

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
MAESTRÍA SISTEMAS SOSTENIBLES DE SALUD - PRODUCCIÓN  
ANIMAL TROPICAL

**EVALUACION DE LA OFERTA FORRAJERA DE UN  
SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO (SSPi)  
CONFORMADO POR BOTON DE ORO (BO) *Tithonia  
diversifolia* (Helms) Gray, GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS  
MEJORADAS SOBRE LA PRODUCCION Y CALIDAD DE  
LECHE EN VACAS DOBLE PROPOSITO EN  
CONDICIONES DE PIEDEMONTES LLANEROS DEL META.**

**JORGE SANCHEZ VEGA**

Villavicencio, Meta - Colombia

Agosto de 2016

**EVALUACION DE LA OFERTA FORRAJERA DE UN  
SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO (SSPi)  
CONFORMADO POR BOTON DE ORO (BO) *Tithonia  
diversifolia* (Helms) Gray, GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS  
MEJORADAS SOBRE LA PRODUCCION Y CALIDAD DE  
LECHE EN VACAS DOBLE PROPOSITO EN  
CONDICIONES DE PIEDEMONTE LLANERO DEL META.**

**JORGE SANCHEZ VEGA**

Tesis presentada como requisito parcial  
para la obtención del título de Magister  
en Sistemas Sostenibles de Salud  
Producción Animal Tropical.

**Orientador: Dr. Walter Fernando Galindo – Director Externo, cPhD**

**Dr. Álvaro Ocampo Duran – CoDirector interno, PhD.**

**Villavicencio, Meta - Colombia  
2016**

**EVALUACION DE LA OFERTA FORRAJERA DE UN  
SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO (SSPi)  
CONFORMADO POR BOTON DE ORO (BO) *Tithonia  
diversifolia* (Helms) Gray, GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS  
MEJORADAS SOBRE LA PRODUCCION Y CALIDAD DE  
LECHE EN VACAS DOBLE PROPOSITO EN  
CONDICIONES DE PIEDEMONTE LLANERO DEL META.**

**JORGE SANCHEZ VEGA**

Tesis presentada como requisito parcial  
para la obtención del título de Magister  
en Sistemas Sostenibles de Salud  
Producción Animal Tropical

Aprobada en día/mes/año

Comisión examinadora:

---

Prof. Nombre (título) – Institución a la que pertenece

---

Prof. Nombre (título) – Institución a la que pertenece

---

## DEDICATORIA

A mi señora madre Doña Ana Oliva Vega Casas. Por haberme dado la vida, haberme criado, por enseñarme, formarme, educarme y apoyarme constantemente con sus sugerencias, recomendaciones y críticas.

A mi compañera de vida Luz Adriana Sarmiento Gaviria. Por el apoyo constante, sus sugerencias, comentarios y críticas.

A mi hijo Marx Alejandro Sánchez Sarmiento. Por favorecerme para volver a jugar como un niño para luego volver al trabajo

A mi tío Don Simeón Vega Casas. Por el apoyo constante y sus comentarios constructivos

A mis hermanos: Luz, Donelia, Bernardo, Mauricio, Luis y Geovanny. Por el apoyo moral

A todos mis demás familiares: Tíos, Primos cercanos y lejanos y sobrinos, cuñadas y cuñados.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de los Llanos y su Maestría en SSS-PAT

A la fundación Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV) por haberme permitido realizar mi trabajo de tesis en su proyecto

Agradecimiento especial al Dr. Walter Fernando Galindo, por haber aceptado dirigir mi tesis de investigación y sus orientaciones, correcciones, sugerencias y comentarios

Agradecimiento especial al Dr. Álvaro Ocampo Duran, por haber codirigido mi tesis de investigación y por sus orientaciones, correcciones, sugerencias y comentarios.

Agradecimiento especial al Dr. Agustín Góngora por su compromiso en sus orientaciones y apoyo permanente.

A los jurados de mi tesis por sus correcciones.

A todos los docentes de la maestría por sus enseñanzas y orientaciones

Agradecimiento especial al Dr. Jorge Luis Parra Arango por sus orientaciones y ayuda científica en el laboratorio de calidad de leche

Agradecimiento especial al MSc Julián Esteban Rivera por sus asesorías y orientaciones en el método estadístico

Agradecimiento especial al Dr. Oscar Pardo por sus asesorías y orientaciones

Agradezco el apoyo constante de todos y cada uno de mis compañeros de estudios de maestría

A Corpoica por permitirme analizar las muestras de leche en su laboratorio.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) en la producción y calidad de leche de vacas doble propósito en condiciones de piedemonte llanero del Meta en época de lluvias y seca frente a un sistema en pastoreo tradicional de gramíneas mejoradas y un sistema asociado de gramíneas y leguminosas mejoradas se desarrolló esta investigación. Se utilizó un diseño cruzado en cuadrado latino de 3x3 con 3 tratamientos o sistemas, 3 periodos y 2 épocas. Fueron utilizadas 6 vacas doble propósito en primer y segundo tercio de lactancia con características raciales similares. En una zona del piedemonte llanero la cantidad de leche producida por hectárea y por año en un SSPi fue de 12383,8 Kg, para una Pradera Mejorada (PM) fue de 6756 Kg mientras que para una Pradera Tradicional (PT) con gramíneas mejoradas fue de 4724 Kg. La diferencia en el aumento de la producción de leche en Kg/ha/año a favor del SSPi fue de 37,2% y 80% respecto a la Pradera Mejorada y frente a la Pradera Tradicional de gramíneas, respectivamente. La calidad composicional de la leche bovina en el SSPi, con énfasis en la Grasa, los sólidos totales (ST) y la proteína es superior a la producida en la Pradera Mejorada y en la Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. En la Grasa en el SSPi fue de 485,4 Kg/ha/año, frente a 209,7 Kg/ha/año en la PM y en la PT fue de 162,7 Kg/ha/año. Para el caso de los ST en el SSPi fue de 1607,34 Kg/ha/año, frente a 809,18 Kg/ha/año de la PM, mientras que en la PT fue de 638,29 Kg/ha/año. En cuanto a la proteína la producción en el SSPi fue de 471,28 Kg/ha/año, 243,95 Kg/ha/año para la PM, mientras que en la PT de gramíneas fue de 189,99 Kg/ha/año. Al suministrar una mayor oferta forrajera a los animales con base en SSPi se obtiene un mayor aumento en la producción de leche y en su calidad composicional por unidad de área y por año frente a sistemas de pastoreo tradicional en monocultivo de gramíneas mejoradas.

**Palabras clave:** ácidos grasos, arbustos forrajeros, botón de oro, calidad de leche, doble propósito, pastoreo, producción, sistemas silvopastoriles.

## ABSTRACT

In order to evaluate the effect of intensive silvopastoral system in the production and quality of milk of cows double purpose in conditions piedmont plains of Meta in the rainy and dry against a system in traditional grazing improved grasses and associated system improved grasses and legumes of this research was conducted. A crossover design was used in 3x3 Latin square with 3 treatments or systems, and 2 seasons 3 periods. They were used six double purpose cows in first and second third of lactation with similar racial characteristics. In an area of piedmont plains the amount of milk produced per hectare per year in a SSPi was 12,383.8 kg for Improved Meadow (PM) was 6756 kg while for a Traditional Meadow (PT) with improved grasses was 4724 Kg. the difference in increasing milk production in kg / ha / year in favor of SSPi was 37.2% and 80% on the Improved Meadow opposite the Traditional Meadow grasses, respectively. The compositional quality of bovine milk in SSPi, with an emphasis on fat, total solids and protein is superior to that produced in the Improved Meadow and the traditional Meadow with improved grasses. In SSPi Grease it was 485.4 kg / ha / year, compared to 209.7 kg / ha / year in the PM and the PT was 162.7 kg / ha / year. In the case of the ST in the SSPi was 1607.34 kg / ha / year, compared to 809.18 kg / ha / year of the PM, while the PT was 638.29 kg / ha / year. As for protein production in the SSPi was 471.28 kg / ha / year, 243.95 kg / ha / year for PM, while the PT grass was 189.99 kg / ha / year. By providing greater forage offer animals based on SSPi a further increase in milk production and its compositional quality per unit area and per year versus traditional grazing systems monoculture improved grasses is obtained.

**Key-words:** Fatty acids, fodder shrubs, buttercup, milk quality, dual porpuse, pasturage, milk production, systems silvopastoral.

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de nutrientes de <i>Tithonia diversifolia</i> (%) .....	24
Tabla 2. Parámetros productivos en pastoreo tradicional y SSPi en Doncello (Caquetá) .....	26
Tabla 3. Diferentes usos encontrados para <i>Tithonia diversifolia</i> .....	27
Tabla 4. Diseño experimental .....	36
Tabla 5. Análisis bromatológico (%) de forrajes en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	40
Tabla 6. Oferta de nutrientes (Kg/ha/época) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	42
Tabla 7. Oferta de nutrientes (Kg/ha/año) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	44
Tabla 8. Análisis foliar para minerales en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	46
Tabla 9. Oferta de macro y minerales (Kg/ha/época) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	49
Tabla 10. Oferta de macro y microminerales (Kg/ha/año) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	50
Tabla 11. Producción de biomasa, MS y capacidad de carga en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	52
Tabla 12. Producción y calidad composicional de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	54
Tabla 13. Producción de leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	55
Tabla 14. Producción de leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	56
Tabla 15. Producción de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	57



Tabla 16. Calidad composicional de la leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	59
Tabla 17. Calidad composicional de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	63
Tabla 18. Calidad composicional de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	64
Tabla 19. Perfil de ácidos grasos (g/100 g de grasa) en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta	66
Tabla 20. Perfil de ácidos grasos (g/100 g de grasa) en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta	67
Tabla 21. Información productiva anual por hectárea en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	73
Tabla 22. Ingreso anual por hectárea en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	73
Tabla 23. Análisis financiero - flujo de caja sin ICR de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	74
Tabla 24. Análisis financiero - flujo de caja con ICR (60%) de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	75
Tabla 25. VPN y TIR sin ICR de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	76
Tabla 26. VPN y TIR con ICR (60%) de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta .....	76

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Producción de MS anual en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta.....	53
Grafico 2. Promedio de grasa (g/animal/día) en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta.....	59
Grafico 3. Promedio de SNG (g/animal/día) en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta.....	60
Grafico 4. Promedio de ST (g/animal/día) en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta.....	60
Grafico 5. Promedio de Proteína (g/animal/día) en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta....	61
Grafico 6. Promedio de Lactosa (g/animal/día) en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta....	61
Grafico 7. Porcentaje de Ácido Oleico en grasa láctea de vacas de doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta....	68
Grafico 8. Porcentaje de Ácido Transvaccenico en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta .....	69
Grafico 9. Porcentaje de Ácido Vaccenico en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta .....	70
Grafico 10. Porcentaje de Ácido Linoleico Conjugado (CLA) en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta .....	71
Grafico 11. Porcentaje de Ácidos Monoinsaturados en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo y dos épocas en el piedemonte llanero del Meta .....	72

## TABLA DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	17
<b>3 REVISION BIBLIOGRAFICA</b> .....	18
3.1 Generalidades del piedemonte llanero.....	18
3.2 Situación de la ganadería doble propósito en el Departamento del Meta	18
3.3 Sistemas Silvopastoriles (SSP) .....	20
3.4 Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) .....	20
3.5 Sistemas Silvopastoriles y Gases de Efecto Invernadero .....	21
3.6 Generalidades e importancia del Botón de Oro (BO) <i>T. diversifolia</i> en los SSPi .....	22
3.7 Contenido nutricional de <i>T. diversifolia</i> .....	23
3.8 Uso de <i>T. diversifolia</i> en alimentación animal .....	25
3.9 Otros usos.....	26
3.10 Gramíneas y leguminosas mejoradas asociadas a <i>T. diversifolia</i> en el SSPi. ....	27
3.10.1 Pasto Toledo ( <i>Brachiaria brizantha</i> cv Toledo). ....	27
3.10.2 Kudzú ( <i>Pueraria phaseoloides</i> ).....	28
3.10.3 Pasto Amargo ( <i>Brachiaria decumbens</i> ). ....	28
3.10.4 Pasto Dulce ( <i>Brachiaria humidicola</i> ).....	29
3.11 Importancia de las asociaciones gramíneas y leguminosas.....	29
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	31
4.1 Localización.....	31
4.2 Tratamientos. ....	31
4.3 Animales.....	32
4.4 Evaluación de los forrajes. ....	32

4.5	Producción de leche.....	34
4.6	Evaluación de la calidad de leche. ....	34
4.7	Evaluación económica y financiera del SSPi.....	35
4.8	Diseño experimental y estadístico.....	35
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>38</b>
5.1	RESULTADOS .....	38
5.1.1	Oferta forrajera.....	38
5.1.2	Análisis foliar para minerales .....	44
5.1.3	Producción de biomasa, materia seca y capacidad de carga .....	50
5.1.4	Producción y calidad composicional de la leche .....	53
5.1.5	Perfil de ácidos grasos.....	64
5.1.6	Estimación de la Viabilidad Financiera.....	72
5.2	DISCUSION .....	77
5.2.1	Oferta de nutrientes. ....	77
5.2.2	Oferta de minerales.....	78
5.2.3	Producción de biomasa, Capacidad de carga (CC) y Materia Seca (MS). 79	
5.2.4	Producción de leche.....	80
5.2.5	Calidad de la leche.....	82
5.2.6	Ácidos grasos. ....	84
5.2.7	Viabilidad financiera.....	87
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>

# 1 INTRODUCCIÓN

La producción de leche bovina en Colombia se lleva a cabo en dos tipos de explotaciones, en lecherías especializadas (LE), que generalmente se encuentran en zonas de trópico alto, y en Sistemas de Producción Bovina de Doble Propósito (SDP) que se localizan en trópico cálido bajo como el piedemonte llanero.

El hato bovino nacional está conformado por 20.944.801 millones de cabezas (ENA, CNA, 2014). El SDP ocupa el 47% del área total en ganadería con 8.019.834 millones de cabezas (38%) que producen 3.498 millones l/año. Los parámetros productivos y reproductivos del SDP, son: natalidad 50%; capacidad de carga 0,6 (UGG/Ha); Ganancia Diaria de Peso (GDP) 150 g/a/d; Intervalo entre Partos (IEP) 700 días; Edad al Primer Parto (EPP) 37 meses; Peso al Destete (PD) 140 Kg; Edad al Destete (ED) 9,5 meses y producción de leche 3,5 l/vaca/día (CCI, MADR, FEDEGAN, ICA, ENA, 2010-2011; ENA, 2014).

En el piedemonte del departamento del Meta predominan los sistemas tradicionales de producción bovina de doble propósito, que en su mayoría está conformado por animales de razas cebuinas y sus cruces con algunas razas europeas. El sistema DP se caracteriza por ser de pastoreo extensivo con monocultivo de gramíneas, tiene baja producción de biomasa y calidad forrajera, en particular durante la época seca. Además, los SDP son afectados por el clima, asociados con problemas de deforestación, degradación del suelo, escasez de agua, quemadas, pérdida de biodiversidad y alta inequidad social (Quero *et al*, 2007).

En el departamento del Meta el inventario de ganado bovino asciende a 1.809.102 cabezas. Se trabaja con 65.293 vacas en ordeño que producen 232.756 l/día de leche (ICA, 2010; ICA, CNA, ENA, 2014). Se estiman 445.305 cabezas de ganado DP (24,6%), de las cuales el 90% se encuentra en el piedemonte. Según Parra *et al*, se estima una producción media de 3,75 l/vaca/día. La producción media de

leche por predio es 48 l de 12 vacas día en 27 ha en monocultivo de pastos introducidos. La producción de carne por lactancia expresada en ternero desteto es de 150 Kg. La tasa de natalidad es de 65 terneros por cada 100 vacas/año (Parra *et al*, 2006; SDA Meta, 2011; CNA, ENA, 2014).

Por otra parte, en un estudio efectuado en el piedemonte del Meta sobre el SDP se concluye que la venta de leche permite cubrir los costos fijos, pero que la baja producción por animal debido a la poca oferta y calidad forrajera y la escasa agroindustria y precios bajos que se pagan al productor por calidad y volumen de la leche, limitan su viabilidad económica (Cortes *et al*, 2012).

Debido a esta situación, en Colombia, se han venido implementando y multiplicando los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) como parte de las políticas públicas y gremiales llevadas a cabo por la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), incluida en el Plan Estratégico de la Ganadería (PEGA 2019) y el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible financiado por el Fondo GEF – Banco Mundial, con el ánimo de contribuir a la conversión sostenible de la ganadería.

Por tanto, el uso de forrajeras arbustivas y arbóreas que incorporen especies nativas y especies de alto valor comercial asociadas a gramíneas y leguminosas, son una opción para la rehabilitación de zonas severamente afectadas por la ganadería extensiva, mejorando la oferta de biomasa en cantidad y calidad así como también el bienestar animal (Murgueitio *et al*, 2011).

La calidad y productividad de la leche bovina en un SDP y el desempeño animal en sistemas con oferta de *Tithonia diversifolia* (BO) (Helms.) Gray, se ha estudiado en diferentes escenarios. No obstante, no hay información disponible acerca del efecto del BO en SSPi sobre la producción de leche en el piedemonte llanero donde predominan suelos ácidos con saturación de aluminio, bajos contenidos y baja movilidad del fósforo, niveles altos de hierro y moderada fertilidad, así como

también, baja porosidad y baja capacidad de infiltración de agua (Rivera, 2011; Rincón, 2010).

Con este propósito se evaluó un SSPi conformado por *T. diversifolia* (BO) (Hemsl) Gray, asociado con *Brachiaria brizantha* cv *Toledo* (Toledo), *Pueraria phaseoloides* (Kudzú) y árboles maderables de *Mimosa trianae* (Yopo) (L.) Speg y *Acacia mangium* (Acacia), frente a un sistema de pastoreo en Pradera Tradicional (PT) con monocultivo de gramíneas mejoradas y una Pradera Mejorada (PM) en asociación de gramíneas y leguminosas mejoradas para evaluar el efecto sobre la producción y calidad composicional de la leche.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el potencial productivo de un sistema silvopastoril intensivo conformado por la asociación de *Tithonia diversifolia*, *Brachiaria brizantha* cv Toledo y *Pueraria phaseoloides* frente a praderas mejoradas en pastoreo tradicional y una asociación de gramíneas y leguminosas mejoradas en condiciones de piedemonte llanero.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Evaluar el efecto del botón de oro *Tithonia diversifolia* en un SSPi sobre la producción y calidad de leche en vacas doble propósito frente a sistemas de pastoreo con gramíneas mejoradas en el piedemonte llanero.

Determinar la calidad nutricional de la oferta forrajera de un SSPi y praderas de gramíneas mejoradas con manejo tradicional durante la época de lluvias y seca.

Estimar la viabilidad financiera del SSPi frente a praderas de gramíneas mejoradas con manejo tradicional.



### 3 REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 3.1 Generalidades del piedemonte llanero

El piedemonte llanero está ubicado en la Orinoquia Colombiana, en la base de la cordillera oriental. Abarca un territorio de 2.010.000 ha, que va desde la Sierra de La Macarena en el departamento del Meta, Casanare hasta Arauca. Es un paisaje depositacional, correspondiente a una planicie ligeramente inclinada y su rango de altitud va de 200 a 700 msnm. De acuerdo con la clasificación de Koeppen, su clima es tropical húmedo y seco, de sabana. Con épocas climáticas bien definidas, ocho (8) meses de lluvia (Marzo-Octubre) y cuatro (4) meses de sequía (Noviembre-Febrero). La precipitación promedio es de 2800 mm y temperatura promedio de 26°C, siendo esta bastante uniforme a través del año, con máximas en Marzo-Abril y mínimas en Octubre-Noviembre. La humedad relativa es del 82% en lluvias y 75% en verano. La dirección de los vientos son E-NE. (Corpoica, 2007; Rincón *et al.*, 2010).

El piedemonte llanero actual presenta pocas áreas en bosque y pasto nativo, se observa un predominio de pastos introducidos del género *Brachiaria*, manejados en sistemas ganaderos, dedicados principalmente a la ceba y en menor proporción al doble propósito (Rincón *et al.*, 2010; Jamióy, 2011).

Según Rincón *et al.* (2010) los suelos del piedemonte son físicamente frágiles, lo que limita el uso de maquinaria agrícola. Son de origen geológico reciente y de un nivel de fertilidad superior al resto de los suelos de los Llanos Orientales, además son poco lixiviados y reciben nutrientes de la zona alta de la cordillera.

#### 3.2 Situación de la ganadería doble propósito en el Departamento del Meta

El sistema de producción bovina de doble propósito (*SDP*) tiene como objetivo la producción de leche y carne para la venta, donde las vacas se ordeñan parcialmente y la leche remanente la consumen las crías. Sin embargo, es

importante resaltar que este sistema se puede emplear en cualquier agroecosistema. Además, el *SDP* es un término que ha sido usado para describir la producción bovina de leche y carne en el trópico bajo latinoamericano (Anderson y Wadsworth, 1995; Ortega y Ward, 2005). El sistema DP contiene un alto índice de mestizaje en los animales producto del cruce de varias razas Cebuinas, Holstein, Pardo Suizo, Normando, Simmental, entre otras.

En el contexto colombiano, el 83% de su territorio se encuentra en trópico bajo (Pinzón, 1991), siendo este el entorno natural donde se ubica la mayor parte del sistema *DP* del país. Al mismo tiempo, a partir de lo reportado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Corporación Colombia Internacional (2009), el *SDP* representa el 93% del inventario ganadero colombiano que, a su vez aporta el 50% de la producción láctea de Colombia (CCI y MADR, 2009; MADR y CCI, 2010; ENA, CNA, 2014).

De igual modo, El sistema DP hace un aporte importante a la economía regional. La actividad ganadera representó, para el año 2008, el 25% del valor de la producción agropecuaria nacional y el 62% del sector pecuario. En el departamento del Meta el inventario de ganado bovino asciende a 1.809.102 cabezas. Se trabaja con 65.293 vacas en ordeño que producen 232.756 l/día de leche (ICA, 2010; ICA, CNA, ENA, 2014). Se estiman 445.305 cabezas de ganado DP (24,6%), de las cuales el 90% se encuentra en el piedemonte. Según Parra *et al*, se estima una producción media de 3,75 l/vaca/día. La producción media de leche comercializable por predio es 48 l con promedio de 12 vacas en ordeño en un área promedio de 27 ha en monocultivo de pastos introducidos. La producción de carne por lactancia expresada en ternero desteto es de 150 Kg. La tasa de natalidad es de 65 terneros por cada 100 vacas/año (Parra *et al*, 2006; SDA Meta, 2011; ICA, ENA, CNA, 2014).

### **3.3 Sistemas Silvopastoriles (SSP)**

Los SSP son sistemas de producción agropecuaria y de uso de la tierra donde las leñosas forestales crecen en asociación con pasturas, arbustos de alto valor forrajero, arvenses y animales (domésticos y/o silvestres), en un mismo arreglo espacial y temporal, con múltiples interacciones ecológicas, productivas, económicas y ambientales entre los componentes, proporcionando sombra, alimentos de alto valor nutritivo en proteínas y minerales, mejorando el reciclaje de nutrientes y la estructura física y biológica de los suelos, además, se constituyen en sumideros de carbono y hábitat de diversos organismos o corredores que permiten la conectividad entre ecosistemas más estables (Castro y Paciullo, 2006; Sousa *et al*, 2007; Souza *et al*, 2010a; Souza *et al*, 2010b; Young, 1989; Murgueitio e Ibrahim, 2008; Hernández y Ponce, 2004; Ibrahim y Mora, 2006).

### **3.4 Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi)**

Los SSPi son una forma de agroforestería pecuaria donde se establecen cultivos de alta densidad (hasta 10.000 plantas/ha) de árboles y/o arbustos forrajeros para el pastoreo o ramoneo del ganado junto con pastos mejorados, incrementando la carga animal en pastoreo (dos a cinco cabezas/ha). Este sistema puede tener un tercer estrato conformado hasta por 500 árboles o palmas. Esta densidad estará de acuerdo con las condiciones biofísicas y climáticas de los agroecosistemas (Murgueitio *et al*, 2010; Chara *et al*, 2011).

Los SSPi responden a la necesidad cada vez mayor de transformar la ganadería tropical extensiva en una actividad más eficiente y de mínimo impacto ambiental que puede ser rentable a corto y mediano plazo, y que es capaz de generar en el medio rural más y mejores empleos, proporcionar alimentos inocuos y de buena calidad (carne, leche, frutas y madera) (Murgueitio *et al*, 2011).

Los SSPi se manejan con cerca eléctrica o cinta corrediza y debe ser bien manipulado para garantizar el pastoreo intensivo e instantáneo en franjas

estrechas en cada parcela. Mediante rotaciones breves el impacto del ganado sobre el suelo es menor y la recuperación de los arbustos y pasturas es más eficiente. Además, los SSPi albergan gran biodiversidad, insectos que controlan naturalmente otros que se consideran o pueden convertirse en plagas, fijan carbono, contribuyen a conservar el agua, el suelo, reciclan nutrientes y protegen las fuentes hídricas (Calle, Murgueitio y Chará, 2012; Chará *et al*, 2011; Giraldo *et al*, 2011; Murgueitio y Giraldo, 2009; Sáenz *et al*, 2007).

Los SSPi han contribuido en el incremento de la producción de leche por individuo y por unidad de área cuando se introducen leguminosas y/o arbustos forrajeros en pasturas tropicales, atribuido esto a que los animales pueden aprovechar las mezclas forrajeras de una mejor forma e incrementar su consumo que cuando la base forrajera son solo gramíneas (Mahecha *et Al*, 2007; Pezo *et Al*, 1992; Dávila *et Al*, 2005; Urbano *et Al*, 2006; Rivera *et Al*, 2011). En cuanto a la calidad composicional de la leche se han encontrado cambios en el contenido de nutrientes, especialmente grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales (Urbano *et al*, 2006; Rivera *et al*, 2009; Hernández y Ponce 2004; Rivera *et al*, 2011).

Por otra parte, investigaciones realizadas en SSPi sobre la fracción grasa láctea resaltan los altos valores encontrados de ácidos grasos poli-insaturados como el ácido linoléico conjugado (CLA) (Mahecha, 2007), dándole a la leche producida en estos sistemas a nivel nutricional un valor agregado importante. Según Palmquist *et Al* (2005), el aporte de CLA es de resaltar porque puede tener efectos benéficos en la salud humana

### **3.5 Sistemas Silvopastoriles y Gases de Efecto Invernadero**

Los SSPi pueden ser una alternativa en diferentes condiciones agroecológicas para la producción, logrando disminuir los GEI hasta un 50% por unidad de producto frente a sistemas convencionales de pastoreo, si se incluyen especies arbustivas de alto valor forrajero como *T. diversifolia* (Rivera *et al*, 2014; Galindo *et*

*al*, 2012; Galindo *et al*, 2011).

