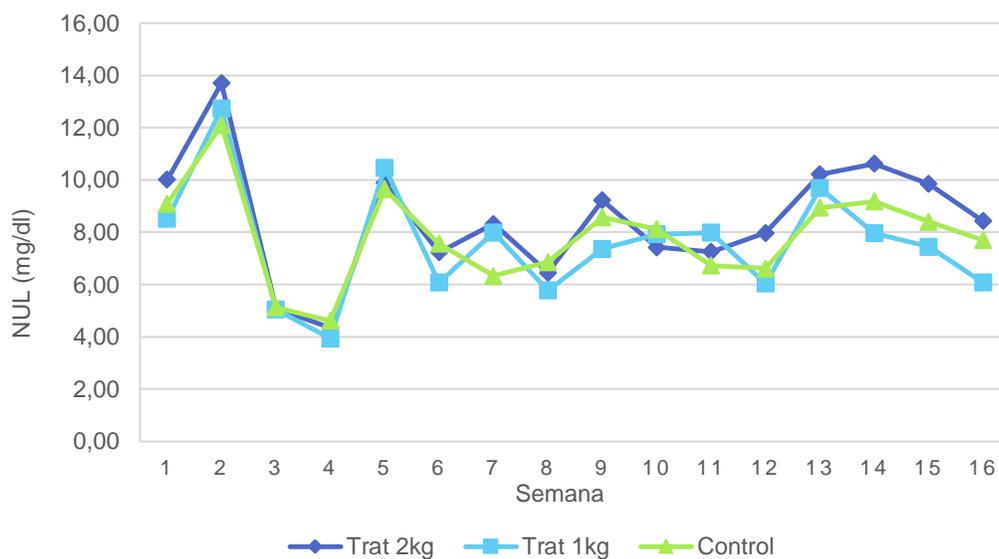


Figura 6. Porcentaje de Nitrógeno Ureico en Leche promedio por tratamiento.

Según Blandon *et al.* (2012), en términos generales el requerimiento de proteína cruda en la dieta de una vaca en lactancia, es de alrededor de 16 a 18%, además el requerimiento de proteína degradable es de 10,5 a 11,9%. Las dietas para los tratamientos en este ensayo presentan en promedio 15,26% de proteína cruda y un promedio de 9,64% de proteína degradable (Cuadro 9). De acuerdo con esto, los valores bajos de NUL presentes en los tres tratamientos se pueden deber al bajo aporte de proteína cruda y de proteína degradable en la ración, ya que no se cumple con el requerimiento de los animales.

La inclusión de pulpa de café en la dieta no alteró en forma significativa ($p > 0,05$) el valor del NUL. Resultados similares reporta Souza *et al.* (2006), quienes analizaron el efecto de dietas con

diferentes concentraciones de pulpa de café sobre el NUL, y obtuvieron resultados no significativos ($p > 0,05$), presentando valores medios de 16,70 mg /dL con vacas lecheras con una producción media de 23,4 kg. No obstante, dichos autores encontraron que el análisis de regresión sugirió un efecto lineal ($p < 0,05$) de los niveles de pulpa de café sobre la concentración de NUL (en mg/dL), estimándose un aumento de 0,035. Autores como Oliveira *et al.* (2001), indicaron un comportamiento similar lineal creciente para los valores de NUL leche expresados en mg/dL con la inclusión de niveles crecientes de compuestos nitrogenados (de 2,2 a 8,09%) en las dietas. De manera similar, en este estudio se podría suponer que el aumento en el NUL en el Tratamiento 2, pese que estos resultados no son significativos, se deba a una mayor inclusión de compuestos nitrogenados aportado por la pulpa de café (Cuadro 10).

Los bajos niveles de NUL obtenidos en los 3 tratamientos de este experimento también se pueden atribuir a factores raciales y niveles bajos de producción de leche. En un estudio Gonzales y WingChing (2016), encontraron un efecto significativo ($p < 0,05$) de los niveles de NUL debido a la raza de los animales, donde los animales Jersey obtuvieron mayor concentración, con NUL promedio de 18,55 mg/dl, por encima de los Holstein y los cruces con 2,49 mg/dl y 3,82 mg/dl menos respectivamente. Por otro lado, Gonzales y WingChing (2016), determinaron que a medida que aumenta la producción de leche, las concentraciones de NUL aumentan de forma lineal por mayor ingesta de nitrógeno y excreción de nitrógeno. Por lo tanto, debido a las bajas producciones de leche en el presente ensayo (13,7 kg/día) se podría atribuir menores valores de NUL presentados.

6. Costos de la dieta

De acuerdo con los costos obtenidos por la suplementación de pulpa de café se puede establecer que la dieta que obtuvo el menor costo fue la dieta suplementada con 2 kg MF de pulpa de café deshidratada con ₡1317 por animal por día, debido a la reducción de 1 kg MF de concentrado (Cuadro 11). El costo de la dieta se redujó en un 3,4 % con la inclusión de pulpa de café deshidratado logrando un mismo rendimiento en la producción de leche y calidad de la leche.

Cuadro 11: Costos promedio de cada dieta para los diferentes tratamientos.

