



*Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y
Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica*

INFORME FINAL

PROYECTO:

***EVALUACIÓN DEL USO DE TITHONIA DIVERSIFOLIA COMO SUPLEMENTO DE VACAS
JERSEY EN ETAPA PRODUCTIVA***

MARZO 2018

TABLA DE CONTENIDO

DATOS DEL PROYECTO.....	4
1. INTRODUCCIÓN:.....	5
2. ANTECEDENTES:	7
3. JUSTIFICACIÓN:.....	8
4. OBJETIVOS	9
4.1 Objetivo general:	9
4.2 Objetivos específicos:	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS:	10
5.1 Ubicación y características de la finca	10
5.2 Clima en la zona experimental	11
5.3 Establecimiento y manejo del cultivo	11
5.4 Tratamientos y diseño experimental	12
5.5 Animales experimentales	13
5.6 Alimentación y manejo de las vacas	13
5.7 Procedimiento experimental.....	14
5.8 Variables a evaluar	15
5.8.1 Composición bromatológica de T. diversifolia y de los demás componentes de la dieta.	15
5.8.2 Producción y composición de la leche	16
5.9 Análisis estadístico	17
5.10 Valoración económica de la suplementación	18
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:.....	19
6.1 Composición bromatológica de los alimentos.....	19
6.1.1. Materia seca.....	19
6.1.2. Proteína cruda.....	20
6.1.3. Fibras neutro y ácido detergente	21
6.1.4. Lignina	21
6.1.5. Digestibilidad in vitro de la materia seca	22
6.1.6. Contenido de cenizas y minerales	22
6.1.7. Extracto etéreo y energía neta de lactancia	23
6.1.8. Otros componentes de la dieta	24
6.2 Producción y composición bromatológica de la leche	26
6.2.2.1. Contenido de grasa	29

6.2.2.2. Lactosa	30
6.2.2.3. Proteína.....	30
6.2.2.4. Solidos totales y solidos no grasos	31
6.2.2.5. Producción en Kg/vaca/día de las variables de calidad nutricional de la leche.	32
6.3 Valoración económica de la suplementación	33
7. CONCLUSIONES:.....	38
8. RECOMENDACIONES:	39
9. NOVEDAD CIENTÍFICA:	40
10. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA:.....	41
11. PLAN DE TRABAJO Y PERSONAS RESPONSABLES:	41
12. OTROS PRODUCTOS GENERADOS EN EL PROYECTO:	42
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
14. ANEXOS.....	49

DATOS DEL PROYECTO

CÓDIGO DEL PROYECTO: 01

NOMBRE DEL PROYECTO:

EVALUACIÓN DEL USO DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* COMO SUPLEMENTO DE VACAS JERSEY EN ETAPA PRODUCTIVA.

INVESTIGADOR (ES) RESPONSABLE (S):

M Sc. Andrés Alpízar Naranjo
Ing. Luis Mauricio Arias Gamboa

INSTITUCIÓN EJECUTORA:

Fondo Semilla para Investigación en Forrajes del proyecto EC-LEDS II y Universidad Nacional de Costa Rica.

DIRECCIÓN: Finca Santa Lucia, Santa Lucía, Barva de Heredia.

TELÉFONO: 87275240, 8895 5084

E-mail: andres.alpizar.naranjo@una.cr y mauarias1389@gmail.com

GRUPO META, NOMBRE Y UBICACIÓN:

Los resultados de esta investigación van dirigidos a productores que desarrollan actividades ganaderas principalmente con ganado lechero de alta producción en la región central, huerta norte y pacífico central del país, donde la producción de forrajes tropicales no alcanza una calidad óptima y presenta pocos rendimientos en determinados periodos del año. Así mismo, se pretende promover e impulsar el desarrollo de un sistema de alimentación sostenible con *T. diversifolia* para reducir insumos importados y mejorar la productividad de los animales.

MONTO TOTAL DEL PROYECTO: ₡11.492.600,00

MONTO FINANCIADO POR FITTACORI: ₡2.714.106,40

MONTO DE CONTRAPARTIDA:

DURACIÓN (AÑOS, MESES): 0 años, 8 meses

FECHA DE INICIO: 01 de julio, 2017

FECHA DE FINALIZACIÓN: 28 de febrero 2018

UBICACIÓN DEL PROYECTO (DIRECCIÓN EXACTA Y TELÉFONOS DE REFERENCIA): Finca Santa Lucia, Santa Lucía, Barva de Heredia. Tel: 22371575

1. INTRODUCCIÓN:

El sector lechero tiene una gran importancia por su contribución a la economía mundial, a la producción y exportación de productos de origen animal de alto valor nutricional, contribuye también a la seguridad alimentaria y nutricional de comunidades urbanas y rurales (FAO, 2011).

La leche es uno de los productos agrícolas más producidos y valiosos del mundo. En 2013 la producción total de leche fue de 770 millones de toneladas valuadas en 328.000 millones de dólares estadounidenses, ocupó el tercer lugar por tonelaje de producción y fue el producto agrícola más importante en términos de valor en el mundo. La leche forma parte del 27% del valor agregado global del ganado y el 10% del de la agricultura (FAO, 2017).

Según OCDE/FAO, (2015), se espera que la producción mundial de leche aumente 175 millones de toneladas (23%) hacia 2024, en comparación con los años base (2012-2014), la mayoría de la cual (75%) provendrá de los países en desarrollo. Este panorama presenta un reto para dichos países, los cuales deberán aumentar la producción de leche de una manera eficiente y sostenible, sin repercusiones ambientales.

Si analizamos la producción de leche en Costa Rica, la Cámara Nacional de Productores de Leche, reportó una producción láctea de 953 000 toneladas en el año 2011 Camacho (2012), pasando a las 1 135 000 toneladas producidas el año 2016. Lo cual equivale a un aumento del 19,10% en los últimos 5 años, lo que evidencia un incremento de la actividad lechera en nuestro país (Madriz, 2017).

Según el CENSO agropecuario costarricense 2014, el país tiene 1278817 cabezas de ganado vacuno, de las cuales el 25,6% corresponde a ganado dedicado a la actividad lechera, por lo que 327377 cabezas de ganado están dedicadas a esta actividad en el país (INEC, 2015).

Según Mahecha & Rosales, (2005) los pastos producidos en los trópicos, presentan bajos contenidos de proteína digestible y alta tasa de fibra, ligado a una reducción de biomasa durante la época seca. Esta situación genera un balance energético negativo en las vacas más productivas y obliga a la utilización de alimentos balanceados elaborados con materias primas importadas de alto costo. El valor de la alimentación representa el costo

más elevado en los sistemas lecheros especializados según Madriz, (2017), los costos de alimentación nacionales representan el 52% de los costos de producción en donde del 40% al 45% corresponden a alimentos concentrados (Madriz, 2013).

En la actualidad los productores lecheros se han visto obligados a producir más eficientemente para poder ser competitivos en el mercado. Lo que implica explorar otras formas de producción disminuyendo costos sin afectar la producción y la vida útil de los animales (Mahecha, Escobar, Suárez & Restrepo, 2007).

Las leguminosas arbustivas o arbóreas han demostrado en muchos casos ser una estrategia nutricional en la suplementación de rumiantes en el trópico, principalmente durante los períodos de escasez de forraje.

Muchas de estas especies tienen valores nutricionales superiores a los de los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestible (Mahecha & Rosales, 2005). Sin embargo, hay evidencias que especies de plantas no leguminosas como *Tithonia diversifolia* que acumulan tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas (*Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*). Además, esta planta tiene un rápido crecimiento, baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Pérez *et al.*, 2009).

Según Crespo, Ruiz & Alvarez, (2011) *T. diversifolia* es un arbusto de la familia Asterácea, originario de México y América Central. Esta planta destaca por su capacidad para la producción de forraje y de adaptación a condiciones tropicales. Su composición bromatológica, en base seca, indica altos porcentajes de proteína bruta que oscilan entre 14,8% y 28,7 % y con un porcentaje de degradabilidad del 90% a las 48 horas (Alonso, Achang, Santos & Sampaio, 2013).

Existen varios estudios que consideran la *T. diversifolia* una alternativa para la alimentación de rumiantes, sin embargo en el caso de la inclusión en la dieta de bovinos lecheros aun no existen reportes en Costa Rica, por lo que este proyecto pretende demostrar el efecto que podría tener la inclusión de Botón de oro como remplazo parcial del alimento concentrado la producción, composición nutricional de la leche y los costos de suplementación en vacas Jersey.

2. ANTECEDENTES:

La *T. diversifolia* se constituye en una alternativa para mejorar las condiciones de manejo en los sistemas de lechería de trópico y puede optimizar la producción de leche y su calidad, así como el comportamiento reproductivo, lo cual es necesario evaluar científicamente. (Gallego *et al.*, 2014)

Según Medina, (2009) *T. diversifolia* presenta entre 20,37 y 23,37% de PC y entre 9,65 y 12,92% de carbohidratos solubles totales, lo que indica un impacto positivo en la alimentación de vacas de alta producción lechera. Lo anterior soportado en que aminoácidos y péptidos mejoran la eficiencia microbiana en la síntesis proteica y en que el metabolismo del nitrógeno está determinado por la capacidad de las bacterias para utilizar el NH₃ (Gallego, 2014), esto en presencia de cantidades adecuadas de energía, lo que hace entonces suponer posibles efectos de *T. diversifolia* sobre la sincronización de N y energía que ingresan al rumen.

Resultados obtenidos al utilizar esta planta en sistemas silvopastoriles u ofreciéndola a los animales por corta y acarreo, demuestran los beneficios de los componentes que ésta posee. Por ejemplo Rivera *et al* (2015) mostraron resultados satisfactorios al utilizar esta planta en sistemas silvopastoriles en vacas de doble propósito. Además se logró incrementar el volumen y cantidad de sólidos en la leche tanto a nivel individual como por unidad de área, por lo que los beneficios al productor se expresan en un aumento de ingresos de más del 30%, y los beneficios a la industria láctea se traducen en mayor cantidad de sólidos y mayor volumen.

En un estudio realizado por Mahecha *et al.*, (2007) donde se evaluó la inclusión de *T. diversifolia* como suplemento en la dieta de vacas F1 y su efecto sobre la producción y calidad de la leche, mostraron que el reemplazo del 35% del alimento balanceado por forraje de *T. diversifolia* no afecta, negativamente, la producción ni la calidad de la leche y que, por el contrario, tienden a mejorar estas características. Estos resultados permiten evidenciar esta planta forrajera, como una buena alternativa para mejorar la nutrición de los animales y disminuir los costos de alimentación en sistemas lecheros.

Gallego, (2016) en el trabajo donde se evaluó la inclusión de harina de Botón de oro en la suplementación de vacas Holstein en trópico alto, se obtuvieron resultados favorables y altamente significativos para las diferencias en la relación beneficio:costo cuando se

incluyó harina de *T. diversifolia* hasta un 25% en la preparación de los suplementos alimenticios.

Sandin & Martins, (2015) citados en el trabajo de Murgueitio *et al.*, (2015) obtuvieron resultados positivos al sustituir el 6% y el 15% del alimento concentrado por Botón de oro, no se observaron diferencias significativas en la producción de leche, la composición nutricional de la misma y en la producción de metano. Además, ayudo a bajar los costos de alimentación.

En el trabajo realizado por Chará *et al.*, (2015), el cual fue presentado en la charla del congreso lechero de Costa Rica 2015 (Murgueitio *et al.*, 2015), se sustituyó 1 kilogramo de concentrado por 6 kilogramos de esta planta manteniendo la producción de leche y la composición de la misma.

3. JUSTIFICACIÓN:

Autores como Rivera *et al.*, (2005) y Mahecha *et al.*, (2007) han reportado buenos rendimientos productivos al utilizar la *T. diversifolia* en la alimentación de rumiantes, en sistemas silvopastoriles o como bancos forrajeros de corte y acarreo.

Tomando como referencia estas investigaciones el aporte nutricional de esta planta podría disminuir la utilización de insumos externos y mejorar la rentabilidad de los sistemas ganaderos. Sin embargo, existen pocos estudios de la utilización del *T. diversifolia* como suplemento alimenticio en la dieta de ganado lechero de alta producción, por esta razón la presente investigación se plantea como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de *T. diversifolia* como remplazo parcial del alimento concentrado sobre la producción, composición nutricional de la leche y los costos de suplementación de vacas Jersey, en la búsqueda de generar datos experimentales que validen el potencial de esta planta para mantener la producción y aumentar la rentabilidad de los sistemas lecheros intensivos en Costa Rica.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de *T. diversifolia* como remplazo parcial del alimento concentrado sobre la producción, composición nutricional de la leche y los costos de suplementación en vacas Jersey de la Finca Experimental Santa Lucia de la Universidad Nacional.

4.2 Objetivos específicos:

- ✓ Determinar la composición bromatológica de *T. diversifolia* y de todos alimentos que conforman las raciones que han sido balanceadas con concentraciones iguales en energía y proteína.
- ✓ Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de *T. diversifolia* como remplazo parcial del alimento concentrado sobre la producción y composición bromatológica de la leche, durante el periodo experimental.
- ✓ Realizar una valoración económica del empleo de *T. diversifolia* como remplazo parcial del alimento concentrado en la dieta de vacas lecheras en un sistema intensivo de producción.