La introducción de árboles y arbustos forrajeros en pastoreo como modificadores de la fermentación ruminal, con el propósito de reducir la metalogénesis, es un enfoque nuevo y atractivo. Se ha identificado especies forrajeras que contienen compuestos antiprotozoarios y propiedades antimetanogénicas. Las saponinas y taninos presentes en ellas disminuyen la producción de metano, reducen los protozoos en rumen y cambian los patrones de fermentación (Wei Lian *et al*, 2005) Los SSP contribuyen a mitigar el cambio climático a través de varios mecanismos, tales como: incremento de los depósitos de carbono en el suelo y la vegetación leñosa (Murgueitio *et al*, 2011). Reducción de emisiones de CH<sub>4</sub> por mayor eficiencia en el rumen (Gaviria *et al*, 2012). Menores pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera por rápido y eficiente reciclaje de excretas (Naranjo *et al*, 2012).

Los SSP representan una buena alternativa para disminuir las emisiones de gas metano en sistemas ganaderos (Carmona *et al*, 2005). El alto contenido de proteína y baja FDN reduce la producción de metano (Tavendale *et al*, 2005). Molina *et al* en el 2014, lograron encontrar disminuciones de hasta un 30% de las emisiones de metano por Kg de MS fermentada en dietas con base en SSPI con 25% de inclusión de *L. leucocephala* y base forrajera de pasto estrella.

### **3.6 Generalidades e importancia del Botón de Oro (BO) *T. diversifolia* en los SSPI**

El género *Tithonia* comprende diez especies, todas originarias de México y Centro América. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, fue introducida a las Indias Occidentales y a la isla de Ceylán. Actualmente se encuentra en países tropicales del continente Americano como México, Honduras, El Salvador, Guatemala, Panamá, Cuba y Colombia, además en Estados Unidos, Islas del Pacífico, Australia, India, y en algunos países de África, donde se le conoce por diferentes

nombres. Esta especie fue descrita como planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, hojas alternas y pecioladas. Tiene de 12 a 14 flores amarillas brillantes (Nash, 1976; Roig y Mesa, 1974; Ríos, 1999; Murgueitio, 2005; Ramírez *et al*, 2005; De Oliveira *et al*, 2007; Calle y Murgueitio, 2008; Hui *et al*, 2009; Fasuyi *et al*, 2010).

*T. diversifolia* presenta un rango de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas. Tolera bien suelos ácidos y de baja fertilidad y requiere mínima cantidad de insumos. Tiene gran volumen de raíces. Se adapta bien entre 0 a 2400 msnm, con precipitaciones entre 800 a 5000 mm/año. Su crecimiento y recuperación es rápido después de cada corte y, su producción de biomasa varía entre 30 y 70 t/ha/año de forraje verde, según densidad de siembra, suelos y estado vegetativo (Zapata y Silva, 2010; Calle y Murgueitio, 2008; Mahecha y Rosales, 2005).

*T. diversifolia* se multiplica fácilmente por estacas (Olabode *et al*, 2007). La multiplicación por estacas provenientes de plantas herbáceas produce mayor enraizamiento, siempre que las condiciones de corte y siembra sean óptimas, lo que proporciona un alto porcentaje de supervivencia (Hartmann y Kester, 1995). Se propaga por estacas de 30 a 50 cm de longitud, cosechadas del tercio inferior o intermedio de los tallos. En Colombia, muy rara vez se propaga a partir de semilla sexual puesto que no es fácil obtenerlas y que sean viables (Calle y Murgueitio, 2008).

### **3.7 Contenido nutricional de *T. diversifolia*.**

El Botón de Oro (BO) tiene un alto nivel de proteína, alta degradabilidad en el rumen, bajo contenido de fibra y niveles aceptables de sustancias antinutricionales como fenoles y taninos. Por eso es importante conocer sus características bromatológicas y nutricionales de las fracciones comestibles (hojas y tallos tiernos) en diferentes etapas de su crecimiento, tanto en época de lluvias como en época seca, para ser aprovechado de manera eficiente en alimentación

animal. En la Tabla 1, sobre contenido de nutrientes de BO, se presentan algunos resultados investigativos para los diferentes tenores bromatológicos, como: Materia Seca (MS), Proteína (P), Fibra Bruta (FB), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA), Nitrógeno, Carbono, cenizas, minerales como Ca, Mg, P, entre otros.

**Tabla 1. Contenido de nutrientes de *Tithonia diversifolia* (%)**

MS	PB	FDN	FDA	FB	N	C	Ca	Mg	P	Fuente
10,10	21,90			4,30			2,85	0,07		(Lezcano <i>et al</i> , 2012)
	23,61	14,79								(La O <i>et al</i> , 2012)
19,77	28,95	43,66	27,69							(Verdecia <i>et al</i> , 2011)
	24,30	35,30	30,40				2,14	0,05	0,35	(Pérez <i>et al</i> , 2009)
	13,81	65,22	40,91	29,84	19,72		13,80	3,73		(De Souza Junior, 2007)
					1,64	41,39				(Zavala <i>et al</i> , 2007)
	16,73	37,57					0,80		0,40	(Murgueitio <i>et al</i> , 2008)
19,10	24,13	38,62	34,48							(Naranjo y Cuartas, 2011)
17,90	22,60			27,90			2,25	0,06	0,35	(Navarro y Rodríguez, 1990)
										(citado por De Sousa Junior, 2007)
20,00	28,70				4,60				0,27	(Wanjau <i>et al</i> , 1998)
	21,25	35,30	30,40							(Vargas, 1994)
	22,15	26,63	23,97							(Wambui <i>et al</i> , 2006)
21,00	16,73	37,57	30,40				0,80		0,40	(Mahecha <i>et al</i> , 2007)
	22,50	34,50	26,50						0,36	(Medina <i>et al</i> , 2009)

Fuente. Sánchez Vega, 2014.

Los resultados encontrados en este trabajo muestran las bondades del BO en SSPi en condiciones de piedemonte llanero para el tenor de proteína, puesto que se obtuvieron resultados similares y en algunos casos mejores a los reportados por la literatura al obtenerse 21,44% en época de lluvias. Los resultados más prometedores se encontraron en la época seca al obtenerse 18,69% de proteína con referencia a algunas investigaciones desarrolladas en Colombia, Brasil y

Cuba. Caso especial merece los resultados en el Fosforo (P), puesto que las condiciones edafoclimaticas del piedemonte llanero tienen condiciones especiales, especialmente para la movilidad de este mineral, por tanto los resultados obtenidos para este tenor son muy importantes al obtenerse 0,17% en luvias y 0,15% en época seca. Esto significa que se deben hacer amplios estudios con BO en SSPi para corroborar esta información.

Como dato interesante puede ser posible que *T. diversifolia* tenga capacidad para restaurar suelos degradados y esto se deba a la asociación con hongos formadores de micorrizas que capturan fosforo y a la presencia de ácidos orgánicos en las raíces que permiten una asimilación muy eficiente de este elemento (Calle y Murgueitio, 2008)

### **3.8 Uso de *T. diversifolia* en alimentación animal**

La mayoría de trabajos de investigación, implementación y utilización de este arbusto forrajero se ha hecho en sistemas de corte y acarreo, como parte de la dieta en suplementación de bovinos, como planta medicinal en comunidades rurales, como abono verde y orgánico y, más recientemente, en SSPi.

El uso de *T. diversifolia* en nutrición animal lo evidencian los trabajos desarrollados en los últimos años en vacas de leche (Naranjo y Cuartas, 2011; Milera *et al*, 2010; Murgueitio *et al*, 2009<sup>a</sup>, 2009<sup>b</sup>; García *et al*, 2008; Mahecha *et al*, 2007; Olabode *et al*, 2007; Mahecha y Rosales 2005), en ovejas (Ekeocha y Fakolade, 2012; García *et al*, 2008; Premaratne *et al* 1998; Vargas, 1992, citado por Murgueitio *et al*, 2008), en búfalos (Premaratne 1990), en cabras (Zogang *et al*, 2012; Wambui *et al* 2006), en cerdos (Pedroso, 2008), en gallinas (Mahecha y Rosales, 2005), en conejos (López, Montejo y Lamela, 2012; Nieves *et al*, 2011; Quintero *et al*, 2007) y cuyes (Noumbissi *et al*, 2012).

Rivera *et al*, 2011, evaluaron la producción y calidad de leche de vacas doble propósito en el Doncello, Caquetá, en un SSPi con *T. diversifolia* asociada a



*Brachiaria decumbens* frente a un sistema tradicional. En la Tabla 2, se muestran los resultados.

**Tabla 2. Parámetros productivos en pastoreo tradicional y SSPi en Doncello (Caquetá)**

	<b>P. Tradicional</b>	<b>SSPi</b>	<b>Diferencia</b>
Carga animal UGG (450 Kg)	1,84	2,71	0,87
Kg de leche/vaca/día	4,59	4,92	0,33
Kg de leche/ha/día	9,74	15,38	5,64
Sólidos grasos (%)	3,54	3,48	-0,06
Sólidos grasos Kg/ha/día	1,82	2,74	0,92
Sólidos No Grasos (SNG) (%)	8,77	8,81	0,04
SNG Kg/ha/día	0,86	1,36	0,50
Sólidos totales (%)	12,26	12,27	0,01
Sólidos totales Kg/ha/día	1,20	1,89	0,69
Kg de leche/ha/año	3556,90	5615,33	2058,43

Con base en esta investigación en un SSPi, se podrían obtener aumentos en la capacidad de carga en lechería de doble propósito equivalentes a 5.5 UGG/ha y 3,79 UGG/ha, tanto en época de lluvias y seca, respectivamente. Así mismo, se obtuvo un rendimiento de leche en Kg/animal/día de 7,2 y 5,8 para las dos épocas, respectivamente en una zona del piedemonte llanero del Meta. Estos resultados son diferentes a los encontrados por Rivera *et Al*, en el 2011 en un estudio realizado en el Doncello, Caquetá, piedemonte amazónico donde encontraron una CC de 2,71 y producción de leche en Kg/vaca/día de 4,92.

### **3.9 Otros usos**

En Colombia, así como también en países de Centroamérica, África y Asia *T. diversifolia* se utiliza de diferentes formas. La Tabla 3, ilustra sobre algunos trabajos relacionados sobre otros usos.

**Tabla 3. Diferentes usos encontrados para *Tithonia diversifolia***

Usos	Fuente
Cerca viva (polen) para producir miel	(Mahecha y Rosales, 2005)
Protección fuentes de agua en bosques	(Murgueitio <i>et al</i> , 2009b), (Cipav, 2004)
Como cultivo acompañante	(Ríos, 2002)
Atracción de insectos benéficos	(Ríos, 1998), (Nash y Williams, 1976)
Control hormigas y endo y ectoparásitos	(Kaho <i>et al</i> , 2011), (Giraldo <i>et al</i> , 2006)
	(Mahecha y Rosales, 2005)
Fuente de Xantofilas	(Medina y Carreño, 1998)
Abono verde	(Ademiluyi y Omotoso, 2007)
Alelopatía	(Oyerinde <i>et al</i> , 2009), (Otusanya <i>et al</i> , 2008)
Disponibilidad de P en el suelo	(Mustonen, 2012)
Mejoramiento de suelos degradados	(Kaho <i>et al</i> , 2011), (Sao <i>et al</i> , 2010)
	(Olabode <i>et al</i> , 2007), (Ikerra <i>et al</i> , 2006)
Harina de follaje para terneros lactantes	(Cino <i>et al</i> , 2012)
Planta medicinal en animales y el hombre	(Sánchez-Mendoza <i>et al</i> , 2011),
	(Muganga <i>et al</i> , 2010), (Maregesi <i>et al</i> , 2009)
	Hui, Tang and Go, 2009), (Myrna y Carreño, 1999)
Fijación de nitrógeno y fosforo	(Jama, 2000)
Abono verde	(Crespo <i>et al</i> , 2011 ), (De Oliveira <i>et al</i> , 2007),
	(Jama <i>et al</i> , 2006). (Aguilar, 2001)

Fuente. Sánchez Vega, 2014.

### **3.10. Gramíneas y leguminosas mejoradas asociadas a *T. diversifolia* en el SSPi.**

#### **3.10.1 Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* cv Toledo).**

A partir de los buenos resultados obtenidos en cuanto a adaptación a las condiciones agroclimáticas del país, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) puso a disposición de los ganaderos el *Brachiaria brizantha* cv Toledo (pasto Toledo) CIAT 26110, el cual supera notablemente en producción, germinación, calidad nutricional y adaptación al clima tropical a otros cultivares de *Brachiaria* sp. De esta forma el pasto Toledo entra a formar parte de las opciones de gramíneas con que cuentan las fincas ganaderas a nivel nacional

y demás regiones tropicales del mundo (Miles *et al*, 1998; Lascano *et al*, 2002; Argel *et al*, 2002).

*B. brizantha cv Toledo* tiene un amplio rango de adaptación a climas y suelos. Crece bien en condiciones de trópico bajo, con precipitación anual de 1600 y 3500 mm. Su mejor desempeño se ha observado en suelos de buena fertilidad donde se han obtenido hasta 30 t/ha/año de MS. Estos rendimientos permiten utilizar cargas superiores a 2.5 UGG/ha con periodo de descanso entre 21 a 28 días (Lascano *et al*, 2002; CIAT, 1994).

### **3.10.2 Kudzú (*Pueraria phaseoloides*).**

*P. phaseoloides* es una leguminosa vigorosa y perenne que crece en trópico húmedo y subhúmedo, se recomienda que sea usado en asociación con gramíneas y pastoreado en suelos con estructuras estables como oxisoles, ultisoles e inceptisoles. Posee alta calidad nutricional, con 22-24% de proteína (Spain, (1976), citado por Clair, 1983). Otros autores indican contenidos hasta del 20%. Se adapta bien a suelos ácidos, demanda baja fertilización, es agresivo y tiene pocas afectaciones por plagas y enfermedades. Además, incorpora nitrógeno atmosférico al suelo, mejora la calidad nutricional de la oferta forrajera y presenta buen desempeño bajo sombra (Spain, 1979; Ruiloba *et al*, 1987; EMBRAPA, 1999; Quiroz *et al*, 2001).

### **3.10.3 Pasto Amargo (*Brachiaria decumbens*).**

*B. decumbens* es la especie más cultivada del genero *Brachiaria*. Es una planta herbácea, perenne, semierecta, con raíces en los entrenudos. Se adapta a un amplio rango de ecosistemas en zonas tropicales, crece desde 0 hasta 1800 msnm, con precipitaciones entre 1000 a 3500 mm al año y temperaturas por encima de los 19°C. Crece en suelos bien drenados y de baja fertilidad con sequías prolongadas, tiene buena recuperación, compite con arvenses y se recupera bien después de las quemas. No crece bien en zonas inundables y es

resistente a suelos con contenido de aluminio. Es la base alimentaria de la mayoría de los sistemas ganaderos en el trópico cálido bajo por sus altos rendimientos en materia seca y capacidad de pastoreo (Crowder *et al*, 1970; Pérez y Cuesta, 1992; Belalcazar y Lemus, 1995; Keller *et al*, 1998).

#### **3.10.4 Pasto Dulce (*Brachiaria humidicola*).**

*B. humidicola* presenta buen comportamiento por su agresividad, velocidad de rebrote, tolerancia a la sequía, resistencia a plagas y enfermedades, así como adaptación a diferentes tipos de suelos (Chacón, 2005). Esta especie se comporta bien en suelos ácidos de baja fertilidad, demanda pocos insumos, mantiene buena composición botánica y puede proporcionar una aceptable producción animal. Además, posee buena producción de materia seca (MS) en la época de bajas precipitaciones (CIAT, 1982; Machado y Núñez, 1991; Salinas y Gualdrón, 1982; Tergas, 1981).

### **3.11 Importancia de las asociaciones gramíneas y leguminosas**

La asociación de gramíneas con leguminosas se puede definir como la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies. Estas asociaciones pueden ser entre especies de gramíneas y leguminosas nativas o mejoradas y sus mezclas. La introducción de leguminosas persistentes y compatibles con gramíneas se constituyen en una alternativa económica para mejorar la producción animal, la calidad de las praderas tropicales y la rentabilidad de las ganaderías en el trópico. La forma y el tipo de gramínea(s) y leguminosa(s) a asociar dependerá del programa de manejo, la calidad del suelo y los arreglos para evitar competencia en las unidades de producción. La proporción de gramíneas y leguminosas puede ser 1:1, 2:1 y 3:1, respectivamente (Sánchez, 1998; Giraldo, 1999; Enríquez *et al*, 1999; Lascano *et al*, 1996).

De acuerdo a lo anterior, las asociaciones gramíneas con leguminosas, ya sean arbustivas o rastreras, pueden tener un buen desempeño forrajero en los sistemas

sostenibles de producción de leche (Ulrich *et al*, 1994; Romero y Gonzales, 1998; Mosquera y Lascano, 1992). Además, este tipo de asociaciones contribuyen en la incorporación de nitrógeno atmosférico al suelo y distribución estacional de biomasa más homogénea (Zaragoza *et al*, 2009). Por último, la ventaja de usar leguminosas con gramíneas es su mayor persistencia en condiciones de pastoreo (Quero *et al*, 2007).

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización.

El estudio se realizó en el predio Buenavista, ubicado en la Vereda La Esmeralda del Municipio de Acacias, en el Departamento del Meta. Las coordenadas geográficas de la finca son: 73° 41'53,34" de longitud oeste; 03° 57'35,74" de latitud norte, y se localiza sobre la margen derecha del río Sardinata que pertenece a la cuenca del río Guayuriba.

La finca tiene una extensión de 33 Ha distribuidas en zonas altas y de bajos. El uso del suelo que mayor área ocupa son potreros donde permanecen bovinos de doble propósito, potreros con cercas vivas de *Gmelina arborea* y *Acacia mangium*, también hay un banco de forrajes compuesto por *Tithonia diversifolia*, *Cratylia argentea* y *Sacharum officinarum*. Se destaca la presencia de pequeños bosques de galería y relictos matosos que se encuentran en buen estado de conservación.

Las características climáticas de la zona son las siguientes: altitud 420 msnm, precipitación anual de 3.000 y 4.000 mm y temperaturas entre 17 y 27°C. El régimen de lluvias es monomodal (noviembre-febrero, época seca; marzo-octubre, época de lluvias) y la humedad relativa oscila entre el 65% al 85%. La zona de vida corresponde a bosque húmedo tropical bhT (Holdrige, 1986). Los suelos son franco-arcillosos, ácidos (pH 4,4), con bajo fósforo disponible (2,59 mg/Kg), baja concentración de bases intercambiables, altos contenidos de hierro (128,69 mg/Kg) y aluminio (3,95 cmol/Kg) y, menor cantidad de materia orgánica (19,62 g/Kg) según manejo (Análisis de suelos del ensayo).

### 4.2 Tratamientos.

La evaluación de la oferta de forrajes sobre la producción y calidad de leche se llevó a cabo en tres sistemas de pastoreo: Pradera Tradicional (PT), Pradera Mejorada (PM) y un Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi). Se evaluaron tres

sistemas de pastoreo, uno en praderas tradicionales y dos son sistemas silvopastoriles. El sistema 1 (S1) corresponde a una pradera tradicional (PT) conformada por una mezcla de *Brachiaria decumbens* (pasto Amargo), *Brachiaria humidicola* (pasto dulce) y leguminosas nativas en 8 potreros rectangulares con áreas de 0,5 ha en promedio en pastoreo rotacional.

El sistema 2 (S2), es un sistema silvopastoril de pradera mejorada (PM) conformado por la asociación de *B. brizantha cv Toledo* (pasto Toledo) y *P. phaseoloides* (Kudzú) y árboles de *Mimosa trianae* (Yopo) y *Acacia mangium* (Acacia). El arreglo espacial se compone de dos (2) franjas de pastoreo de 18 m, tres (3) franjas de árboles a 18 m y tres (3) líneas de árboles a 3 bolillo.

El sistema 3 (S3) es un Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) integrado por 5000 arbustos de *Tithonia diversifolia* Botón de oro (BO), *Brachiaria brizantha cv Toledo* y *Pueraria phaseoloides* y 500 árboles de *M. trianae* (Yopo) (40%) y *A. mangium* (Acacia) (60%) por hectárea. El Botón de oro se sembró en surcos a una distancia de 1,5 m con 0,8 m de separación entre plantas. Se compone de 3 franjas de pastoreo. Los árboles fueron establecidos en dos (2) franjas cada 18 m con tres (3) líneas a tres bolillo y dos (2) franjas cada 15 m con cuatro (4) líneas a tres bolillo, 3.0 m x 2,4 m.

### **4.3 Animales.**

Se seleccionó un grupo de seis (6) vacas que se encontraba entre el segundo y tercer tercio de la lactancia, con tres y seis partos, entre cinco y siete años de edad. Todos los animales se consideran mestizos producto de la mezcla de diferentes razas como Holstein, Gyrolando, Pardo Suizo, Jersey y Brahmán.

### **4.4 Evaluación de los forrajes.**

La calidad de los forrajes se determinó por análisis bromatológicos a muestras de follaje de botón de oro, de las gramíneas y de las leguminosas de los tres

sistemas de pastoreo evaluados. Estas muestras se tomaron en la época de lluvias y en la época seca.

Se cuantificó la producción de forraje disponible de los pastos y arbustos antes y después de la entrada de los animales a cada pastoreo. El tiempo de descanso entre pastoreos fue de 40-45 días. El pastoreo se hizo en franjas diarias de acuerdo a la disponibilidad de forraje. Así se determinó el área de pastoreo que fue demarcada con cinta eléctrica para controlar el movimiento de los animales.

La oferta de forraje verde (FV) se estimó siguiendo el método de doble muestreo sugerido por Haydock y Shaw, 1975. Antes de aforar, se recorrió el área de muestreo donde se clasificaron las zonas en alta (A), media (M) y baja (B) disponibilidad de forraje de forma visual, y nulo (N) donde no hubo pasturas. A continuación se hicieron aforos en cada sitio donde se determinó la cantidad de forraje presente en un metro cuadrado. Para esta medición se usó un marco en tubo de PVC de un m<sup>2</sup>. Los aforos se hicieron antes de que entraran los animales a cada franja de pastoreo tanto en época de lluvias como en época seca.

La oferta total del forraje disponible se estimó haciendo un recorrido en zigzag por toda la franja a pastorear. Cada diez pasos se calificó la oferta de forraje (A;M;B) en cada sitio hasta terminar todo el recorrido. La información colectada se registró en una hoja de Excel creada para tal fin.

La producción de forraje de BO se determinó en transeptos de 5 m lineales, donde se colectó y pesó el follaje de las plantas presentes, repitiendo cinco (5) veces este procedimiento en toda la franja de pastoreo. El forraje total disponible y la capacidad de carga animal por hectárea se estimó con el promedio de la biomasa de gramíneas y arbustos producida en cada franja.

De los muestreos de los aforos a las especies forrajeras se colectaron muestras que se enviaron al laboratorio para el análisis bromatológico. A este material se le hicieron análisis bromatológicos completos para determinar su composición: % de



Materia Seca (MS) se hizo en estufa a 65°C durante 24 a 72 horas; la Fibra Detergente Neutra (FDN) y la Fibra Detergente Acida (FDA) se cuantificarán según el método de Van Soest *et al*, 1991; la Proteína Bruta (PB), se midió mediante el método de Kjeldhal; la Energía Bruta (EB) se midió a través de mediciones calorimétricas; y el % de las Cenizas se obtuvo mediante incineración total de la muestra. Todos los análisis se realizaron siguiendo las especificaciones descritas por la AOAC (1990).

#### **4.5 Producción de leche.**

Para este estudio se realizó un ensayo durante 45 días en ambas épocas del año. 15 días en cada sistema. Se midió la producción diaria de leche de cada animal en todos los tratamientos con el fin de establecer la totalidad de leche producida. La producción diaria de leche se midió en kilogramos y se pesó en una báscula Electronic Fishing Scale JT-855 ITW. La toma de los datos fue diaria al momento del ordeño.

#### **4.6 Evaluación de la calidad de leche.**

Para la evaluación de la calidad de la leche se tomaron muestras previamente homogenizadas de las producciones totales diarias de cada animal en cada tratamiento y así asegurar representatividad de las muestras. Cada muestra se colectó en frascos de vidrio rotulados de 100 ml/individuo una vez terminada la rutina de ordeño. Las muestras se refrigeraron con hielo y se acarrearon en una cava de icopor. Se evaluó el % de grasa, % de sólidos no grasos (SNG) y % de sólidos totales (ST), Proteína (P), densidad, ácidos grasos (AG) y lactosa.

Para determinar los contenidos de grasa, SNG, ST, Proteína, densidad y lactosa se usó un Analizador Ultrasónico Ekomilk Total. Este dispositivo se calibró con las técnicas de referencia aprobadas por la AOAC, que emplea la metodología Gerber

para grasa, la metodología Kjeldahl para proteína y la metodología de secado con aire forzado para Sólidos Totales.

Las muestras fueron transportadas diariamente al sitio de análisis para garantizar la cadena de frío.

También se hizo el estudio del contenido de ácidos grasos AG de la leche según el sistema de pastoreo. El estudio del perfil de ácidos grasos y el análisis del CLA se realizó cada semana, muestreando la leche del ordeño de todas las vacas en los tres (3) sistemas, mediante el análisis por cromatografía de gases. La cantidad de ácidos grasos saturados (AGS) se calculó como la suma de C4:0 a C18:0, y para los ácidos grasos insaturados (AGI) se sumó los C18:1-ac. Oleico, C18:2-ac. Linoleico, C18:3-ac. Linolenico y el ac. Rumenico, que al ser mayoritario los consideraremos como Ácido Linoleico Conjugado (CLA). Se tomó una muestra de leche de cada vaca de 20 ml. Estas muestras fueron recolectadas, homogenizadas, congeladas y marcadas en un recipiente de 20 ml y se enviaron al laboratorio para su análisis. Estas muestras fueron analizadas por Cromatografía Líquida de Alta Calidad HPLC bajo los procedimientos del Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia.

#### **4.7 Evaluación económica y financiera del SSPi.**

Se hizo un análisis financiero proyectado a diez años donde se determinó la viabilidad de los sistemas evaluados teniendo en cuenta los costos de establecimiento, los ingresos y egresos de los sistemas y se aplicaron índices financieros como el valor presente (VP) y la tasa interna de retorno (TIR).

#### **4.8 Diseño experimental y estadístico.**

Los tres sistemas se evaluaron durante tres periodos de quince (15) días cada uno, 45 días en total. Los siete (7) primeros días de cada periodo se consideraron

como tiempo de acostumbramiento y durante ocho (8) días siguientes se tomó la información de cada variable, tanto en época de lluvias como en época seca. Se dispuso de un grupo de seis (6) vacas agrupadas en parejas de acuerdo al periodo de lactancia.