Ingredientes	Costo/kg	Control		Tratamiento 1		Tratamiento 2	
		MF (kg/d)	Costos	MF (kg/d)	Costos	MF (kg/d)	Costos
Pasta de banano	₡5,00	8,0	₡40,00	8,0	₡40,00	8,0	₡40,00
Cáscara de banano	₡5,00	9,0	₡45,00	8,0	₡40,00	9,0	₡45,00
Pasto King Grass	₡7,00	8,3	₡58,10	8,3	₡58,10	8,3	₡58,10
Pasto Estrella	₡5,00	2,0	₡10,00	2,0	₡10,00	2,0	₡10,00
Pulpa Café	₡86,96	-	-	1,0	₡86,96	2,0	₡173,91
Alimento Balanceado	₡220,00	5,5	₡1.210,00	5,5	₡1.210,00	4,5	₡990,00
Total			₡1.363,10		₡1.445,06		₡1.317,01
Total US dólar			\$2,27		\$2,41		\$2,20

US dólar =₡600

En un estudio de Pedraza *et al.* (2012), mencionado anteriormente, se obtuvo una reducción del 20% en el costo del concentrado con la inclusión de la pulpa de café (1,2 kg MS/vaca/día), las cantidades de pulpa de café fueron similares a las ofrecidas en la presente investigación.

Rocha *et al.* (2006) realizaron un estudio del consumo y digestibilidad de pulpa de café con niveles de 0; 12,5; 25,0 y 37,5% de la MS de la ración total en vacas en lactancia con consumos diarios de 18,89 kg MS, donde no se encontró diferencias significativas en la producción y composición de la leche. Sin embargo, la eficiencia de alimentación (ingreso bruto de la leche - costos de alimentación) por vaca y por litro de leche aumentó de forma lineal reemplazando parcialmente el maíz con cáscara de café. Por lo que concluyó, que la pulpa de café puede reemplazar hasta el 15% del maíz en la dieta sin efectos perjudiciales sobre la producción.

El elevado precio de los alimentos concentrados (maíz y harina de soya) comúnmente utilizados en la alimentación animal fueron los principales responsables de los altos costos de las dietas. En este sentido, la evaluación de alimentos alternativos, como los residuos de la agroindustria, en la dieta de vacas lactantes puede contribuir a reducir los gastos de alimentación de los hatos y, al mismo tiempo, garantiza niveles satisfactorios de productividad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La capacidad de los rumiantes para digerir alimentos ricos en fibra hace que estos animales sean capaces de consumir dietas formuladas con fuentes de fibra no forrajeras. El uso de los subproductos de la caficultura como la pulpa de café, tiene un enorme potencial para la alimentación del ganado en las regiones de clima tropical del mundo, ya que se produce en grandes cantidades.

Como se demostró en el presente estudio, en dosis moderadas (2 kg MF/vaca/día) la pulpa de café deshidratada, no afecta el desempeño animal y el uso de los nutrientes por éste, además de ser una forma sustentable de disponer de dicho subproducto, reduciendo la contaminación que ésta genera.

La inclusión de la pulpa de café deshidratada demostró no alterar la respuesta productiva del animal, promoviendo la salud ruminal en dietas de ganado lechero. Por otro lado, la incorporación de este a la dieta de vacas lecheras puede mejorar la eficiencia económica y reducir gastos de alimentación.

La incorporación de pulpa de café deshidratada en las dietas para rumiantes se puede realizar de manera más efectiva en explotaciones que utilizan ración completa como un sistema de alimentación para el hato, ya que en tales casos las características potencialmente reductoras de consumo o su baja palatabilidad, se diluirían por bocado, después de mezclarse con otros ingredientes. También para obtener mejores resultados en cuanto aceptación del material, se recomienda introducir gradualmente la pulpa de café en la ración de las vacas.

Para futuras investigaciones y conocer más sobre la pulpa de café en alimentación bovina, se debe considerar estimar el valor de fibra físicamente efectiva y su efecto sobre digestibilidad de la ración. Además, se podría evaluar el contenido y efecto de la cafeína, polifenoles y taninos en el desempeño productivo de animales lecheros.

LITERATURA CITADA

- ALFARO, M; RODRIGUEZ, J. 1994. Impacto ambiental del procesamiento del café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18(2): 217-225.
- ANDRADE, M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum Hochst. Ex chiov*) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 225 p.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists International. 19th edition. AOAC Int, Gaithersburg.
- BARCELOS, A.F; PAIVA, P; PÉREZ, J; SANTOS, V; CARDOSO, R. 2002. Composição química da casca e polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. vol II, p.636-639 .En II Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil. Embrapa Café, Brasília, DF.
- BATES, D; MAECHLER, M; BOLKER, B; WALKER, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1): 1-48. [doi:10.18637/jss.v067.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01).
- BLANDON, M; BLANDON, S; TORRES, K. 2012. Validación de ensilaje elaborado a partir de pulpa de café como una alternativa de alimentación de ganado lechero en dos etapas de experimentación. Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua. 147 p.
- BRAHAM, E; JARQUIN, R; GONZALEZ, J; BRESSANI, R. 1973. Pulpa y pergamino de café. III. Utilización de la pulpa de café en forma de ensilaje. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 23:379-388.
- BRESSANI, R. 1978 a. Subproductos del fruto de café, pp 9-18. En J. Braham y R. Bressani (eds.). *Pulpa de Café. Composición, Tecnología y Utilización*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