5. MATERIALES Y MÉTODOS:

5.1 Ubicación y características de la finca

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Santa Lucía perteneciente a la Universidad Nacional de Costa Rica, ubicada en Santa Lucía, Barva de Heredia, entre las 10° 1' 20" latitud norte y 84° 06' 45" longitud oeste, una altitud de 1 250 msnm.

La Finca Experimental Santa Lucía tiene una extensión total de 32 ha, el proyecto "Producción Sustentable de Leche Bovina" cuenta con un aproximado del 55% del área total. En esta superficie existen un sistema de pastoreo con Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) con una extensión de 15 hectáreas aproximadamente, dividido en 30 apartos, cada uno tiene un área que oscilan entre los 4500 y 8500 m², donde pastorean las vacas lecheras. El faltante del área lo conforman 3,5 hectóreas de forrajes de corte, entre ellos destacan el Camerún y King grass (*Pennisetum purpureum*), Morera (*Morus alba*), Maíz forrajero (*Zea mays*), entre otros (ver figura 1).

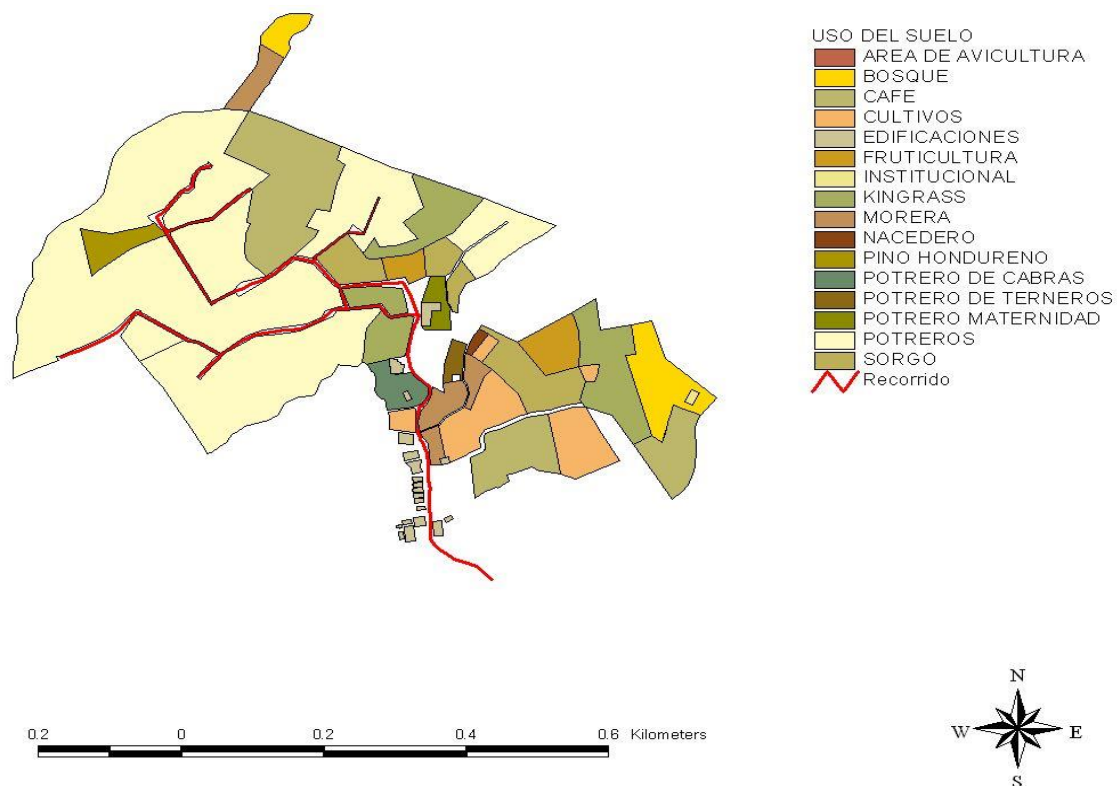


Figura 11. Mapa Uso del suelo de la finca Experimental Santa Lucía 2015.

5.2 Clima en la zona experimental

La zona cuenta con una precipitación anual de 2371 mm, una humedad relativa de 78,0%, temperatura media anual de 21,50°C, con 15,20°C de promedio entre las mínimas y 27,80° C de promedio entre las máximas (Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica, 2015).

Durante el período de ejecución del experimento, entre el 13 de agosto y el 20 de octubre del 2017 el clima se caracterizó por presentar temperaturas máximas de 26,1 y mínimas de 16,2°C y las precipitaciones aumentaron, debido a que la investigación se realizó en meses del período lluvioso (agosto, septiembre y octubre) (figura 2).

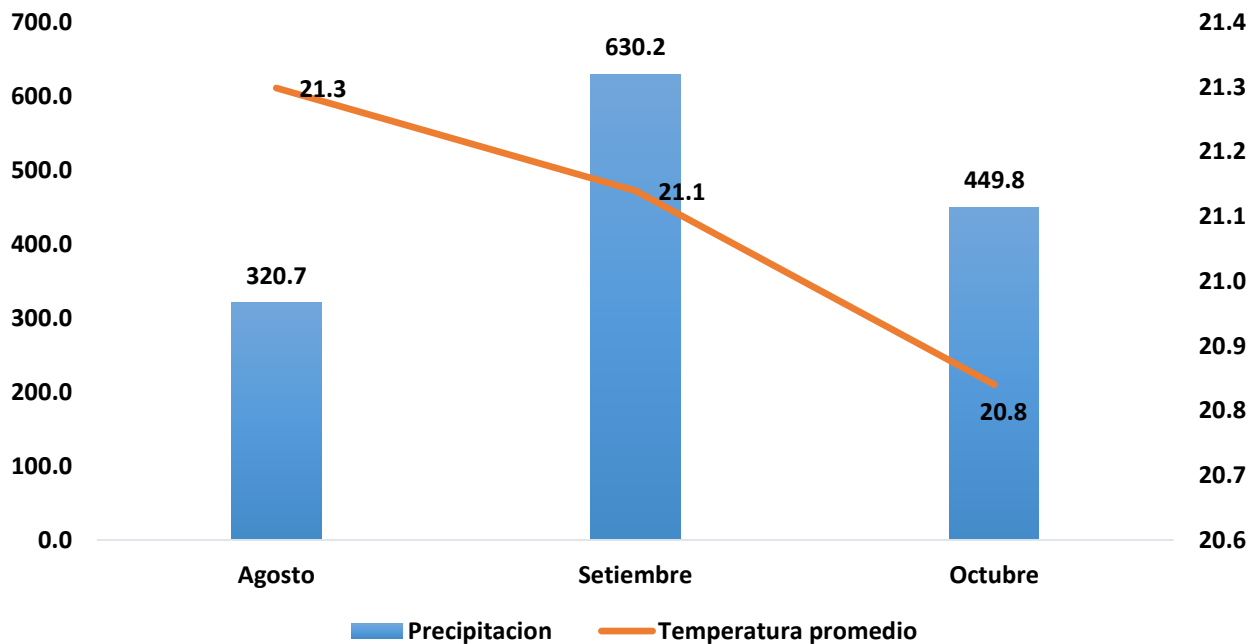


Figura 2. Características meteorológicas durante el período experimental.

Fuente: Elaboración propia (datos del IMN)

5.3 Establecimiento y manejo del cultivo

El área donde se sembró la *T. diversifolia* que se utilizó en la investigación fue de 1550 m². Se sembró en un terreno preparado con arado y rastra, a una distancia de 1,0 metros entre surcos y 0,8 metros entre plantas, para una densidad de 12 500 plantas/ha.

Para realizar la siembra de esta especie se utilizaron estacas de 20-30 cm de longitud tomadas del primero y segundo tercio del tallo, se sembró una estaca por sitio de manera vertical, en un hueco elaborado con macana y se enterró la estaca 5 centímetros. El cultivo se cosechó por primera vez a los 5 meses (150 días) y posteriormente se realizaron cortes cada 50 días. La cosecha de forraje se realizó con una altura de corte de 50 cm sobre el suelo, tomando como referencia las recomendaciones realizadas por Arronis (2015).

Para el manejo de malezas se realizaron tres chapias con motoguadaña durante la época de lluvias. Con respecto a la fertilización, no se aplicó ningún tipo de formulaciones químicas ni orgánicas.

5.4 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos experimentales se realizaron sobre la base del cumplimiento de los requerimientos de proteína y energía, formulados únicamente para la suplementación de la dieta de las vacas lecheras, se ofrecieron 3 tratamientos: TD 0, en donde los animales se consumieron como suplementación solo alimento concentrado, TD 25, se suplementó con 75% concentrado y 25% *T. diversifolia* y el TD 50 se ofreció como suplemento 50% concentrado y 50% *T. diversifolia*. Los mismos se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos experimentales con base a los requerimientos de proteína y energía.

N° Tratamiento	Descripción	Abreviatura
1	Pastoreo + suplementación del 100% con concentrado (5,57 kg MS/animal/día, equivalentes a 6.4 kg en base fresca).	TD 0
2	Pastoreo + suplementación conformada por el 75% de concentrado (4,18 kg MS/animal/día) + 25%* de <i>T. diversifolia</i> (9,28 kg materia fresca [MF]/animal/día).	TD 25
3	Pastoreo + suplementación conformada por el 50% de concentrado (2,78 kg MS/animal/día) + 50 %* de <i>T. diversifolia</i> (18,65 kg MF/animal/día).	TD 50

*El porcentaje de *T. diversifolia* utilizado correspondió al reemplazo de materia seca del concentrado.

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó un diseño de clasificación experimental en Cuadrado Latino 3*3 de tipo longitudinal, empleándose tres tratamientos; tres grupos de animales (cada uno de tres animales, como efecto de la columna) y tres períodos de medición que *T. diversifolia* representan el efecto de la fila, según se representa en la tabla 2.

Tabla 2. Diseño experimental para evaluar los diferentes tratamientos.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Periodo 1	TD 25	TD 0	TD 50
Periodo 2	TD 50	TD 25	TD 0
Periodo 3	TD 0	TD 50	TD 25

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Animales experimentales

En la investigación se utilizaron 9 vacas adultas de la raza Jersey las cuales están identificadas cada una por un arete y su respectivo número, estos animales durante el periodo experimental estaban entre el primer y segundo tercio de lactancia, se agruparon en tres bloques de tres vacas cada uno. Los animales del grupo 1, 2 y 3 tenían un promedio en días de lactancia de 60, 70 y 90, respectivamente. Se utilizaron animales entre el segundo y sexto parto.

5.6 Alimentación y manejo de las vacas

La alimentación base de las vacas lecheras fue el consumo de pasto Estrella Africana (*Cynodon nlenfluensis*) disponible en un sistema de pastoreo rotacional dividido en 27 apartos, con un área promedio de 3900m², el periodo de recuperación de la pastura fue de 26 días, con un día de ocupación por apto. Se implementó el sistema de pastoreo con grupos líderes y seguidoras (vacas en producción y secas, respectivamente). Se utilizó una capacidad de carga de 2,5 animales/ha.

Además del consumo de forraje en los potreros los animales fueron suplementados dos veces al día en los cepos de la sala de alimentación, con *T. diversifolia* y concentrado comercial (de 18% proteína cruda y 1,80 Mcal ENL/kg MS), más otros alimentos, tales como: pasto de corta (King grass), melaza, paca de pasto transvala (*Digitaria decumbens* Stent, cv, transvala), sales minerales y agua a libre consumo durante todo el día.

Se realizaron dos ordeños (mecánicos) al día. El proceso de ordeño se realizó de la siguiente forma: a) el ingreso de los animales a la sala de ordeño se realizó según el nivel productivo, primero las vacas de alta, media y baja producción, respectivamente. b) Se realizó la desinfección de los pezones con una solución a base de yodo, c) Se secaron los pezones con toallas (una por cuarto), d) Se colocaron adecuadamente las pezoneras para realizar el proceso de ordeño. e) Durante el ordeño se realizó un masaje intermedio de la ubre para estimular la secreción de la leche alveolar. f) Al terminar el proceso de ordeño se verificó que no quedaran residuos de leche, la cual puede favorecer la aparición de mastitis, g) Por último se aplicó el sellado utilizando una solución de yodo y las vacas pasaron a sala de alimentación donde fueron encepadas, en esta instalación se les ofreció los suplementos descritos anteriormente.

Para mantener un buen manejo sanitario, se realizó una aplicación de selenio y vitaminas 5 días posteriores al parto, así como aplicaciones periódicas cada dos meses. Para el control de parásitos externos se realizaron desparasitaciones cada 30 días, o cuando la carga parasitaria así lo amerite, para el manejo de parásitos internos se realizó una única aplicación al finalizar el periodo de lactancia. Sin embargo, en las vacas que presentaron problemas con parásitos internos se les aplicó desparasitante, considerando el bienestar del animal. Por otra parte, se realizaron aplicaciones de antibióticos en los casos donde la salud de los animales se vio comprometida y no se fue posible realizar controles preventivos.

El secado de los animales se realizó a 60 días antes del siguiente parto, para mantener una adecuada regeneración de la glándula mamaria, un aumento de la condición corporal del animal y de esta forma esté mejor preparado para el parto y la siguiente lactancia.