El diseño del experimento correspondió a un cuadrado latino de 3x3, donde las columnas corresponden a los tratamientos y las filas a los periodos de toma de información (7 días de adaptación al tratamiento y 8 días de toma de información), como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Diseño experimental**

Periodos	Pradera tradicional PT (T1)	Pradera Mejorada PM (T2)	SSPi (T3)
P 1	1,2	3,4	5,6
P 2	3,4	5,6	1,2
P 3	5,6	1,2	3,4

Donde, P1, P2 y P3 son periodos de 15 días; T1, T2 y T3 son los tratamientos, y 1,2,3,4,5 y 6 los animales. En cada periodo cada pareja de animales ocupó un sistema diferente, de tal manera que al llegar al tercer periodo las tres parejas ocuparon los tres sistemas evaluados, tanto en época de lluvias como en época seca.

Las variables de respuesta en los forrajes fueron: producción de biomasa, calidad nutricional y capacidad de carga de los tres tratamientos. En las vacas fueron producción y calidad de leche y condición corporal.

El modelo estadístico para este diseño fue:

$Y_{ij} = U + T_i + F_j + E_{ij}$ . Dónde:

U es el promedio de la variable de respuesta de todas las muestras.

T<sub>i</sub> es el efecto del tratamiento "i", con i=1,2,3 periodos.

$F_j$  es el efecto de los periodos "j", con  $j=1,2,3$  tratamientos.

$E_{ij}$  es el efecto del error.

El análisis de varianza y la prueba docima de Duncan se realizó en el software S.A.S versión 9.0.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 RESULTADOS

#### 5.1.1 Oferta forrajera

La calidad nutricional de los forrajes obtenidos en los sistemas de pastoreo se presenta en las tablas 5, 6 y 7 en las dos épocas del año. Durante la época de lluvias se encontró una diferencia en promedio del contenido de proteína total de los forrajes que aumento a favor del SSPi de 2,19% con relación a la pastura mejorada (PM) (T2) y de 5,29% frente a la pastura tradicional (PT) (T1). Así mismo, la diferencia en el aumento entre la pastura mejorada y la pastura tradicional fue de 3% a favor de la primera. Para el caso de la época seca, la diferencia en el aumento de proteína total fue de 5,39% a favor del SSPi frente a la pastura mejorada y de 7,63% frente a la pastura tradicional. De igual forma, la diferencia a favor de la pastura mejorada frente a la pastura tradicional fue de 2,24%. Estos resultados demuestran que el SSPi (T3) puede mantener una producción de proteína constante durante todo el año, permitiendo estabilizar la producción en época crítica lo que no puede alcanzarse con sistemas de pastoreo tradicional en monocultivo de gramíneas (Tabla 5).

En cuanto a la FC los resultados que se obtuvieron arrojan una diferencia muy importante a favor del SSPi frente a la pastura mejorada de 3,53% y de 1,11% frente a la pastura tradicional en aumento de FC, para la época de lluvias. La pastura tradicional obtuvo una diferencia en aumento de fibra con referencia a la pastura mejorada de 2,42% en época lluviosa. Para la época seca la diferencia es importante a favor de la pastura mejorada frente al SSPi y PT, de 3,4% y 6,22%, respectivamente. Se debe resaltar una diferencia en el mayor aporte de FC en el SSPi que el PT para esta época de 2,82% (Tabla 5).

Los resultados arrojan que para el tenor de EB entre sistemas en las dos épocas no hay mayores diferencias, es necesario señalar que el SSPi fue el de menor aumento con referencia a los otros sistemas. Se observa que la *Tithonia*

diversifolia en el SSPi es la especie con menor contenido de EB en la época de lluvias con 3,32% pero obteniendo un aumento importante en la época seca de 3,43% (Tabla 5).

Los valores obtenidos para las Cenizas arrojan una diferencia notable en la época de lluvias a favor de la pastura tradicional frente al SSPi de 0,33% y de 0,42% frente a la pastura mejorada. Caso contrario sucedió en la época seca donde se obtuvo una diferencia considerable del SSPi de 3,45% frente a la pastura mejorada y de 0,55% frente a la pastura tradicional (Tabla 5).

Son notables los resultados obtenidos para el tenor de FDN a favor de la pastura tradicional con un aumento frente al SSPi de 12,33% y de 2,62% frente a la pastura mejorada en época de lluvias. La diferencia entre la pastura mejorada y el SSPi fue de 9,61% a favor de la primera. La tendencia se mantuvo para la época seca con un aumento en favor de la pastura tradicional frente al SSPi de 12,12%, y de 13,17% de diferencia de la pastura mejorada con relación al SSPi. Caso contrario sucedió entre la pastura mejorada y pastura tradicional puesto que se obtuvo una diferencia de 1,05% en aumento a favor de PM. En cuanto a la producción de FDN por especie forrajera, *Tithonia diversifolia* obtuvo los menores tenores para la época de lluvias y seca de 42,35% y 41,16%, respectivamente (Tabla 5).

Para el caso de FDA en la época de lluvias a favor del SSPi con respecto a la PM y PT de 35,19%, 34,12% y 30,96%, respectivamente. Caso contrario sucedió en la época seca donde los resultados obtenidos son a favor de la PM frente a la PT y SSPi de 38,24%, 37,14 y 33,73%, respectivamente (Tabla 5).

**Tabla 5. Análisis bromatológico (%) de forrajes en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias														
Pasturas	HI	HF	Cenizas	EE	Proteína	FC	ENN	NDT	EB	ED	EM	FDN	FDA	
PT	<i>B. decumbens</i>	70,59	4,28	10,78	1,65	6,93	17,57	58,78	66,24	3,48	2,92	2,39	65,44	28,81
	<i>B. humidicola</i>	70,42	4,60	9,98	0,92	8,12	24,30	52,09	61,36	3,46	2,71	2,22	72,39	34,49
	<i>B. humidicola</i> cv <i>dictyoneura</i>	75,44	1,67	8,13	0,74	9,11	22,57	57,78	68,14	3,64	3,00	2,46	70,74	29,58
	<b>Promedio</b>	<b>72,15</b>	<b>3,52</b>	<b>9,63</b>	<b>1,10</b>	<b>8,05</b>	<b>21,48</b>	<b>56,22</b>	<b>65,25</b>	<b>3,53</b>	<b>2,88</b>	<b>2,36</b>	<b>69,52</b>	<b>30,96</b>
PM	<i>B. brizantha</i> cv Toledo	75,68	1,25	10,88	1,42	9,60	16,84	60,00	70,10	3,58	3,09	2,53	69,21	31,93
	<i>P.</i> <i>phaseoloides</i>	67,40	0,83	7,53	1,31	12,70	21,28	61,35	71,45	3,73	3,15	2,58	64,58	36,30
	<b>Promedio</b>	<b>71,54</b>	<b>1,04</b>	<b>9,21</b>	<b>1,37</b>	<b>11,15</b>	<b>19,06</b>	<b>60,68</b>	<b>70,78</b>	<b>3,66</b>	<b>3,12</b>	<b>2,56</b>	<b>66,90</b>	<b>34,12</b>
SSPi	<i>T. diversifolia</i>	83,76	4,32	13,89	1,02	21,44	12,74	52,60	65,33	3,32	2,88	2,36	42,35	36,27
	<i>B. brizantha</i> cv Toledo	71,18	2,59	7,49	0,48	5,57	26,74	57,13	64,71	3,62	2,85	2,34	69,83	33,98
	<i>P.</i> <i>phaseoloides</i>	77,13	5,65	6,53	0,89	13,01	28,30	45,61	61,74	3,55	2,72	2,23	59,69	35,31
	<b>Promedio</b>	<b>77,36</b>	<b>4,19</b>	<b>9,30</b>	<b>0,80</b>	<b>13,34</b>	<b>22,59</b>	<b>51,78</b>	<b>63,93</b>	<b>3,50</b>	<b>2,82</b>	<b>2,31</b>	<b>57,29</b>	<b>35,19</b>
Época Seca														
Pasturas	HI	HF	Cenizas	EE	Proteína	FC	ENN	NDT	EB	ED	EM	FDN	FDA	
PT	<i>B. decumbens</i>	54,59	4,20	8,59	1,43	4,85	14,93	66,32	72,17	3,57	3,18	2,61	68,52	37,40
	<i>B. humidicola</i>	52,47	3,85	8,23	0,88	5,86	13,65	58,23	60,47	3,25	2,98	2,56	67,34	37,28
	<i>B. humidicola</i> cv <i>dictyoneura</i>	53,67	3,97	8,73	1,01	6,17	14,77	59,13	63,45	3,44	3,11	2,86	67,09	36,74
	<b>Promedio</b>	<b>53,58</b>	<b>4,01</b>	<b>8,52</b>	<b>1,11</b>	<b>5,63</b>	<b>14,45</b>	<b>61,23</b>	<b>65,36</b>	<b>3,42</b>	<b>3,09</b>	<b>2,68</b>	<b>67,65</b>	<b>37,14</b>
PM	<i>B. brizantha</i> cv Toledo	68,92	1,59	6,16	1,27	7,79	20,20	62,98	73,13	3,75	3,22	2,64	70,86	41,96
	<i>P.</i> <i>phaseoloides</i>	62,39	0,35	5,08	0,67	7,95	21,13	72,38	69,70	3,87	3,14	1,65	66,53	34,52
	<b>Promedio</b>	<b>65,66</b>	<b>0,97</b>	<b>5,62</b>	<b>0,97</b>	<b>7,87</b>	<b>20,67</b>	<b>67,68</b>	<b>71,42</b>	<b>3,81</b>	<b>3,18</b>	<b>2,15</b>	<b>68,70</b>	<b>38,24</b>
SSPi	<i>T. diversifolia</i>	81,33	2,08	14,71	2,13	18,69	2,52	59,84	75,15	3,43	3,31	2,72	41,16	32,93
	<i>B. brizantha</i> cv Toledo	70,84	1,63	7,12	1,81	8,80	16,83	63,81	74,82	3,74	3,30	2,71	63,73	30,71
	<i>P.</i> <i>phaseoloides</i>	70,45	4,18	5,38	0,37	12,29	32,47	43,98	60,65	3,22	2,21	1,97	61,70	37,54
	<b>Promedio</b>	<b>74,21</b>	<b>2,63</b>	<b>9,07</b>	<b>1,44</b>	<b>13,26</b>	<b>17,27</b>	<b>55,88</b>	<b>70,21</b>	<b>3,46</b>	<b>2,94</b>	<b>2,47</b>	<b>55,53</b>	<b>33,73</b>

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. HI=Humedad Inicial; HF=Humedad Final; FC=Fibra Cruda; EE=Extracto Etéreo; ENN=Extracto No Nitrogenado; NDT=Nitrógeno Digestible Total; EB=Energía Bruta; ED=Energía Digestible; EM=Energía Metabolizable; FDN=Fibra Detergente Neutro; FDA=Fibra Detergente Acida.

Los resultados muestran una diferencia importante en la oferta de nutrientes por hectárea/época. La diferencia en el aumento de Proteína es considerable a favor del SSPi con respecto a la Pradera Tradicional de 2303,1 Kg/ha/época, significa un aumento de 70% y de 1438,8 Kg/ha/época (43%) de aumento con respecto a la Pradera Mejorada. También hubo diferencia a favor de la PM con respecto a la PT de 864,3 Kg/ha/época (46%) en la época de lluvias. En cuanto a la época seca, el aumento en la producción de proteína en los forrajes muestra una diferencia notable a favor del SSPi de 2284,5 Kg/ha/época (86%) con respecto a la PT, y de 1341,4 Kg/ha/época (51%) frente a la PM. En cuanto a la diferencia entre la PM frente a la PT fue de 943,1 Kg/ha/época (72%) a favor de la primera (Tabla 6).

Con respecto a la FC, los resultados obtenidos en la época de lluvias muestran una diferencia interesante en el SSPi con relación a la PT de 3284,1 Kg/ha/época, aumento 55%, y frente a la PM de 2288,2 Kg/ha/época (38%). Seguido a esto, la diferencia entre la PM frente a la PT fue de 995,9 Kg/ha/época, es decir, un aumento del 27%. Para la época seca, hubo una diferencia superior a favor de la PM de 483 Kg/ha/época, es decir, un aumento del 16% frente al SSPi, y de 2435,2 Kg/ha/época, 71% más frente a la PT. Paralelamente a esto, la diferencia entre el SSPi con respecto a la PT fue de 1952,3 Kg/ha/época, un aumento del 66% (Tabla 6).

Los resultados son alentadores para el caso de la EB, muestran un aumento en el SSPi de 52% con respecto a la PT y de 22% frente a la PM; así mismo, la diferencia entre la PM con respecto a la PT fue de 38% más a favor de la primera, en la época de lluvias. En la época seca, la tendencia se mantuvo al obtenerse un 68% de aumento a favor del SSPi frente a la PT, y de 14% con relación a la PM. De igual forma, se obtuvo una diferencia de 63% mayor en la PM que en la PT (Tabla 6).



**Tabla 6. Oferta de nutrientes (Kg/ha/época) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

	Época Lluvias							
	PT (TTO 1)			PM (TTO 2)			SSPi (TTO 3)	
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>
Cenizas	703,3	390,7	212,2	1674,1	386,2	1315,0	1013,0	264,9
EE	107,6	36,0	19,3	218,5	67,2	96,6	64,9	36,1
Proteína	452,1	317,9	237,8	1477,2	394,9	2029,7	753,3	527,8
FC	1146,3	951,3	589,1	2591,2	1091,5	1206,1	3616,6	1148,1
ENN	3834,8	2039,3	1508,1	9232,2	3146,6	4979,6	7726,8	1850,4
NDT	4321,5	2402,2	1778,5	10786,3	3664,7	6184,8	8752,0	2504,8
EB	227,0	135,5	95,0	550,9	191,3	314,3	489,6	144,0
ED	190,5	106,1	78,3	475,5	161,6	272,6	385,5	110,4
EM	155,9	86,9	64,2	389,3	132,3	223,4	316,5	90,5
FDN	4269,3	2834,1	1846,3	10649,3	3312,3	4009,3	9444,5	2421,6
FDA	1879,6	1350,3	772,0	5585,5	1861,8	3433,7	4595,8	1432,5

	Época Seca							
	PT (TTO 1)			PM (TTO 2)			SSPi (TTO 3)	
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>
Cenizas	292,3	168,1	118,8	774,0	212,8	1068,4	738,8	167,5
EE	48,7	18,0	13,7	159,6	2,8	154,7	187,8	1,2
Proteína	165,0	119,7	84,0	978,8	332,9	1357,5	913,1	382,6
FC	508,1	278,7	201,0	2538,1	884,9	183,0	1746,3	1010,8
ENN	2256,9	1189,1	804,8	7913,4	3031,3	4346,2	6620,9	1369,1
NDT	2455,9	1234,8	863,6	9188,8	2919,0	5458,1	7763,3	1888,0
EB	121,5	66,4	46,8	471,2	162,1	249,1	388,1	100,2
ED	108,2	60,9	42,3	404,6	131,5	240,4	342,4	68,8
EM	88,8	52,3	38,9	331,7	69,1	197,6	281,2	61,3
FDN	2331,7	1375,1	913,1	8903,6	2786,3	2989,5	6612,6	1920,7
FDA	1272,7	761,3	500,0	5272,3	1445,7	2391,7	3186,5	1168,6

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. EE=Extracto Etéreo; ENN=Extracto No Nitrogenado; NDT=Nitrógeno Digestible Total; EB=Energía Bruta; ED=Energía Digestible; EM= Energía Metabolizable; FDN=Fibra Detergente Neutro; FDA=Fibra Detergente Acida.

La tabla 7 muestra los resultados obtenidos para la oferta de nutrientes por hectárea al año en los tres sistemas de pastoreo. Para el caso de Proteína, arrojó un aumento importante a favor de la oferta forrajera del SSPi en cuanto se obtuvo 5964 Kg/ha al año frente a 3183,8 Kg/ha en la PM y de 1376,5 Kg/ha en la PT. Esto significa un aumento sustancial y considerable a favor del SSPi de 4587,5 Kg/ha/año, 77% más que en la PT, y de 2780,2 Kg/ha/año, es decir, 47% de aumento frente a la PM. En cuanto a la diferencia entre la PM y la PT fue de 1807,3 Kg/ha/año, 57% más a favor de la primera.

De igual modo, para el caso de la FC, los resultados son valiosos puesto que se obtuvo un rendimiento a favor del SSPi de 8910,9 Kg/ha al año frente a 7105,7 Kg/ha en la PM y de 3674,5 Kg/ha en la PT. Esto quiere decir que se obtuvo una diferencia preponderante y un aumento importante a favor del SSPi de 5236,4 Kg/ha/año (59%) con respecto a la PT, y de 1805,2 Kg/ha/año (20%) con relación a la PM. Del mismo modo, es valiosa la diferencia entre la PM frente a la PT puesto que se obtuvo 3431,2 Kg/ha/año (48%) a favor de la primera (Tabla 7).

Para el caso de la EB, los resultados son interesantes puesto que muestran diferencia entre el SSPi de 59% de aumento frente a la PT y de 18% con respecto a la PM. Así mismo, se obtuvo una diferencia de 50% mayor en la PM frente a la PT (Tabla 7).

Seguido a esto, para la oferta de Cenizas se obtuvieron resultados muy relevantes de 4567,6 Kg/ha al año en el SSPi, 3047,1 Kg/ha/año en la PM y de 1885,4 Kg/ha/año en la PT. Esto demuestra que se obtuvo un aumento importante en el SSPi de 2682,2 Kg/ha al año, 59% más que en la PT, y de 1520,5 Kg/ha/año, 33% más frente a la PM. En cuanto a la diferencia a favor de la PM frente a la PT fue de 1161,7 Kg/ha/año (38%) /Tabla 7).

Los resultados obtenidos para FDN fueron de 27398,2 Kg/ha/año para el SSPi, 25651,5 Kg/ha/año para la PM y de 13569,6 Kg/ha/año para la PT. Esto significa una diferencia a favor del SSPi de 50% respecto a la PT y de 6% frente a la PM. Al

lado de ello, la diferencia entre la PM y la PT fue de 47% a favor de la primera. Seguido a esto, para la FDA se obtuvieron resultados destacados de 16208,8 Kg/ha/año para el SSPi, 14165,3 Kg/ha/año en la PM y en la PT de 6535,9 Kg/ha/año. Esto deja ver una diferencia importante del SSPi frente a la PT y la PM de 60% en el primer caso y de 13% en el segundo caso.

Los resultados obtenidos en la oferta de nutrientes de los forrajes presentes en el SSPi y la PM son prometedores e importantes puesto que permiten mayor producción de nutrientes disponibles para los animales en Kg/ha en las dos épocas y durante gran parte del año, esto significa la posibilidad de obtener mayor producción de leche y mejorar su calidad composicional.

**Tabla 7. Oferta de nutrientes (Kg/ha/año) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

	PT (TTO 1)			PM (TTO 2)		SSPi (TTO 3)		
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>
Cenizas	995,6	558,8	331,0	2448,1	599,0	2383,4	1751,8	432,4
EE	156,3	54,0	33,0	378,1	70,0	251,3	252,7	37,3
Proteína	617,1	437,6	321,8	2456,0	727,8	3387,2	1666,4	910,4
FC	1654,4	1230,0	790,1	5129,3	1976,4	1389,1	5362,9	2158,9
ENN	6091,7	3228,4	2312,9	17145,6	6177,9	9325,8	14347,7	3219,5
NDT	6777,4	3637,0	2642,1	19975,1	6583,7	11642,9	16515,3	4392,8
EB	348,5	201,9	141,8	1022,1	353,4	563,4	877,7	244,0
ED	298,7	167,0	120,6	880,1	293,1	513,0	727,9	179,2
EM	244,7	139,2	103,1	721,0	201,4	421,0	597,7	151,8
FDN	6601,0	4209,2	2759,4	19552,9	6098,6	6998,8	16057,1	4342,3
FDA	3152,3	2111,6	1272,0	10857,8	3307,5	5825,4	7782,3	2601,1

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. EE=Extracto Etéreo; FC= Fibra Cruda; ENN=Extracto No Nitrogenado; NDT=Nitrógeno Digestible Total; EB= Energía Bruta; ED= Energía Digestible; EM= Energía Metabolizable; FDN=Fibra Detergente Neutro; FDA=Fibra Detergente Acida.

### 5.1.2 Análisis foliar para minerales

Los resultados del análisis foliar para minerales muestran una información relevante en los tres tratamientos en las dos épocas que se muestran en la Tabla 8, 9 y 10.

Los resultados obtenidos en el análisis de macrominerales muestran diferencia de los promedios en la oferta forrajera entre los tratamientos a favor del SSPi en Ca de 1,06% y Mg de 0,31% con respecto a la PT y frente a la PM fue de Ca 0,93% y Mg de 0,23%. Con relación al K, se muestra diferencia considerable a favor de la PM de 0,41% y de la PT de 0,06% con relación al SSPi. Se muestra diferencia para Ca de 0,13%, Mg de 0,09% y K de 0,35%% a favor de la PM frente a la PT, en época de lluvias. Para este caso, no hubo diferencias en relación al P entre los tratamientos pero sí por época y por año. En época seca, los resultados muestran la misma tendencia a favor del SSPi en Ca de 1,36%, Mg de 0,22% y K de 0,61% con respecto a la PT y frente a la PM en Ca de 1,25% y Mg de 0,22%. Con relación al K, se muestra diferencia a favor de la PM de 0,48% con relación a SSPi (Tabla 8).

La oferta forrajera presente en el SSPi muestra una diferencia en producción de Zn de 4,84 ppm y Cu de 4,50 ppm a favor del SSPi frente a la PT. Caso contrario, se obtuvo diferencia a favor de la PT en Fe de 391,17 ppm, Mn de 9,33 ppm y B de 4,49 ppm frente al SSPi. Los resultados muestran diferencia en el SSPi en Cu de 0,45 ppm, Fe de 24,33 ppm, Zn de 13 ppm y B de 3,19 ppm frente a la PM. Así mismo, se muestra una diferencia a favor de la PT en Fe de 415,50 ppm, Zn de 8,16 ppm y B de 7,67 ppm con relación a la PM, en época de lluvias. En época seca, los resultados muestran diferencia sustancial a favor de la PT respecto al SSPi para Cu de 191,21 ppm, Fe de 234,19 ppm, Mn de 140,19 ppm, Zn de 5,21 ppm y B de 6 ppm y frente a la PM fue Cu de 194,54 ppm, Fe de 249,66 ppm, Mn de 216,20 ppm, Zn de 34,71 ppm y B de 10,41 ppm. Para el caso del S no se obtuvo diferencia entre los tratamientos.

**Tabla 8. Análisis foliar para minerales en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias											
Pasturas	Macronutrientes (%)				Micronutrientes (ppm)						
	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn	S	B	
PT	<i>B. decumbens</i>	0,19	0,20	2,06	0,10	3,50	170,50	60,00	39,50	0,11	2,88
	<i>B. humidicola</i>	0,11	0,06	1,73	0,10	3,00	597,50	135,00	12,00	0,08	12,20
	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	0,11	0,07	1,87	0,10	3,00	565,00	128,00	13,48	0,09	12,78
	<b>Promedio</b>	<b>0,14</b>	<b>0,11</b>	<b>1,89</b>	<b>0,10</b>	<b>3,17</b>	<b>444,33</b>	<b>107,67</b>	<b>21,66</b>	<b>0,09</b>	<b>9,29</b>
PM	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	0,28	0,21	1,49	0,06	6,43	33,67	110,00	12,00	0,09	1,60
	<i>P. phaseoloides</i>	0,26	0,18	2,98	0,07	8,00	24,00	125,00	15,00	0,10	1,63
	<b>Promedio</b>	<b>0,27</b>	<b>0,20</b>	<b>2,24</b>	<b>0,07</b>	<b>7,22</b>	<b>28,84</b>	<b>117,50</b>	<b>13,50</b>	<b>0,10</b>	<b>1,62</b>
SSPi	<i>T. diversifolia</i>	2,09	0,68	3,25	0,17	7,50	51,50	80,00	48,50	0,16	9,90
	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	0,29	0,24	1,42	0,06	6,00	30,50	70,00	11,00	0,08	0,40
	<i>P. phaseoloides</i>	1,21	0,35	0,80	0,07	9,50	77,50	145,00	20,00	0,09	4,10
	<b>Promedio</b>	<b>1,20</b>	<b>0,42</b>	<b>1,82</b>	<b>0,10</b>	<b>7,67</b>	<b>53,17</b>	<b>98,33</b>	<b>26,50</b>	<b>0,11</b>	<b>4,80</b>
Época Seca											
Pasturas	Macronutrientes (%)				Micronutrientes (ppm)						
	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn	S	B	
PT	<i>B. decumbens</i>	0,35	0,28	0,91	0,07	225,50	74,00	465,00	71,00	0,05	4,97
	<i>B. humidicola</i>	0,13	0,07	1,89	0,06	145,00	368,90	245,56	37,79	0,10	18,76
	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	0,13	0,07	2,13	0,06	233,00	476,00	323,00	54,00	0,09	27,90
	<b>Promedio</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	<b>1,64</b>	<b>0,06</b>	<b>201,17</b>	<b>306,30</b>	<b>344,52</b>	<b>54,26</b>	<b>0,08</b>	<b>17,21</b>
PM	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	0,30	0,15	2,59	0,06	6,50	66,50	130,00	19,00	0,11	6,07
	<i>P. phaseoloides</i>	0,33	0,14	2,87	0,07	6,75	64,79	126,65	20,11	0,12	7,53
	<b>Promedio</b>	<b>0,32</b>	<b>0,15</b>	<b>2,73</b>	<b>0,07</b>	<b>6,63</b>	<b>65,65</b>	<b>128,33</b>	<b>19,56</b>	<b>0,12</b>	<b>6,80</b>
SSPi	<i>T. diversifolia</i>	2,42	0,51	4,19	0,15	11,50	85,50	315,00	94,00	0,18	24,50
	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	0,41	0,27	1,83	0,07	6,00	44,50	145,00	18,50	0,06	3,91
	<i>P. phaseoloides</i>	1,87	0,31	0,74	0,07	12,38	86,34	153,00	34,67	0,08	5,23
	<b>Promedio</b>	<b>1,57</b>	<b>0,36</b>	<b>2,25</b>	<b>0,10</b>	<b>9,96</b>	<b>72,11</b>	<b>204,33</b>	<b>49,06</b>	<b>0,11</b>	<b>11,21</b>

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas.