- BRESSANI, R. 1978 b. Factores Antifisiológicos en la pulpa café, pp 143-155. En J. Braham y R. Bressani (eds.). Pulpa de Café. Composición, Tecnología y Utilización. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- CABEZAS, M. 1973. Utilización de pulpa de café para alimentación de ganado bovino. Revista A.G.A. 17-19.
- CABEZAS, M; FLORES, A; EGAÑA, J. 1978. Uso de la pulpa de café en alimentación de rumiantes, pp. 45-67. En Braham J. y R. Bressani (eds.). Pulpa de Café. Composición, Tecnología y Utilización. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- CABRERA, A; DANIEL, I; LAMMOGLIA, M; MARTÍNEZ, C; ALARCON, S; ROJAS, R. 2015. The Use of Coffee Pulp as a Potential Alternative Supplement in Ruminant Diets. Journal of Agricultural Science and Technology A (5):214-217.
- CLIMATE-DATA.ORG. 2017.Clima Copey. Costa Rica. Consultada 9 de setiembre del 2107, <https://es.climate-data.org/location/1028079/>
- COSTA, T; NEVES, P; TAVARES, M; CHAVES, M. 2005. Performance of Holstein–Zebu cows under partial replacement of corn by coffee hulls. Scientia Agricola 62(2): 95–101.
- DEGRAVES, F.J.; RUFFIN, D.C.; DURAN, S.H.; SPANO, J.S.; WHATLEY, E.M.; SCHUMACHER, J.; RIDDELL, M.G.1995. Pharmacokinetics of caffeine in lactating dairy cows. American Journal of Veterinary Research, v.56, p.619-622.
- DONKOH, A; ATUAHENE, C; KESE, A.G; MENSAH-ASANTE, B. 1988. The Nutritional Value of Dried Coffee Pulp (DCP) in Broiler Chickens' Diets. Animal Feed Science and Technology 22: 139-146.
- ELÍAS, L. 1978. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos, pp. 19-29. En Braham J. y R. Bressani (eds.). Pulpa de Café. Composición, Tecnología y Utilización. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- FERREIRA, I; OLALQUIAGA, J; TEIXEIRA, J; PACHECO, C. 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. Zootec., 29(2): 89-100.

- FIRKINS, J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 80:1426–1437
- GAVIRIA, X; RIVERA, J; BARAHONA, R. 2015. Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes* 38 (2):194-201.
- GONZALES, J.P; WINGCHING, R. 2016. Relación del valor de urea en leche con parámetros reproductivos y productivos en vacas Holstein, Jersey y sus cruces. *Cuadernos de Investigación UNED* 8(2): 175-183,
- GUADA, J.A. 1996. Características del sistema de Cornell (CNCPS) como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. Universidad de Zaragoza, Madrid, España. Consultada el 10 de junio del 2018, http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Sistema_Cornell.pdf
- HARGREAVES, J; KERR, J. 1978. Botanal: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. II. Computational package. Division of Tropical Crops and Pastures, Tropical Agronomy, CSIRO, Australia. Technical Memorandum N°. 9. 88 p.
- ICAFE (INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA). 2018. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Preparado en el Instituto del Café de Costa Rica para los delegados al XLVII Congreso Nacional Cafetalero Ordinario. Heredia, Costa Rica. 103 p.
- LINN J.G. 1988. *Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1988. Factors Affecting the Composition of Milk from Dairy Cows. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218193/>
- MAYNE, C; WRIGHT, L; FISHER, G. 2000. Grassland management under grazing and animal response. In: A. Hopkins (ed), *Grass: Its Production and Utilization*, Third Edition, (British Grassland Society, London), 247–291.
- MAZZAFERA, P. 2002. Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. *Scientia Agricola* 59(4): 815–821.

- MOLINA, R. 1978. Uso de la pulpa de café en alimentación de rumiantes, pp. 111-124. En Braham J. y R. Bressani (eds.). Pulpa de Café. Composición, Tecnología y Utilización. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. National Academy, Washington, D.C.
- NORIEGA, S.A; SILVA, A.R; GARCÍA, S.M. 2008. Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical* 26(4): 419–419.
- NORIEGA, S.A; SILVA, A.R; GARCÍA, S.M. 2009. Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal *Zootecnia Tropical* 27(2): 135–141.
- OLIVEIRA, A; SOUZA, A; CAMPOS, V; ASSIS, A; ARAÚJO, T; NAVAJAS, R; DOS SANTOS, P; OLIVEIRA, G. 2007. Substituição do milho pela casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: comportamento ingestivo, concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1, 205–215.
- PEDRAZA, P; ESTRADA, J; MARTÍNEZ, A; ESTRADA, I; RAYAS, A; YONG, G; FIGUEROA, M; AVILÉS, F; CASTELÁN, O. 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
- PINHEIRO, J; BATES, D. 2000. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer, New York.
- PINHEIRO, J; BATES, D; DEBROY, S; SARKAR, D. 2018. R Core Team nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-137, <https://CRAN.Rproject.org/package=nlme>.
- R CORE TEAM. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>.
- RANATHUNGA, S; KALSCHEUR, K; HIPPEN, A; SCHINGOETHE, D. 2008 Replacement of starch from corn with non-forage fiber from distillers grains in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:1086–1097.