5.7 Procedimiento experimental

El periodo de evaluación fue de 69 días durante la época lluviosa, (agosto a octubre del 2017). Este se dividió en tres periodos de 23 días, con 15 días de adaptación a la suplementación, según tratamientos, y 8 días para realizar de medición de las variables a investigar.

Paso 1. Traslado de las vacas de los apartos donde se pastorean, hacia las instalaciones de ordeño y alimentación.

Paso 2. Realización de la poda de las plantas de *T. diversifolia*. Éstas fueron cosechadas a los 50 días de rebrote, solo se utilizaron las hojas y tallos tiernos.

Paso 3. Acarreo del forraje de *T. diversifolia* hasta las instalaciones de la lechería, en donde se realizó el troceado del material de manera mecánica, en una picadora de motor eléctrico a un tamaño de partícula de 2.5 cm en promedio.

Se recolectaron muestras de los diferentes alimentos que conforman la dieta: pasto estrella (*Cynodon nlenfluensis*), *T. diversifolia*, concentrado, King grass, la melaza, entre otros para evaluar la composición bromatológica. (Se realizaron 3 muestreos de la planta de *T. diversifolia* antes del inicio de cada periodo experimental y un único muestreo al inicio del ciclo experimental de los demás componentes de la dieta).

Paso 4. Preparación de las mezclas de suplementación, según tratamientos experimentales.

Paso 5. Se realizó el ordeño de los animales, según rutina de ordeño. Se midió la cantidad de la leche producida por animal todos los días, además se colectaron muestras para el análisis de la composición bromatológica de la leche (tres veces por semana).

Paso 6. Se realizó la oferta de los suplementos según los tratamientos experimentales, dividido en dos tiempos, 50% del suplemento después de cada ordeño (mañana y tarde).

Paso 7. Una vez consumidos los suplementos, los animales fueron trasladados al sistema de pastoreo, donde permanecieron hasta el siguiente ordeño. Los animales destinaron al pastoreo en promedio 18 horas al día.

5.8 Variables a evaluar

*5.8.1 Composición bromatológica de *T. diversifolia* y de los demás componentes de la dieta.*

Las muestras se colectaron de forma manual, a partir de 10 plantas seleccionadas al azar en la parcela, después de eliminarse el efecto de borde. Se realizaron 3 muestreos de la planta de *T. diversifolia* antes del inicio de cada periodo experimental y un único muestreo al inicio del ciclo experimental de los demás componentes de la dieta el cual fue de 1,00 kg de planta entera troceada con un tamaño de partícula de 2,5 cm, la misma fue

empacada debidamente identificada y se trasladada al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica en donde fueron procesadas.

Para determinar la composición nutricional de la *T. diversifolia* y de los demás componentes de la dieta se realizaron los siguientes análisis: porcentaje de materia seca (MS) en estufa a 60 grados Celsius durante 48 horas, porcentaje de materia seca (MS) en estufa a 105 grados Celsius durante 24 horas, proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl, Extracto Etéreo (EE), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA), Lignina (Van Soest y Robertson, 1985), Calcio (Ca) y Fósforo (P), según la metodologías descritas por la AOAC (1990).

El contenido de NDT (Nutrientes Digestibles Totales) y de energía se estimó utilizando la metodología propuesta por Weiss (2004), y las ecuaciones propuestas por el NRC (2001). Además se determinó la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) según metodología descrita por Van Soest *et al.* (1979).

Por lo que se realizaron un total de 5 muestreos y de 5 análisis de laboratorio tal y como se especifica en la tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de muestreos a realizar durante el periodo experimental para la determinación de la composición bromatológica de la leche.

Componentes de las dietas	N° de muestras para el análisis bromatológico
<i>Tithonia diversifolia</i>	1 muestreo
Concentrado	1 muestreo
Pasto estrella	1 muestreo
Pasto King grass	1 muestreo
Melaza	1 muestreo
Total	5 muestreos

Fuente: Elaboración propia.

5.8.2 Producción y composición de la leche

Durante cada período de medición, se determinó la producción diaria de leche de cada vaca durante todo el período experimental utilizando medidores de leche el cual pesa la leche con precisión y no muestra sensibilidad a las alteraciones de flujo o aire, la producción es registrada en la pantalla de los medidores de cada puesto, además de ser transferida en tiempo real al software *Gimenez Fazenda* y fue enviada por correo electrónico después de cada ordeño, con la finalidad de llevar el adecuado registro de la producción individualizada de cada animal.

Para determinar la composición nutricional de la leche, se recolectaron 3 muestras semanales en las semanas de evaluación, mediante colectores de leche instalados en cada punto de ordeño en donde se colecta una pequeña cantidad de leche durante todo el proceso de ordeño de cada animal (se tomó una muestra de 25 mililitros aproximadamente), por animal, donde se calcularon las siguientes variables nutricionales: proteína (PC), grasa, lactosa, sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST), las cuales fueron enviadas al laboratorio de la Cooperativa de productores de leche Dos Pinos RL, ubicado en el Coyol de Alajuela. Estas muestras fueron tomadas en el ordeño de la mañana.

Se realizaron en total 162 muestreos de leche para conocer la composición bromatológica de la misma tal y como se especifica en la tabla 4.

Tabla 4. Cantidad de muestreos a realizar durante el periodo experimental para la determinación de la composición bromatológica de la leche.

	Determinación de composición bromatológica de la leche (9 vacas, 3 muestreos por semana)
Tratamiento 1	54 muestreos
Tratamiento 2	54 muestreos
Tratamiento 3	54 muestreos
Total	162 muestreos

Fuente: Elaboración propia.

5.9 Análisis estadístico

Con el fin de obtener el promedio y la desviación típica se realizó un análisis descriptivo univariado por tratamiento, complementándose con un ANOVA para cuadrado Latino y se contrastó el efecto promedio para cada tratamiento de variabilidad asociada con el diseño propuesto, mediante la prueba de Tukey al 5% de significación. La recolección de los datos se analizó en una matriz del programa Excel que opera en la plataforma de Microsoft. El análisis de los datos se realizó en el software estadístico SAS® v 9.0 (SAS Institute, 2009).

$$y_{ijk(l)} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + u_{ijk(l)}$$

- ✓ $y_{ijk(l)}$ = es la variable de respuesta
- ✓ μ = es la media global.

- ✓ τ_i = es el efecto producido por el i-ésimo nivel de los periodos de medición. Dichos efectos están sujetos a la restricción $\sum_i \tau_i = 0$.
- ✓ β_j = es el efecto producido por el j-ésimo nivel de los tres grupos de animales. Dichos efectos están sujetos a la restricción $\sum_j \beta_j = 0$.
- ✓ γ_k = es el efecto producido por la k-ésima letra latina factor tratamiento. Dichos efectos están sujetos a la restricción $\sum_h \gamma_k = 0$.
- ✓ $U_{ijk(l)}$ = El error experimental

5.10 Valoración económica de la suplementación

La valoración económica se realizó solo teniendo en cuenta el costo de la suplementación utilizando *T. diversifolia*, alimento concentrado, melaza, pasto King grass y urea.

Para realizar este análisis se consideró como premisa básica el ahorro en concentrado que se dio con el empleo de follaje de *T. diversifolia* como suplemento en sistemas intensivos de producción de leche bovina.

El costo por kg de material fresco la *T. diversifolia* se determinara tomando en cuenta los siguientes costos:

- Costos estimados de mano de obra e insumos necesarios, para establecer una hectárea (1000 m²) de *T. diversifolia*.
- Costos estimados de mano de obra e insumos necesarios para realizar el manejo agronómico anual de la plantación de *T. diversifolia*.
- Costos estimados de mano de obra para realizar el corte y el acarreo a las instalaciones de lechería durante el periodo experimental.

El costo del concentrado se determinó utilizando los precios de compra en el mercado nacional.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

6.1 Composición bromatológica de los alimentos

Según Pérez *et al.*, (2009) la *T. diversifolia* es una planta con alto potencial forrajero para ser utilizada en la alimentación de rumiantes, ya sea en consumo directo o para ser utilizada en sistemas de corta y acarreo, su aporte nutricional puede ser comparado con algunas especies forrajeras de amplio uso en rumiantes, tales como *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*, las cuales muestran gran potencial nutritivo al ser incluidas en la dieta de monogástricos y rumiantes. En la tabla 5 se presenta la composición química y digestibilidad de los alimentos empleados durante el período experimental.

Tabla 5. Composición bromatológica de los componentes de la dieta.

Alimentos	(%)											Fuente
	MS	PC	FND	FAD	DIVMS	Cenizas	Extracto etéreo	Lignina	Ca	P	ENL Mcal/Kg MS	
<i>Tithonia diversifolia</i>	15	21,5	42,5	36,8	75,3	11,5	2,4	11,5	1,4	0,3	1,18	CINA-UCR
King Grass	18,5	8,6	48,7	36,5	76,8	14,3	1,7	2,7	0,3	0,2	1,14	
Pasto Estrella	23	13,32	62,5	36,6	67,1	9,6	2,5	3,9	0,3	0,3	1,28	
Melaza	81,2	5,3	---	---	100	8,04	0,61	0	0,8	0,05	1,87	
Lechera 18	87	18	19,4	10	94,6	5,1	6,33	2,2	0,8	0,6	1,86	
Paca de heno	90,3	3,4	66,1	49	46,8	12,1	2	8	0,2	0,2	1,02	Wing Ching-Jones & Retana, (2009)
Minerales	95	0	---	---	---	---	---	---	25	18	---	Etiqueta
Urea	100	287,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Etiqueta

Significado de las siglas: MS (Materia Seca), PC (Proteína Cruda), FND (Fibra en Detergente Neutro), FAD (Fibra en Detergente Acido), DIVMS (Digestibilidad in vitro de la Materia Seca), Ca (Calcio), P (Fosforo) y ENL (Energía Neta de Lactancia).

6.1.1. Materia seca

El contenido de MS promedio de la planta de *T. diversifolia* utilizada en la presente investigación alcanzó un valor del 15% durante el periodo experimental este resultado es inferior a los citados en las investigaciones realizadas por Olmedo (2009), Mahecha & Rosales, (2005) y Pérez *et al.*, (2009) donde el contenido de MS reportado fue de 17,2% en plantas de *T. diversifolia* con 50 días de rebrote.

Los resultados de las investigaciones realizadas en varios países muestran que el contenido de MS de planta entera de *T. diversifolia* puede variar de un 13,5 hasta el 35%, según diferentes factores, entre los que destaca fundamentalmente la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climáticas imperantes en la zona de evaluación (Rodríguez, 2017). La incidencia de estos factores en la siembra y cosecha del forraje de Botón de oro, podrían explicar el menor contenido de MS obtenido en la presente investigación al compararlo con los resultados reportados por otros autores, debido principalmente a las altas precipitaciones registradas durante el periodo experimental por el Instituto Meteorológico Nacional (ver figura 2), donde se alcanzaron los 1400,7 mm en tres meses, unos 15,23 mm en promedio de lluvia por día.

Según Quevedo (2014), el bajo contenido de materia seca en los forrajes reduce el consumo voluntario en los rumiantes, especialmente cuando el contenido de MS es menor a 25%, ya que el alto contenido de agua ocasiona un llenado físico a nivel ruminal.

6.1.2. Proteína cruda

La *T. diversifolia* presento una excelente calidad nutricional en donde destacan un alto porcentaje de PC (21,48%), cercanos a los obtenidos por autores como Medina *et al.*, (2009) y Mahecha & Rosales, (2005), quienes reportaron niveles de PC de 21,3 y 22,0%, respectivamente, en plantas con una edad de rebrote de entre 50-60 días. Según Gallego *et al.*, (2014), la composición nutricional de esta planta puede variar según las condiciones del suelo donde se cultive, así como de otros factores ambientales, siendo de especial importancia considerar el efecto de las temporadas secas o lluviosas a lo largo del año.

La condición química y física del suelo, la no aplicación de fertilizantes en la plantación de *T. diversifolia*, así como la influencia de condiciones lluviosas imperantes en la zona donde se cultivó el Botón de Oro pudieron influir en los valores promedio de proteína cruda obtenidos en el presente trabajo de investigación, los cuales son inferiores a los reportados por otros autores como García *et al.*, (2008b) y Olmedo, (2009), quienes alcanzaron valores de PC superiores al 25%.

El contenido de proteína cruda promedio obtenido en la presente investigación para esta especie es superior al reportado en forrajes de gramíneas tropicales utilizadas en la alimentación de rumiantes, y es similar al encontrado en otras especies como *Gliricidia sepium* (14,7%), *Leucaena leucocephala* (22,2%) y *Erythrina poeppigiana* (21,4%) citados por Lezcano *et al.*, (2012).

6.1.3. Fibras neutro y ácido detergente

Al analizar los diferentes componentes de la fibra en el forraje de Botón de Oro a 50 días de rebrote, se encontró que la FDN y FDA alcanzaron valores promedio de 42,46 y 36,8%, respectivamente. En el estudio realizado por Verdecia *et al.*, (2011) donde se evaluó la calidad de la *T. diversifolia* en tres diferentes edades de rebrote (60, 120 y 180 días), se encontraron resultados comparables para FDN, en donde los resultados que se asemejan más a los obtenidos durante la presente investigación son los de las plantas con una edad de rebrote de 60 día en época lluviosa (43,6%). Este resultado es ligeramente superior al de la presente investigación, esto se puede dar debido a que las plantas evaluadas en la investigación realizada por Verdecia *et al.*, (2011), poseían 10 días de rebrote más que las evaluadas durante el periodo experimental y la edad de corta de las plantas de Botón de oro, afecta directamente en la composición nutricional de la misma.