Los resultados que se obtuvieron para macro y micro minerales por hectárea/época muestran diferencias interesantes entre los tratamientos en las dos épocas. Para el tenor de P se muestra diferencia a favor del SSPi de 14

Kg/ha, un aumento del 52% respecto de la PT y frente a la PM de 14,2 Kg/ha, un aumento del 53% en época de lluvias. En época seca, se muestra la misma tendencia donde el SSPi aumentó 15,9 Kg/ha, 78% más frente a la PT y 9,9 Kg/ha (49%) con relación a la PM. También se muestra diferencia a favor de la PM de 6 Kg/ha, es decir, un aumento del 58% respecto de la PT (Tabla 9).

El contenido de Ca en época de lluvias muestra diferencia preponderante en el SSPi de 266,6 Kg/ha, 93% mayor respecto a la PT y de 229,8 Kg/ha, 80% de aumento frente a la PM. La diferencia entre la PM respecto de la PT fue de 36,8 Kg/ha, un aumento del 65%. Los resultados muestran tendencia similar en época seca de 260,2 Kg/ha, 94% de aumento a favor del SSPi frente a la PT y con relación a la PM fue de 225 Kg/ha, 81% mayor. La PM obtuvo 35,2 Kg/ha, es decir, 65% de aumento frente a la PT (tabla 9)

En cuanto a los resultados para Mg, se obtuvo un aumento sobresaliente en el SSPi del 85% que representó 94,1 Kg/ha de más frente a la PT y del 63%, 69,5 Kg/ha respecto de la PM. Así mismo, la diferencia entre la PM frente a la PT fue del 59% que representó 24,6 Kg/ha de más en época de lluvias. En época seca, se obtuvo diferencia a favor del SSPi del 84%, 62,8 Kg/ha de aumento respecto a la PT y con relación a la PM fue de 50 Kg/ha (67%) (Tabla 9).

En relación a la producción de la oferta forrajera de K en época de lluvias, se logró diferencia notable de 281,3 Kg/ha (53%) mayor con relación a la PT y de 150,1 Kg/ha (28%) de aumento frente a la PM. Los resultados muestran así mismo, diferencia entre la PM y la PT del 34% que representa 131,2 Kg/ha de más a favor de la primera. En época seca se obtuvo un aumento considerable a favor del SSPi frente a la PT del 88% que representa 453,4 Kg/ha y respecto de la PM fue del 14% que representa 71,6 Kg/ha. La PM aumentó 381,8 Kg/ha (86%) en relación a la PT (Tabla 9).

Los resultados obtenidos para algunos microminerales muestran diferencia mayor en el SSPi para Mn de 1 Kg/ha (45%), Zn de 0,3 Kg/ha (51%), S del 57% y B del

14% frente a la PT y con relación a la PM para Zn de 0,4 Kg/ha (62%), S del 36% y B de 0,1 Kg/ha (72%). Caso especial merece el Fe, que obtuvo diferencia a favor de la PT de 3,7 Kg/ha (75%) respecto al SSPi y de 4,3 Kg/ha (87%) en época de lluvias. En la época seca, se obtuvo diferencia a favor del SSPi en Mn de 1,7 Kg/ha (41%), Zn de 0,6 Kg/ha (60%) y B de 0,1 Kg/ha (60%) respecto a la PT y frente a la PM fue para Mn de 2,1 Kg/ha (49%), Zn de 0,7 Kg/ha (67%) y B de 0,1 Kg/ha (54%). En relación al Cu y el Fe la diferencia obtenida fue de 1,3 Kg/ha (90%) la primera y de 0,3 Kg/ha (18%) la segunda a favor de la PT con relación al SSPi y frente a la PM fue de 1,3 Kg/ha (90%) de Cu y 0,5 Kg/ha (32,7%) de Fe (Tabla 9).

En cuanto a macrominerales en Kg/ha por año, la Tabla 10 muestra que los resultados obtenidos fueron mejores en la oferta forrajera del SSPi con respecto a los otros dos sistemas. Se observa una diferencia y aumento considerable a favor del SSPi para P de 30 Kg/ha (65%), Ca de 526,7 Kg/ha (94%), Mg de 157 Kg/ha (84%) y K de 734,7 Kg/ha (70%) respecto de la PT y frente a la PM fue para P del 51% que representa 24,2 Kg/ha; Ca del 81%, 454,8 Kg/ha; Mg del 64%, 119,6 Kg/ha y K del 21% que representa 221,8 Kg/ha/año. Se obtuvieron diferencias entre la PM y la PT para P de 5,8 Kg/ha (25%), Ca de 71,9 Kg/ha (67%), Mg de 37,4 Kg/ha (56%) y K de 512,9 Kg/ha (62%) a favor de la primera.

**Tabla 9. Oferta de macro y minerales (Kg/ha/época) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias								
Nutrientes	PT (TTO 1)			PM (TTO 2)		SSPi (TTO 3)		
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>
<b>Macro</b>								
Ca	12,4	4,3	2,9	43,1	13,3	197,9	39,2	49,1
Mg	13,0	2,3	1,6	32,3	9,2	64,4	32,5	14,2
K	134,4	67,7	48,8	229,3	152,8	307,7	192,1	32,5
P	6,5	3,9	2,6	9,2	3,6	16,1	8,1	2,8
<b>Micro</b>								
Cu	0,02	0,01	0,01	0,10	0,04	0,07	0,08	0,04
Fe	1,11	2,34	1,47	0,52	0,12	0,49	0,41	0,31
Mn	0,39	0,53	0,33	1,69	0,64	0,76	0,95	0,59
Zn	0,26	0,05	0,04	0,18	0,08	0,46	0,15	0,08
S	0,0007	0,0003	0,0002	0,0014	0,0005	0,0015	0,0011	0,0004
B	0,02	0,05	0,03	0,02	0,01	0,09	0,01	0,02
Época Seca								
Nutrientes	PT (TTO 1)			PM (TTO 2)		SSPi (TTO 3)		
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>
<b>Macro</b>								
Ca	11,9	2,7	1,8	37,7	13,8	175,8	42,5	58,2
Mg	9,5	1,4	1,0	18,8	5,9	37,0	28,0	9,7
K	31,0	3,9	29,0	325,4	120,2	304,3	189,9	23,0
P	2,4	1,2	0,8	7,5	2,9	10,9	7,3	2,2
<b>Micro</b>								
Cu	0,77	0,30	0,32	0,08	0,03	0,08	0,01	0,04
Fe	0,25	0,75	0,65	0,84	0,27	0,62	0,46	0,27
Mn	1,58	0,50	0,44	1,63	0,53	2,29	1,50	0,48
Zn	0,24	0,08	0,07	0,24	0,08	0,68	0,19	0,11
S	0,0002	0,0002	0,0001	0,0014	0,0005	0,0013	0,0006	0,0002
B	0,02	0,04	0,04	0,08	0,03	0,18	0,04	0,02

SSPi: Sistema Silvopastoral intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas.



Los resultados obtenidos para algunos microminerales en Kg/ha/año muestran una diferencia a favor de la oferta forrajera en el SSPi. Para Mn fue de 2,8 Kg/ha (43%) y Zn de 0,9 Kg/ha (56%) y B de 0,1 Kg/ha (38%) a favor del SSPi respecto a la PT y frente a la PM fue para Mn de 2,1 Kg/ha (32%), Zn de 1,1 Kg/ha (65%) y B de 0,2 Kg/ha (57%). Para el caso de Cu y Fe los resultados obtenidos muestran que estos son más bajos en la oferta forrajera en el SSPi y la PM que en la PT (Tabla 10).

Estos resultados obtenidos en el sistema silvopastoril intensivo son de suma importancia puesto que los macrominerales, especialmente el Ca y P, y algunos oligoelementos (Mn, Zn, Cu, Fe) inciden directamente en la producción de leche y en los procesos reproductivos en el ganado lechero.

**Tabla 10. Oferta de macro y microminerales (Kg/ha/año) en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Mineral	PT (TTO 1)			PM (TTO 2)		SSPi (TTO 3)		
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola cv dictyoneura</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>B. brizantha cv Toledo</i>	<i>P. phaseoloides</i>
<b>Macro</b>								
Ca	24,3	7,0	4,7	80,8	27,1	373,7	81,7	107,3
Mg	22,5	3,7	2,6	51,1	15,1	101,4	60,5	23,9
K	165,4	71,6	77,8	554,7	273,0	612,0	382,0	55,5
P	8,9	5,1	3,4	16,7	6,5	27,0	15,4	5,0
<b>Micro</b>								
Cu	0,79	0,31	0,33	0,18	0,07	0,15	0,09	0,08
Fe	1,36	3,09	2,12	1,36	0,39	1,11	0,87	0,58
Mn	1,97	1,03	0,77	3,32	1,17	3,05	2,45	1,07
Zn	0,50	0,13	0,11	0,42	0,16	1,14	0,34	0,19
S	0,0009	0,0005	0,0003	0,0028	0,0010	0,0028	0,0016	0,0006
B	0,04	0,09	0,07	0,10	0,04	0,27	0,05	0,00

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas.

### 5.1.3 Producción de biomasa, materia seca y capacidad de carga

Los resultados para estos tres parámetros se muestran en la Tabla 11.

### **5.1.3.1 Producción de biomasa forrajera**

El promedio de la disponibilidad de FV ha/año, FVD/día (Kg) y FV disponible (Kg/ha) presenta diferencias importantes en los tres tratamientos evaluados en las dos épocas. El SSPi fue el tratamiento que presentó los mejores resultados en la época de lluvias para FVD Kg/día al obtener diferencia sustancial en la producción de biomasa de 240,5 Kg (65%) frente a la PT y del 52% que representa 189,8 Kg respecto de la PM. Así mismo, se obtuvo diferencia de 50,8 Kg (28%) en la PM con relación a la PT. En época seca se obtuvo la misma tendencia mostrando diferencia del 84% que representa 209,4 Kg en aumento a favor del SSPi con relación a la PT y frente a la PM de 129,9 Kg (52%). De igual forma, los resultados muestran aumento en la PM respecto a la PT de 79,5 Kg (66%) (Tabla 11).

Se obtuvo un aumento notable en producción de FV Disponible en Kg/ha en el SSPi en época de lluvias de 7782 Kg (60%) frente a la PT y con respecto a la PM fue de 38% que representa 4859 Kg/ha. Los resultados obtenidos muestran una diferencia de 7124,9 Kg/ha (81%) en el SSPi en relación con la PT y frente a la PM de 3346,9 Kg/ha (38%) en época seca (Tabla 11).

La evaluación de los resultados en producción de FV ha/año muestran diferencia en el SSPi frente a la PT de 71005,9 Kg/ha/año (60%) y respecto a la PM de 44334 Kg/ha/año (38%). Los resultados también muestran diferencia en el PM de 26671,9 Kg/ha/año, 36% de aumento en relación con la PT en época de lluvias. Para el caso de la época seca, el SSPi obtuvo un aumento del 81% que equivale a 65017,2 Kg/ha/año y del 38% que equivale a 30540, 2 Kg/ha/año frente a la PT y la PM, respectivamente (Tabla 11).

**Tabla 11. Producción de biomasa, MS y capacidad de carga en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

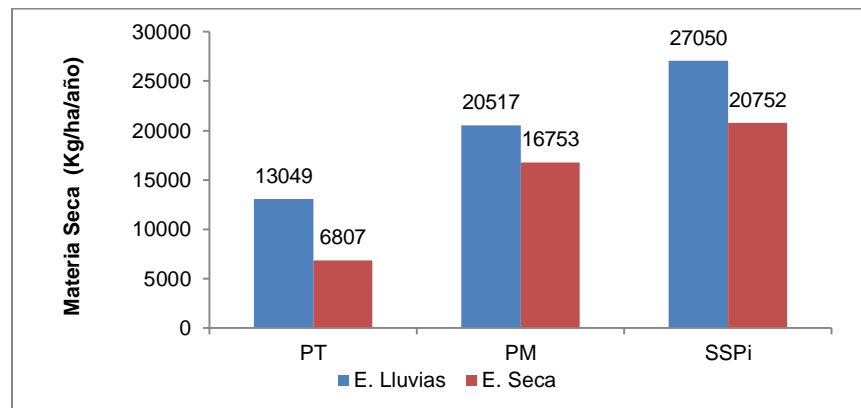
	Época Lluvias			Época Seca		
	PT	PM	SSPi	PT	PM	SSPi
<b>FVD/día, Kg</b>	127,68	178,44	368,2	40,54	120	249,9
<b>FV Disponible, Kg/ha</b>	5107	8030	12889	1622	5400	8746,9
<b>FV ha/año</b>	46602,1	73274	117608	14798	49275	79815
<b>% MS (promedio)</b>	28	28	23	46	34	26
<b>MS Kg/ha/año</b>	13048,6	20517	27050	6807	16753,5	20752
<b>CC, UGG/ha</b>	2,55	3,57	5,5	1	2,4	3,79

PT= Pradera Tradicional; PM= Pradera Mejorada; SSPi= Sistema Silvopastoril Intensivo; FVD= Forraje Verde Disponible; MS= Materia Seca; CC= Capacidad de Carga; UGG= Unidad Gran Ganado.

### 5.1.3.2 MS Kg/ha/año

Para la producción de MS (Kg/ha/año) los resultados concuerdan con los obtenidos para FV ha/año. El SSPi es el tratamiento de mayor producción de MS en la época de lluvias, obteniendo diferencia importante de 14001,4 Kg (52%) respecto a la PT y de 6533 Kg (24%) con relación a la PM. La diferencia encontrada entre la PM frente a la PT fue de 24% que equivale a 7468,4 Kg. Se obtuvo, así mismo, diferencia en la época seca a favor del SSPi con relación a la PT de 13945 Kg/ha/año (67%) y de 3998,5 Kg (19%) respecto a la PM. La PM obtuvo diferencia del 59% que equivale a 9946,5 Kg frente a la PT (Tabla 11) (Grafico 1).

**Grafico 1. Producción de MS anual en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



### 5.1.3.3 Capacidad de Carga, UGG/ha

Los resultados obtenidos para la Capacidad de Carga arrojaron que el SSPi obtuvo una mayor carga animal en la época de lluvias de 5,5 UGG con respecto a 3,57 UGG y 2,55 UGG para la PM y PT, respectivamente. En cuanto a la época seca la mayor carga animal la obtuvo el SSPi que fue de 3,79 UGG con respecto a la PM y PT que fue de 2,4 UGG y de 1 UGG, respectivamente. Esto significa un aumento en la capacidad de carga a favor del SSPi de 1,93 animales (35%) y 2,95 animales (53,6%) en época de lluvias y de 1,39 animales (36,6%) y 2,79 animales (73,6%) en la época seca con respecto a la PM y PT, respectivamente.

### 5.1.4 Producción y calidad composicional de la leche

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la producción de leche (Kg/animal/día) (Tabla 13). Los resultados obtenidos muestran una diferencia para la producción de leche por unidad de área por época (Kg/ha/época) (Tabla 14), y para la producción de leche por unidad de área al año (Kg/ha/año) (Tabla 15). También se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), para el caso de la calidad de leche: Grasa, ST, Proteína y Lactosa en las dos épocas. Los SNG mostraron diferencia significativa para la época seca en detrimento del PT. Las

mayores diferencias para estas unidades en estos parámetros se obtuvieron en la época seca entre los sistemas pero a favor ampliamente del SSPi (Tabla 12).

**Tabla 12. Producción y calidad composicional de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias												
Sistema	TTO	Producción de Leche	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
			%						g/animal/día			
SSPi	3	7272,9a	3,72a	8,28a	12,01a	3,50a	4,15a	301,00a	704,87a	972,00a	283,80a	352,36 <sup>a</sup>
PM	2	6153,9c	3,16b	8,22a	11,40b	3,36b	4,11b	207,c	670,19b	747,18b	220,34b	269,38b
PT	1	6886,3b	2,87c	8,26a	11,14b	3,30b	4,13a	244,60b	538,98c	950,33a	281,37a	336,15b

Época Seca												
Sistema	TTO	Producción de Leche	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
			%						g/animal/día			
SSP	3	5803,9a	3,20a	8,44a	11,66a	3,47a	4,24a	187,95a	495,99a	684,53a	204,05a	249,06a
PM	2	5171,5b	2,02b	8,53a	10,56b	3,44a	4,29a	107,92b	454,86b	563,31b	183,86b	228,86b
PT	1	4506,3c	2,32b	7,5b	9,83c	3,08b	3,71b	107,23b	345,78c	453,48c	142,33c	171,05c

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) - Prueba del rango múltiple de Duncan; SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. SNG=Solidos No Grasos; ST=Solidos Totales.

#### 5.1.4.1 Producción de leche por día

Se observa diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre los tres tratamientos en las dos épocas a favor del SSPi en producción de leche Kg/animal/día. La producción de leche en el SSPi, PM y PT fue de 7,2; 6,1 y 6,8, respectivamente. Esto significa que durante la época lluviosa el incremento en la producción de leche a favor del SSPi fue de 15,4% que equivale a 1,1 Kg/animal/día y de 5,3% que equivale a 0,386 Kg/animal/día con respecto a la PM y a la PT. De igual manera se obtuvo diferencia a favor de la PT con respecto a la PM del 10,6% que equivale a 0,732 Kg/animal/día (Tabla 13).

En la época seca la producción de leche en el SSPi, en la PM y en la PT fue de 5,8; 5,1 y 4,5 Kg/animal/día. Estos resultados muestran un aumento significativo en el SSPi con relación a la PT de 22,4% que equivale a 1,2 Kg/animal/día y frente a la PM de 10,9% que equivale a 0,632 Kg/animal/día. Así mismo, la PM aumentó respecto a la PT en 0,665 Kg/animal/día (12,9%) (Tabla 13).

**Tabla 13. Producción de leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Sistema	TTO	Época Lluvias	Época Seca
		Producción de Leche (Kg/vaca/día)	Producción de Leche (Kg/vaca/día)
SSPi	3	7,272,9a	5,803,9a
PM	2	6,153,9c	5,171,5b
PT	1	6,886,3b	4,506,3c

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencia estadística ( $p < 0,05$ )- Prueba del rango múltiple de Duncan; SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas.

#### 5.1.4.2 Producción de leche por época

Se observa diferencia de promedios para el parámetro de producción de leche (Kg/ha/época) por unidad de área y por época a favor del SSPi con respecto a la PM y a la PT. El aumento en la producción de leche a favor del SSPi equivale a 5474,4 Kg/ha (56,8%) y a 4410 Kg/ha (45,8%) con respecto a la PT y a la PM. Seguido a esto, se obtuvo diferencia en la PM frente a la PT de 1064,4 Kg/ha (20,4%) para la época de lluvias. En la época seca la diferencia en el aumento de la producción a favor del SSPi frente a la PT y a la PM fue del 79,5% que equivale a 2185,3 Kg/ha para la primera y de 44,3% que equivale a 1217,8 Kg/ha en la segunda. La PM obtuvo una diferencia respecto a la PT del 63,2% que equivale a 967,5 Kg/ha (Tabla 14).

**Tabla 14. Producción de leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Sistema	TTO	Época Lluvias	Época Seca
		Producción de Leche (Kg/ha)	Producción de Leche (Kg/ha)
SSPi	3	9636	2747,8
PM	2	5226	1530
PT	1	4161,6	562,5

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas.

#### **5.1.4.3 Producción de leche por hectárea por año**

Los resultados demuestran que se obtuvo diferencias con base a promedios para la producción de leche (Kg/ha/año) a favor del SSPi con respecto a la PT y a la PM. El aumento de la producción de leche a favor del SSPi con respecto a la PT y a la PM fue de 61,9% que equivale a 7659,7 Kg/ha/año para la primera y de 45,4% que equivale a 5627,8 Kg/ha/año para la segunda. También se aprecia aumento en la PM con relación a la PT de 2031,9 Kg/ha/año (30,1%) (Tabla 15).

El cambio en la producción de leche en Kg/ha/año, se atribuye a la capacidad de carga animal que paso de 2,6 en la PT y 3,57 UGG/ha en la PM frente a 5,5 UGG/ha en el SSPi en la época de lluvias. Para la época seca, el incremento fue de 1 en la PT y 2,4 UGG/ha en la PM frente a 3,79 UGG/ha en el SSPi. Esto significa que la diferencia en la producción de leche se amplía entre el SSPi con relación a los otros tratamientos (Tabla 15).

**Tabla 15. Producción de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Sistema	TTO	Producción de Leche (Kg/ha/año)
SSPi	3	12383,8
PM	2	6756
PT	1	4724,1

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas.

#### 5.1.4.4 Calidad composicional de la leche

Los resultados muestran diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos para la época de lluvias en el contenido de Grasa a favor del SSPi de 22,8% y 15,1% frente a la PT y la PM. En los ST se encontró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en el SSPi frente a la PT de 7,2% y de 5,1% con relación a la PM; para Proteína la diferencia significativa a favor del SSPi fue de 5,7% y de 4% respecto a la PT y la PM. En la Lactosa se encontró diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) a favor del SSPi con relación a la PM pero no así frente a la PT. El contenido de sólidos no grasos SNG, no presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

Seguido a esto, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) al hacer el análisis para cada animal en el contenido de Grasa a favor del SSPi de 56,4 g/animal/día y de 94 g/animal/día respecto a PT y PM, la diferencia en la PT frente a la PM fue de 66,7 g/animal/día; para los SNG la diferencia es significativa en el SSPi de 165,9 g/animal/día y de 34,6 g/animal/día frente a la PT y PM, y para Lactosa la diferencia fue de 16,2 g/animal/día frente a la PT y de 82,9 g/animal/día respecto a la PM a favor del SSPi; en los ST y Proteína no hay diferencias entre la PT y el SSPi, pero sí con respecto a la PM. Para la Lactosa, no hay diferencia entre la PT y la PM para la época de lluvias. Estas mínimas diferencias podrían deberse tal vez a la cantidad de área que se pastoreo en el PT (Tabla 16).



Los resultados para la época seca muestran diferencia estadística significativa ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos a favor del SSPi en la fracción ST. En el contenido de Grasa se encontró diferencia estadística ( $P < 0,05$ ) a favor del SSPi de 27,5% y de 36,9% respecto a la PT y a la PM. Se encontró diferencia significativa en los SNG de 11,1% y 12,1%; Proteína de 11,2% y 10,5% y Lactosa de 12,5% y 13,5% a favor del SSPi y de la PM con respecto a la PT, pero no entre los dos primeros. De la misma manera, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) al hacer el análisis para cada animal a favor del SSPi en el contenido de SNG de 150,21 g/animal/día y 41,13 g/animal/día; para ST de 231 g/animal/día y 121,2 g/animal/día; para Proteína de 61,7 g/animal/día y 20,1 g/animal/día, y para Lactosa de 78 g/animal/día y 20,2 g/animal/día a favor del SSPi respecto a la PT y PM. De la misma manera, se hallaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) a favor de la PM frente a la PT en SNG de 109 g/animal/día, ST de 109,8 g/animal/día, Proteína de 41,5 g/animal/día y Lactosa de 57,8 g/animal/día. En los contenidos de Grasa se encontró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) a favor del SSPi con relación a la PM de 80,7 g/animal/día y a la PT de 80 g/animal/día (Tabla 16).

En el caso de los porcentajes para los tenores de Grasa, ST y Lactosa, así como el análisis de g/animal/día para todos los parámetros de calidad de leche evaluados se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en cada uno de los tratamientos con referencia a las dos épocas. Se encontró diferencia significativa en los contenidos de Grasa en la Época de Lluvias (ELL) respecto a la Época seca (ES) en el SSPi de 0,5%; en la PM de 1,1% y en la PT de 0,6%. Analizando los contenidos de g/animal/día se encontró diferencia estadística en la ELL frente a la ES en el SSPi, en la PM y en la PT en Grasa de 113, 99 y 137; para Proteína de 80, 36 y 139; para SNG de 208, 215, 193; para ST de 287, 184 y 497; y para Lactosa de 103, 40 y 165 g/animal/día, respectivamente (Tabla 16) (Gráficos 2, 3, 4, 5 y 6).

**Tabla 16. Calidad composicional de la leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

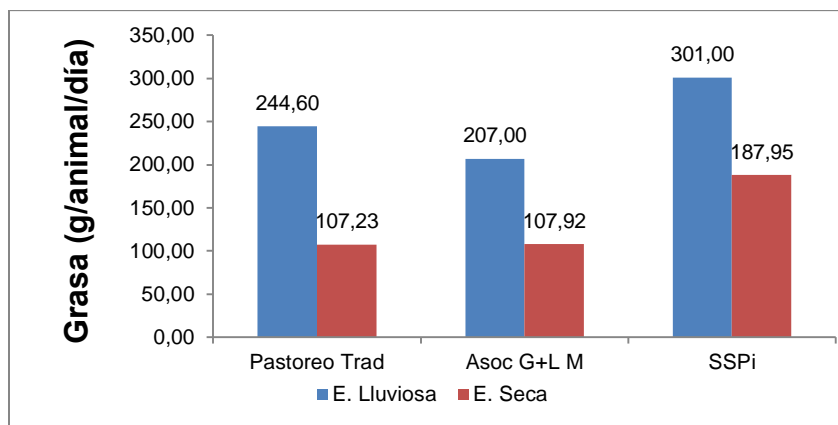
Época Lluvias											
Sistema	TTO	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
		%					g/animal/día				
SSPi	3	3,72a	8,28a	12,01a	3,50a	4,15a	301,00a	704,87a	972,00a	283,80a	352,36a
PM	2	3,16b	8,22a	11,40b	3,36b	4,11b	207,c	670,19b	747,18b	220,34b	269,38b
PT	1	2,87c	8,26a	11,14b	3,30b	4,13a	244,60b	538,98c	950,33a	281,37a	336,15b

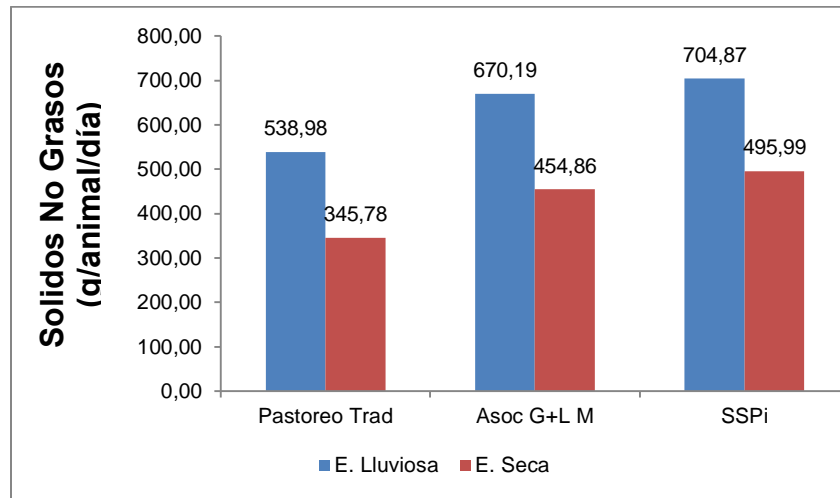
Época Seca											
Sistema	TTO	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
		%					g/animal/día				
SSP	3	3,20a	8,44a	11,66a	3,47a	4,24a	187,95a	495,99a	684,53a	204,05a	249,06a
PM	2	2,02b	8,53a	10,56b	3,44a	4,29a	107,92b	454,86b	563,31b	183,86b	228,86b
PT	1	2,32b	7,5b	9,83c	3,08b	3,71b	107,23b	345,78c	453,48c	142,33c	171,05c

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) - Prueba del rango múltiple de Duncan; SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. SNG=Sólidos No Grasos; ST=Sólidos Totales.