- ROCHA, F.C; GARCIA, R; FREITAS, A.W.P; SOUZA, A; VALADARES FILHO, S; GOMES, O; SAMPAIO, S; GONÇALVES, R; ROCHA, G. 2006. Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(5):2154-2162.
- ROJAS, A; CAMPOS, C. 2017. Problemas de sólidos lácteos en la producción lechera debido al Síndrome de baja Grasa Láctea. *Revista UTN Informa* 80:8-12.
- SHOOK, GE. 1993. Genetic improvement of mastitis through selection on somatic cell count. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 9(3):563-581.
- SNIFFEN, C.J; O'CONNOR, J.D; VAN SOEST, P.J; RUSELL, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562-3577.
- SOUZA, A; GARCIA, R; VALADARES, S; PEREIRA, M.L; SILVA, L; VALADARES, S. 2006. Casca de café em dietas para vacas em lactação: balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(4):1860-1865.
- SOUZA, A; GARCIA, R; VALADARES, S; ROCHA, F; SOUZA, J; SILVA, L; GOBBI, K. 2005. Casca de café em dietas de vacas em lactação: Consumo, digestibilidade e produção de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34 (6): 2496-2504.
- VAN SOEST, P.J; ROBERTSON, J.B; LEWIS, BA. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- VARGAS, E; CABEZAS, M.T; BRESSANI, R. 1977. Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. II. Absorción y retención de nitrógeno en novillos alimentados con concentrados elaborados con pulpa de café deshidratada. *Agronomía Costarricense* 1 (2): 101-106.
- VASQUEZ, R. 1997. El manejo de efluentes en el beneficiado del café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(1): 69-76.
- VILLALOBOS L., ARCE J., WINGCHING R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), Kikuyo (*Kikuyuocloa*

clandestina) y Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica.
Agronomía Costarricense 37(2): 91-103.

Anexo 1: Balance nutricional Tratamiento Control.

Midsized breed, Lactating cow

Lactation #: 3	Body wt w/o fetus: 544,0 kg
Days in milk: 210	Current BCS: 3,00
Target Actual	Target daily gain: 0,50 kg/da
Milk yield: 13,0 13,0 kg/day	Mature body weight: 544,0 kg
Fat: 3,90 2,45 %	Days pregnant: 240
Protein: 3,46 3,51 %	Thermoneutral zone
Lactose: 4,85 4,50 %	Light work
	Feed additive: None

Prepared by:

Feed name	Test Date	DM kg	As Fed kg	DM %	%Diet %DMI	NDF %DM	NEL Mcal/kg	CP %DM	RUP %CP	AsSold ¢	WtAsSold kg
Kikuyo (potrero)	5/31/11	3,62	17,99	20,12	26,00	56,9	1,59	21,2	34	6,60	1
Cáscara de Banano	9/8/16	1,26	9,00	14,04	9,08	29,1	1,59	8,6	26	6535,0	46
King Grass	1/31/19	1,59	8,30	19,18	11,43	72,6	1,31	10,2	67	6,60	1
Pasta de Banano	5/31/11	1,22	8,00	15,22	8,75	15,3	1,17	10,3	26	20,00	907
Vap Feed	7/16/13	4,86	5,50	88,35	34,90	16,0	1,93	18,1	36	128,82	884
Estrella Africana (canao)	5/31/11	1,27	2,00	63,70	9,15	74,1	1,58	6,9	34	6,60	1
Multiplex Oro	5/31/11	0,10	0,10	96,50	0,69	3,0	0,00	0,0	0	21270,	20
		DM kg/day	As Fed kg/day	DM %	%Diet %DMI	NDF kg/day	NEL Mcal/d	CP kg/day	RUP kg/day		Cost DM ¢/day
Supply		13,92	50,89	27,4	100,0	5,5	22,7	2,13	0,78		1572,6
Requirements		16,74				5,0	23,4	2,10	0,75		
Difference		-2,82				0,5	-0,7	0,03	0,02		

DIET SUMMARY

MP system used: Spartan 3 (w/ defaults)

	NDF %DM	efNDF %DM	ForNDF %DM	NEL Mcal/kg	NEg Mcal/kg	CP %DM	RUP %DM	RDP %DM	RUPdig %DM	NPNCPE %CP	MP %DM
Supply	39,5	32,3	21,6	1,6		15,29	5,58	9,72	4,21	2,78	10,45
Requirements	30,0	24,0	22,5	1,4		12,56	4,50	8,13	3,60		8,79
Difference	9,5	8,3	-0,9	0,2		2,74	1,08	1,59	0,61		1,66
	Ca %DM	P %DM	Mg %DM	K %DM	Na %DM	Cl %DM	S %DM	Co ppm	Cu ppm	Fe ppm	I ppm
Supply	0,83	0,48	0,28	2,26	0,16	0,70	0,23	0,87	34,7	49	2,30
Requirements	0,67	0,31	0,16	0,97	0,21	0,20	0,20	0,11	11,5	30	0,45
Difference	0,17	0,17	0,13	1,28	-0,05	0,50	0,03	0,76	23,2	19	1,85
	Mn ppm	Se ppm	Zn ppm	Starch %DM	RDStarch %Starch	FA %DM	NFC %DM	DCAD meq/100g	Vit A kIU/kg	Vit D kIU/kg	Vit E IU/kg
Supply	75	0,68	598	15,69	71,65	2,46	38,9	30,64	4,86	1,04	18,4
Requirements	15	0,30	36						4,57	1,20	58,1
Difference	60	0,38	562						0,29	-0,16	-39,7

Continuación Anexo 1: Balance nutricional Tratamiento Control.