Los valores de FDA que se obtuvieron en este estudio son similares a los reportados por Naranjo & Cuartas (2011), quienes alcanzaron 34,48% FAD en plantas de *T. diversifolia*, al realizar una caracterización nutricional y cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia.

6.1.4. Lignina

El valor de lignina obtenido en la planta de *T. diversifolia* fue de 11,5% según se muestra en la tabla 5. Este porcentaje es superior al reportado por Verdecia *et al.*, (2011) quienes encontraron valores de lignina de 7,15% en la *T. diversifolia* cosecha durante el periodo poco lluvioso e inferiores al 7% para el material evaluado en la época lluviosa, para plantas con un estado vegetativo similar a las que fueron muestreadas para la presente investigación.

Según Verdecia *et al.*, (2011), el aumento de la lignina al envejecer la planta puede estar estrechamente relacionado con el grado de rigidez, la resistencia de los tejidos vasculares, la conducción de solutos, agua y sales minerales necesarias para su supervivencia, que se incrementa con el avance de la maduración fisiológica, presentándose de forma más marcada en el período lluvioso, donde se acelera dicha maduración, por lo que el elevado porcentaje de lignina encontrado en la presente investigación puede estar ligado a la época del año en donde se realizó la investigación (época lluviosa).

6.1.5. Digestibilidad in vitro de la materia seca

La DIVMS promedio que se encontró en la planta de *T. diversifolia* fue de 75,3%, valor similar a los obtenidos en los estudios realizados por Verdecia *et al.*, (2011) y superior a los reportados por Rivera *et al.*, (2015), quienes obtuvieron un valor de DIVMS de 63,5% en follaje de *T. diversifolia* al medir el efecto del consumo de *T. diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo sobre la calidad y producción de leche bovina, donde los apartos utilizados mantenían un periodo de ocupación de 3 días y 35 días de descanso.

Los valores de DIVMS reportados para la *T. diversifolia* sugieren que esta planta es un material con alto potencial para ser degradado en el rumen, y convertirse en una fuente de nutrientes de calidad en la alimentación de rumiantes.

6.1.6. Contenido de cenizas y minerales

El contenido de cenizas de cada uno de los alimentos utilizado en la dieta de las vacas lecheras se muestra en la tabla 5, la planta de *T. diversifolia* alcanzó un valor de 11,48%, contenido similar al reportado por Cardona, Mahecha, & Angulo, (2017), quienes al evaluar material de 70 días de edad obtuvieron un 12,5%. El contenido de cenizas de la planta de *T. diversifolia* es inferior a los citados en estudios realizados por Gallego *et al.*, (2017a), Alonso *et al.*, (2013) y Ríos, (1998), quienes obtuvieron 14,9%, 15,05% y 16,19%, respectivamente. El contenido de cenizas puede ser influenciado por bajos niveles de fertilizante aplicados al suelo donde se cultiva el material forrajero.

Al evaluar el contenido de Ca y P en las plantas de *T. diversifolia* se alcanzaron valores de 1,4 y 0,32%, respectivamente, estos niveles son superiores a los encontrados por Mahecha *et al.*, (2007) en el caso del Ca y similares en el contenido de P.

En estudios realizados por Lezcano *et al.*, (2012), Mahecha & Rosales, (2005), Rivera *et al.*, (2015) y Gallego *et al.*, (2017a), se reportan contenidos de Ca superiores a los obtenidos en la presente investigación, y similares con respecto al P. Los contenidos de Ca y P reportados en la planta de Botón de Oro son superiores a los reportados en gramíneas tropicales (Mahecha *et al.*, 2007).

El contenido de fósforo encontrado en la *T. diversifolia* es alto al compararlo con otras especies tales como *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium* y *Trichanthera gigantea*, las cuales según Mahecha & Rosales (2005) alcanzan contenidos de 0,33 0,17 y 0,22% de P respectivamente.

Los contenidos de Ca y P en la planta de *T. diversifolia* que se encontraron mostraron ventajas con respecto a otro tipo de forrajes, lo que permitiría una buena relación y balance de estos minerales en las dieta para ganado lechero en el trópico (Gallego *et al.*, 2017a).

6.1.7. Extracto etéreo y energía neta de lactancia

El extracto etéreo es un indicador de contenido de grasa en los alimentos, según los resultados que se muestran en la tabla 6, esta variable presentó un contenido elevado en la Lechera 18 (6,33%) y datos similares en la *T. diversifolia* y el *C. nlemfluensis*, 2,5 y 2,4%, respectivamente. Los valores obtenidos de extracto etéreo son similares a los reportados por Mahecha & Rosales (2005), quienes obtuvieron contenidos de 1,4 y hasta 6,0% en diferentes especies forrajeras.

La energía neta de lactancia que se alcanzó en la planta de *T. diversifolia* (1,18 Mcal/Kg MS) es similar a la reportada en la morera (*Morus alba*) según estudios publicados por Boschini, (2006) y Llangari, (2005), quienes alcanzaron valores de 1,14 y 1,22 Mcal/Kg MS. La energía neta de lactancia presentó valores superiores a los reportados en gramíneas.

Las especies de gramíneas presentes en la zona son de bajo aporte de nutrientes y al combinarse con *T. diversifolia*, entregan una dieta con un mejor balance de nutrientes que permite expresar mejor el potencial productivo de vacas de leche. Adicionalmente debe considerarse que el incremento de la digestibilidad total de la dieta con la inclusión de la forrajera arbustiva, aumente el consumo voluntario de los animales, lo que es reflejado directamente en la cantidad y calidad de leche producida (Rivera *et al.*, 2015).

De acuerdo con Naranjo & Cuartas, (2011), el *T. diversifolia* presenta un buen balance entre proteína y compuestos fibrosos, en concordancia a lo manifestado por Galindo *et al.* (2011) con respecto a los posibles estímulos para una mayor actividad de la flora celulolítica y menor de la metanogénica, se puede pensar en el *T. diversifolia* como un forraje con buen potencial para la alimentación de vacas lecheras de alta producción.

6.1.8. Otros componentes de la dieta

El pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y el pasto de corta King grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) presentaron características nutricionales propias de la edad de rebrote y de la época de la evaluación. En el caso del pasto estrella los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por Villalobos & Arce, (2014), cuando realizaron la evaluación de la composición nutricional del pasto estrella con una edad de rebrote de 25 días en las provincias de Guanacaste y Puntarenas, en alturas de 800 y 1200 msnm, respectivamente.

Al analizar los resultados que se presentaron en la calidad nutricional del pasto King grass durante el periodo experimental, autores como Larios, (2016) y Chacón & Vargas, (2009) obtuvieron resultados similares en sus investigaciones al evaluar la calidad nutricional del pasto King grass y otros forrajes a diferentes edades de corta.

En la melaza mostró resultados similares a los obtenidos por Araiza *et al.*, (2013), cuando evaluaron el efecto de la utilización de diferentes niveles de melaza sobre la digestibilidad y degradabilidad ruminal de diferentes formulaciones de ensilajes. La melaza es un insumo utilizado como complemento en las raciones alimenticias; ya que, presenta alta concentración de sacarosa y otros azúcares solubles. El empleo de la melaza en la dietas de rumiantes se justifica porque, aporta un alto valor energético e incrementa la

palatabilidad y produce un efecto estimulante en la actividad de los microorganismos ruminales (Araiza *et al.*, 2013).

Por su parte el AB empleado durante el periodo experimental presentó una excelente calidad nutricional en donde sobresale un alto porcentaje de MS y una elevada digestibilidad de la MS. El AB se utiliza para aumentar el consumo de energía o la densidad de la ración. Estos alimentos presentan una alta concentración energética por unidad de MS.

En la tabla 6 se presenta la composición nutricional de los tratamientos utilizados durante el periodo experimental, estos resultados se calcularon con base a la composición nutricional de cada uno de los componentes de la dieta.

Tabla 6. Composición nutricional de cada uno de los tratamientos utilizados durante el periodo experimental.

	MS	%PC	ENL (Mcal/kg MS)	%FND	%FAD	%EE
TD0	37,91	16,66	1,45	42,52	26,14	3,71
TD25	33,63	16,42	1,43	42,18	26,85	3,25
TD50	29,58	16,01	1,40	42,62	28,16	2,82

MS= Materia seca (g Kg⁻¹); PC= Proteína cruda (g Kg⁻¹); ENL = Energía neta de lactancia (Mcal kg⁻¹ MS); FND= Fibra neutro detergente (g Kg⁻¹); FAD= Fibra ácido detergente (g Kg⁻¹); EE= Extracto etéreo (g Kg⁻¹).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la similitud nutricional entre las dietas utilizadas para los tres tratamientos, la composición nutricional fue bastante similar entre los tratamientos TD0 y TD25 para cada uno de los componentes nutricionales de la dieta. Encontrándose niveles ligeramente inferiores para %MS, %PC y Mcal/kg MS para el tratamiento TD50 con respecto a los otros dos tratamientos. Las dietas se pueden considerar isoproteicas e isoenergéticas ya que la composición de las dietas presentó diferencias inferiores al 10% en los contenidos de energía y proteína (Gallego *et al.*, 2017b). La composición nutricional de los tratamientos se puede relacionar directamente con la producción y composición de la leche, de ahí la importancia de buscar la mayor similitud en las concentraciones de PC, fibras y de energía utilizadas en las dietas.

6.2 Producción y composición bromatológica de la leche

6.2.1 Producción de leche

En la tabla 7 se muestra la producción de leche promedio que se alcanzó en cada uno de los tratamientos experimentales. Se puede apreciar que los tres tratamientos experimentales obtuvieron producciones de leche por encima de los 17,3 litros por vaca/día. La producción de leche promedio por vaca/día no presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos TD0 y TD25, los cuales obtuvieron 19,21 y 19,38 kg/vaca/día, respectivamente. La menor producción de leche por animal/día se obtuvo en el tratamiento TD50, donde se registró un valor de 17,30 kg/animal/día.

Tabla 7. Producción de leche promedio en litros por vaca/día que se registró en cada uno de los tratamientos experimentales.

							Intervalo confianza 95%	
Producción de leche Kg	Tratamiento	Media kg/vaca/día	N	Desviación estándar	P-valor	Error estándar	Inferior	Superior
	TD0	19,21 a	72	4,1	<0.01	1,03	18,3	20,2
	TD25	19,38 a	72	4,2	<0.01	1,03	18,4	20,4
	TD50	17,30 b	72	2,9	<0.01	1,03	16,6	18

Letras diferentes a y b en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey).

Al sustituir el 25% del alimento concentrado por forraje fresco de *T. diversifolia* (tratamiento, TD25) se obtuvo la mejor producción de leche por animal/día. A pesar de que no se presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) en la producción de leche entre los tratamientos TD0 y TD25, si se observa un aumento de 0,170 kilogramos de leche por animal/día en el tratamiento TD25 con respecto al TD0.

Esta situación indica que el forraje de *T. diversifolia* puede ser utilizada como fuente de suplemento en vacas lecheras de alta producción, sin afectar su nivel productivo, y alcanzar niveles de sustitución de hasta un 25% del alimento balanceado.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los reportados por Mahecha *et al.*, (2007), quienes evaluaron la inclusión de *T. diversifolia* como suplemento en la dieta de vacas F1 y su efecto sobre la producción de leche, se demostró que al reemplazar el 35% del alimento balanceado por forraje de *T. diversifolia* no afectó, negativamente, la producción ni la calidad de la leche.

Sandin & Martins, (2015) citados por Murgueitio *et al.*, (2015) reportaron resultados positivos al sustituir niveles de 6% y 15% del alimento concentrado por *T. diversifolia*, no se observaron diferencias significativas en la producción de leche, la composición nutricional de la misma y en la producción de metano entérico. Pero estos autores si encontraron una disminución en los costos de alimentación de los animales.

En un estudio realizado por López, Lamela, Montejo & Sánchez, (2015) se obtuvieron resultados positivos en la producción de leche, al reducir la cantidad de alimento balanceado ofrecido a las vacas lecheras, cuando estas pastorearon en un sistemas silvopastoril de una asociación de guinea (*Panicum maximum*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), lo cual según los autores estuvo posiblemente influenciado por la calidad nutricional de la dieta que consumieron los animales (12,9% de PB y una alta digestibilidad in vitro de la MS)

Los buenos resultados en producción de leche por animal/día alcanzados en los tratamientos TD25 y TD50, pudieron estar influenciados por el aporte de nitrógeno al rumen que realizó la *T. diversifolia*; el cual, junto con un apropiado nivel de energía en la dieta, permite un aporte de proteína microbiana al intestino delgado capaz de mantener y aumentar la producción de leche en una vaca de alta producción (López *et al.*, 2015).

Debido a la buena composición química y alta digestibilidad que mostró la planta de *T. diversifolia* se podría inferir que su inclusión en la dieta de las vacas lecheras mejoró la sincronización entre energía y nitrógeno que ingresaron al rumen y esto benefició la eficiencia en la fermentación ruminal (Gallego, 2014).