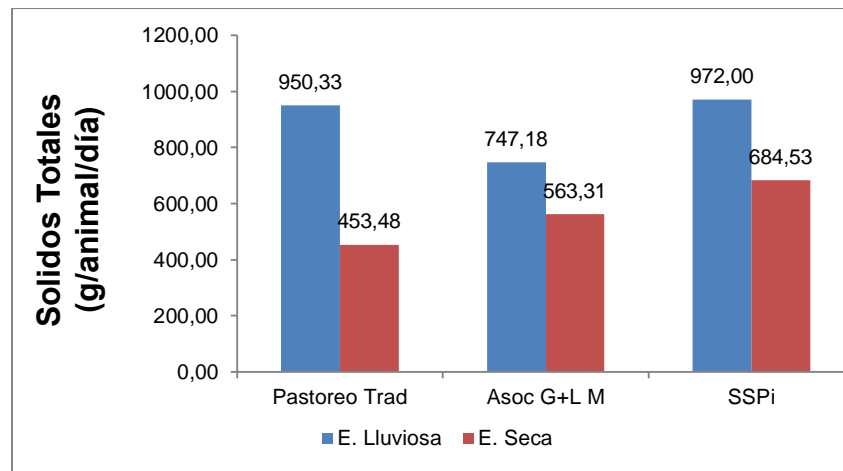
**Gráfico 2. Promedio de grasa en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



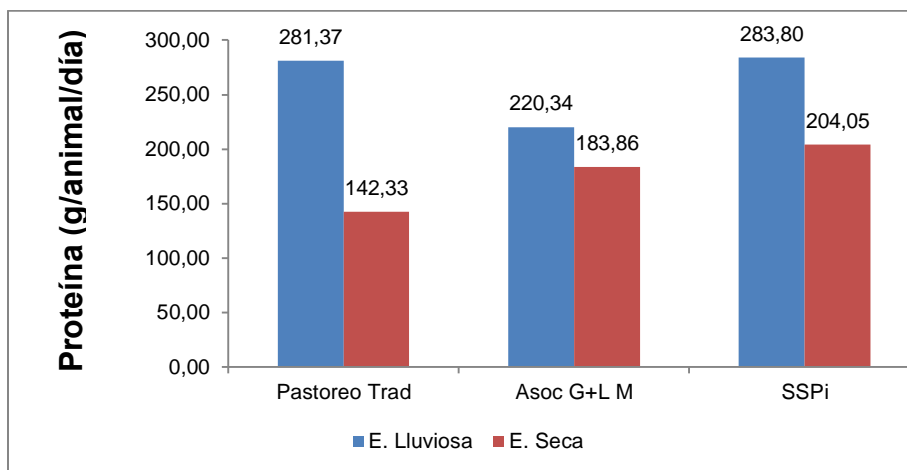
**Gráfico 3. Promedio de SNG en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



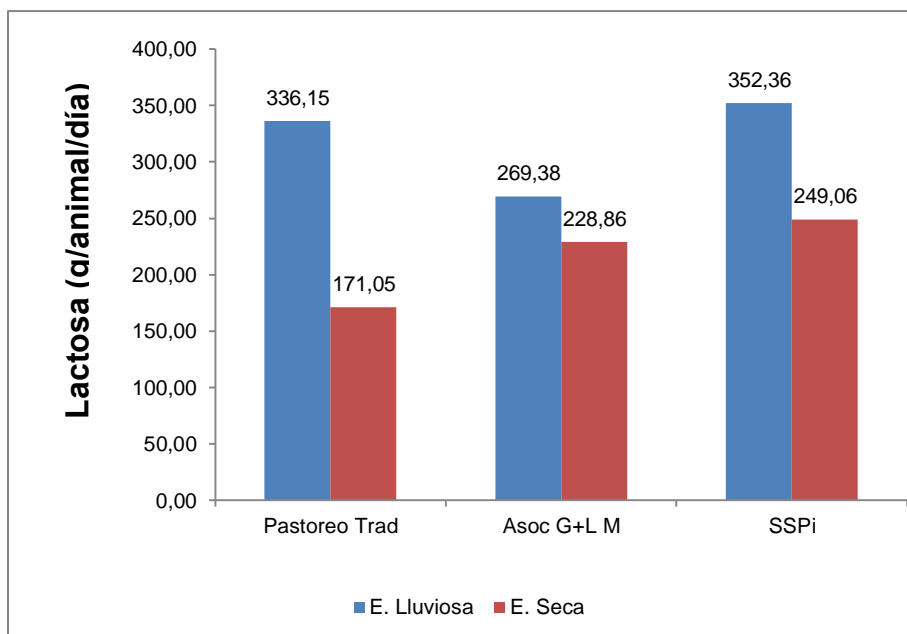
**Gráfico 4. Promedio de ST en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



**Gráfico 5. Promedio de Proteína en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



**Gráfico 6. Promedio de Lactosa en leche de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



#### 5.1.4.5 Calidad composicional de la leche por época

Para el caso de las fracciones evaluadas para calidad de leche (Kg/ha/época) se observan diferencias con base a promedios a favor del SSPi respecto de la PM y frente a la PT en cuanto a Grasa de 248 Kg/ha (62,4%) y de 220 Kg/ha; para SNG

de 600,6 Kg/ha (64,5%) y de 356,2 Kg/ha (38,3%); para ST de 701,4 Kg/ha (54,7%) y de 642,9 Kg/ha (50,1%); para Proteína de 202,4 Kg/ha (54%) y de 185,8 Kg/ha (49,6%), y para Lactosa de 259,4 Kg/ha (55,8%) y de 234,3 Kg/ha (50,4%). En cuanto a las mismas fracciones evaluadas se obtuvo diferencia a favor de la PM con respecto a la PT para Grasa de 15,8% que equivale a 28 Kg/ha; para SNG del 42,6% que equivale a 244,4 Kg/ha; 9,2% que equivale a 58,6 Kg/ha en ST; para Proteína de 8,8% que equivale a 16,6 Kg/ha y para Lactosa del 10,9% que equivale a 25,1 Kg/ha, en la época de lluvias (tabla 17).

De la misma manera en la época seca se observa diferencia para las fracciones evaluadas (Kg/ha/época) a favor del SSPi para Grasa de 75,6 Kg/ha (85%) y 56,7 Kg/ha (63,6%); en SNG de 191,8 Kg/ha (81,6%) y 98,5 Kg/ha (41,9%); para ST de 267,6 Kg/ha (82,5%) y 155,3 Kg/ha (47,9%); en Proteína de 78,9 Kg/ha (81,6%) y 41,5 Kg/ha (42,9%) y para Lactosa de 96,6 Kg/ha (81,9%) y 31,3 Kg/ha (26,6%) frente a la PT, en el primer dato y respecto a la PM en el segundo dato. Se observa diferencia entre la PM respecto de la PT para Grasa de 19 Kg/ha (58,6%); en SNG de 93,2 Kg/ha (68,3%); en ST de 112,3 Kg/ha (66,5%); para Proteína de 37,4 Kg/ha (67,7%) y para Lactosa de 65,3 kg/ha (75,3%) (Tabla 17).

Analizando los contenidos de las fracciones evaluadas en Kg/ha por época se encontró diferencia con base a promedios en cada uno de los tratamientos en la Época de Lluvias frente a la Época Seca en el SSPi, en la PM y en la PT en Grasa de 308, 145 y 136 Kg/ha; para Proteína de 278, 134 y 154 Kg/ha; en SNG de 695, 438 y 287 Kg/ha; para ST de 959, 471 y 525 Kg/ha; y para Lactosa de 347, 144 y 184 Kg/ha/época, respectivamente

**Tabla 17. Calidad composicional de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias						
Sistema	TTO	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
Kg/ha/época						
SSPi	3	397,32	930,43	1283,04	374,62	465,12
PM	2	177,36	574,22	640,18	188,79	230,80
PT	1	149,33	329,86	581,60	172,20	205,72

Época Seca						
Sistema	TTO	Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
Kg/ha/época						
SSPi	3	89,04	234,98	324,30	96,67	117,99
PM	2	32,38	136,46	168,99	55,16	86,66
PT	1	13,40	43,22	56,69	17,79	21,38

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera tradicional con gramíneas mejoradas. SNG=Sólidos No Grasos; ST=Sólidos Totales.

#### 5.1.4.6 Calidad composicional de la leche por hectárea – año

Los resultados del análisis de la información arrojaron diferencias con base a promedios para las fracciones en calidad de leche por unidad de área al año (Kg/ha/año), demostrando este estudio la conveniencia de establecer e implementar sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia*, asociada con gramíneas y leguminosas mejoradas. Se observa aumento considerable a favor del SSPi con respecto a la PT en Grasa del 66,5% que equivale a 322,6 Kg/ha y frente a la PM del 56,8% equivalente a 275,6 Kg/ha; para SNG de 68% que equivale a 792,3 Kg/ha y del 39% que equivale a 454,7 Kg/ha con respecto a la 798,2 Kg/ha frente a la PM y PT; así mismo para Proteína fue del 59,7% que equivale a 281,3 Kg/ha en relación a la PT y frente a la PM del 48,2% que equivale a 227,3 Kg/ha y para Lactosa respecto a la PT y la PM fue del 61,1% que equivale 356 Kg/ha y del 45,6% equivalente a 265,7 Kg/ha.

De la misma manera, se obtuvieron diferencias a favor de la PM con respecto a la PT en Grasa de 47 Kg/ha; SNG de 337,6 Kg/ha; para ST de 170,9 Kg/ha; en Proteína de 54 Kg/ha y para Lactosa de 90,4 Kg/ha/año (Tabla 18).

**Tabla 18. Calidad composicional de leche en vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Sistema	TTO	Kg/ha/año				
		Grasa	SNG	ST	Proteína	Lactosa
SSPi	3	485,36	1165,40	1607,34	471,28	583,11
PM	2	209,73	710,68	809,18	243,95	317,46
PT	1	162,73	373,08	638,29	189,99	227,11

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo; PM: Pradera Mejorada; PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas. SNG=Solidos No Grasos; ST=Solidos Totales.

### 5.1.5 Perfil de ácidos grasos

En la tabla 19 se pueden observar los resultados de la composición de ácidos grasos encontrados en la leche de los animales que intervinieron en esta evaluación. Los resultados muestran una tendencia a favor del SSPi con respecto a la PM y a la PT en el tenor de Ácidos Grasos Insaturados (AGI) y Poliinsaturados (AGPI) en las dos épocas. Los Ácidos Grasos Saturados (AGS) se encuentran en menor cantidad en el SSPi con respecto a la PM y a la PT. De igual manera para los AGS (caproico, caprilico, caprico, laurico, mirístico y palmitico) los resultados muestran que para el SSPi hay una disminución de estos ácidos en la grasa láctea con respecto a la PM en Ácido Caproico de -27,1%; en Ácido Caprilico de -24,4%; para el Ácido Caprico de -8,5%; en Ácido Laurico de -20,9%; para el Ácido Mirístico de -34,6% y en Ácido Palmitico de -13,2% y frente a la PT de -26,4%; -26,7%; -19,8%; -36,4%; -44,5%; y -19,1 durante la época de lluvias. Para el caso de la época seca, la disminución a favor del SSPi para los mismos ácidos grasos con respecto a la PM y PT fue de -10%, -20%; -10%, -20,8%; -13,7%, -13%; -8,8%, -11,8%; -8,6%, -12,5%; -0,3% y -1, respectivamente.

Los contenidos de Ácidos Grasos Monoinsaturados (C14:1t, C14:1 y C15:1) muestran una diferencia importante en una disminución en el SSPi para la época de lluvias con respecto a la PM en C14:1t de -0,24 g/100 g de grasa; en C14:1 de -0,47 g/100 g de grasa; para C15:1 de -0,09 g/100 g de grasa, y frente a la PT para

los mismos AGS en su orden fue de -0,19 g/100 g de grasa; de 0,49 g/100 g de grasa y de -0,11 g/100 g de grasa. Para el caso de la época seca para los mismos ácidos grasos los resultados muestran la misma tendencia a favor del SSPi con respecto a la PM y a la PT de -19,5%, -34,1%; -23,9%, -23,9% y -33,3%, -33,3%, respectivamente (Tabla 19).

Caso aparte merece los resultados del Ácido Oleico por su importancia en la constitución de los AGPI. Los resultados arrojaron diferencia para la época de lluvias a favor del SSPi al encontrarse un aumento de 19,9% frente a la PM al pasar de 29 g/100 g de grasa a 36,19 g/100 g de grasa y frente a la PT de 24,9% al pasar de 27,19 g/100 g de grasa a 36,19 g/100 de grasa. Para la época seca los resultados también muestran un aumento a favor del SSPi frente a la PM y a la PT al pasar de 26,72 a 28,47 g/100 g de grasa que equivale al 6,1% y de 26,56 g/100 g de grasa que equivale a al 6,7% (Tabla 20) (Grafico 7).



**Tabla 19. Perfil de ácidos grasos (g/100 g de grasa) en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias										
	SSPi	PM	PT	Dif SSPi-PM	%	Dif SSPi - PT	%	Dif PM - PT	%	
<b>C6:0 (Caproico)</b>	1,40	1,78	1,77	-0,38	-27,1	-0,37	-26,4	0,01	0,6	
<b>C8:0 (Caprilico)</b>	0,90	1,12	1,14	-0,22	-24,4	-0,24	-26,7	-0,02	-1,8	
<b>C10:0 (Caprico)</b>	2,12	2,30	2,54	-0,18	-8,5	-0,42	-19,8	-0,24	10,4	
<b>C12:0 (Laurico)</b>	2,20	2,66	3,00	-0,46	-20,9	-0,80	-36,4	-0,34	12,8	
<b>C14:0 (Mirístico)</b>	8,30	11,17	9	-2,87	-34,6	-3,69	-44,5	-0,82	-7,3	
<b>C14:1t (Miristoleico)</b>	0,34	0,58	0,53	-0,24	-70,6	-0,19	-55,9	0,05	8,6	
<b>C14:1 (Miristoleico)</b>	0,70	1,17	1,19	-0,47	-67,1	-0,49	-70,0	-0,02	-1,7	
<b>C15:1 (Pentadecenoico)</b>	0,29	0,38	0,40	-0,09	-31,0	-0,11	-37,9	-0,02	-5,3	
<b>C16:0 (Palmitico)</b>	27,1	30,70	32,2	-3,58	-13,2	-5,17	-19,1	-1,59	-5,2	
	2		9							
	14,6		13,7							
<b>C18:0 (Estearico)</b>	8	14,38	1	0,30	2,0	0,97	6,6	0,67	4,7	

Época Seca										
	SSPi	PM	PT	Dif SSPi-PM	%	Dif SSPi - PT	%	Dif PM - PT	%	
<b>C6:0 (Caproico)</b>	1,80	1,98	2,16	-0,18	-10	-0,36	-20	-0,18	-9,1	
<b>C8:0 (Caprilico)</b>	1,20	1,32	1,45	-0,12	-10	-0,25	-20,8	-0,13	-9,8	
<b>C10:0 (Caprico)</b>	2,70	3,07	3,05	-0,37	-13,7	-0,35	-13	0,02	0,7	
<b>C12:0 (Laurico)</b>	3,30	3,59	3,69	-0,29	-8,8	-0,39	-11,8	-0,10	-2,8	
	11,2		12,6							
<b>C14:0 (Mirístico)</b>	0	12,16	0	-0,96	-8,6	-1,40	-12,5	-0,44	-3,6	
<b>C14:1t (Miristoleico)</b>	0,41	0,49	0,55	-0,08	-19,5	-0,14	-34,1	-0,06	12,2	
<b>C14:1 (Miristoleico)</b>	1,17	1,45	1,45	-0,28	-23,9	-0,28	-23,9	0,00	0,0	
<b>C15:1 (Pentadecenoico)</b>	0,30	0,40	0,40	-0,10	-33,3	-0,10	-33,3	0,00	0,0	
	31,0		31,3							
<b>C16:0 (Palmitico)</b>	1	31,11	2	-0,10	-0,3	-0,31	-1	-0,21	-0,7	
	13,8		13,1							
<b>C18:0 (Estearico)</b>	6	13,62	2	0,24	1,7	0,74	5,3	0,50	3,7	

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo (tto 3); PM: Pradera Mejorada (tto 2); PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas (tto 1). Dfi= Diferencia entre tratamientos. ALC=Ácido Linoleico Conjugado; AGPI= Ácidos grasos poliinsaturados; MUFAS= Ácidos Grasos Monoinsaturados; SFAS=Ácidos Grasos Saturados.

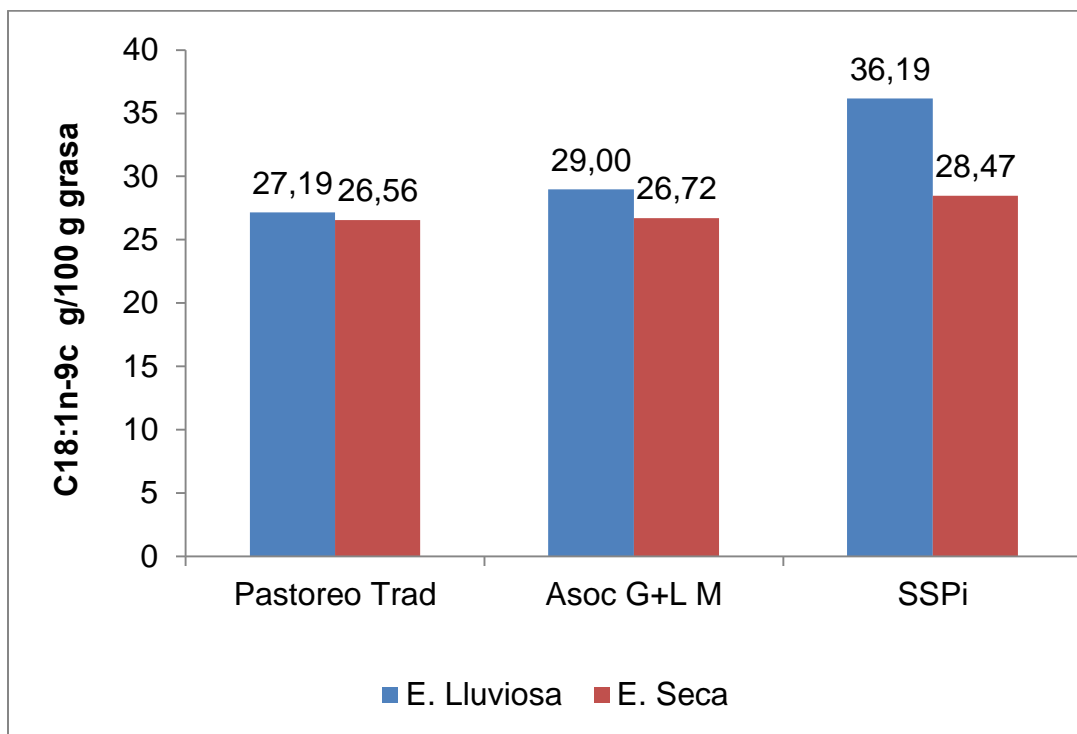
La evaluación del ácido Oleico obtuvo diferencia y aumentó en cada uno de los tratamientos en la Época de Lluvias frente a la Época Seca, en el SSPi fue de 7,72 g/100 g de grasa; en la PM de 2,28 g/100 g de grasa y en la PT de 0,63 g/100 g de grasa (Tabla 20).

**Tabla 20. Perfil de ácidos grasos (g/100 g de grasa) en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Época Lluvias										
	SSPi	PM	PT	Dif SSPi-PM	%	Dif SSPi - PT	%	Dif PM - PT	%	
<b>Transvaccenato</b>	3,23	3,03	2,86	0,20	6,2	0,37	11,5	0,17	5,6	
<b>C18:1n-9c (A. Oleico)</b>	36,19	29,00	27,19	7,19	19,9	9,00	24,9	1,81	6,2	
<b>Vaccenato</b>	0,45	0,38	0,27	0,07	15,6	0,18	40,0	0,11	28,9	
<b>ALC 18:2 cis-9-trans 11 (Rumenico)</b>	2,08	1,35	1,12	0,73	35,10	0,96	46,15	0,23	17,04	
<b>MUFAS</b>	37,52	31,13	29,21	6,39	17,0	8,31	22,1	1,92	6,2	
<b>SFAS</b>	56,72	64,11	66,44	-7,39	-13,0	-9,72	-17,1	-2,33	-3,6	
Época Seca										
	SSPi	PM	PT	Dif SSPi-PM	%	Dif SSPi - PT	%	Dif PM - PT	%	
<b>Transvaccenato</b>	2,60	2,44	2,09	0,16	6,2	0,51	19,6	0,35	14,3	
<b>C18:1n-9c (A. Oleico)</b>	28,47	26,72	26,56	1,75	6,1	1,91	6,7	0,16	0,6	
<b>Vaccenato</b>	0,34	0,35	0,35	-0,01	-2,9	-0,01	-2,9	0,00	0,0	
<b>ALC 18:2 cis-9-trans 11 (Rumenico)</b>	1,64	1,30	1,21	0,34	20,73	0,43	26,22	0,09	6,92	
<b>MUFAS</b>	29,18	29,06	28,96	0,12	0,4	0,22	0,8	0,10	0,3	
<b>SFAS</b>	65,07	66,85	67,39	-1,78	-2,7	-2,32	-3,6	-0,54	-0,8	

SSPi: Sistema Silvopastoril intensivo (tto 3); PM: Pradera Mejorada (tto 2); PT: Pradera Tradicional con gramíneas mejoradas (tto 1). Dfi= Diferencia entre tratamientos. ALC=Acido Linoleico Conjugado; MUFAS= Ácidos Grasos Monoinsaturados; SFAS=Ácidos Grasos Saturados.

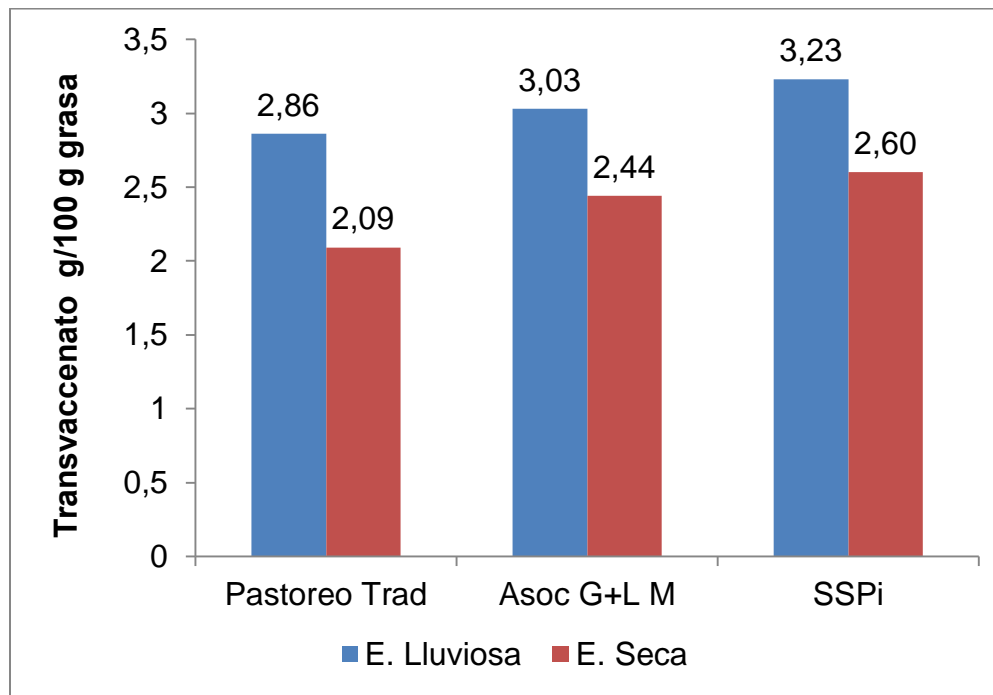
**Gráfico 7. Porcentaje de Ácido Oleico en grasa láctea de vacas de doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



Los resultados obtenidos para los AGPI muestran una diferencia sustancial a favor del SSPi con respecto a la PM y a la PT en las dos épocas. Para el caso del Ácido Transvaccénico, ácido supremamente importante por el ser el mayor AG Trans, hay un aumento en el SSPi de 0,20 g/100 g de grasa que equivale al 6,2% y de 0,37 g/100 g de grasa que equivale al 11,5% con respecto a la PM y a la PT, durante la época de lluvias. Con respecto a la época seca los resultados muestran un aumento importante a favor del SSPi del 6,2% y de 19,6% con respecto a la PM y a la PT (Tabla 20) (Gráfico 8).

La diferencia en el ácido Transvaccénico en la época de lluvias respecto a la época seca en el SSPi fue de 0,63 g/100 g de grasa (19,5%), para la PM fue de 0,59 g/100 g de grasa y para la PT de 0,77 g/100 g de grasa (Tabla 20)

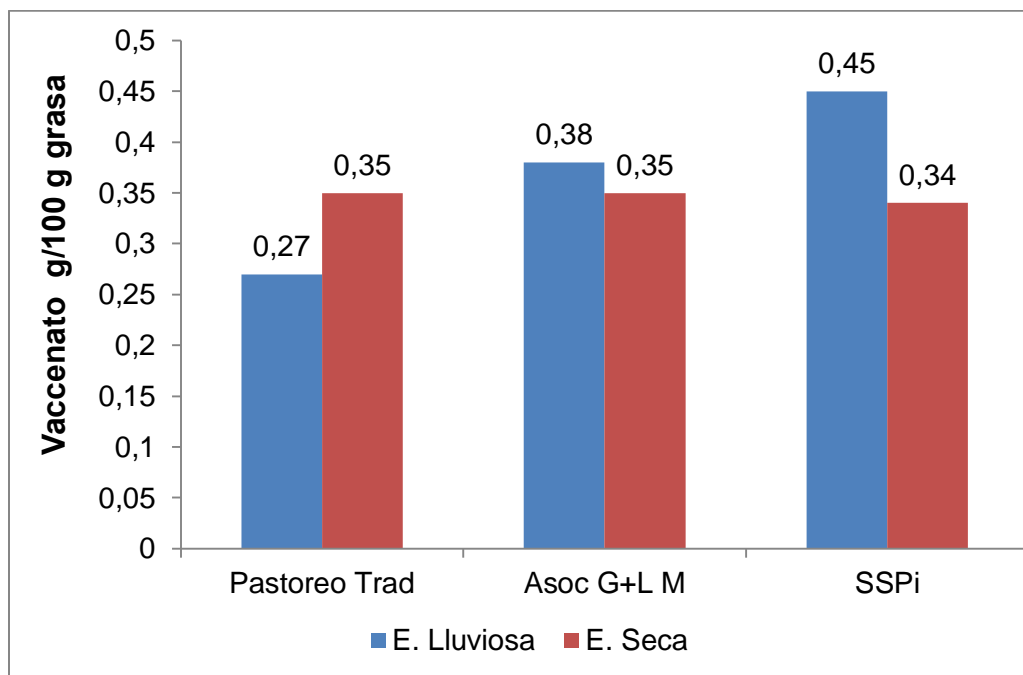
**Gráfico 8. Porcentaje de Ácido Transvaccénico en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



Los resultados obtenidos con respecto al Ácido Vaccénico muestran diferencia considerable a favor del SSPi con respecto a la PM y la PT para la época de lluvias de 15,6% al pasar de 0,38 g/100 g de grasa a 0,45 g/100 g de grasa y del 40% al pasar de 0,27 g/100 g de grasa a 0,45 g/100 g de grasa, correspondientemente. Con respecto a la época seca los resultados del Ácido Vaccénico no muestran diferencia primordial entre SSPi con respecto a la PM y a la PT. Estos resultados son supremamente importantes puesto que el AV hace su bioconversión a CLA en el hombre (Tabla 20) (Gráfico 9).