RATIOS AND RELATIONSHIPS

Actual DMI	13,92 kg/day	Purchased feed costs	1440, ¢/day	Predicted Fecal DM	4,00 kg/day
DMI / BW	2,56 %BW	Feed cost / 100 wt milk	1209 ¢/100 kg	N captured	26,5 %
NRC01 Predicted DMI	15,64 kg/day	Income over feed costs	-1572 ¢/day	Total N excreted	0,250 kg/day
DEp / DE1x	95,65 %	Forage in diet	35,15 %DM	Fecal N	0,099 kg/day
Energy-corrected milk (ECM)	11,66 kg/day	Forage NDF	54,7 %NDF	Urinary N	0,151 kg/day
ECM / DMI	0,84	CP / ME3X	60,14 g/Mcal	P captured	17,6 %
Energy-allowable milk	14,98 kg/day	MP / ME	40,51 g/Mcal	P excreted	0,055 kg/day
Protein-allowable milk	12,50 kg/day	Lys:Met	2,89	P excreted as P2O5	0,126 kg/day
Feed cost / ME3X	4442, ¢/100 Mcal	NRC01 Lys:Met	3,37	K excreted as K2O	0,354 kg/day

Feed name	DM kg	efNDF %DM	ME Mcal/kg	RUPdig %RUP	FA %DM	Starch %DM	Ca %DM	P %DM	K %DM	Feed Type	Cost DM ¢/kg
Kikuyo (potrero)	3,62	56,9	2,53	65	1,8	0,6	0,29	0,41	4,00	WF	32,803
Cáscara de Banano	1,26	7,3	2,52	80	4,8	15,0	1,92	0,12	1,10	C	1011,8
King Grass	1,59	72,6	2,13	65	1,0	0,6	0,30	0,41	4,00	C	34,411
Pasta de Banano	1,22	3,8	1,94	80	0,0	5,0	0,20	0,14	0,73	C	0,145
Vap Feed	4,86	4,0	3,00	88	4,0	39,1	1,06	0,48	0,98	C	0,165
Estrella Africana (canao)	1,27	74,1	2,52	65	0,4	0,4	0,38	0,41	2,77	WF	10,361
Multiplex Oro	0,10	0,0	0,00	0	0,0	0,0	18,50	14,00	0,00	C	1102,0
	DM kg/day	efNDF kg/day	ME Mcal/d	RUPdig kg/day	FA kg/day	Starch kg/day	Ca g/day	P g/day	K g/day		Cost DM ¢/day
Supply	13,92	4,5	35,9	0,59	0,34	2,19	116,17	66,65	314,18		1572,6
Requirements	16,74	4,0	37,4	0,60			111,37	51,36	163,13		
Difference	-2,82	0,5	-1,5	-0,02			4,80	15,28	151,05		

DIET SUMMARY (continued)

MP system used: Spartan 3 (w/ defaults)

	NDF %DM	RDNDF %NDF	ME 01 Mcal/kg	NEL 89 Mcal/kg	Starch %DM	RDStarch %Starch	Sugar %DM	InFA %DM	SolFiber %DM	EE %DM	FA %DM
Supply	39,5	46,8	2,6	1,7	15,69	71,65	5,61	4,66	12,98	3,45	2,46
Requirements	30,0		2,2	1,4							
Difference	9,5		0,4	0,3							
	SFA %FA	MUFA %FA	PUFA %FA	BHFA %FA	IDUFA %FA	Ash %DM	Mo ppm	abs Ca %DM	abs P %DM	abs Mg %DM	abs Cu ppm
Supply	30,51	27,37	42,12	47,63	32,46	8,90	0,2	0,51	0,33	0,07	1,7
Requirements								0,25	0,21	0,03	0,5
Difference								0,26	0,12	0,04	1,2
	abs Fe ppm	abs I ppm	abs Mn ppm	abs Zn ppm	abs Se ppm	Lys %MP	Met %MP	Blank1 %DM	Blank2 %DM	Blank3 %DM	
Supply	10	2,07	0,68	89,7	0,30	6,3	2,2	0,00	0,00	0,00	
Requirements	3	0,38	0,11	5,4	0,18	7,2	2,4				
Difference	7	1,69	0,57	84,3	0,12	-0,9	-0,2				
	MP kg/day	RDP kg/day	MP 01 kg/day	RDP 01 kg/day	NEL 01 Mcal/d	NEg Mcal/d	Vit A kIU/day	Vit D kIU/day	Vit E IU/day	Blank1 kg/day	Blank2 kg/day
Supply	1,45	1,35	1,39	1,35	23,4		67,69	14,51	256,9	0,00	0,00
Requirements	1,47	1,36	1,42	1,45	23,4		76,49	20,16	972,8		
Difference	-0,02	-0,01	-0,03	-0,10	0,0		-8,80	-5,65	-716,0		

Anexo 2: Balance nutricional Tratamiento 1.

Midsized breed, Lactating cow

Lactation #: 3 Days in milk: 210	Body wt w/o fetus: 544,0 kg Current BCS: 3,00 Target daily gain: 0,50 kg/da Mature body weight: 544,0 kg Days pregnant: 240
Target Actual	
Milk yield: 13,0 13,0 kg/day Fat: 3,90 2,45 % Protein: 3,46 3,51 % Lactose: 4,85 4,50 %	Thermoneutral zone Light work Feed additive: None

Prepared by:

Feed name	Test Date	DM kg	As Fed kg	DM %	%Diet %DMI	NDF %DM	NEL Mcal/kg	CP %DM	RUP %CP	AsSold ¢	WtAsSold kg
Kikuyo (potrero)	5/31/11	3,62	17,99	20,12	24,63	56,9	1,59	21,2	35	6,60	1
King Grass	1/31/19	1,59	8,30	19,18	10,83	72,6	1,31	10,2	67	6,60	1
Cáscara de Banano	9/8/16	1,12	8,00	14,04	7,64	29,1	1,57	8,6	27	6535,0	46
Pasta de Banano	5/31/11	1,22	8,00	15,22	8,29	15,3	1,16	10,3	27	20,00	907
Vap Feed	7/16/13	4,86	5,50	88,35	33,07	16,0	1,93	18,1	36	128,82	884
Estrella Africana (canao)	5/31/11	1,27	2,00	63,70	8,67	74,1	1,58	6,9	34	6,60	1
Pulpa de Café Deshidratad	5/31/11	0,91	1,00	91,34	6,22	61,1	1,44	15,3	38	80,00	907
Multiplex Oro	5/31/11	0,10	0,10	96,50	0,66	3,0	0,00	0,0	0	21270,	20
		DM kg/day	As Fed kg/day	DM %	%Diet %DMI	NDF kg/day	NEL Mcal/d	CP kg/day	RUP kg/day		Cost DM ¢/day
Supply		14,70	50,89	28,9	100,0	6,0	23,7	2,26	0,83		1430,6
Requirements		16,74				5,0	23,4	2,14	0,73		
Difference		-2,05				1,0	0,4	0,12	0,11		

DIET SUMMARY

MP system used: Spartan 3 (w/ defaults)

	NDF %DM	efNDF %DM	ForNDF %DM	NEL Mcal/kg	NEg Mcal/kg	CP %DM	RUP %DM	RDP %DM	RUPdig %DM	NPNCPE %CP	MP %DM
Supply	40,9	31,4	20,4	1,6		15,36	5,67	9,69	4,27	2,62	10,48
Requirements	30,0	24,0	22,5	1,4		12,76	4,35	8,47	3,48		8,93
Difference	10,9	7,4	-2,1	0,2		2,60	1,33	1,21	0,79		1,55
	Ca %DM	P %DM	Mg %DM	K %DM	Na %DM	Cl %DM	S %DM	Co ppm	Cu ppm	Fe ppm	I ppm
Supply	0,81	0,46	0,28	2,22	0,15	0,66	0,22	0,83	32,9	47	2,18
Requirements	0,67	0,31	0,16	0,97	0,21	0,20	0,20	0,11	11,5	30	0,45
Difference	0,15	0,16	0,13	1,25	-0,06	0,47	0,02	0,72	21,4	17	1,73
	Mn ppm	Se ppm	Zn ppm	Starch %DM	RDStarch %Starch	FA %DM	NFC %DM	DCAD meq/100g	Vit A kIU/kg	Vit D kIU/kg	Vit E IU/kg
Supply	71	0,64	567	14,73	71,47	2,38	37,3	30,69	4,61	0,99	17,5
Requirements	15	0,30	36						4,57	1,20	58,1
Difference	56	0,34	530						0,04	-0,22	-40,6

Continuación Anexo 2: Balance nutricional Tratamiento 1.

RATIOS AND RELATIONSHIPS

Actual DMI	14,70 kg/day	Purchased feed costs	1298, ¢/day	Predicted Fecal DM	4,33 kg/day
DMI / BW	2,70 %BW	Feed cost / 100 wt milk	1100 ¢/100 kg	N captured	25,0 %
NRC01 Predicted DMI	15,64 kg/day	Income over feed costs	-1430 ¢/day	Total N excreted	0,271 kg/day
DEp / DE1x	95,41 %	Forage in diet	33,30 %DM	Fecal N	0,106 kg/day
Energy-corrected milk (ECM)	11,66 kg/day	Forage NDF	50,0 %NDF	Urinary N	0,165 kg/day
ECM / DMI	0,79	CP / ME3X	61,08 g/Mcal	P captured	17,2 %
Energy-allowable milk	16,67 kg/day	MP / ME	40,96 g/Mcal	P excreted	0,056 kg/day
Protein-allowable milk	13,67 kg/day	Lys:Met	2,92	P excreted as P2O5	0,129 kg/day
Feed cost / ME3X	3871, ¢/100 Mcal	NRC01 Lys:Met	3,41	K excreted as K2O	0,369 kg/day

Feed name	DM kg	efNDF %DM	ME Mcal/kg	RUPdig %RUP	FA %DM	Starch %DM	Ca %DM	P %DM	K %DM	Feed Type	Cost DM ¢/kg
Kikuyo (potrero)	3,62	56,9	2,53	65	1,8	0,6	0,29	0,41	4,00	WF	32,803
King Grass	1,59	72,6	2,13	65	1,0	0,6	0,30	0,41	4,00	C	34,411
Cáscara de Banano	1,12	7,3	2,49	80	4,8	15,0	1,92	0,12	1,10	C	1011,8
Pasta de Banano	1,22	3,8	1,92	80	0,0	5,0	0,20	0,14	0,73	C	0,145
Vap Feed	4,86	4,0	3,00	88	4,0	39,1	1,06	0,48	0,98	C	0,165
Estrella Africana (canao)	1,27	74,1	2,52	65	0,4	0,4	0,38	0,41	2,77	WF	10,361
Pulpa de Café Deshidratad	0,91	15,3	2,32	70	1,6	0,0	0,63	0,17	1,51	C	0,097
Multiplex Oro	0,10	0,0	0,00	0	0,0	0,0	18,50	14,00	0,00	C	1102,0
	DM kg/day	efNDF kg/day	ME Mcal/d	RUPdig kg/day	FA kg/day	Starch kg/day	Ca g/day	P g/day	K g/day		Cost DM ¢/day
Supply	14,70	4,6	37,6	0,63	0,35	2,16	119,23	68,03	326,42		1430,6
Requirements	16,74	4,0	37,4	0,58			111,37	51,36	163,13		
Difference	-2,05	0,6	0,2	0,04			7,86	16,67	163,30		