Según Medina, (2009) la *T. diversifolia* presenta una alta calidad nutricional, con valores de 20,37 y 23,37% de PC y alrededor de 9,65 y 12,92% de carbohidratos solubles totales, estos contenidos podrían provocar un impacto positivo en la alimentación de vacas de alta producción lechera. Según Gallego (2014), posiblemente influenciado por un aporte significativo de aminoácidos y péptidos que mejoran la eficiencia microbiana y la síntesis proteica, donde el metabolismo del nitrógeno está determinado por la capacidad de las bacterias para utilizar el NH₃, esto en presencia de cantidades adecuadas de energía, lo que hace inferir posibles efectos de *T. diversifolia* sobre la sincronización de N y energía que ingresan al rumen.

Al analizar la producción de leche de las vacas al sustitución el 50% del alimento balanceado por el forraje de *T. diversifolia* (TD50), se observó una disminución en la producción de leche de 9,9 y 10,7% en los tratamientos TD0 y TD25, respectivamente. Esta pequeña disminución en la producción de leche pudiera estar relacionada con un menor consumo de MS de los animales que fueron suplementados con más cantidad de forraje de *T. diversifolia*, debido a que el Botón de Oro fue cosecho durante la época lluviosa, y presentó un contenido de MS de 15% en promedio, se provocó un efecto de llenado físico que deprimió el consumo de *Cynodon nlemfluensis* en condiciones de pastoreo, así como se vería afectado el aporte nutricional de los suplementos ofrecidos a las vacas lecheras.

Otros aspectos que podrían estar relacionados con la disminución en la producción de leche que se presentó en el tratamiento TD50, son los niveles de glucosa, fructosa y sacarosa disponibles influenciados por una mayor cantidad de forraje de *T. diversifolia* en el rumen, ya que según Alpízar (2014) cuando existen mayores niveles de glucosa, fructosa y sacarosa disponible en rumen, unido al aporte de carbohidratos de alta fermentabilidad como la melaza, se provoca una disminución del pH ruminal, lo que afecta la actividad microbiana y como consecuencia ocasiona una depresión en la digestión de la fibra. Sin embargo, la energía y proteína que aportó el 50% de concentrado que se ofreció en el tratamiento TD50, debió mantener un equilibrio ruminal y no afectar la actividad microbiana del rumen.

6.2.2 Composición bromatológica de la leche

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en las variables de calidad bromatológica de la leche según los diferentes niveles de sustitución de alimento balanceado por *T. diversifolia* en la suplementación de las vacas lecheras.

Tabla 8. Efecto de los niveles de sustitución de Botón de oro por alimento concentrado sobre la composición nutricional de leche.

	Tratamiento	Media	N	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo confianza 95%	
						Inferior	Superior
% Grasa en leche	TD0	4,36	54	0,32	0,13	4,32	4,5
	TD25	4,44	54	0,4	0,13	4,27	4,49
	TD50	4,45	54	0,38	0,13	4,35	4,55
% Lactosa en leche	TD0	4,52	54	0,27	0,10	4,36	4,51
	TD25	4,49	54	0,3	0,10	4,53	4,69
	TD50	4,48	54	0,35	0,10	4,35	4,54
% Proteína en leche	TD0	3,39 a	54	0,22	0,08	3,36	3,48
	TD25	3,33 ab	54	0,23	0,08	3,2	3,33
	TD50	3,25 b	54	0,33	0,08	3,21	3,39
% Sólidos totales en leche	TD0	12,74	54	0,57	0,25	12,66	12,97
	TD25	12,72	54	0,64	0,25	12,49	12,84
	TD50	12,66	54	0,68	0,25	12,45	12,81
% Sólidos no grasos en leche	TD0	8,54 a	54	0,34	0,18	8,4	8,58
	TD25	8,41 ab	54	0,46	0,18	8,3	8,55
	TD50	8,27 b	54	0,58	0,18	8,15	8,47

Letras distintas a y b entre las filas reflejan una diferencia estadísticamente significativa entre los datos ($P < 0,05$).

En la tabla anterior se puede observar que en los dos niveles de sustitución de alimento balanceado por forraje fresco de *T. diversifolia* como suplemento en la dieta de las vacas lecheras, no presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) en las variables grasa, lactosa y sólidos totales de la leche.

6.2.2.1. Contenido de grasa

El contenido de grasa en leche es un aspecto importante de evaluar debido a que en la mayoría de los mercados lecheros nacionales e internacionales se relaciona el pago de la leche con el porcentaje de grasa en la misma, como resultado a esta medida los ganaderos han invertido en incrementar este rubro, que tiene un impacto económico en el sistema productivo. Los valores promedio de grasa en leche obtenidos en el presente

estudio fueron de 4,36; 4,44 y 4,45% para los tratamientos TD0, TD25 y TD50, respectivamente.

Se encontró una muy pequeña tendencia de aumentar el contenido de grasa en leche, conforme incrementó la inclusión de *T. diversifolia* en las dietas evaluadas, aunque no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las medias. El tratamiento TD50 presentó el valor más alto de grasa en leche. Estos resultados son similares a los reportados por Tobia *et al.*, (2004), quienes encontraron un aumento en la concentración de la grasa láctea cuando alimentaron vacas Holstein con ensilaje de soya. También, coinciden con los citados por Argel *et al.*, (1999) quienes observaron un incremento en el contenido de grasa de la leche, cuando alimentaron vacas Jersey con ensilaje de cratylia (*Cratylia argentea*) durante la época seca en Costa Rica.

6.2.2.2. Lactosa

Los valores de lactosa que se obtuvieron en la presente investigación fueron de 4,52; 4,49 y 4,48% en los tratamientos TD0, TD25 y TD50, respectivamente, no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos.

Estos resultados difieren a los reportados por Tobia *et al.*, (2004), en donde conforme aumentó la inclusión del ensilaje de soya en la dieta, se disminuyó el contenido de lactosa en leche, situación que posiblemente está relacionada con un desbalance entre la energía en la dieta que se les ofreció a los animales.

Considerando la información anterior, el contenidos de lactosa en leche de los vacas evaluados en este estudio es similares debido posiblemente a que las dietas ofertadas fueron balanceadas tanto isoproteica como isoenergéticamente, cómo se puede observar en el anexo 2.

6.2.2.3. Proteína

El contenido de proteína en leche está influenciado por la calidad y cantidad de proteína que consumen los animales en la dieta diaria. En la tabla 8 se muestra el porcentaje de proteína en leche que se presentó en las diferentes dietas evaluadas.

En el tratamientos TD50 se presentó una diferencia significativa en el contenido de proteína (3,25%) con respecto al TD0, lo que indica que la sustitución de un 50% del alimento balanceado por forraje de *T. diversifolia* en la dieta disminuyó significativamente

($P < 0,05$) el porcentaje de proteína de la leche. Esta respuesta puede estar asociada con una menor digestibilidad de la PC presente en las leguminosas y especies arbustivas con altos niveles de PC en comparación con otras fuentes de proteína.

Por otra parte, la disminución en el contenido de PC que se encontró conforme aumentó la inclusión de *T. diversifolia* en los tratamientos evaluados, pudo estar influenciada por los componentes fibrosos que mostró el forraje de *T. diversifolia*, debido a que estas porciones pudieron incluir en la eficiencia con que se produce y emplea el amoníaco ruminal para la síntesis de proteína microbiana, la cual aporta una cantidad importante de proteína presente en la leche (Gallego, 2016).

Los niveles de proteína que se obtuvieron en este estudio son similares a los reportados por Tobía *et al.*, (2004), quienes alcanzaron valores de 3,38; 3,24 y 3,19%, en el tratamiento testigo, inclusión de 6 y 12 kg de ensilaje de soya, respectivamente, como sustituto del alimento balanceado en la dieta de vacas Holstein en etapa productiva.

6.2.2.4. Sólidos totales y sólidos no grasos

Al analizar los porcentajes de sólidos totales no encontramos diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos experimentales evaluados, tal y como se mostró en la tabla 8. En los sólidos no grasos (SNG) en leche el tratamiento TD25 no presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al tratamiento testigo TD0, sin embargo, en el tratamiento TD50 si presentó diferencias significativas en el contenido de SNG en leche con respecto al nivel TD0.

Estos resultados posiblemente están relacionados a un menor contenido de proteína en leche mostrado en el tratamiento TD50, además el valor de grasa en leche del TD50 fue igual o ligeramente superior al contenido encontrado en el tratamiento testigo (TD0), lo cual influye en el resultado de SNG, al cuantificar el total de sólidos en leche sin considerar el porcentaje de grasa.

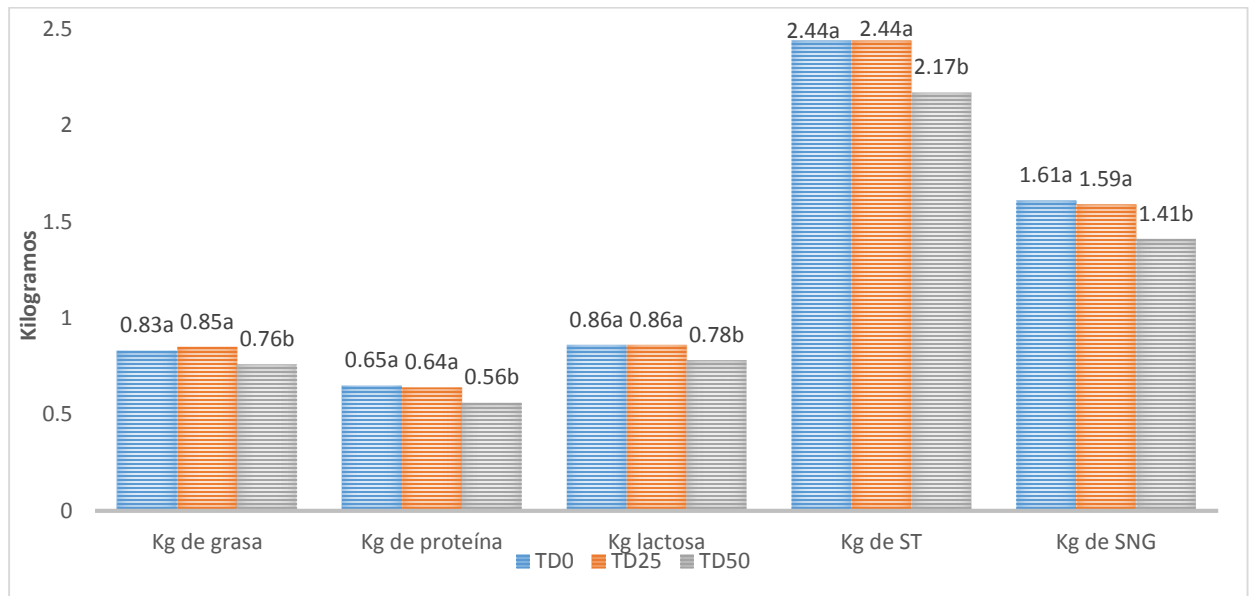
Por otra parte, es importante mencionar de la inclusión de fibra en la dieta aumento la producción de sólidos torales en leche, sin embargo este efecto no se evidenció en el presente estudio, posiblemente está relacionado con niveles semejantes de FND en la dita ofrecidas a los animales.

Es posible indicar que la sustitución de alimento balanceado por forraje fresco de *T. diversifolia* en la dieta del ganado lechero, en las condiciones del presente ensayo, no

afectó los contenidos de sólidos totales de la leche, pero si mostró una disminución en los SNG, cuando el nivel de sustitución alcanzó el 50% de la base seca del concentrado.

6.2.2.5. Producción en Kg/vaca/día de las variables de calidad nutricional de la leche.

En la figura 4 se muestra la producción en Kg/vaca/día de las variables de composición bromatológica de la leche (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos) que se obtuvieron según los tratamientos experimentales evaluados.



Letras diferentes a y b en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,05$). (Tukey).

Figura 4. Producción en Kg/vaca/día de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos según tratamientos experimentales.

Al relacionar la producción de leche promedio vaca/día que se alcanzó en los tratamientos experimentales con los contenidos porcentuales de las variables de calidad bromatológica de la leche, podemos observar que no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos, entre los tratamientos TD25 y TD50.

Con estos resultados se demostró que la sustitución de un 25% del alimento balanceado por forraje de *T. diversifolia* en la suplementación de vacas Jersey logró un efecto positivo en la producción y la calidad bromatológica de la leche, logrando mantener los valores del tratamientos testigo, inclusive se alcanzó un ligero aumento en la producción en kg

de grasa por animal al día, contenido que está muy relacionado con la calidad y rentabilidad de los sistemas lecheros costarricenses, ya que la leche con mayor contenido de grasa se paga mejor y alcanza mayores rendimientos en procesos de industrialización de derivados lácteos.

En el tratamiento TD50 se presentó una disminución significativa ($P < 0,05$) en la producción en kg/vaca/día de todas las variables de calidad nutricional evaluadas en esta investigación, con respecto a los valores obtenidos en los tratamientos TD0 y TD25, comportamiento que puede estar influenciado por una menor producción de leche promedio por vaca/día en el tratamiento TD50 con respecto a los otros dos tratamientos experimentales (TD0 y TD25).