La evaluación de los resultados para el ácido Vaccénico muestra que aumentó en la ELL respecto a la ES en el SSPi en 0,11 g/100 g de grasa y en la PM en 0,03 g/100 g de grasa. Caso contrario ocurrió en la PT que disminuyó en -0,08 g/100 g de grasa.

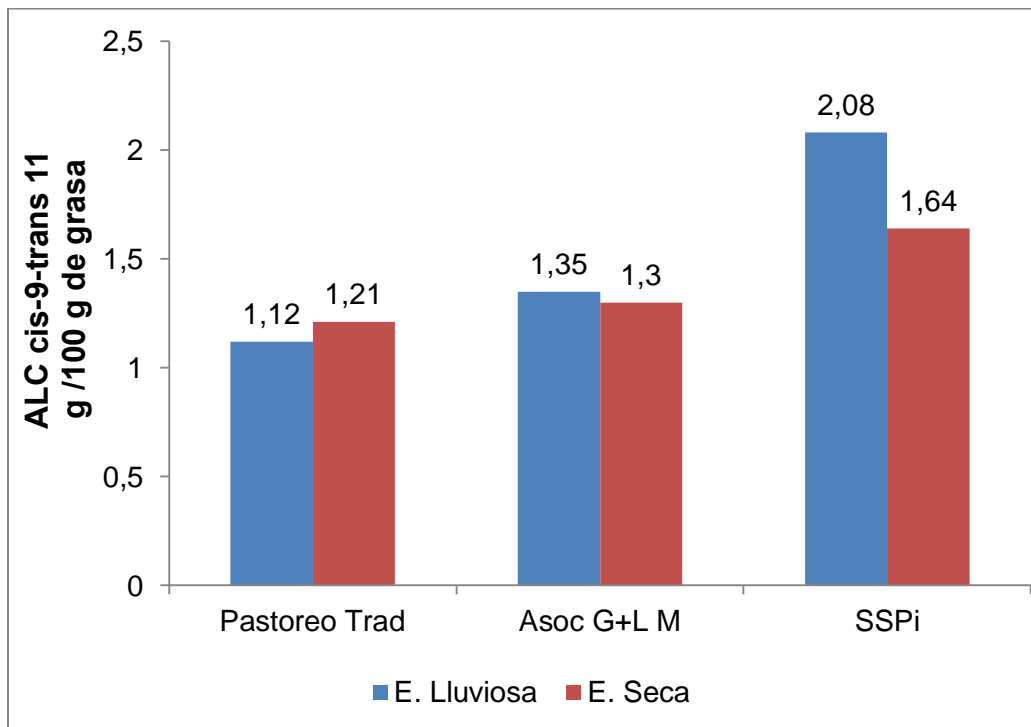
**Gráfico 9. Porcentaje de Ácido Vaccénico en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



Los resultados obtenidos para las concentraciones de Ácido Linoleico Conjugado (ALC 18:2 cis 9-trans 11, Acido Rumenico) para la época de lluvias muestran una tendencia a favor del SSPi con respecto a la PM y frente a la PT del 35,1% que equivale a 0,73 g/100 g de grasa y del 46,2% que equivale a 0,96 g/100 g de grasa, cada uno. Para la época seca los resultados también muestran un aumento sobresaliente para el CLA a favor del SSPi con respecto a la PM y en relación a la PT del 20,7% que equivale a 0,34 g/100 g de grasa y del 26,2% que equivale a 0,43 g/100 g de grasa, respectivamente. Como lo afirma Montero et al, 2011, el pastoreo en sistemas silvopastoriles permite mejorar la concentración de estos ácidos grasos, al provenir directamente de la síntesis en rumen (Tabla 20) (Gráfico 10).

Respecto a la diferencia para CLA en ELL frente a la EP se registró un aumento en el SSPi de 0,44 g/100 g de grasa y en la PM de 0,05 g/100 g de grasa. En la PT hubo disminución de -0,09 g/100 g de grasa.

**Gráfico 10. Porcentaje de Ácido Linoleico Conjugado (CLA) en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

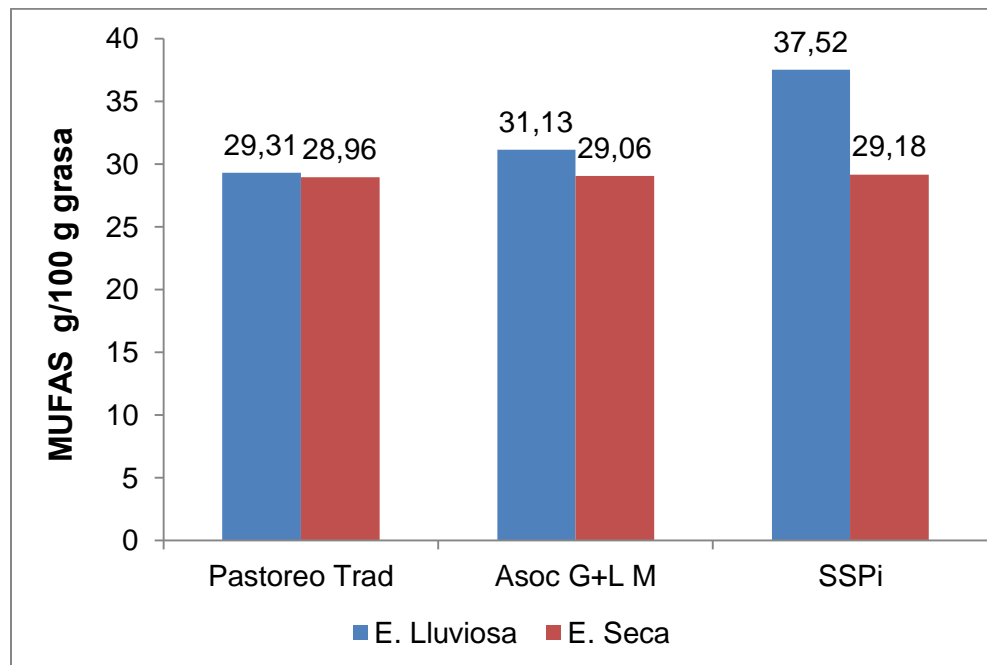


Por último, los resultados muestran una diferencia preponderante e interesante con respecto a los AGPI, MUFAS y SFAS para las dos épocas a favor del SSPi, observando que para la época de lluvias, los AGPI y MUFAS aumentaron más las concentraciones en el SSPi con respecto a la PM y la PT de 17,4%, 26,2% y de 17%, 22,1%; caso contrario ocurrió con los SFAS, los cuales disminuyeron sus concentraciones en el SSPi con respecto a la PM y a la PT de -13% y -17,1%, respectivamente. Para la época seca, los resultados muestran un aumento importante en los AGPI y MUFAS a favor del SSPi con respecto a la PM y la PT de 10,7% y 20,3%; de 0,4% y 0,8%; y una disminución en la SFAS de -2,7% para la primera y -3,6% para la segunda (tabla 20) (Gráfico 11).

Los resultados muestran un aumento interesante en MUFAS en la ELL con respecto a la ES en los tres tratamientos. En el SSPi de 8,34 g/100 g de grasa, para la PM de 2,07 g/100 g de grasa y para la PT en 0,25 g/100 g de grasa. Por el

contrario, hubo una disminución en las SFAS en el SSPi de -8,35 g/100 g de grasa, en la PM de -2,74 g/100 g de grasa y en la PT fue de -0,95 g/100 g de grasa.

**Gráfico 11. Porcentaje de Ácidos Monoinsaturados en grasa láctea de vacas doble propósito en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**



### 5.1.6 Estimación de la Viabilidad Financiera

El análisis financiero de los sistemas donde se incluye el costo de mantenimiento, mano de obra y suplementación de los animales muestra que el costo por vaca día es 33,2% y 87,8% menos en el SSPi frente a la PM y a la PT, como se puede observar en la Tabla 21.

**Tabla 21. Información productiva anual por hectárea en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

SSPi		PM		PT	
UGG/ha	4,86	UGG/ha	3,18	UGG/ha	2,03
Vacunación	\$ 6.804	Vacunación	\$ 4.452	Vacunación	\$ 2.842
Baños	\$ 12.150	Baños	\$ 7.950	Baños	\$ 5.075
Vermifugacion	\$ 7.290	Vermifugacion	\$ 4.770	Vermifugacion	\$ 3.045
Suplemento mineral	\$ 177.390	Suplemento mineral	\$ 116.070	Suplemento mineral	\$ 74.095
M.O/ha/año	\$ 768.690	M.O/ha/año	\$ 768.690	M.O/ha/año	\$ 768.690
Suplemento (silo)	\$ 248.346	Suplemento (silo)	\$ 162.498	Suplemento (silo)	\$ 103.733
<b>Total</b>	<b>\$ 1.220.670</b>	<b>Total</b>	<b>\$ 1.064.430</b>	<b>Total</b>	<b>\$ 957.480</b>
Costo/vaca/día	\$ 688	Costo/vaca/día	\$ 917	Costo/vaca/día	\$ 1.292

La tabla 22 muestra los resultados obtenidos para la productividad anual por hectárea en los tres sistemas. En los resultados se observa un aumento importante en los ingresos/ha/año a favor del SSPi del 52,9% y 74,6 con respecto a la PM y la PT. En la utilidad/vaca/día se obtuvo un aumento significativo a favor del SSPi de \$ 450,18 (28%) y \$ 631,8 (39,3%) con respecto a la PM y a la PT, respectivamente.

**Tabla 22. Ingreso anual por hectárea en tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

SSPi		PM		PT	
UGG/ha	4,86	UGG/ha	3,18	UGG/ha	2,03
L/vaca/día	7,00	L/vaca/día	6,20	L/vaca/día	6,90
L/ha/año	4899	L/ha/año	2839	L/ha/año	2017
Venta leche/ha/año	\$ 3.429.216	Venta leche/ha/año	\$ 1.987.373	Venta leche/ha/año	\$ 1.411.906
Venta terneros	\$ 634.230	Venta terneros	\$ 414.990	Venta terneros	\$ 264.915
<b>Total</b>	<b>\$ 4.068.345</b>	<b>Total</b>	<b>\$ 2.405.202</b>	<b>Total</b>	<b>\$ 1.678.838</b>
Ingreso/ha/año	\$ 2.847.675	Ingreso/ha/año	\$ 1.340.772	Ingreso/ha/año	\$ 721.358
Utilidad/vaca/día	\$ 1.605,32	Utilidad/vaca/día	\$ 1.155,14	Utilidad/vaca/día	\$ 973,56

Los resultados de esta evaluación muestran que en el SSPi la inversión se recupera a partir del tercer año sin ICR y al primer año con ICR, contando el componente arbóreo. Además, su flujo de caja es mayor, constante y va en



aumento cada año con respecto a los otros dos sistemas, como se puede observar en la tabla 23 y 24.

**Tabla 23. Análisis financiero - flujo de caja sin ICR de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi)											
				\$4.370.705			\$4.868.387			\$5.422.739	
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	(\$4.461.500)										
Ingresos	\$ -	\$4.067.514	\$4.216.385	\$ 4.370.705	\$4.530.672	\$ 4.696.495	\$4.868.387	\$ 5.046.570	\$5.231.274	\$5.422.739	\$ 5.621.211
Costos ganadería	\$ -	(\$1.220.670)	\$(1.265.347)	\$(1.311.658)	\$(1.359.665)	\$(1.409.429)	\$(1.461.014)	\$(1.514.487)	\$(1.569.917)	\$(1.627.376)	\$(1.686.938)
Mantenimiento	\$ -	(\$1.160.000)	\$(1.218.000)	\$(1.278.900)	\$(1.342.845)	\$(1.409.987)	\$(1.480.487)	\$(1.554.511)	\$(1.632.236)	\$(1.713.848)	\$(1.799.541)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$4.461.500)</b>	<b>\$1.686.844</b>	<b>\$ 1.733.038</b>	<b>\$ 1.780.146</b>	<b>\$1.828.163</b>	<b>\$ 1.877.079</b>	<b>\$1.926.886</b>	<b>\$ 1.977.572</b>	<b>\$2.029.121</b>	<b>\$2.081.515</b>	<b>\$ 2.134.732</b>

Asociación Pradera Mejorada											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	(\$ 2.174.000)						(\$ 2.174.000)				
Ingresos	\$ -	\$ 2.400.997	\$ 2.486.472	\$ 2.574.991	\$ 2.666.661	\$ 2.761.594	\$ 1.479.110	\$ 2.859.906	\$ 2.961.719	\$ 3.067.156	\$ 3.176.347
Costos ganadería	\$ -	(\$ 1.064.430)	\$(1.102.324)	\$(1.141.566)	\$(1.182.206)	\$(1.224.293)	\$(1.267.878)	\$(1.313.014)	\$(1.359.757)	\$(1.408.165)	\$(1.458.295)
Mantenimiento	\$ -	(\$ 840.000)	\$(882.000)	\$(926.100)	\$(972.405)	\$(1.021.025)	\$(1.072.077)	\$(1.072.077)	\$(1.125.680)	\$(1.181.964)	\$(1.241.063)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$ 2.174.000)</b>	<b>\$ 496.567</b>	<b>\$ 502.149</b>	<b>\$ 507.324</b>	<b>\$ 512.049</b>	<b>\$ 516.276</b>	<b>\$(3.034.844)</b>	<b>\$ 474.816</b>	<b>\$ 476.281</b>	<b>\$ 477.027</b>	<b>\$ 476.989</b>

Pradera Tradicional											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión											
Ingresos	\$ -	\$ 1.680.636	\$1.740.467	\$1.802.427	\$1.866.594	\$1.933.044	\$1.035.339	\$1.072.197	\$1.110.367	\$1.149.896	\$1.190.832
Costos ganadería	\$ -	(\$ 957.480)	\$(991.566)	\$(1.026.866)	\$(1.063.422)	\$(1.101.280)	\$(1.140.486)	\$(1.181.087)	\$(1.223.134)	\$(1.266.677)	\$(1.311.771)
Mantenimiento	\$ -	(\$ 840.000)	\$(882.000)	\$(926.100)	\$(972.405)	\$(1.021.025)	\$(561.564)	\$(589.642)	\$(619.124)	\$(650.080)	\$(682.584)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$ 116.844)</b>	<b>\$(133.100)</b>	<b>\$(150.539)</b>	<b>\$(169.234)</b>	<b>\$(189.261)</b>	<b>\$(666.711)</b>	<b>\$(698.533)</b>	<b>\$(731.891)</b>	<b>\$(766.862)</b>	<b>\$(803.523)</b>	

**Tabla 24. Análisis financiero - flujo de caja con ICR (60%) de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

<b>Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi)</b>											
			\$4.370.705			\$4.868.387			\$5.422.739		
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión		(\$2.676.900)									
Ingresos	\$-	\$4.067.514	\$4.216.385	\$4.370.705	\$4.530.672	\$4.696.495	\$4.868.387	\$5.046.570	\$5.231.274	\$5.422.739	\$5.621.211
Costos ganadería	\$-	(\$1.220.670)	\$(1.265.347)	\$(1.311.658)	\$(1.359.665)	\$(1.409.429)	\$(1.461.014)	\$(1.514.487)	\$(1.569.917)	\$(1.627.376)	\$(1.686.938)
Mantenimiento	\$-	(\$1.160.000)	\$(1.218.000)	\$(1.278.900)	\$(1.342.845)	\$(1.409.987)	\$(1.480.487)	\$(1.554.511)	\$(1.632.236)	\$(1.713.848)	\$(1.799.541)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$2.676.900)</b>	<b>\$1.686.844</b>	<b>\$1.733.038</b>	<b>\$1.780.146</b>	<b>\$1.828.163</b>	<b>\$1.877.079</b>	<b>\$1.926.886</b>	<b>\$1.977.572</b>	<b>\$2.029.121</b>	<b>\$2.081.515</b>	<b>\$2.134.732</b>

<b>Asociación Gramínea + Leguminosa Mejorada</b>											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión		(\$1.304.400)					(\$1.304.400)				
Ingresos	\$-	\$2.400.997	\$2.486.472	\$2.574.991	\$2.666.661	\$2.761.594	\$1.479.110	\$2.859.906	\$2.961.719	\$3.067.156	\$3.176.347
Costos ganadería	\$-	(\$1.064.430)	\$(1.102.324)	\$1.141.566	\$(1.182.206)	\$(1.224.293)	\$(1.267.878)	\$.313.014	\$(1.359.757)	\$1.408.165	\$(1.458.295)
Mantenimiento	\$-	(\$840.000)	\$(882.000)	\$(926.100)	\$(972.405)	\$(1.021.025)	\$(1.072.077)	\$.072.077	\$(1.125.680)	\$1.181.964	\$(1.241.063)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$1.304.400)</b>	<b>\$496.567</b>	<b>\$502.149</b>	<b>\$507.324</b>	<b>\$512.049</b>	<b>\$516.276</b>	<b>\$(2.165.244)</b>	<b>\$474.816</b>	<b>\$476.281</b>	<b>\$477.027</b>	<b>\$476.989</b>

<b>Pastoreo Tradicional</b>											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión											
Ingresos	\$-	\$1.680.636	\$1.740.467	\$1.802.427	\$1.866.594	\$1.933.044	\$1.035.339	\$1.072.197	\$1.110.367	\$1.149.896	\$1.190.832
Costos ganadería	\$-	(\$957.480)	\$(991.566)	\$(1.026.866)	\$(1.063.422)	\$(1.101.280)	\$(1.140.486)	\$(1.181.087)	\$(1.223.134)	\$(1.266.677)	\$(1.311.771)
Mantenimiento	\$-	(\$40.000)	\$(42.000)	\$(44.100)	\$(46.305)	\$(48.620)	\$(26.741)	\$(28.078)	\$(29.482)	\$(30.956)	\$(32.504)
<b>Flujo de Caja</b>		<b>\$683.156</b>	<b>\$706.900</b>	<b>\$731.461</b>	<b>\$756.866</b>	<b>\$783.144</b>	<b>\$(131.888)</b>	<b>\$(136.969)</b>	<b>\$(142.249)</b>	<b>\$(147.738)</b>	<b>\$(153.443)</b>

Los resultados de este trabajo evidencian que los índices financieros del SSPi son superiores con respecto a los otros dos sistemas. El valor presente neto de los recursos invertidos sin ICR, se quintuplican y triplican y con ICR es mucho mayor con respecto a la PM y la PT. El ICR corresponde hasta el 40% del costo de establecimiento del sistema. En cuanto a la TIR sin ICR en el SSPi es del 39% y negativo en los otros dos sistemas. Seguido a esto, la TIR con ICR aumento a

favor del SSPi del 49% con respecto a la PM; en la PT la TIR muestra negatividad de -28% (Tablas 25 y 26).

**Tabla 25. VPN y TIR sin ICR de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Tasa Descuento		12%	10%	7%	4%
<b>Sistema</b>					
<b>SSPi</b>	VPN	\$ 6.040.537	\$ 7.002.139	\$ 8.718.769	\$ 10.852.157
	TIR	39%			
<b>PM</b>	VPN	(\$ 1.159.533)	(\$ 1.121.385)	(\$ 1.050.737)	(\$ 957.147)
	TIR	-8%			
<b>PT</b>	VPN	(\$ 2.024.847)	(\$ 2.282.110)	(\$ 2.752.931)	(\$ 3.354.911)
	TIR	ND			

**Tabla 26. VPN y TIR con ICR (60%) de tres sistemas de pastoreo en el piedemonte llanero del Meta**

Tasa Descuento		12%	10%	7%	4%
<b>Sistema</b>					
<b>SSPi</b>	VPN	\$ 7.833.030	\$ 8.795.368	\$ 10.513.311	\$ 12.648.334
	TIR	65%			
<b>PM</b>	VPN	\$ 154.505	\$ 243.314	\$ 403.189	\$ 605.387
	TIR	16%			
<b>PT</b>	VPN	\$ 2.330.607	\$ 2.245.136	\$ 2.574.436	\$ 2.731.658
	TIR	-28%			

## 5.2 DISCUSION

### 5.2.1 Oferta de nutrientes.

La oferta forrajera del sistema silvopastoril se convierte en una opción importante para la ganadería del piedemonte llanero por su oferta de nutrientes especialmente Proteína, baja FDN y aumento en FDA en época de lluvias en particular durante la época seca. A este respecto, para las dos épocas evaluadas, especialmente la época seca, la arbustiva no leguminosa *T. diversifolia* obtuvo los mayores índices de proteína, demostrando ser una alternativa para la alimentación animal asociada con pasturas y leguminosas en arreglos silvopastoriles para mejorar la productividad de las empresas ganaderas. Además, la producción de FDN en el SSPi fue menor que en los demás tratamientos puesto que altos contenidos de esta fracción limita el consumo de los forrajes en los bovinos (Barahona y Sánchez, 2005). Si analizamos la producción en Kg/ha/época y Kg/ha/año de Proteína se encontró una mayor producción en el componente forrajero del SSPi, aportada por la arbustiva no leguminosa, lo que influye de manera importante en la producción animal y la calidad del suelo.

La oferta forrajera presente en el SSPi, especialmente *T. diversifolia* produjo altos valores de PC que se mantienen en los rangos, son iguales o superiores a los valores reportados por distintos trabajos de investigación, ya sea, *Tithonia diversifolia* sola, asociada o en SSP (Rivera *et al*, 2011; Lezcano *et al*, 2012; Verdecia *et al*, 2011; Vargas, 2004). Estos resultados fueron mayores a lo reportado por Quevedo en el 2014. Estos datos en Proteína son importantes para la degradación de la fibra y fermentación de la MS (Galindo *et al*, 2011), para la síntesis proteica y el metabolismo del nitrógeno (Guada, 1996).

La producción de FDN y FDA obtenida en este trabajo fue menor comparado con los otros dos tratamientos, siendo estos resultados similares a lo reportado por (Quevedo, 2014; Rivera *et al*, 2011; Gualdron y Padilla, 2007; Maya *et al*, 2005).

Estos datos son importantes puesto que a mayor contenido de FDN se limita el consumo de forrajes en bovinos (Barahona y Sánchez, 2005).

La importancia de la interesante producción de FDA de la oferta forrajera en el SSPi radica en su degradabilidad aumentando la disponibilidad de la energía. La condición encontrada en las especies forrajeras presentes en el SSPi sugiere alta degradabilidad lo que podría verse reflejado en el aumento de los parámetros productivos sin condicionar el consumo voluntario (Cherney *et al*, 1991).

### **5.2.2 Oferta de minerales.**

La oferta forrajera presente en este SSPi puede convertirse en un componente fundamental en pastoreo para la alimentación de bovinos puesto que obtuvo mayores rendimientos en P, Ca, K, Mg, Mn, Zn y B y bajos contenidos de Cu y Fe, lo cual puede verse reflejado en un mejoramiento del suelo, en la movilidad de sus componentes, la calidad de la M.O y en el mejoramiento de la calidad de la producción ganadera, coincidiendo con lo expuesto por (Gallego *et al*, 2014; Gualberto *et al*, 2010).

Este trabajo obtuvo mayores contenidos de Ca a lo reportado por Mahecha *et al* en el 2007 con (0,80%) y Chara *et al*, 2015 con (1,96%). Por el contrario obtuvo menores resultados a lo reportado por (Rivera *et al*, 2011) con 2,21%.

Para el caso del P, estos resultados son similares a lo encontrado por (Mahecha *et al*, 2007; Rivera *et al*, 2011; Chara *et al*, 2015) en diferentes zonas agroecológicas.

Un elemento importante en la nutrición de rumiantes para producción de leche es el Fósforo. Es de resaltar las concentraciones de P en la oferta forrajera del SSPi, puesto que el P tiene función en el desarrollo, en el crecimiento celular y además en otras funciones metabólicas y fisiológicas que implican ganancia o pérdida de energía mediante la formación o destrucción de enlaces fosfato que acumulan energía. Además, el P, junto al Ca regulan la presión osmótica y el equilibrio

ácido-básico, la formación de fosfolípidos influyendo en el transporte de ácidos grasos y en la formación de aminoácidos y proteínas (Gueguen, 1978).

La oferta forrajera, sobre todo la arbustiva no leguminosa presente en el SSPi se convierte en componente fundamental en pastoreo para alimentación de animales puesto que obtuvo buenos rendimientos de este mineral, ayudando a su movilidad en el suelo. Por otro lado, en relación con la producción de Ca, K y Mg las mejores respuestas las obtuvo el componente forrajero del SSPi en especial la arbustiva no leguminosa demostrando la importancia de estos sistemas para el mejoramiento del suelo, la movilidad de sus componentes, calidad de la M.O y mejora de la calidad de la producción ganadera.

### **5.2.3 Producción de biomasa, Capacidad de carga (CC) y Materia Seca (MS).**

Los resultados de este trabajo demuestran que los SSP y SSPi son una opción real para aumentar la producción de biomasa forrajera por unidad de área (ha), por época y por año; esto conlleva a obtener más kilogramos de materia seca por hectárea y así aumentar la capacidad de carga animal, la producción y calidad de la leche durante las dos épocas y reducir la variabilidad de la producción durante todo el año.

Los valores encontrados en este trabajo en el SSPi en producción de materia seca son mayores a los reportados por Cárdenas *et al* en el 2012 en un SSP en el piedemonte llanero de Casanare.