DIET SUMMARY (continued)

MP system used: Spartan 3 (w/ defaults)

	NDF %DM	RDNDF %NDF	ME 01 Mcal/kg	NEL 89 Mcal/kg	Starch %DM	RDStarch %Starch	Sugar %DM	InFA %DM	SolFiber %DM	EE %DM	FA %DM
Supply	40,9	47,6	2,6	1,7	14,73	71,47	5,09	4,41	13,17	3,38	2,38
Requirements	30,0		2,2	1,4							
Difference	10,9		0,4	0,3							
	SFA %FA	MUFA %FA	PUFA %FA	BHFA %FA	IDUFA %FA	Ash %DM	Mo ppm	abs Ca %DM	abs P %DM	abs Mg %DM	abs Cu ppm
Supply	29,87	27,03	43,10	47,87	32,60	8,97	0,2	0,50	0,32	0,07	1,6
Requirements								0,25	0,21	0,03	0,5
Difference								0,25	0,11	0,04	1,2
	abs Fe ppm	abs I ppm	abs Mn ppm	abs Zn ppm	abs Se ppm	Lys %MP	Met %MP	Blank1 %DM	Blank2 %DM	Blank3 %DM	
Supply	10	1,96	0,65	85,0	0,29	6,3	2,2	0,00	0,00	0,00	
Requirements	3	0,38	0,11	5,4	0,18	7,2	2,4				
Difference	7	1,58	0,54	79,5	0,11	-0,9	-0,2				
	MP kg/day	RDP kg/day	MP 01 kg/day	RDP 01 kg/day	NEL 01 Mcal/d	NEg Mcal/d	Vit A kIU/day	Vit D kIU/day	Vit E IU/day	Blank1 kg/day	Blank2 kg/day
Supply	1,54	1,42	1,47	1,42	24,3		67,69	14,51	256,9	0,00	0,00
Requirements	1,50	1,42	1,44	1,52	23,4		76,49	20,16	972,8		
Difference	0,04	0,00	0,03	-0,09	0,9		-8,80	-5,65	-716,0		

Anexo 3: Balance nutricional Tratamiento 2.

Midsized breed, Lactating cow

Lactation #: 3	Body wt w/o fetus: 544,0 kg
Days in milk: 210	Current BCS: 3,00
Target Actual	Target daily gain: 0,50 kg/da
Milk yield: 13,0 13,0 kg/day	Mature body weight: 544,0 kg
Fat: 3,90 2,45 %	Days pregnant: 240
Protein: 3,46 3,51 %	Thermoneutral zone
Lactose: 4,85 4,50 %	Light work
	Feed additive: None

Prepared by:

Feed name	Test Date	DM kg	As Fed kg	DM %	%Diet %DMI	NDF %DM	NEL Mcal/kg	CP %DM	RUP %CP	AsSold ¢	WtAsSold kg
Kikuyo (potrero)	5/31/11	3,62	17,99	20,12	24,35	56,9	1,59	21,2	35	6,60	1
Cáscara de Banano	9/8/16	1,26	9,00	14,04	8,50	29,1	1,57	8,6	27	6535,0	46
King Grass	1/31/19	1,59	8,30	19,18	10,71	72,6	1,31	10,2	67	6,60	1
Pasta de Banano	5/31/11	1,22	8,00	15,22	8,19	15,3	1,15	10,3	27	20,00	907
Vap Feed	7/16/13	3,98	4,50	88,35	26,74	16,0	1,93	18,1	36	128,82	884
Pulpa de Café Deshidratad	5/31/11	1,83	2,00	91,34	12,29	61,1	1,44	15,3	38	80,00	907
Estrella Africana (canao)	5/31/11	1,27	2,00	63,70	8,57	74,1	1,58	6,9	34	6,60	1
Multiplex Oro	5/31/11	0,10	0,10	96,50	0,65	3,0	0,00	0,0	0	21270,	20
		DM kg/day	As Fed kg/day	DM %	%Diet %DMI	NDF kg/day	NEL Mcal/d	CP kg/day	RUP kg/day		Cost DM ¢/day
Supply		14,87	51,89	28,6	100,0	6,5	23,5	2,25	0,83		1572,6
Requirements		16,74				5,0	23,4	2,15	0,74		
Difference		-1,87				1,4	0,2	0,10	0,10		

DIET SUMMARY

MP system used: Spartan 3 (w/ defaults)

	NDF %DM	efNDF %DM	ForNDF %DM	NEL Mcal/kg	NEg Mcal/kg	CP %DM	RUP %DM	RDP %DM	RUPdig %DM	NPNCPE %CP	MP %DM
Supply	43,5	31,9	20,2	1,6		15,13	5,61	9,52	4,15	2,56	10,28
Requirements	30,0	24,0	22,5	1,4		12,82	4,41	8,45	3,53		8,97
Difference	13,5	7,9	-2,3	0,2		2,31	1,20	1,08	0,62		1,31
	Ca %DM	P %DM	Mg %DM	K %DM	Na %DM	Cl %DM	S %DM	Co ppm	Cu ppm	Fe ppm	I ppm
Supply	0,80	0,44	0,28	2,24	0,13	0,63	0,22	0,81	31,8	45	2,12
Requirements	0,67	0,31	0,16	0,97	0,21	0,20	0,20	0,11	11,5	30	0,45
Difference	0,13	0,13	0,13	1,27	-0,08	0,43	0,02	0,70	20,3	15	1,67
	Mn ppm	Se ppm	Zn ppm	Starch %DM	RDStarch %Starch	FA %DM	NFC %DM	DCAD meq/100g	Vit A kIU/kg	Vit D kIU/kg	Vit E IU/kg
Supply	69	0,61	477	12,37	72,17	2,26	34,9	31,69	4,32	0,92	15,3
Requirements	15	0,30	36						4,57	1,20	58,1
Difference	54	0,31	441						-0,25	-0,29	-42,8

Continuación Anexo 3: Balance nutricional tratamiento 2.