6.3 Valoración económica de la suplementación

En la tabla 9 se presenta la producción de biomasa de la *T. diversifolia* que se alcanzó durante el periodo experimental. Se alcanzó una producción por planta/día de 2,23 kg al cosechar el material cada 50 días, esto representó una producción de biomasa de 27,88 toneladas de material fresco por hectárea, y por año de 203,5 ton MF/ha. Estos rendimientos de biomasa fresca son similares a los reportados por Lezcano *et al.*, (2012) quienes lograron alcanzar una producción de 275 toneladas de material verde por hectárea por año.

Tabla 9. Producción de forraje fresco y en base seca de *T. diversifolia*.

Promedio Kg /planta/día	Producción Ton MF/ ha	Producción Ton MF/ ha/año	Producción Ton MS/ ha	Producción Ton MS/ha/año
2,23	27,88	203,49	4,18	30,52

Significado de las siglas: kg (kilogramos), Ton (Toneladas), ha (hectáreas), MF (Materia fresca), MS (Materia seca).

La producción de biomasa de la *T. diversifolia* según Gallego *et al.*, (2014), se ve afectada por variaciones en aspectos tales como: la fertilidad del suelo, los niveles de fertilización empleados, así como de las condiciones climáticas imperantes en la zona de cultivo. Los rendimientos de biomasa en la presente investigación pueden estar influenciados por los efectos de las altas precipitaciones que se presentaron durante el periodo experimental, lo cual influyó en bajos contenidos de MS.

El contenido de materia seca de las plantas de *T. diversifolia*, fue influenciado por la época lluviosa, debido a que alcanzó un 15% de materia seca, esto permitió que se

cosechara un promedio de 4,18 toneladas de materia seca por hectárea y una producción anual de 30,52 ton, estos resultados son similares a los reportados por Arronis, (2015) quien citó que la producción promedio de la *T. diversifolia* por hectárea está entre las 24 hasta las 35 ton.

La producción de biomasa que se alcanzó en el presente estudio es inferior a la reportada por Lezcano *et al.*, (2012), quienes obtuvieron 55 ton MS/ha/año para el Botón de Oro. Situación que pudo estar influenciada por las altas precipitaciones que se dieron durante el periodo experimental, y que no se fertilizó la plantación de *T. diversifolia*.

En la tabla 10 se presenta un resumen de los costos de establecimiento, manejo agronómico, corte y acarreo que se calcularon en la presente investigación, se presentan en términos de cuál es el costo para producir un kilogramo de MS de *T. diversifolia*. En los anexos 4, 5 y 6 podemos observar con más detalle los insumos, mano de obra y más rubros utilizados para calcular estos costos de producción.

Tabla 10. Costos de establecimiento, manejo agronómico, corte y acarreo de la *T. diversifolia* por cada kg de MS.

Descripción del costo	Colones	Dólares	Costo Kg ¢	Costo Kg \$	%
Establecimiento	23615,1	41,5	3,81	0,007	4
Manejo agronómico	78576,6	138,2	12,69	0,02	13,4
Corta y acarreo	482918,4	849,4	77,96	0,14	82,5
Total	585110,1	1029,2	94,46	0,16	100

Al analizar los costos de la plantación de *T. diversifolia* podemos observar que el rubro de corta y acarreo es el de mayor peso a la hora de usar esta planta forrajera en la alimentación animal, los costos de corta y acarreo representaron más de un 80% de los costos totales de producir un kg de *T. diversifolia* en base seca. Estos valores son similares a los reportados por Pineda (1990), y Villalobos, Arce, & WingChing, (2015), quienes encontraron valores de 62,54 y 71,74% en los costos de cosecha, y lo definieron como el principal rubro a considerar en la elaboración de ensilajes de sorgo.

Es importante aclarar que los costos obtenidos en esta investigación podrían representar un costo más elevado a los reportados en estudio de otros países del área centroamericana, debido a que el costo de mano de obra se calculó con base al salario mínimo de un trabajador agropecuario reportado para el II semestre del año 2017 en el Ministerio de Trabajo de Costa Rica.

Tabla 11. Comparación entre el costo de producir un kg en MS de *T. diversifolia* y de alimento balanceado.

Costo del kilogramo	¢	\$
<i>T. diversifolia</i>	94,46	0,17
**Alimento balanceado (18% Proteína)	255,4	0,45

**El costo del saco (46 Kg) de alimento balanceado para vaca lechera utilizado durante el periodo experimental fue de 10220 colones. Tipo de cambio 22/11/2017.

Como se muestra en la tabla 11, el costo de producir un kg de *T. diversifolia* en base seca fue de 0,17 \$, mientras un kg en MS de alimento balanceado está en el mercado en 0,45\$. Se puede observar una diferencia considerable entre los suplementos, a favor del Botón de Oro, el cual presentó un valor de 28 centavos de dólar menos que el costo de un kilogramo de alimento balanceado.

Además, debemos considerar la calidad nutricional que mostró estaba planta y su potencial para mantener la producción y la calidad de la leche, resultados que nos alienta a seguir investigando las bondades de este forraje y buscar el nivel más óptimo para su utilización.

Tabla 12. Comparación entre las suplementaciones utilizadas en el periodo experimental.

Tratamiento	Tipo Suplemento	Cantidad Kg	Costo ¢ animal/día	Costo \$ animal/día	Ahorro %
TD0	Concentrado	6,400	1576,65	2,77	
	Melaza	0,600			
	Urea	0,180			
	King grass	5,000			
TD25	Concentrado	4,800	1433,8	2,52	9,06
	<i>T. diversifolia</i>	9,280			
	Melaza	1,500			
	Urea	0,170			
	King grass	2,000			
TD50	Concentrado	3,200	1280,2	2,25	18,8
	<i>T. diversifolia</i>	18,650			
	Melaza	2,200			
	Urea	0,150			
	King grass	1,000			

El precio que se utilizó para valorar el pasto King grass fue de 7,05 colones por cada kg de materia fresca ofertado, estos resultados fueron concebidos en las investigaciones desarrolladas por Villalobos *et al.*, (2015), quienes determinaron el costo de los principales forrajes utilizados para la elaboración de ensilajes en Costa Rica, y reportaron un costo de 7,05 colones para el pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*), con una producción promedio de 60 toneladas por hectárea anuales.

Por otra parte, el precio que se utilizó en la urea y de melaza se estableció mediante estudios de mercado en los principales establecimiento que ofrecen estos insumos, los precios utilizados fueron de 116,6 y 275,0 colones por kg melaza y urea, respectivamente. Un aspecto importante a considerar es que en el presente estudio se logró sustituir un kilogramo de alimento balanceado con 5,8 kilogramos de *T. diversifolia*, lo cual coincide con los resultados de Chará *et al* (2015) citado en la ponencia del congreso lechero de Costa Rica 2015 que presentó el doctor Murgueitio *et al.*, (2015), quienes lograron sustituir 1 kilogramo de concentrado por 6 kilogramos de *T. diversifolia* manteniendo la producción de leche y la composición de la misma.

En el tratamiento TD25 se presentó un ahorro del 9,06% en los costos totales de la suplementación con respecto al tratamiento TD0 y en el tratamiento TD50 se logró ahorrar el 18,8% en comparación con el tratamiento testigo, lo cual se muestra en la tabla 12. Expresado en dólares podemos decir que en el tratamiento TD25 se logró ahorro de 0,25 centavos de dólar por animal al día, esto en una lechería de 50 animales representaría un ahorro de 12, 5 dólares al día, que al año generaría un ahorro de 4 562,5 dólares sin afectar la producción ni la calidad de leche. Este dinero podría ser invertido en otras actividades relevantes para mejorar el manejo del hato lechero.

Además de aumentar la rentabilidad del sistema productivo, se estaría generando un impacto ambiental positivo debido a la disminución de gases de efecto invernadero con la inclusión de arbustivas en la dieta de los animales, y así disminuir la huella de carbono debido al manejo rustico y amplio rango de adaptación de esta planta, donde se posibilita hacer un menor uso de insumos agrícolas y fertilizantes.

El costo de la suplementación fue menor a medida que se fue aumentando el porcentaje de *T. diversifolia* en la dieta, estos resultados se pueden comprar a los obtenidos por Gallego, (2016), donde al aumentar los niveles de harina de *T. diversifolia* en la dieta de vacas lecheras se disminuyó de manera significativa el valor del kilogramo de suplemento ofrecido a los animales.

La *T. diversifolia* puede ser utilizada como suplemento de alta calidad en los sistemas de ganado lechero en el trópico, mediante la implementación de bancos forrajeros, con buenos resultados como se demostró en la presente investigación y en la investigación de Mahecha *et al.*, (2007), en sistemas silvopastoriles (Rivera *et al.*, 2015) y transformado

en harinas, para ser utilizado como materia prima en la formulación de alimentos balanceados para rumiantes (Gallego *et al*, (2017b).

Al analizar la relación beneficio costo, considerando los ingresos generados y los costos de suplementación, se encontró una mayor rentabilidad en los tratamientos TD25 y TD50, donde por cada colon invertido en la suplementación de los animales se obtuvieron 4,05; colones en ambos tratamientos. En el caso del tratamiento TD0 la ganancia fue de 3,65 colones por colon invertido. Lo que indica que la inclusión de *T. diversifolia* en la dieta de los animales, inclusive en el nivel más bajo, generó una mayor eficiencia económica.

7. CONCLUSIONES:

La composición nutricional de *T. diversifolia* demostró altos contenidos de proteína (superiores al 20%), digestibilidad in vitro (75,3%), de altos porcentajes de Ca y P muy similares a los encontrados en diversas investigaciones.

Los análisis de composición bromatológica realizados a los demás alimentos utilizados en las dietas experimentales mostraron variables nutricionales adecuadas y similares a los reportados por autores nacionales e internaciones.

Las dietas evaluadas en el presente estudio fueron balanceadas considerando concentraciones similares de energía, proteína y FND.

El tratamiento TD25 alcanzó la mayor producción de leche (19,4 litros/vaca/día), no presento diferencia significativa con respecto al tratamiento testigo TD0. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores al evaluar diversas especies forrajeras arbustivas.

El nivel de sustitución del 50% del alimento balanceado por el forraje de *T. diversifolia* (TD50), presentó una disminución en la producción de leche de 9,9 y 10,7% con respecto a los tratamientos TD0 y TD25.

La sustitución del alimento balanceado a diferentes niveles de *T. diversifolia* como suplemento en las dietas evaluadas, no afectó de manera significativa los contenidos de grasa, lactosa y sólidos totales en la leche.

En el tratamientos TD50 se presentó una diferencia significativa en el contenido de proteína (3,25%) y SNG (8,27%) con respecto al TD0 (3,39 y 8,54, respectivamente), lo que indica que la sustitución de un 50% del alimento balanceado por forraje de *T. diversifolia* en la dieta disminuyó significativamente ($P < 0,05$) los contenidos de proteína y SNG en la leche.

El rendimiento de biomasa de la *T. diversifolia* a los 50 días de rebrote logró mantener 2,2 kg de MV/planta en promedio durante el periodo experimental, lo cual representó 27,88 ton MV/ha y una producción de biomasa anual de 203,5 ton de MV/ha, sin el uso de fertilizantes.

La *T. diversifolia* presentó un contenido de MS promedio de 15% durante el periodo experimental (en época lluviosa), lo cual permitió alcanzar una producción biomasa seca anual de 30,52 ton/ha, valores similares a los reportados por Arronis, (2015).

El análisis de costos de producción que se realizó a la *T. diversifolia* determinó un costo de 94,46 colones por kg MS, donde el rubro de corta y acarreo representaron el 82% de este valor.

El costo de la suplementación en los tratamientos experimentales TD0, TD25, TD50 alcanzó un valor de 2,77; 2,54 y 2,25 \$ por animal/día, respectivamente, donde en los tratamientos TD25 y TD50 se generó un ahorro de 9,06 y 18,8%, respectivamente con respecto al tratamiento TD0. Lo cual indica que la inclusión de *T. diversifolia* en la dieta de las vacas lecheras permitió una disminución en los costos de suplementación.

8. RECOMENDACIONES:

Realizar más investigación sobre el manejo agronómico de la *T. diversifolia*, para evaluar la edad de corte óptima y densidad de siembra de acuerdo al tipo de suelo e intensificación del sistema productivo. Donde se genere información sobre el comportamiento productivo de *T. diversifolia* en otras fincas del país y en diferentes épocas del año y que permitan valorar de manera más integral el comportamiento de esta especie arbustiva.

Realizar estudios para evaluar el efecto de la utilización de diferentes fertilizantes sobre el rendimiento y producción de biomasa de la *T. diversifolia*,

Evaluar la degradación in situ e in vitro del *T. diversifolia* a diferentes edades y niveles de fertilización, con el fin de valorar su potencial en la nutrición de rumiantes.

Realizar evaluaciones de la utilización de la *T. diversifolia* en sistemas silvopastoriles, donde los animales la consuman directamente en los potreros, de esta forma estudiar el impacto sobre los costos de producción, corte y acarreo. Con la misma finalidad, es importante realizar estudios de conservación de la *T. diversifolia* mediante el método de ensilaje.

Realizar más investigación sobre los niveles óptimos de sustitución de alimento balanceado por forraje de *T. diversifolia*, utilizando porcentajes de inclusión que consideren valores entre el 25% y el 50%.