Por otro lado, los valores encontrados en este trabajo en la producción de biomasa, MS y CC animal en el SSPi son mayores a los reportados en un trabajo realizado en el piedemonte amazónico de Caquetá por Rivera *et al*, 2011, donde se evaluó un SSP en ramoneo de *Tithonia diversifolia*. En el piedemonte llanero del Meta en SSPi se obtuvo una Capacidad de Carga de 5.5 animales/ha, mientras que en el trabajo en el piedemonte amazónico se reporta una CC de 2,71

animales, con una diferencia de 2,78 animales/ha. De la misma manera, Molina *et al* en el 2006 en un SSPi con *L. leucocephala* comparado con un monocultivo de pastos obtuvieron un incremento en la CC al pasar de 3,3 a 5,5 vacas/ha. Así mismo, son mayores a los resultados reportados por (Alonso *et al*, 2012; González *et al*, 2013; Manuin, 2007).

Este trabajo obtuvo un menor incremento en producción de MS en Kg/ha/año a lo reportado por Nieves *et al*, 2011, quienes obtuvieron 55 toneladas. El valor agregado de esta investigación en el piedemonte llanero fue que se realizó en pastoreo.

Así mismo, este trabajo obtuvo una mayor CC a lo reportado por Urbano *et al*, en el 2006, quienes obtuvieron 4,32 UA/ha en una asociación de *Leucaena*-Estrella y a lo reportado por Dávila *et al*, en el 2000, quienes reportaron haber obtenido 3 UA/ha en la zona sur del lago de Maracaibo.

Esto demuestra un aumento considerable en la producción de biomasa verde disponible y de materia seca por parte del SSPi para las dos épocas del año. Esto permite conseguir mayor capacidad de carga animal, puesto que para el caso de la PT se utilizaron 4 ha y para el SSPi y PM tan solo 1,3 ha cada uno, con el mismo número de animales y ofertando mayor biomasa forrajera. El SSPi evaluado se considera una buena opción para mejorar los sistemas ganaderos de la región porque ofrece forraje de alto valor nutritivo, puesto que mejora la oferta y el balance de nutrientes para los bovinos en condiciones tropicales que el monocultivo de gramíneas tradicional (Rivera *et al*., 2011; Murgueitio *et al*., 2011).

#### **5.2.4 Producción de leche.**

La adopción de sistemas silvopastoriles compuestos por leguminosas y arbustivas forrajeras podría contribuir a mejorar la producción de leche siendo una alternativa viable, debido a que incrementa la producción de leche por animal y por unidad de área, mejora la dieta animal por su mayor aporte de proteína y aumenta la biodiversidad (Urbano *et al*., 2001).

Esto demuestra el gran potencial que tienen los sistemas silvopastoriles intensivos constituidos por especies arbustivas forrajeras promisorias como el Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) que soportan el pastoreo y ramoneo directo, elevando la capacidad de carga por unidad de área al obtenerse mayores producciones de biomasa verde y materia seca por ha lo que aumenta la producción de leche por animal y por unidad de área al obtenerse mayores rendimientos que los sistemas tradicionales de pastoreo con base en el monocultivo de gramíneas, así sean mejoradas.

El SSPi obtuvo niveles superiores en la producción de leche puede ser debido a su mayor y variada oferta forrajera y balance de nutrientes, contrario a lo que sucede con el sistema de pastoreo en monocultivo de gramíneas.

Los resultados arrojan diferencias significativas en producción de leche entre la época de lluvias y la época seca para los tres sistemas o tratamientos a favor del SSPi frente a la PM y la PT. Se destaca el aporte del SSPi para la alimentación de los animales en la época seca puesto que se sostuvo la producción mejorando la productividad. Esto significa que el SSPi puede llegar a estabilizar la producción de leche de manera considerable en la época seca evitando la estacionalidad de la producción, uno de los mayores problemas tecnológicos en el trópico cálido bajo, siendo estos resultados similares a lo encontrado en asociaciones de leguminosas con arbustivas forrajeras en diferentes ambientes para la producción de leche (Ku-Vera *et al*, 2013; Gaviria *et al*, 2012). Además, mejora la capacidad de carga debido a la mayor producción de biomasa verde disponible y de materia seca. Resultados similares se encontraron al analizar una asociación de *L. leucocephala* y *P. maximum* para la producción de leche (Sánchez, 2007).

En Venezuela, Urbano *et al* en 2006 en un sistema silvopastoril asociando *C. pleistostachyus* + *L. leucocephala* y pasto estrella en monocultivo encontraron una productividad láctea de 12,519.8 l/ha/año para la asociación y 7,831.4 l/año/año



para la gramínea en monocultivo. Así mismo, similares a lo reportado por (Molina *et al*, 2015; Uribe *et al*, 2011; Solorio y Xóchitl, 2011).

Además, Dávila *et al* en el 2005 en la zona sur del Lago de Maracaibo, Venezuela, encontraron producciones de leche para pasturas asociadas a *L. leucocephala* de 8106 Kg/ha/año y 2427 Kg/ha/año para gramíneas sin fertilizar en manejo tradicional de monocultivo.

Los resultados obtenidos en este trabajo en el SSPi muestran mayor producción de leche a la reportada en investigaciones realizadas en el piedemonte caqueteño por Rivera *et al*, 2011 quienes obtuvieron 4,92 Kg/vaca/día y 5615 Kg/ha/año en un SSPi con botón de oro.

Por el contrario, estos resultados en producción de leche en Kg/animal/día son muy inferiores a los obtenidos en un SSP con *L. leucocephala* en una zona del alto Magdalena por Vanegas *et al* en el 2012 debido a mayor área de siembra y algunas diferencias en su calidad nutricional.

Esta investigación demuestra la conveniencia de implementar SSPi con *T. diversifolia* en pastoreo puesto que ayuda a la sostenibilidad de la producción de leche, concordando con lo expuesto por (Gallego *et al*, 2014; Maina *et al*, 2012; Gualberto *et al*, 2010) quienes sostienen que los SSP pueden llegar a mejorar los sistemas ganaderos en el trópico.

### **5.2.5 Calidad de la leche.**

Este trabajo demuestra las ventajas y la conveniencia de implementar alternativas de alimentación con base en sistemas silvopastoriles intensivos, para este caso con *Tithonia diversifolia*, asociada con gramíneas y leguminosas seleccionadas que permitan mejores rendimientos en lechería, aumento de forraje verde, mayor producción de biomasa y materia seca por unidad de área, aumento de la capacidad de carga y por época del año. Además, con la implementación de los

sistemas silvopastoriles se logra tener forraje fresco y disponible, manteniendo rendimientos importantes en la época seca.

Además, este trabajo demostró la importancia de establecer SSP y SSPi al mejorar las fracciones Grasa, SNG, ST, Proteína y Lactosa en leche en g/animal/día, por hectárea por época y hectárea año en vacas doble propósito con respecto a asociaciones de gramíneas y leguminosas mejoradas y monocultivo de gramíneas mejoradas.

Esta investigación obtuvo mayores resultados en Grasa (3,48%), y Proteína (3,39%), así mismo, resultados similares para SNG (8,81%) y ST (12,27%) a lo reportado por Rivera *et al* en el 2011 en un trabajo realizado en un SSPi con *T. diversifolia* en el piedemonte caqueteño.

Los porcentajes de grasa, ST, proteína y lactosa en la PM y en el PT no sobrepasaron los encontrados en el SSPi pero igualaron a la fracción SNG en la época de lluvias, fracción más variable dentro de la leche y es al mismo tiempo el componente que más cambios sufre por efectos genéticos, fisiológicos y nutricionales, como lo reporta Sutton (1989).

En cuanto al aumento en la calidad composicional de la leche se obtuvieron resultados similares a los reportados en estudios para grasa y proteína (Urbano *et al*, 2006; Hernández y Ponce, 2004), sólidos no grasos y sólidos totales (Hernández y Ponce, 2004) bajo oferta forrajera variada en sistemas silvopastoriles como lo reportado en este trabajo.

Este trabajo obtuvo mayores resultados para G y Proteína a lo reportado por Quevedo, 2014 en una asociación de pasto estrella y botón de oro en el Valle del Cauca, Colombia.

Estos resultados fueron mayores en Proteína a lo reportado por Chara *et al*, 2015 quienes obtuvieron (2,94%) y similares en G y SNG en vacas Holstein X Jersey donde se suministró botón de oro fresco.

Desafortunadamente son nulos los trabajos publicados, donde se evalúe la calidad de la leche en un SSPi integrando botón de oro en pastoreo, y donde se contrasten las dos épocas, ante esto, este trabajo se convierte en referencia para próximos estudios en piedemonte llanero y zonas agroecológicas similares.

### **5.2.6 Ácidos grasos.**

El proyecto de investigación desarrollado aporta al conocimiento al mostrar que la adopción de SSPi en la zona del piedemonte llanero del Meta mejora la calidad de la leche al aumentar las fracciones de ácidos grasos y reduce los ácidos grasos saturados que son perjudiciales para la salud humana.

A partir de estos resultados se puede resaltar la importancia de reconvertir los sistemas de producción ganadera tradicional con base en el establecimiento de SSP y SSPi, para este caso en asociación con *Tithonia diversifolia*, generando productos más saludables para la salud humana, gracias a la diversificación y mejoramiento de la oferta y la calidad forrajera. Los SSPi mejoran sustancialmente la calidad de los ácidos grasos de la grasa láctea porque los animales tienen a su disposición material forrajero diverso en pastoreo, tanto en gramíneas, leguminosas y no leguminosas, esto concuerda por lo expuesto por Palladino et Al en el 2009; Lourenco et Al, 2008; Collomb et Al, 2006; Collomb et al, 2002.

Las principales fuentes de síntesis de CLA son el ácido Linoleico y Linolenico, cuyos niveles son más altos en los forrajes frescos (Elgersma *et al*, 2004). Así mismo, entre los factores que afectan la composición de los ácidos grasos en grasa láctea se encuentra la época del año (Lock y Bauman, 2003) y la raza del animal (White *et al*, 2001), que pueden presentar diferencias importantes en el contenido de CLA en leche aún bajo las mismas condiciones de manejo y la mayoría de autores coinciden en que el factor más importante de variación es la dieta animal (Bauman *et al*, 2001). Se reporta un mayor contenido de CLA cuando la vaca consume más forraje fresco que conservado (Elgersma *et al*, 2004), unos

altos niveles con forraje verde (Kay *et al*, 2004) y en pastoreo (Kelly *et al*, 1998), y son menores con ensilado (Dewhurst *et al*, 2003).

Los sistemas basados en pastoreo, incluyendo los SSP y SSPi, han mostrado tener un gran potencial para la producción de leche con altas concentraciones de ácido Rumenico (Dhiman *et al*, 1999a; Elgersma *et al*, 2003b; White *et al*, 2001).

Haciendo énfasis en la importancia de lo anterior, el ácido ruménico (CLA *cis*-9, *trans*-11) es el isómero en mayor proporción en la grasa láctea, y representa del 75% al 90% de los CLA totales (Bauman *et al*, 2003<sup>a</sup>). El ácido ruménico encontrado en la grasa láctea es básicamente un producto de la síntesis endógena por la acción de la enzima alfa 9 desaturasa en la glándula mamaria, que utiliza como substrato al ácido Vaccenico (*trans*-11 C18:1) producido en el rumen como resultado de la biohidrogenación incompleta de los ácidos grasos linoleico y Linolenico (Bauman *et al*, 2003b; Kay *et al*, 2004).

Villar *et Al* en el 2010 sugieren que la calidad de la leche en explotaciones ecológicas presentan un perfil de ácidos grasos más cardiosaludable que otras explotaciones extensivas y con base a concentrado.

Villar *et Al*, en el 2010 en un estudio en explotaciones ecológicas frente a explotaciones con manejo convencional encontraron que el contenido de CLA fue claramente superior a favor de las explotaciones ecológicas que en las explotaciones convencionales al obtenerse 1,25% de CLA en grasa y 0,93% en grasa, respectivamente.

Este estudio arrojó resultados importantes en cuanto a la producción de CLA con referencia a la época del año similares a lo manifestado por De La Fuente *et Al*, en el 2009 quienes encontraron incrementos del 44% en lluvias con referencia a la época seca. Así mismo, similares a los reportados por Chilliard *et Al*, en el 2003 en vacas, ovejas y cabras.

Por otro lado, investigaciones en SSPi sobre la fracción grasa láctea resaltan los altos valores encontrados en ácidos grasos poli-insaturados con el CLA (Mahecha *et al*, 2008)

El aporte de CLA es importante puesto que este podría tener efectos benéficos en la salud humana en la disminución de riesgo de algunas enfermedades cardiovasculares, tal como lo referencian (Schmitt, 2010; Haug *et al*, 2007; Dewhurst *et al*, 2006; Dhiman *et al*, 2005; Palmquist *et al*, 2005; Hu and Willett, 2002; Eynard y López, 2003, citado por Mahecha *et al*, 2007; Belury, 2002; Corl *et al*, 2001; Aro *et al*, 2000; O'Shea *et al*, 2000; It *et al*, 1999; Li *et al*, 1999; Hayek *et al*, 1999.

La adecuación e implementación de SSPi debe convertirse en una opción real para los ganaderos del piedemonte llanero si se quiere mejorar la calidad de la leche en especial las fracciones de ácidos grasos poli-insaturados especialmente el Ácido Linoleico Conjugado (CLA), puesto que mejoraría sus ingresos al obtenerse un producto mucho más saludable. Esto depende de si se motiva al productor lechero para pagarle por calidad y no por volumen. Además de esto, la disminución de la producción y la calidad de la leche se reducen durante la época seca, la más crítica cuando disminuyen ostensiblemente la calidad de las pasturas en monocultivo, siendo estos sistemas perdurables en el tiempo, produciendo buena cantidad de biomasa verde y materia seca por hectárea, así como también, manteniendo sus compuestos nutricionales en proporciones aceptables para que los animales los conviertan en productos mercadeables o comercializables.

La implementación de SSP y asociaciones de leguminosas con gramíneas en pastoreo para mejorar el perfil de ácidos grasos en leche bovina ha sido poco estudiado, lo que significa que se deben realizar más estudios sobre estos sistemas y su beneficio en la calidad de la leche.

### **5.2.7 Viabilidad financiera.**

Una de los principales dificultades que se presentan en los sistemas ganaderos tradicionales es la degradación de las pasturas lo que causa una disminución en la oferta de forraje (Holmann *et al*, 2004) causando insostenibilidad del sistema a mediano y largo plazo (Muchagata y Brown, 2003) generando una reducción en la productividad de los forrajes y en consecuencia baja eficiencia económica y financiera.

Evaluaciones económicas y financieras en diferentes prácticas alimentarias, demuestran los beneficios financieros derivados del uso de leguminosas forrajeras, arbustos no leguminosos, pasturas mejoradas y sistemas silvopastoriles (Jansen *et al.*, 1997; Alonzo, 2000; Holguin, 2005).

Este trabajo genera información importante a nivel económico y financiero para la planeación de las áreas para pastoreo dándole un uso eficiente al suelo. Los sistemas silvopastoriles ayudan a reducir los costos de producción y aumentan los ingresos, puesto que se puede aumentar la capacidad de carga animal al disponer de mayor producción de la biomasa forrajera. Esto significa aumentar la producción de leche y mayores ingresos por calidad composicional de la leche. También demuestra un aumento y fluidez en el flujo de caja (VPN) y en la TIR, aun sin contar con los beneficios de ICR.

Una opción que contribuye a elevar la productividad y rentabilidad de las empresas pecuarias en el trópico, tiene que ver con las innovaciones que en la alimentación y manejo del ganado se están dando, mediante los diferentes tipos de sistemas silvopastoriles, los que han demostrado tener resultados económicos y financieros más satisfactorios que los sistemas tradicionales actuales (Gonzales, 2013).

## 6 CONCLUSIONES

- Se encontró que los sistemas silvopastoriles intensivos en arreglos con *T. diversifolia*, gramíneas y leguminosas mejoradas ofertan mejor calidad nutricional que praderas asociadas con gramíneas y leguminosas mejoradas y praderas en monocultivo de gramíneas en las dos épocas en una zona del piedemonte llanero del Meta.
- Se demostró que los SSPi en arreglos con Botón de oro, gramíneas y leguminosas seleccionadas generan mayor producción de leche y mejoran la calidad composicional de la leche en una zona del piedemonte llanero del Meta.
- Se determinó que a mayor diversidad en la oferta forrajera en el SSPi se obtiene más biomasa forrajera, materia seca y se aumenta la capacidad de carga por unidad de área, por época y por año frente a sistemas asociados de gramíneas con leguminosas mejoradas y praderas en monocultivo de gramíneas aumentando los parámetros productivos de los animales en una zona representativa del piedemonte llanero del Meta.
- El SSPi tuvo un efecto positivo en la producción de leche con referencia a los otros dos sistemas, tanto la producción/animal/día, producción/hectárea/época y producción/ha/año, en las dos épocas, generando mayores ingresos al productor.
- Se concluye que El SSPi tiene un efecto positivo sobre la composición de la leche con respecto a los otros dos sistemas, esto podría generar mayor ingreso al ganadero si obtuviera un precio diferencial por calidad en los sólidos totales.

- El análisis de los sistemas evaluados determinó que el SSPi es el de mejor viabilidad financiera porque genera mayores ingresos por la venta de sus productos, aumenta el flujo de caja a través del tiempo y su TIR es mayor, generando mayores ingresos netos para el productor.



## 7 RECOMENDACIONES

- Se requieren más estudios que corroboren y amplíen los resultados obtenidos en la producción y calidad composicional de la leche en SSPi, haciendo énfasis en los perfiles lipídicos en grasa láctea en doble propósito puesto que este es un arreglo pionero en el piedemonte llanero del Meta.
- Se resalta la necesidad de estudiar la calidad composicional de la leche en SSPi teniendo en cuenta la higiene en el proceso de ordeño, la sanidad animal, la cadena de frío y el procesamiento del producto y subproductos.
- Este trabajo deja un precedente para nuevos estudios sobre la dinámica del P en SSP y SSPi, especialmente con *T. diversifolia* y su influencia en la movilidad de este mineral en suelos ácidos con alto contenido de Hierro y Aluminio, como son la mayoría de los suelos del piedemonte llanero.
- Se recomienda la necesidad de analizar a fondo los SSPi desde una visión más sistémica y holística, y de manera regional, nacional y global.
- Se recomienda generar políticas agroganaderas y ambientales que ayuden a acelerar la reconversión de la ganadería con base en SSP y SSPi.
- Con base en lo anterior, se deben generar políticas serias para el pago de bonificaciones por mejoramiento en la calidad composicional de la leche, así como también pagos por servicios ambientales.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Alonso j, Ruiz T, Achang G, Santos LD y Sampaio RA. 2012. Producción de biomasa y comportamiento animal en pastoreo con *Tithonia diversifolia* a diferentes distancias de plantación. Livestock Research por Rural Development. Volumen 24, Article # 160.
- Alonzo, YM. 2000. Potential of silvopastoril systems for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
- Anderson S y Wadsworth J. 1995. Procceding of the international workshp on dual purpose cattle production research. Mérida: international foundation for science. Anderson y Wadsworth editors. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Ankom. 2005. In Vitro true digestibility using the DAISY incubator. Ankom Inc. Macedon, NY, USA.
- AOAC. 1990. Oficial methods of analisis. 15° Ed. Association of oficial Agricultural Chemistry. Washington, D.C., USA. 500p.
- Argel P, Giraldo G, Peters M y Lascano CE. 2002. Producción artesanal de semillas de pasto Toledo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 10 p.
- Aro A, Mannisto S, Salminen I, Ovaskainen ML, Kataja VO, Uusitupa M. 2000. Inverse association between dietary and serum conjugated linoleic acid and risk of breast cancer in postmenopausal women. Nutr Canc; 38:151-157.
- Barahona R y Sánchez S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista Corpoica 6 (1): 69-82.
- Bauman DE, Corl BA, Baumgard HH and Griinari JM. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. In: Garnsworthy PC, Wisenab J

- editors. Recent advances in animal nutrition. Nottingham, UK: Nottingham University Press. 221-250.
- Bauman DE, Corl BA and Peterson D G. 2003a. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. En: Advances in conjugated linoleic acid research. vol 2. AOCS press, Champaign, IL. 2003a. p. 146-173
  - Bauman DE, Perfield II JW, De Veth MJ and Lock AL. 2003b. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. Proc Cornell Nutr Conf; p. 175-189.
  - Belalcazar DJ, Lemus LH y Durán CV. 1995. Especies forrajeras tropicales de interés para pasturas en suelos ácidos de Colombia. Cali, CIAT.
  - Belury MA. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of action. Annual Rev Nutr. 22:505-531.
  - Calle Z y Murgueitio E. 2008. El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. Revista Carta Fedegan, 108: 54-63.
  - Calle Z, Murgueitio E y Cuartas C. 2008. Acacia forrajera *Leucaena leucocephala*: intensificación ganadera por la vía natural. Revista Carta Fedegan 105: 80-86.
  - Calle Z, Murgueitio E y Chara J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. Fundación CIPVA. Cali, Colombia. Unasylva 239. Vol 63. 2012/1.
  - Cárdenas E, Bustamante AM, Espitia JE y Páez A. 2012. Productividad en materia seca y captura de carbono en un sistema silvopastoril y un sistema tradicional en cinco fincas ganaderas del piedemonte llanero de Casanare. Rev. Med. Vet. N° 24. 51-57 p.
  - Castro CRT y Paciullo DSC. 2006. Boas practicas para e implatacão do sistemas silvopastoris. Comunicado técnico 50. EMBRAPA: Juiz de Fora. 6 p.
  - Chacón, CA. 2005. Evaluación de pasturas de *Brachiaria humidicola* sola y en asociación con *Desmodium ovalifolium* en sistemas de pastoreo rotativo

al norte del Estado Táchira. IX Seminario de Pastos y Forrajes. AVPA, Venezuela. p. 138.

- Chara J, Murgueitio E y Barahona R. 2015. Los sistemas silvopastoriles intensivos como herramienta de producción sostenible y mitigación del cambio climático. CIPAV.
- Chará JD, Murgueitio E, Zuluaga A and Giraldo C. 2011. Ganadería colombiana sostenible. Mainstreaming biodiversity in sustainable cattle ranching. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 158 p.
- Cherney JH, Cherney DJR, Akin DE and Axtell JD. 1991. Potencial of brown-midrib, low lignin mutants for improving forage quality. *Advances in Agronomy*, 46, p. 157-198.
- Chilliard Y, Ferlay A, Raquel J and Lamberet G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, V, 86, p. 1751-1770.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Editor José M Toledo. 155p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1994. Manejo y utilización de pasturas en suelos ácidos de Colombia. En: Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de pastos. CIAT-NESTLE-Banco Ganadero. Cali, Colombia. 86p.
- Clair H, AR. 1983. Producción animal de *Brachiaria decumbens* sola y con pastoreo complementario de *Pueraria phaseoloides* en los Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 76 p.
- Cochran WG and Cox GM. 1957. Cross-Over Desing. *Experimental Desings*. pp. 127-131
- Collomb M, Schmid A, Sieber R, Wechsler D and Ryhanen EL. 2006. Conjugated linoleic acid in milk fat: Variation and physiological effects. *J Dairy Sci*; 16: 1347-1361.

- Collomb M, Bütikofer U, Sierber R, Jeangros B, Bosset JO. 2002. Correlation between fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int Dairy J*; 12:661-666.
- Corl BA, Baumgard LH, Lance H, Dwyer DA, Griinari JM, Phillips BS and Bauman DE. 2001. The role of 9 desaturase in the production of cis-9 trans-11 CLA. *J Nutr Biochem*; 12:622-630.
- Carmona JC, Bolívar D y Giraldo, LA. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev Col Cienc Pec*, 18 (1), 49-63.
- Corporación Colombia Internacional (CCI) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR). 2009, 2010. Caracterización de la producción de leche en Colombia. 1° ed. Bogotá. 125 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2007. Fundamentos biofísicos y socioeconómicos para la formulación de propuestas productivas para la Orinoquia alta colombiana. Convenio MADR – Corpoica. Villavicencio, Meta. Colombia. 205 p.
- Cortes JA, Cotes A, Cotes JM. 2012. Características estructurales del sistema de producción con bovinos doble propósito en el trópico húmedo colombiano. *Rev Colomb Pecu*; 25:229-239.
- Crowder IV, Chaverra H y Lotero J. 1970. Productive improved grasses in Colombia. XI International Grasses Congress. Australian Proceedings. 147-149.
- Dávila, C.; Urbano, U. y Moreno, P. 2005. Producción de leche según el tipo de leguminosa arbórea asociada y el nivel de concentrado, en el trópico húmedo. *BIOTAM. Nueva Serie. Edición Especial Tomo I*. P: 677-68.
- Dávila C, Urbano D y Moreno P. 2005. Experiencias y perspectivas con *Leucaena* en el sur del Lago de Maracaibo. *In: Taller sobre pastos y forrajes, enfermedades metabólicas del ganado bovino*. Asodegaa, El Vigía. pp 1-7.

- De La Fuente, L.F., E. Barbosa, J.A. Carriedo, C. Gonzalo, R. Arenas, J.M. Fresno and F. San Primitivo. 2009. Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *Journal of Dairy Science* 92: 3791-3799.
- De Oliveira PSR, Gualberto R, De Souza Junior OF, Braccialli CD y Costa NR. 2007. Produção e Qualidade de *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) Gray em Função de Espaçamentos e Estádios de Desenvolvimento da Planta, para Uso Potencial como Adubo Verde. *UNIMAR CIÊNCIAS* 16 (1-2)
- Dewhurst RJ, Shingfield KJ, Lee MRF and Scollan ND. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Canadian Journal of Animal Feed Science and Technology*, 131: 168-206.
- Dewhurst RJ, Scollan ND and Lee MRF. 2003. Foarge breeding and management to increase the beneficial fatty acid content of ruminant products. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62: 329-336.
- Dhiman TR, Nam S and Ure AL. 2005. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical review in Food Science and Nutrition*, 45: 463-482.
- Dhiman TR, Anand GR, Satter LD and Pariza MW. 1999a. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J Dairy Sci*; 82:2146–2156.
- Ekeocha AH and Fakolade PO. 2012. Effect of graded levels of Mexican sunflower leaf (*Tithonia diversifolia*) meal on the feed intake of ewe during the entire gestation period of 150 days. *Scientific Journal of Animal Science*. 1 (3): 107-118.
- Elgersma A, Ellen G, Van Der Horst H, Boer H and Dekker PR. 2004. Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Anim Feed Sci Technol*; 117: 13-27.
- Elgersma A, Tamminga S and Ellen G. 2003b. Effect of grazing versus stall-feeding of cut grass on milk fatty acid composition of dairy cows.