RATIOS AND RELATIONSHIPS

Actual DMI	14,87 kg/day	Purchased feed costs	1440, ¢/day	Predicted Fecal DM	4,54 kg/day
DMI / BW	2,73 %BW	Feed cost / 100 wt milk	1209 ¢/100 kg	N captured	25,1 %
NRC01 Predicted DMI	15,64 kg/day	Income over feed costs	-1572 ¢/day	Total N excreted	0,270 kg/day
DEp / DE1x	95,26 %	Forage in diet	32,92 %DM	Fecal N	0,108 kg/day
Energy-corrected milk (ECM)	11,66 kg/day	Forage NDF	46,4 %NDF	Urinary N	0,162 kg/day
ECM / DMI	0,78	CP / ME3X	61,30 g/Mcal	P captured	17,9 %
Energy-allowable milk	16,35 kg/day	MP / ME	40,89 g/Mcal	P excreted	0,054 kg/day
Protein-allowable milk	13,31 kg/day	Lys:Met	2,97	P excreted as P2O5	0,123 kg/day
Feed cost / ME3X	4285, ¢/100 Mcal	NRC01 Lys:Met	3,48	K excreted as K2O	0,377 kg/day

Feed name	DM kg	efNDF %DM	ME Mcal/kg	RUPdig %RUP	FA %DM	Starch %DM	Ca %DM	P %DM	K %DM	Feed Type	Cost DM ¢/kg
Kikuyo (potrero)	3,62	56,9	2,53	65	1,8	0,6	0,29	0,41	4,00	WF	32,803
Cáscara de Banano	1,26	7,3	2,48	80	4,8	15,0	1,92	0,12	1,10	C	1011,8
King Grass	1,59	72,6	2,13	65	1,0	0,6	0,30	0,41	4,00	C	34,411
Pasta de Banano	1,22	3,8	1,91	80	0,0	5,0	0,20	0,14	0,73	C	0,145
Vap Feed	3,98	4,0	2,99	88	4,0	39,1	1,06	0,48	0,98	C	0,165
Pulpa de Café Deshidratad	1,83	15,3	2,31	70	1,6	0,0	0,63	0,17	1,51	C	0,097
Estrella Africana (canao)	1,27	74,1	2,52	65	0,4	0,4	0,38	0,41	2,77	WF	10,361
Multiplex Oro	0,10	0,0	0,00	0	0,0	0,0	18,50	14,00	0,00	C	1102,0
	DM kg/day	efNDF kg/day	ME Mcal/d	RUPdig kg/day	FA kg/day	Starch kg/day	Ca g/day	P g/day	K g/day		Cost DM ¢/day
Supply	14,87	4,7	37,4	0,62	0,34	1,84	118,32	65,51	333,10		1572,6
Requirements	16,74	4,0	37,4	0,59			111,37	51,36	163,13		
Difference	-1,87	0,7	0,0	0,03			6,94	14,15	169,97		

DIET SUMMARY (continued)

MP system used: Spartan 3 (w/ defaults)

	NDF %DM	RDNDF %NDF	ME 01 Mcal/kg	NEL 89 Mcal/kg	Starch %DM	RDStarch %Starch	Sugar %DM	InFA %DM	SolFiber %DM	EE %DM	FA %DM
Supply	43,5	48,4	2,6	1,7	12,37	72,17	5,00	4,36	13,19	3,26	2,26
Requirements	30,0		2,2	1,4							
Difference	13,5		0,3	0,3							
	SFA %FA	MUFA %FA	PUFA %FA	BHFA %FA	IDUFA %FA	Ash %DM	Mo ppm	abs Ca %DM	abs P %DM	abs Mg %DM	abs Cu ppm
Supply	29,40	26,67	43,93	47,69	32,97	9,22	0,2	0,48	0,30	0,06	1,6
Requirements								0,25	0,21	0,03	0,5
Difference								0,23	0,10	0,04	1,1
	abs Fe ppm	abs I ppm	abs Mn ppm	abs Zn ppm	abs Se ppm	Lys %MP	Met %MP	Blank1 %DM	Blank2 %DM	Blank3 %DM	
Supply	9	1,90	0,63	71,5	0,27	6,4	2,1	0,00	0,00	0,00	
Requirements	3	0,38	0,11	5,4	0,18	7,2	2,4				
Difference	6	1,52	0,52	66,1	0,09	-0,8	-0,3				
	MP kg/day	RDP kg/day	MP 01 kg/day	RDP 01 kg/day	NEL 01 Mcal/d	NEg Mcal/d	Vit A kIU/day	Vit D kIU/day	Vit E IU/day	Blank1 kg/day	Blank2 kg/day
Supply	1,53	1,42	1,46	1,42	24,1		64,15	13,63	227,7	0,00	0,00
Requirements	1,50	1,41	1,45	1,52	23,4		76,49	20,16	972,8		
Difference	0,03	0,00	0,01	-0,10	0,8		-12,33	-6,54	-745,1		