9. NOVEDAD CIENTÍFICA:

Por primera vez en Costa Rica, en la producción especializada de leche:

- Se evaluó la utilización de *Tithonia diversifolia* como sustituto parcial del alimento balanceado, sin mostrar disminución la producción de leche.
- La *T. diversifolia* puede considerarse una alternativa para ser empleada como forraje de excelente calidad en la suplementación del ganado lechero en el trópico.

10. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA:

Tabla 13. Ejecución presupuestaria del proyecto.

Concepto	Monto aprobado	Monto ejecutado
1.2 SERVICIOS		
1.2.1 Servicios comerciales		
1.2.1.1 Impresión, encuadernación y otros (Análisis de Laboratorio bromatología de componentes de la dieta)	¢1.370.250	¢1.370.250
2.2 Alimentos y productos agropecuarios		
2.2.2 Productos agroforestales (semilla de <i>T. diversifolia</i>)	¢78.000	¢78.000
2.2.3 Alimentos y bebidas (melaza y minerales)	¢286.000	¢286.000
2.2.4 Alimentos para animales	¢675.000	¢675.000
SUBTOTAL	¢2.409.250	¢2.409.250
12% Imprevistos	¢304.856,40	¢304.856
TOTAL	¢2.714.106,40	¢2.714.106,40

11. PLAN DE TRABAJO Y PERSONAS RESPONSABLES:

Objetivo	Actividades	Responsable (s)	Nivel de cumplimiento
1. Determinar la composición nutricional de la <i>T. diversifolia</i> , el concentrado y el pasto de piso empleado en la alimentación, para la elaboración de balances nutricionales isoproteica e isoenergéticamente equilibrados.	<p>1.1 Poda, acarreo y troceado del forraje de <i>T. diversifolia</i> hasta las instalaciones de la lechería.</p> <p>1.2 Recolección de las muestras de para evaluar la composición bromatológica tanto de la <i>T. diversifolia</i> como del concentrado.</p> <p>1.3 Determinación de la composición nutricional de los suplementos alimenticios (Laboratorio de Nutrición Animal de la UNA y al Centro de Investigación en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica).</p>	<p>Luis Mauricio Arias Gamboa</p> <p>Andrés Alpizar Naranjo</p>	<p>100%</p> <p>1.1. Ver anexos 9 y 10. 1.2. Ver anexos 10 y 11. 1.3. Ver, Resultados composición nutricional de los componentes de la dieta. Anexos 1 y 2.</p>
2. Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de <i>T. diversifolia</i> como remplazo parcial del alimento concentrado sobre la producción y composición bromatológica de la leche,	<p>2.1 Adaptación de los animales a la planta.</p> <p>2.2 Selección de los animales a evaluar.</p> <p>2.3 Medición de la cantidad de la leche producida por animal.</p> <p>2.4 Toma de las muestras para el análisis de la composición</p>	<p>Luis Mauricio Arias Gamboa</p> <p>Andrés Alpizar Naranjo</p>	<p>100%</p> <p>2.2. Ver anexo 3 2.3. Ver resultados producción de leche, anexo 12. 2.4. Ver resultados composición nutricional de la leche, anexos 13 y 14.</p>

durante el periodo experimental.	bromatológica de la leche. 2.5 Análisis estadístico.		2.5. Ver resultados producción y composición nutricional de la leche.
3. Realizar una valoración económica del empleo de <i>T. diversifolia</i> como remplazo parcial del alimento concentrado.	3.1 Estimación de costos de mano de obra e insumos necesarios, para establecer una hectárea de <i>T. diversifolia</i> . 3.2 Determinar el costo estimado de la mano de obra e insumos necesarios para realizar el manejo agronómico anual la plantación de 1025 m ² de <i>T. diversifolia</i> . 3.3 Estimación de los costos de mano de obra para realizar el corte y el acarreo a las instalaciones de lechería. 3.4 Determinación del costo de concentrado comercial (se determinará utilizando los precios de compra en el mercado nacional).	Luis Mauricio Arias Gamboa Andrés Alpizar Naranjo	100% 3.1. Ver resultados de valoración económica de la plantación. Anexos 4, 5, 6, 15 y 16. 3.2. Ver resultados de valoración económica de la plantación. Anexos 4, 5, 6, 15 y 16. 3.3. Ver resultados de valoración económica de la plantación. Anexos 4, 5, 6, 15 y 16. 3.4. Ver resultados de valoración económica de la plantación. Anexos 4, 5, 6, 15 y 16.

12. OTROS PRODUCTOS GENERADOS EN EL PROYECTO:

Unido a esto se realizaron cada uno de los informes de avance y el presente informe final de resultados, además, se llevó a cabo la presentación de los resultados preliminares en el seminario EC LEDSI: Ganadería Baja en Carbono “Resultados y estrategias hacia el desarrollo de una economía nacional baja en emisiones de gases de efecto invernadero para el sector ganadero- Costa Rica”, el cual se llevó a cabo en el Hotel Crownw Plaza Corobicí el día martes 28 de noviembre del año 2017.

El día viernes 01 de diciembre del mismo año se realizó un intercambio de experiencias en campo, en donde los participantes del seminario visitaron la finca experimental Santa Lucía en donde se explicó y se presentaron de manera más visual los resultados obtenidos con el presente proyecto.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J., Achang, G., Santos, L. D. T. & Sampaio, R. A. (2013). Productividad de *Tithonia diversifolia* y conducta animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de <http://www.lrrd.org/lrrd25/11/alon25192.html>
- Alpizar, A. (2014). Efecto de la suplementación con *Morus alba* Linn en la ceba de ovinos Pelibuey en estabulación.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). (1998). Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed, 4th rev. Gaithersburg, MD: AOAC International, USA.
- Araiza, E., Delgado, E., Carrete, F., Medrano, H., Solís, A., Murillo, M., & Haubi, C. (2013). Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17 (2), 79-96.
- Arroniz, V. & Abarca, S. (2017). Degradabilidad del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y su relación con metano entérico. Charla, 23 Congreso Nacional Lechero 2017, 25.
- Arronis, V. (2015). Banco forrajero de Botón de oro (*Tithonia Diversifolia*). *InfoAgro*, 2. Recuperado el 10 de enero del 2017, a partir de [http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/Banco Forrajero de Botón de Oro.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/Banco_Forrajero_de_Botón_de_Oro.pdf)
- Boschini, C. (2006). NUTRIENTES DIGERIBLES, ENERGÍA NETA Y FRACCIONES PROTEICAS DE LA MORERA (*Morus alba*) APROVECHABLES. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 141–150. Recuperado a partir de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v17n02_141.pdf
- Camacho, A.C. (2012). Costa Rica supera las 16.000 fincas ganaderas - Negocios - [elfinancierocr.com](http://www.elfinancierocr.com). Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de http://www.elfinancierocr.com/ef_archivo/2012/febrero/05/negocios3059112.html

- Cardona, I., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 405. <http://doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697>
- Chacón, M., Reyes, C & Segura, J. (2015). Estrategias para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica. Apoyado por Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible por medio de la implementación del proyecto FIRM en Costa Rica. Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00366.pdf>
- Chacón, A. & Vargas, F. (2009). Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 399–408. <http://doi.org/10.15517/am.v20i2.4956>
- Crespo, G., Ruiz, T. E. & Alvarez, J. (2011). Efecto del abono verde de *Tithonia* (*T. diversifolia*) en el establecimiento y producción de forraje de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169 y en algunas propiedades del suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45, 79–82. Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193017615015>
- FAO. (2017). Dairy Declaration. (Declaración de los productos lácteos, 2016). Rotterdam, Holanda. Consultado 20 diciembre del 2017. Recuperado el 20 de diciembre de 2017, a partir de <http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=1>
- FAO. (2011). Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011. Organización de 25 las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lechería_AmLatina_2011.pdf
- Galindo, J., González, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, A., Díaz, H., Moreira, O., Sarduy, L. & Noda, A. (2011). Effect of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Giant Mexican Sunflower) on the population of rumen protozoa and methanogens under in vitro conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 45(1): 33-37.

- Gallego, L. A., Machena, L. & Angulo, J. (2017a). CALIDAD NUTRICIONAL DE *Tithonia diversifolia* HEMSL. A GRAY BAJO TRES SISTEMAS DE SIEMBRA EN EL TRÓPICO ALTO1. Agron. Mesoam. 28(1):213-222.
- Gallego, L. A., Machena, L. & Angulo, J. (2017b). Producción, calidad de leche y beneficio:costo de suplementar vacas Holstein con *Tithonia diversifolia*. Agron. Mesoam. 28(2):357-370.
- Gallego, L. A. (2016). Evaluación agronómica y análisis productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) como suplemento alimenticio de vacas lecheras en trópico alto. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 134 p.
- Gallego, L. A., Machena, L. & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana, 25(2), 393. <http://doi.org/10.15517/am.v25i2.15454>
- García, D., Medina, M.G., Clavero, T., Humbría, J., Baldizán, A. & Domínguez, C. (2008b). Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los andes Venezolanos. Revista Científica ISSN 0798-2259.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2009). Datos climáticos. Periodo 2008-2009. Heredia: Estación Meteorológica Finca Experimental Santa Lucía, Universidad Nacional de Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadísticas INEC. (2015). VI Censo Nacional Agropecuario. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00338.pdf>
- Larios, M. (2016). Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Zamorano, Honduras. Honduras.
- Llangari, J. (2005). CALIDAD NUTRITIVA, ENERGÍA METABOLIZABLE Y ENERGÍA NETA DE LACTANCIA DE LA MORERA (*Morus* sp.) SEGÚN ESTADO FENOLÓGICO EN OVINOS, 66. Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1868#sthash.iOUTvbag.dpuf>

- Lezcano, Y., Soca, M., Ojeda, F., Roque, E., Fontes, D., Montejo, I. & Cubillas, N. (2012). Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 275–282.
- López, O., Lamela, L., Montejo, I.L. & Sanchez, T. (2015). Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*, 38(1), 46–54. Recuperado a partir de <http://payfo.ihatuey.cu/index.php/pasto/article/view/1826/2638>
- Madriz, J. A. (2017). Sector lácteo costarricense en el marco de la apertura comercial. 23 Congreso Nacional Lechero 2017, 75.
- Madriz, J. A. (2013). Situación Actual y Perspectivas del Sector Lácteo Aporte de la Producción de Leche a la Economía Nacional 2013. 20 Congreso Nacional Lechero 2013, 62.
- Mahecha, L., Escobar, J. P., Suárez, J. F. & Restrepo, L. F. (2007). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (Botón de oro) as forage supplement of Holstein x Zebu cows. Recuperado el 20 de marzo de 2017, a partir de <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Mahecha, L. & Rosales, M. (2005). Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl.] Gray), en la producción animal en el trópico. Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>
- Medina, M. G., García, D. E., González, M. E. & Cova, L. J. (2009). Variables morfoestructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento, 27(2), 121–134.
- Murgueitio, E., Flores, M., Uribe, F., Chará, J., Molina, J., Rivera, J., & Lopera, J. (2015). Establecimiento, manejo y costo de sistemas silvopastoriles intensivos para la producción de leche de calidad. En Cámara Nacional de Productores de leche (p. 138). San José.
- Naranjo, J. & Cuartas, C. (2011). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la

suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 6(1):9-19.

National Research Council (NRC). (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. National Academy Press. Washington DC. 408 p.

OCDE/FAO. (2015). Panorama general de OCDE/FAO Perspectivas Agrícolas 2015-2024, 181(li), 21–63.

Olmedo, A. (2009). Influencia de las fases lunares, (Menguante y Luna Llena) sobre la propagación vegetativa del Botón de oro *Tithonia diversifolia* para la formación de un banco de proteína, 1–141. Recuperado el 19 de marzo de 2017, a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2600>

Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J.M., López, O., Martín, G.J., García, D.E., Milán, I. & Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes, 32(1), 1–15.

Quevedo, M. (2014). Efecto de un sistema silvopastoril sobre la calidad de la leche, comparado con un sistema de producción convencional. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA POSGRADOS. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/47306/>

Ríos C.I. (1998). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo No. 14.

Rivera, J.E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, O., Hurtado, E.A., Arenas, F.A., Chará, J. & Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. Recuperado el 20 de marzo de 2017, a partir de <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html>

Rodríguez, I. (2017). Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #63*. Retrieved February 20, 2018, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/4/idal29063.html>

- SAS Inst. Inc. (2009). SAS/STAT® User's guide: Statistics. Versión 9.0. Cary; NC, USA.
- Tobia, C., Rojas, A., Villalobos, E., Soto, H. & Uribe, L. (2004). Sustitución Parcial Del Alimento Balanceado Por Ensilaje De Soya Y Su Efecto En La Producción Y Calidad De La Leche, 28(2), 28
- Van Soest, P.J. & Robertson, J.B. (1985). Analysis of forages and fibrous food. AS 613. Cornell University, A Laboratory Manual. Department of Animal Science. Ithaca NY. 613p.
- Van Soest P. J., Wine, R. H. & Moore, L. A. (1966). Estimation of the true digestibility of forages by in vitro digestion of cell walls. Proc. 10 th Int. Grassland Congress. Helsingy. P 438-441
- Verdecia, D., Ramírez, J., Leonard, I., Álvarez, Y., Bazán, Y., Bodas, R., Andrés, S., Álvarez, J., Giráldez, F. & López, S. (2011). Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. REDVET 12(5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050511/051113.pdf> (Consultado 9 nov. 2013).
- Villalobos, L., & Arce, J. (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. Disponibilidad de biomasa y Fenología. Agronomía costarricense, 37(1), 91–101.
- Weiss, W.P. (2004). Fine-tuning energy calculations. Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference. Purdue University, Michigan State University, Ohio State University, United States. 170
- WingChing-Jones, R., & Retana, G. (2009). Valor Nutricional Del Heno De Transvala Inoculado con el Hongo *Pleurotus ostreatus* sp1. Agronomía Costarricense, 33(1), 147–153.

14. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los análisis bromatológicos de los diferentes componentes de las dietas utilizadas durante el proceso experimental.

Melaza	
Análisis	Resultado
% Materia seca (MS) 60° C	81,2
% Humedad al vacío	(18,79 ± 0,04) g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(5,31 ± 0,05) g/100 g
% Cenizas	(8,04 ± 0,28) g/100 g
% Calcio	(0,79 ± 0,10) g/100 g
% Fosforo	(0,052 ± 0,004) g/100 g
% Extracto etéreo	(0,61 ± 0,01) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(100 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	No detectable
% Fibra detergente neutro (FDN)	No detectable
% Lignina detergente acido	No detectable
Energía Neta Lactancia	(1,87 ± 0,01) Mcal/kg de MS
Alimento concentrado para vaca lechera 18% proteína	
% Materia seca (MS) 60° C	87
% Humedad al vacío	(13,01 ± 0,04) g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(18 ± 0,18) g/100 g
% Cenizas	(5,10 ± 0,18) g/100 g
% Calcio	(0,81 ± 0,10) g/100 g
% Fosforo	(0,57 ± 0,05) g/100 g
% Extracto etéreo	(6,33 ± 0,99) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(94,6 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	(10,0 ± 0,9) g/100
% Fibra detergente neutro (FDN)	(19,4 ± 0,9) g/100 g
% Lignina detergente acido	(2,2 ± 0,2) g/100 g
Energía Neta Lactancia	(1,86 ± 0,01) Mcal/kg de MS
Pasto de Corte King grass (<i>Pennisetum purpureum</i>)	
% Materia seca (MS) 60° C	18,5
% Materia seca (MS) 105° C	(80,4 ± 1,0) g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(8,64 ± 0,09) g/100 g
% Cenizas	(14,25 ± 0,50) g/100 g
% Calcio	(0,32 ± 0,04) g/100 g
% Fosforo	(0,20 ± 0,02) g/100 g
% Extracto etéreo	(1,67 ± 0,02) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(76,8 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	(36,5 ± 0,9) g/100
% Fibra detergente neutro (FDN)	(48,7 ± 0,9) g/100 g
% Lignina detergente acido	(2,7 ± 0,2) g/100 g
Energía Neta Lactancia	(1,14 ± 0,01) Mcal/kg de MS
Pasto de piso Estrella (<i>Cynodon nlemfluensis</i>)	
% Materia seca (MS) 60° C	23
% Materia seca (MS) 105° C	(3,6 ± 1,0) g/100 g [94,6 ± 1,0] g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(13,32 ± 0,14) g/100 g
% Cenizas	(9,60 ± 0,34) g/100 g
% Calcio	(0,26 ± 0,03) g/100 g
% Fosforo	(0,25 ± 0,02) g/100 g
% Extracto etéreo	(2,50 ± 0,04) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(67,1 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	(36,6 ± 0,9) g/100
% Fibra detergente neutro (FDN)	(62,5 ± 0,9) g/100 g
% Lignina detergente acido	(3,9 ± 0,2) g/100 g
Energía Neta Lactancia	(1,31 ± 0,01) Mcal/kg de MS

Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) 3 análisis	
% Materia seca (MS) 60° C	16,00
% Materia seca (MS) 105° C	(95,55 ± 0,05) g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(21,20 ± 0,48) g/100 g
% Cenizas	(11,46 ± 0,82) g/100 g
% Calcio	(1,22 ± 0,16) g/100 g
% Fosforo	(0,32 ± 0,02) g/100 g
% Extracto etéreo	(2,72 ± 0,03) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(76,3 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	(36,6 ± 0,9) g/100
% Fibra detergente neutro (FDN)	(43,5 ± 0,9) g/100 g
% Lignina detergente acido	(11,4 ± 0,19) g/100 g
Energía Neta Lactancia	(1,21 ± 0,01) Mcal/kg de MS
% Materia seca (MS) 60° C	14,00
% Materia seca (MS) 105° C	(94,69 ± 0,05) g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(21,54 ± 0,51) g/100 g
% Cenizas	(11,5 ± 0,87) g/100 g
% Calcio	(1,41 ± 0,18) g/100 g
% Fosforo	(0,34 ± 0,02) g/100 g
% Extracto etéreo	(1,59 ± 0,02) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(74,4 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	(37,0 ± 0,9) g/100
% Fibra detergente neutro (FDN)	(45,4 ± 0,9) g/100 g
% Lignina detergente acido	(11,6 ± 0,19) g/100 g
Energía Neta Lactancia	(1,15 ± 0,01) Mcal/kg de MS
% Materia seca (MS) 60° C	15,00
% Materia seca (MS) 105° C	(95,69 ± 0,05) g/100 g
% Proteína cruda (PC)	(21,70 ± 0,54) g/100 g
% Cenizas	(11,48 ± 0,40) g/100 g
% Calcio	(1,41 ± 0,18) g/100 g
% Fosforo	(0,31 ± 0,03) g/100 g
% Extracto etéreo	(2,82 ± 0,03) g/100 g
% Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	(75,3 ± 6,0) g/100 g de MS
% Fibra detergente acida (FDA)	(36,8 ± 0,9) g/100
% Fibra detergente neutro (FDN)	(38,5 ± 0,9) g/100 g
% Lignina detergente acido	(11,5 ± 0,19) g/100 g
Energía Neta Lactancia	(1,18 ± 0,01) Mcal/kg de MS

Anexo 2. Balances nutricionales elaborados en cada tratamiento para vacas Jersey con un promedio productivo de 20 litros de leche.

100% concentrado+ 0% tithonia	Alimentos	Cantidad	MS (kg)	% AI	PM (g)	ENL (Mcal)	Ca (g)	P(g)	
TD0	Estrella	25	5,8	38,7	499,4	7,5	15,0	14,4	
	King Gras	5,0	0,9	6,2	51,1	1,1	3,0	1,9	
	Concentrado	6,4	5,6	37,5	641,4	10,4	50,1	33,4	
	Minerales	0,2	0,2	1,2	0,0	0,0	45,1	32,5	
	Miel final	0,6	0,4	3,0	15,2	0,8	3,5	0,2	
	Tithonia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Urea	0,18	0,2	1,2	337,5	0,0	0,0	0,0	
	Paca	2,0	1,8	12,2	39,5	1,8	3,6	2,7	
	Total		39,3	14,9	100,0	1584,1	21,6	120,3	85,1
	Requerimiento			14,9		1584,1	21,6	37,2	31,0
	Diferencia			0,0		0,0	0,0	83,1	54,1

75% concentrado+ 25% tithonia		Alimentos	Cantidad	MS (kg)	% AI	PM (g)	ENL (Mcal)	Ca (g)	P(g)
TD25	Estrella		25	5,8	38,2	499,4	7,5	15,0	14,4
	King Gras		2,0	0,4	2,5	20,5	0,4	1,2	0,7
	Concentrado		4,8	4,2	27,7	481,1	7,8	37,6	25,1
	Minerales		0,2	0,2	1,3	0,0	0,0	47,5	34,2
	Miel final		1,5	1,2	8,1	41,4	2,3	9,6	0,6
	Tithonia		9,3	1,4	9,2	191,5	1,7	18,8	4,5
	Urea		0,17	0,2	1,1	310,8	0,0	0,0	0,0
	Paca		2,0	1,8	12,0	39,5	1,8	3,6	2,7
	Total		44,9	15,1	100,0	1584,1	21,6	133,2	82,2
	Requerimiento			14,9		1584,1	21,6	37,2	31,0
Diferencia			0,2		0,0	0,0	96,0	51,2	
50% concentrado+ 50% tithonia		Alimentos	Cantidad	MS (kg)	% AI	PM (g)	ENL (Mcal)	Ca (g)	P(g)
TD50	Estrella		25	5,8	37,2	499,4	7,5	15,0	14,4
	King Gras		1,0	0,2	1,2	10,2	0,2	0,6	0,4
	Concentrado		3,2	2,8	18,0	320,7	5,2	25,1	16,7
	Minerales		0,2	0,2	1,2	-	-	47,5	34,2
	Miel final		2,2	1,8	11,7	61,3	3,4	14,2	0,9
	Tithonia		18,7	2,8	18,1	384,9	3,5	37,8	9,0
	Urea		0,15	0,1	0,9	268,1	-	-	-
	Paca		2,0	1,8	11,7	39,5	1,8	3,6	2,7
	Total		52,4	15,5	100,0	1584,14	21,6	143,7	78,2
	Requerimiento			14,9		1.584,1	21,6	37,2	31,0
Diferencia			0,6		0,0	0,0	106,5	47,2	

Anexo 3. Parámetros para la selección de los animales utilizados durante el periodo experimental.

Animales	Vaca	Numero de Lactancias	Días de lactancia inicio de adaptación	Días de lactancia final de periodo experimental	Ultima Producción (litros de leche)	Peso de los animales (kg)	Grupo
1	158	2	151	205	14,8	373	1
2	137	3	145	199	17,9	405	
3	147	2	136	190	18,8	421	
4	134	2	113	167	17,9	439	2
5	152	3	102	156	19,6	395	
6	157	2	66	120	22,0	394	
7	90	6	83	137	21,9	465	3
8	100	5	54	108	16,8	418	
9	131	3	63	117	27,1	417	
Promedio		4,7		120,7	21,9	433,3	

Anexo 4. Costos de establecimiento de una hectárea de Botón de oro.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo ¢	Costo \$	Total ¢	Total \$	Costo Kg ¢	Costo Kg \$	%
Aplicación de herbicida	Horas	16	1637	2,9	26192,2	46,1	4,23	0,007	2,9
Herbicida (glifosato)	Litros	8	3477,2	6,1	27817,5	48,9	4,49	0,008	3,1
Arado	Horas	5	25000	44,0	125000,0	219,9	20,18	0,035	13,9
	Estacas								
Semilla	s	13000	20	0,04	260000,0	457,3	41,97	0,074	29,0
Siembra	Horas	200	1637	2,9	327402,3	575,9	52,86	0,093	36,5
Resiembra	Horas	80	1637	2,9	130960,9	230,4	21,14	0,037	14,6
Total					897372,9	1578,5	144,87	0,25	100
Costo kg por corta							1,91	0,003	
Costo Kg periodo experimental							3,81	0,007	

Anexo 5. Costos de manejo agronómico de una hectárea de Botón de oro.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo ¢	Costo \$	Total ¢	Total \$	Costo Kg ¢	Costo Kg \$	%
Control de malezas	Horas	48	1637	2,9	78576,6	138,2	12,7	0,0223	100
Total					78576,6	138,2	12,7	0,0223	100

Anexo 6. Costos de corte y acarreo de una hectárea de Botón de oro.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo ¢	Costo \$	Total ¢	Total \$	Costo Kg ¢	Costo Kg \$	%
Corta y acarreo	Horas	295	1637	2,9	482918,4	849,4	78,0	0,137	100
Total					482918,4	849,4	78,0	0,137	100

*Precios actualizados al mes de noviembre del 2017 y tipo de cambio de ¢568,51, tipo de cambio de compra del 22 de noviembre del 2017, según el Banco Central de Costa Rica.

Anexo 7. Plantación de Botón de oro FESL.



Anexo 9. Corta y acarreo de plantas de Botón de oro.



Anexo 8. Plantas de Botón de oro FESL.



Anexo 10. Muestreo de los componentes utilizados en las dietas durante el proceso experimental.



Anexo 11. Componentes de la dieta utilizados



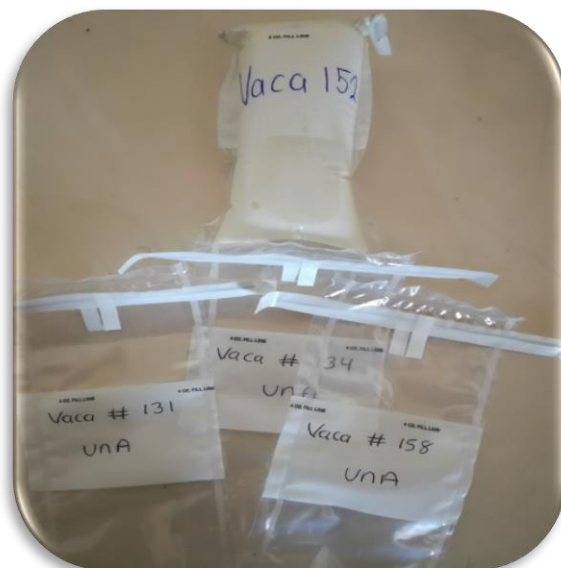
Anexo 13. Toma de muestras de leche para



Anexo 12. Recolección de los datos de durante el periodo experimental. producción de leche.



Anexo 14. Muestras de leche para análisis de composición bromatológica.



Anexo 15. Preparación del terreno para el establecimiento de la plantación de Botón de oro.



Anexo 16. Estimación de la producción forrajera de la plantación de Botón de oro.