- Proceedings of the International Occupational Symposium of the European Grassland Federation, Pleven, Bulgaria. *Grassland Sci Eur*; 8: 271–274.
- EMBRAPA. 1999. Redução dos impactos ambientais da pecuária de corte no Acre. Rio Branco: Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre. 2p.
  - Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR. 2010. Documento: Oferta agropecuaria cifras 2010.
  - Enríquez QFJ, Meléndez NF y Bolaños AED. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales de México. INIFAP. Libro Técnico No. 7. 261p.
  - Eynard AR and Lopez CB. 2003. Conjugated linoleic acid (CLA) versus saturated fats/cholesterol: their ratios in fatty and lean meats may be involved in the risk for colon cancer. *Lipids Health Disease*. 2(1): 1 – 5.
  - Federación Colombiana de ganaderos – FEDEGAN. Oficina de Investigaciones Económicas. 2010-2011. La ganadería colombiana y las cadenas láctea y cárnica. Cifras de referencia.
  - Federación Colombiana de Ganaderos – FEDEGAN. 2007. Plan estratégico de la ganadería colombiana PEGA – 2019.
  - Fasuyi AO, Dairo FAS and Ibitayo FJ. 2010. Ensiling wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves with sugar cane molasses. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 22, articles # 42. Retrieved December. <http://www.lrrd.org/lrrd22/3/fasu22042.htm>
  - Galindo J, González A, Sosa T, Ruiz V, Torres A, Aldana H, Díaz O, Moreira L y Noda A. 2011. Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemls) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanogenos ruminales en condiciones *in vitro*. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 45:33-37.
  - Galindo J, González I, Scull Y, Marrero A, Sosa A, Aldana O, Moreira D, Delgado T, Ruiz G y Achang O. 2012. Efecto de *Samanea saman* (Jacq) Merr, *Albizia lebbek* (L.) Benth y *Tithonia diversifolia* (hemsl) Gray (material

- vegetal 23) en la población de metanógenos y en la ecología microbiana ruminal. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 46:273-278.
- Gallego-Castro LA, Mahecha-Ledesma L y Angulo-Arizala J. 2014. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* (hemsl) Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403
  - García DE, Medina MG, Cova LJ, Soca M, Pizzani P, Baldizan A, Domínguez CE. 2008. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(3):191-196.
  - Gaviria X, Sossa CP, Montoya C, Chara J, Lopera JJ, Córdoba CP, Barahona R. 2012. Producción de carne bovina en sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico bajo colombiano. VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para la Producción Animal Sostenible, Belén, Brasil.
  - Giraldo C, Escobar F, Chara J y Calle Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect conservation and diversity*, 4: 115-122. Doi: 10.1111/j.1752-4598.2010.00112x.
  - Giraldo V, LA. 1999. Potencial de la arbórea Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
  - Goering HK and Van Soest PJ. 1970. *Forage Fiber Analyses Apparatus, Procedures and Some Applications*. Agric. Handbook No 379. ARS-USDA, Washintong, D.C.
  - González D, Ruiz T, Díaz H. 2013. Sección del tallo y forma de plantación: su efecto en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*. *Rev Cubana Cienc Agri.* 47, 425-429.
  - González JM. 2013. Costos y beneficios de un sistemas silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en



- el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México). Avances en Investigación Agropecuaria. AIA, 17(3): 35-50.
- Guada JA. 1996. Características del sistema de Cornell como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. In XII curso de especialización FEDNA (p.19). Madrid.
  - Gualberto R, Souza Junior OF, Costa NR, Braccialli CD y Aparecido Gaion L. 2010. Influencia do espacamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (hems) Gray. *Nucleus*, 8(1), 241-256.
  - Gualdrón CE y Padilla Charry CE. 2007. Producción y calidad de leche en vacas holstein en dos arreglos silvopastoriles de *Acacia decurrens* y *Alnus acuminata* asociadas con *Pennisetum clandestinum*. Universidad de la Salle.
  - Gueguen L. 1978. Minéraux: éléments minéraux majeurs. In alimentation des ruminants. INRA. Pub. Versailles. 129-142 p.
  - Hartmann H and Kester D. 1995. Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial Continental. Ciudad de México, México. 760 p.
  - Haug A, Hostmark AT and Harstad OM. 2007. Bovine milk in human nutrition (Review). *Lipids in health and disease. BioMed Central*, 6: 1-16.
  - Hayek MG, Han SN, Wu D, Watkins BA, Meydani M, Dorsey JL, Smith DE, Meydani SN. 1999. Dietary conjugated linoleic acid influences the immune response of young and old C57BL/6NCrIBR mice. *J Nutr*;129:32-38.
  - Hernández, R. y Ponce, P. 2004. Efecto del silvopastoreo como sistema sostenible de explotación bovina sobre la composición de la leche. *Livestock Research for Rural Development*, Vol. 16, Art. #43. Retrieved. En: <http://www.lrrd.org/lrrd16/6/hern16043.htm>
  - Holdridge LR. 1967. Life zone ecology. 1° ed. San José de Costa Rica: Tropical Science Center.
  - Holguín, V; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de

- Ecosistemas. Managua, Nicaragua, INPASA. 23 p. (Serie Cuadernos de Campo).
- Holguín V. 2005. Análisis comparativo y evaluación financiera de modelos de manejo nutricional en fincas de ganado de doble propósito en la zona del pacífico central de Costa Rica. Tesis M.Sc Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Nutrición Animal; Universidad de Costa Rica. San José de Costa Rica. 96 p
  - Holmann F, Rivas L, Argel P y Pérez E. 2004. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Documento de Trabajo No. 197
  - Hu FB and Willett WC. 2002. Optimal Diets for Prevention of Coronary Heart Disease. *Journal of the American Medical Association* 288: 2569 – 78.
  - Hui H, Tnag G, Go VLW. 2009. Hypoglycemic herbs and their action mechanism. *Chinese Med*, v 4, n 1, p. 11-21.
  - Ibrahim M y Mora J. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios. En: Memorias de la conferencia electrónica “Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales”. Eds. M. Ibrahim, J. Mora, M. Rosales). CATIE. Turrialba, Costa Rica. P 10.
  - Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. 2010. Censo campaña antiaftosa. II ciclo. Bogotá.
  - Ip MM, Masso-welch PA, Shoemaker SF, Shea-eaton WK. 1999. Conjugated linoleic acid inhibits proliferation and induces apoptosis of normal rat mammary epithelial cells in primary culture. *Exp Cell Res*; 250:22-34.
  - Jamioy O, DD. 2011. Tesis de Maestría: Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

- Jansen, H; Nieuwenhuysen, A; Ibrahim, M; Abarca. 1997. Evaluación económica de la incorporación de leguminosas en pasturas mejoradas, comparada con sistemas tradicionales de alimentación en la zona atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 4(15):9-13.
- Kay JK, Mackle TR, Auldred M.J, Thompson NA and Bauman DE. 2004. Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J Dairy Sci*; 87:369-378.
- Keller-Grein G, Maass BL y Hanson J. 1998. Variación natural en *Brachiaria* y bancos de germoplasma existentes. p 18-39. En: JE Miles, BL Maass y CB do Valle (eds). *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT, CNPGC/EMBRAPA. Cali, Colombia. Campo Grande Brasil.
- Kelly ML, Berry JR, Dwyer DA, Griinari JM and Chouinard PY. 1998. Dietary fatty acids sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J Nutrition*; 128:881-885.b
- Ku-Vera JC, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Briceño-Poot EG, Ruiz-González A, Piñeiro-Vásquez AT, Barros-Rodríguez M, Soto-Aguilar A, Espinosa-Hernández JC, Albores-Moreno S, Chay-Canul AJ, Aguilar-Pérez CF y Ramirez-Aviles M. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminants rations. En: *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Sci. Publishers. New York. USA. pp 59-76.
- La O.O, González H, Orozco A, Castillo Y, Estrada A, Ríos F, Gutiérrez E, Bernal H, Valenciaga D, Castro B, Hernández Y. 2012. Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y su digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Numero 1.
- Lascano C, Pérez R, Plazas C, Medrano J, Pérez O, y Ángel P. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110): Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. CIAT. Corpoica. Villavicencio. Meta. Colombia. 28 p.

- Lascano CE, Ávila P y Ramírez G. 1996. Aspectos metodológicos en la evaluación de pasturas en fincas con ganado doble propósito. *Pasturas Tropicales* 18 (3): 65-70.
- Lezcano Y, Soca M, Ojeda F, Roque E, Fontes D, Montejo L, Santana H, Martínez J y Cubillas N. 2012. Bromatological characterization of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in two of its physiological cycle. *Pastos y forrajes*, Vol. 35, No 3, Julio Septiembre. 275-282.
- Li Y, Seibert MF, Ney DM, Grahn M, Grant AL, Allen AL, Watkins B. 1999. Dietary conjugated linoleic acids alter serum IGF-I and IGF binding protein concentrations and reduce bone formation in rats fed (n-6) or (n-3) fatty acids. *J Bone Miner Res*; 14:1153-1162.
- Lock AL and Bauman DE. 2003. Dairy product and milk fatty acids as functional food components. *Cornell Nutrition Conference*, 159-173
- López O, Montejo IL y Lamela L. 2012. Evaluation of the potencial nutritional of four forage plants for feeding rabbit does (Technical note). *Pastos y Forrajes*, Vol. 35, N° 3, Julio-Septiembre. 293-300.
- Lourenco MG, Van Ranst B, Vlaeminck S, De Smet S and Fievez V. influence of different dietary forages of the fatty acid composition or rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Anim Feed Sci Technol*, 145: 418-437.
- Lucas HL. 1957. Extra-period Latin Square Changeover desing, *J. of Dairy Sci.*, 4: pp. 225-239.
- Lucas HL. 1956. Switch-back trials for more than two treatments. *J. Dairy. Sci.* 39: pp. 146-154.
- Machado R y Núñez CA. 1991. Comportamiento de variedades de *Brachiaria sp.* bajo pastoreo en condiciones de secano y fertilización media. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 14: 123-132.
- Mahecha L, Escobar JP, Suárez JF y Restrepo LF. 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de

- vacas F1 (Holstein por Cebú). Livestock Research for Rural Development (19) 2. <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Mahecha L y Rosales M 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* en la producción animal en el trópico. Livest. Res. For Rural Dev. (17) 9. <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>
  - Mahecha L, Angulo J, Salazar B, Cerón M, Gallo J, Molina CH, Molina EJ, Suarez JF, Lopera JJ, Olivera M. 2008. Supplementation with bypass fat in silvopastoral systems diminishes the ratio of milk saturated/unsaturated fatty acids. Trop Anim Health Prod; 40:209-216.
  - Maina IS, Muleke AC and Fujihara T. 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. J. Food Agric. Environ. 10(2):632-635.
  - Maya GE, Duran CV y Ararat JE. 2005. Valor nutritivo de pasto estrella solo y en asociación con *Leucaena* a diferentes edades de corte durante el año. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/5062>.
  - Milera M *et Al.* 2010. *Morus sp.* para la alimentación de bovinos en desarrollo (nota técnica). *Pastos y forrajes*. 33:85.
  - Miles JW and Do Valle C. 1998. Manipulación de la apomixis en el mejoramiento de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. (Eds. Miles JW, Mass BL and Do Valle CB). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 181.
  - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Corporación Colombia Internacional (CCI). 2009-2010. Oferta agropecuaria cifras 2010: Encuesta Nacional Agropecuaria. Bogotá.
  - Molina CH, Molina CH y Molina EJ. 2006. Ganadería competitiva y sostenible basada en el silvopastoreo intensivo. Reserva Natural “El Hatico”. Carta Fedegan: 95-74.
  - Mosquera P y Lascano C. 1992. Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria decumbens* solo y con acceso controlado a bancos de proteína. *Pasturas Tropicales*, 14: 2-10.

- Muchagata M y Brown K. 2003. Cows, colonists and trees: rethinking cattle and environmental degradation in Brazilian Amazonia. *Agricultural systems* 76: 797-816.
- Murgueitio ER, Rosales MM y Gómez ME. 1999. Agroforestería para la producción animal sostenible. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali. p 67.
- Murgueitio, E. 2005. Silvopastoral systems in the neotropics. En: M.R. Mosquera-Losada, A. Rigueiro-Rodriguez y J. McAdam, eds. *Silvopastoralism and sustainable land management: proceedings of an international congress on silvopastoralism and sustainable management held in Lugo, Spain, in April 2004*, pp. 24–29. Wallingford, Reino Unido, CAB International.
- Murgueitio, E. e Ibrahim M. 2008. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En: Murgueitio E, Cuartas C y Naranjo J (Editores). *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. pp. 19-40.
- Murgueitio E y Solorio B. 2008. El sistema silvopastoril intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. En: *V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria*. Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad del Zulia. Venezuela. (Publicación electrónica).
- Murgueitio E y Giraldo C. 2009. Sistemas silvopastoriles y el control de parásitos. *Carta Fedegan*, 115: 60-63.
- Murgueitio W. *et Al.* 2009a. Estado actual y tendencias de los sistemas agroforestales ganaderos en los trópicos. Memorias. VIII Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. (CD-ROM). EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba.
- Murgueitio, E. *et al.* 2009b. Experiencias sobre la utilización de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Colombia y Panamá. Memorias. VIII Taller

- Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. [CD-ROM]. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba.
- Murgueitio E, Cuartas C, Naranjo JF, Murgueitio MM, Córdoba CP, Uribe F, Molina CH y Solarte LH. 2010. Manual de establecimiento y manejo de los SSPi. Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y CIPAV. Bogotá.
  - Murgueitio, E.; Calle, Z.; Uribe, F.; Calle, A. and Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. Special Issue “The Ecology and Ecosystem Services of Native Trees: Implications for Reforestation and Land Restoration in Mesoamerica”. Doi: 10.1016/j.foreco.2010.09.27.
  - Naranjo JF, Cuartas CA, Murgueitio ER, Chara JD, Barahona R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livest Res Rural Dev*. 24(8).
  - Naranjo JF y Cuartas CA. 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 Med Vet Zotec*. Vol 6 (1): 9-19
  - Nash, D. 1976. Flora de Guatemala. En: Fieldiana: Field Museum of Natural History. Botany. Vol. 24, Part XII, p. 323
  - Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F. & Ly, J. 2011. Nutrients digestibility in *Tithonia diversifolia* foliage in fattening rabbits. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 309
  - Noubissi NB, Tendonkeng F, Zougou G, Miegoue E, Lemoufouet J, Boukila B et Pamo E. 2012. Effet de la complementation au *Tithonia diversifolia* sur l'évolution du poids post-partum et la croissance pré-sevrage des cobayes (*Cavia porcellus* L). FASA. Université de Dschang. Dschang, Cameroun.

- Olabode OS, Ogunyemi S, Akambi WB, Adesina GO and Babajide PA. 2007. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Helms) Gray for soil improvement. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (4): 503-507.
- Ortega, L and Ward, R. 2005. El Sistema de ganadería de doble propósito: Un Sistema eficiente. En: González-Stagnaro C, Soto E, editores. *Manual de ganadería doble propósito*. 1° Ed. Maracaibo: Ediciones Astro Data S.A. p.22-26.
- O'Shea M, Devery R, Lawless F, Murphy J, Stanton C. 2000. Milk fat conjugated linoleic acid (CLA) inhibits growth of human mammary MCF-7 cancer cells. *Anticancer Res*; 20:3591-3601.
- Palladino RA, O'donovan M y Murphy JJ. 2009. Fatty acid intake and milk acid composition of holstein Dairy cow unders different grazing strategies: herbage mass and daily herbage allowamce. *Jornul of Dairy Science*, 92: 5212-5232.
- Palmquist DL, Lock AL, Shingfield KJ, and Bauman DE. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. En: S.L. Taylor (Ed) *Advances in food and nutrition Research*, Vol. 50. pp. 179-217. Elsevier Inc., San Diego, CA.
- Parra JL, Pinzón S, Correal W, Cerinza OJ, Rincón CA, Pérez O, Pardo BO, Bueno GG.2006. Modelo de aplicación participativa de tecnología pecuaria en 3 núcleos productivos del sistema doble propósito en el departamento del Meta. Proyecto CORPOICA. Convenio de asociación interinstitucional No. 0340/2005.
- Pedroso, A. 2008. Empleo de la *Tithonia* en la preceba de cerdos en la EEPF "Indio Hatuey". Trabajo de Curso. EEPF "Indio Hatuey"- Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba. 38 p. (Mimeo)
- Pérez BRA y Cuesta MPA. 1992. Especies forrajeras para el piedemonte llanero. Manejo y producción animal. En: *Pastos y forrajes para Colombia*. Suplemento ganadero. ICA, Banco Ganadero. pp 85-94.



- Pezo D, Romero F, e Ibrahim M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. In: S. Fernández Baca (ed.), Avances en la Producción de Leche y Carne en el Trópico Americano. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. pp. 47-98.
- Pinzón E. 1991. Historia de la ganadería en Colombia. 2° Ed. Bogotá: Banco Ganadero.
- Premaratne S, Bruchem J, Chen X B, Perera G D and Oosting S. 1998. Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, digestion, rumen microbial protein synthesis and growth in sheep fed a basal diet of rice straw and cassava. Asian Australasian. Journal of Animal Sciences 11(6): 692-696. <http://ajas.info/Editor/manuscript/upload/11-103.pdf>
- Premaratne S. 1990. Effect of non-protein nitrogen and fodder legumes on the intake, digestibility and growth parameters of buffaloes. Domestic buffalo production in Asia. Proceedings of the final research co-ordination meeting on the use of nuclear techniques to improve domestic buffalo production in Asia -phase II, 20-24 February 1989, Rockhampton, Australia, organised by the joint FAO-IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture.
- Quero AR, Enríquez JF, Miranda JL.2007. Evaluación de especies forrajeras en América Tropical. Avances o *status quo*. Interciencia 32: 566-571.
- Quevedo, PM. 2014. Efecto de un sistema silvopastoril sobre la calidad de la leche, comparado con un sistema de producción convencional. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Quintero VE, García G y Peláez A. 2007. Evaluación de harina de botón de oro en dietas para conejos en etapa de crecimiento. Acta Agron (Palmira) 56 (4) 2007, p 203-206.

- Quiroz EF y Romero FM. 2001. Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) leguminosa forrajera para el trópico húmedo de México. XIV Reunión científica, tecnológica, forestal y agropecuaria. Veracruz, México. p. 8.
- Ramírez RU, Escobedo MJ, Lara PE y Chay C. 2005. Efecto de la altura de corte, densidad de siembra y tipo de suelo en la producción de *Tithonia diversifolia*. En: XIX Reunión ALPA. Tampico, México. P. 38.
- Rincón CA, Bueno GA, Álvarez de León R, Pardo O, Pérez O y Caicedo S. 2010. Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. Corpoica C.I. La Libertad. Villavicencio, Meta. Colombia. 252 p.
- Ríos, C.I. 1999. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Sánchez M.D. y Rosales, M., Eds). Estudio FAO Producción y Sanidad Animal N° 143. FAO, Roma. p. 311
- Rivera JE, Arenas FA, Rivera R, Benavides LM, Sánchez J y Barahona R. 2014. Análisis de ciclo de vida en la producción de leche: comparación de dos hatos de lechería especializada. *Livestock Research for Rural Development. Volumen 26, Article # 112.*
- Rivera JE, Arenas FA, Cuartas C, Hurtado E, Naranjo JF, Murgueitio E, Tafur O, Zambrano F y Gacharná N. 2011. Producción y calidad de leche bovina en un sistema de pastoreo en monocultivo y un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) compuesto de *Tithonia diversifolia* bajo ramoneo directo, *Brachiaria sp* y árboles maderables en el piedemonte amazónico. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias ISSN: 0120-0690. Ed: Editorial Universidad de Antioquia v. 24 fasc. 3 p. 524.
- Rivera, J.; Cuartas, C.; Naranjo, J. y Barahona, R. 2009. Comparación del comportamiento productivo y calidad de la leche en vacas bajo un sistema silvopastoril intensivo y un sistema de producción convencional en el valle del Río Cesar. En: Resúmenes X Encuentro Nacional III Internacional de

- Investigadores de las Ciencias Pecuarias - ENICIP, Medellín, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 2009; 22:3.
- Roig JT y Mesa A. 1974. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana. 709 p.
  - Romero F y González J. 1998. Produciendo más leche mediante pasturas asociadas con *Arachis pintoii*. p. 1-2. En: Hoja informativa consorcio TROPILECHE. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
  - Ruiloba MH, Pinzón BR y Quiroz R. 1987. Utilización del kudzú (*Pueraria phaseoloides*) como banco de proteína en la producción de leche. En: aspectos técnicos de la producción de forraje y leche en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).
  - Ruiz TE, Febles G, Jordán H, Castillo E, Simón L, Lamela L y Hernández I. 2003. Desarrollo de estudios integrales en *Leucaena sp* en sistemas silvopastoriles en Cuba. A.C.C, Cuba.
  - Ruiz TE y Febles G. 2003. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. Instituto de Ciencia Animal (ICA). San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
  - Sáenz JC, Villatoro F, Ibrahim M, Fajardo D y Pérez M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. Agroforestería en las Américas, 45: 37-48.
  - Salinas JG y Gualdrón R. 1982. Adaptación y requerimientos de fertilización de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickdt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. Cali, Col, CIAT. 21 p.
  - Sánchez S. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximun* y en un sistema silvopastoril de *P. maximun* y *Leucaena leucocephala*. Tesis presentada en opción al título de Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 124 pp.
  - Sánchez, M. 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. En:

agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO, producción y sanidad animal 143. 1-13p.

- Sánchez, M. 1998. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. Disponible en: [www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/agrofor1/Agrofor1.htm](http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/agrofor1/Agrofor1.htm)
- SAS 2003. The SAS System for Windows 2003. Versión 9.1.
- Schmitt B. 2010. Le rapport Oméga-3 dans l'équilibre alimentaire : Biochimie, métabolisme et conséquences physiopathologiques. *Nutrition & Endocrinologique*, 8: 135-142.
- Secretaria de Desarrollo Agroeconómico. Departamento del Meta. Cadenas productivas 2010. Evaluaciones agropecuarias. Informe de coyuntura.
- Secretaria de Desarrollo Agroeconómico. Antes: Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Departamento del Meta. 2011. Evaluaciones agropecuarias. Informe de coyuntura.
- Solorio F. 2011. Los sistemas silvopastoriles intensivos: avances de investigación en el Valle de Tecaltepec, Michoacan. Memorias del tercer congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI.
- Sousa LF, Maurício RM, Goncalves LC, Saliba EOS, Moreira GR. 2007. Productividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv Marandu em um sistema silvopastoril. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 59, 1029-1037.
- Souza W, Barbosa OR, Marques JA, Gasparino E, Cecato U, Barbero LM. 2010a. Microclimate in silvopastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. *R. Bras. Zootec.* 39:685-694.
- Souza W, Barbosa OR, Marques JA, Gasparino E, Cecato U, Barbero LM. 2010b. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. *R. Bras. Zootec.* 39:677-684.

- Spain J, Castilla C y Franco LH. 1979. Establecimiento de pastos mediante siembras ralas. Pastos tropicales, Boletín informativo (Colombia) No 2. pp 4-6.
- Sutton DJ. 1989. Altering milk composition by feeding. J. Dairy Science. 72: 2801-2414.
- Tavendale MH, Meaguer LP, Pacheco D, Walker N, Attwood GT and Sivakumaran S. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa* and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. Anim Feed Sci. Technol, 123-124(1), 403-419.
- Tergas LE. 1981. El potencial de *Brachiaria humidicola* para suelos ácidos e infértiles en América Tropical. Pastos tropicales, Boletín Informativo (Col). 4: 12-13.
- Tilley JM y Terry RA. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc. 18:104-111.
- Ulrich C, Vera RR y Weniger JH. 1994. Producción de leche con vacas doble propósito en pasturas solas y asociadas con leguminosas. Pasturas Tropicales. 16:27.
- Urbano D, Dávila C y Moreno P. 2001. Comparación entre las asociaciones gramíneas-*Leucaena leucocephala* y gramíneas-*Gliricidia sepium* bajo pastoreo en vacas lactantes doble propósito. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol 9. Suplemento 1:42.
- Urbano, D.; Ciro, D.; Cañas, H.; Castro, F. y Moreno, P. 2006. Comparación del sistema silvopastoril y gramíneas sobre la producción y calidad de leche en vacas criollo Limonero. Simposio - Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA.
- Vanegas R MA, Romero HH, Arcos D JC, Jaramillo G FA, Chamorro V DR, Ocampo O LA, Carrero HG, Riveros EE, Vera V LF y Mejía CR. 2012. Evaluación del arreglo silvopastoril *Leucaena leucocephala* y pasto estrella

- para producción de leche en el alto Magdalena. Rev Agroforestería Neotropical, N° 2.
- Van Soest PJ, Robertson JP and Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy. Sci. 74:3583-3597.
  - Vargas JE. 1992. Evaluación de la aceptación del botón de oro en la dieta de las ovejas de pelo. En: Murgueitio, E., Cuartas C. y J. Naranjo. (eds). 2008. Ganadería del Futuro. Investigación para el desarrollo. Fundación Cipav. Cali, Colombia. 490p.
  - Verdecia D, Ramírez JL, 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 Caucho. Rev. Electronica Vet. 12:5.
  - Villar BA, Barrachina FM y Salcedo DG. 2010. Análisis comparativo de la calidad y perfil de ácidos grasos de la leche de vacuno procedente de explotaciones con manejo convencional y ecológico. Revista CYSB. N° 38: 25-34
  - Wambui CC, Abdulrazak SA and Noordin Q. 2006. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. Livestock Research for Rural Development (18) 5. <http://www.lrrd.org/lrrd18/5/abdu18064.htm>.
  - Wei-Lian H, Jian-Xin L, Jun-An Y, Yue-Min W and Yan-Qiu G. 2005. Effect of tea saponin on rumen fermentation *in vitro*. Animal Feed Sci. Tech. 120:333.
  - White SL, Bertrand JA and Wade MR. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from jersey and holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. Journal of Dairy Science, 84: 2295-2301.
  - Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation: science and practice. Nairobi, Kenya: CAB-INTERNATIONAL and ICRAF. 276 p.

- Zapata A y Silva BE. 2010. Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en el Departamento de Risaralda y el eje cafetero de Colombia. CARDER, CIPAV. Cali, Colombia. 112 pp.
- Zaragoza EJ, Hernández A, Pérez J, Herrera JG, Osnaya F, Martínez PA, González S y Quero AR. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovilla. *Téc. Pecu. Mex.* 47:173-188.
- Zogang F, Boukila B, Sawa C, Tendonkeng F, Tovignon Z et Pamo ET. 2012. Caractéristiques physiques et appétibilité des blocs multinutritionnels à base de *Tithonia diversifolia* associés à la paille de *Brachiaria ruziziensis* chez la brebis Djallonké. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article # 41. Retrieved from: <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/foga24041.html>