

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

COMPARACIÓN PRODUCTIVA DEL SISTEMA SILVOPASTORIL
INTENSIVO Y EL SISTEMA TÍPICO DEL PRODUCTOR EN EL
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

HÉCTOR EDUARDO SALAZAR MAYÉN

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

COMPARACIÓN PRODUCTIVA DEL SISTEMA SILVOPASTORIL
INTENSIVO Y EL SISTEMA TÍPICO DEL PRODUCTOR EN EL
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

HÉCTOR EDUARDO SALAZAR MAYÉN

Al conferírsele el título de
ZOOTECNISTA

En el grado académico de
LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	Lic. Zoot. Luis Eliseo Vásquez Chegüen
Secretario:	M.C. Raúl Jáuregui Jiménez
Vocal:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López

TERNA EVALUADORA

Lic. Zoot. Luis Fernando Cordón Cordón
M.Sc. Carlos Alfredo Suchini Ramírez
M.A. José Alejandro Linares Díaz

Chiquimula, octubre de 2018

Señores Miembros
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Su despacho

Respetables señores

En cumplimiento a lo establecido en las normas del Centro Universitario de Oriente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes, el trabajo de graduación titulado **“Comparación productiva del sistema silvopastoril intensivo y el sistema típico del productor en el municipio de Chiquimula”**

Como requisito previo a optar al título profesional de Zootecnista en el grado académico de licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación, llene los requisitos para su aprobación.

Atentamente



Héctor Eduardo Salazar Mayén

Chiquimula octubre de 2018.

Señor director
Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala

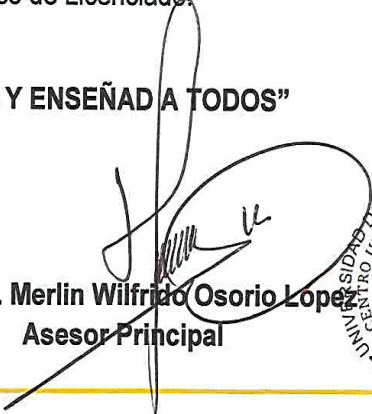
Señor Director:

En atención a la designación efectuada por la Comisión de Trabajos de Graduación, para asesorar al estudiante **Héctor Eduardo Salazar Mayén**, en el trabajo de graduación denominado: "Comparación productiva del sistema silvopastoril intensivo y el sistema típico del productor en el municipio de Chiquimula" tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a revisar y orientar al sustentante sobre el contenido de dicho trabajo.

En ese sentido, considero que la investigación efectuada contribuye de manera directa con la ganadería local, al otorgar una alternativa de alimentación bovina, viable, rentable y sobre todo, sostenible a los productores ganaderos de la región; de manera que esta casa de estudios colabora en la solución de los problemas más ingentes de nuestra población en tiempos de evidente variabilidad climática.

Por las razones anteriormente expuestas, en mi opinión la presente investigación reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual recomiendo su aprobación para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Zootecnista en el grado académico de Licenciado.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Lic. Zoot. Merlin Wilfredo Osorio Lopez
Asesor Principal





D-TG-Z-189 -2018

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el documento de la investigación que efectuó la estudiante **HÉCTOR EDUARDO SALAZAR MAYÉN** titulado "**COMPARACIÓN PRODUCTIVA DEL SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO Y EL SISTEMA TÍPICO DEL PRODUCTOR EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA**", trabajo que cuenta con la aprobación de la Comisión de Trabajos de graduación de la carrera de Zootecnia. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación, a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de Zootecnista.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintisiete de noviembre de dos mil dieciocho.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI - USAC



c.c. Archivo

EFCC/ars

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

Vilma Leticia Mayén Solares de Salazar
Héctor Antonio Salazar García

A MI HIJA

Sofía Isabella Salazar López

A MIS HERMANAS

Claudia Judith Salazar Mayén
Vilma Lucrecia Salazar Mayén

A MIS SOBRINOS

Axel Juan Pablo Mejía Salazar
José Luis Mejía Salazar

A MIS ABUELOS

Q.E.P.D

A MI FAMILIA EN GENERAL

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Porque es mi fuente de sabiduría y conocimiento, gracias a su voluntad alcancé esta meta.

A MIS PADRES: Agradecimiento infinito, por su apoyo incondicional, por motivarme a seguir siempre adelante, este triunfo sea una pequeña recompensa a sus sacrificios.

A MIS HERMANAS: Por su amor fraternal y apoyo incondicional.

A MIS SOBRINOS E HIJA: Que este logro sea ejemplo para ellos, con infinito amor.

A MI AMIGA: Erika Morales por su apoyo incondicional durante toda mi fase de estudios, por estar ahí en los buenos y malos momentos.

A MIS AMIGOS: Chalo, Renato, Chalío, Ever, Guanzin, Güicho, Mónica, Fabiola, Andrea, Katy, Flor, Nadine, Dana, Juliana, Gabi, Brigitte, Canche y a mis compañeros de carrera.

A MIS ASESORES: Lic. Zoot. Merlín Osorio, Lic. Zoot. Luis Vásquez y Lic. Zoot. Héctor Flores, por su aporte en la asesoría del presente trabajo de graduación.

A LOS CATEDRATICOS: M.C. Raúl Jáuregui, M.A. Alejandro Linares, Lic. Zoot. Luis Cordón y Sria. Sofía Huelches, por su apoyo en el proceso de mi investigación.

A LOS DOCENTES DE LA CARRERA DE ZOOTECNIA: Por todos los conocimientos que compartieron conmigo y ser parte de mi formación académica.

A LA GRANJA PECUARIA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE: Por los recursos y el apoyo brindado para la realización de la actual investigación.

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE: Por ser el centro de estudios que me brindó la oportunidad de estudiar ésta carrera, contribuyendo con mi formación profesional.

AL PROGRAMA CONSORCIOS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (ICA-CRIA): En especial Ing. Agr. Claudia Calderón y Lic. Zoot. Humberto Monroy por su apoyo en la ejecución de mi investigación.

A todos los que de una u otra forma contribuyeron a la finalización de esta investigación, bendiciones

ÍNDICE GENERAL

	CONTENIDO	Página.
	ÍNDICE GENERAL	I
	ÍNDICE DE TABLAS	IV
	ÍNDICE DE FIGURAS	V
	RESUMEN	VI
I	INTRODUCCIÓN	1
II	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III	JUSTIFICACIÓN	3
IV	OBJETIVOS	4
V	HIPÓTESIS	5
VI	MARCO TEÓRICO	6
6.1	Situación de la ganadería bovina nacional	6
6.2	Perspectivas económicas de la ganadería bovina nacional	7
6.2.1	Perspectivas económicas	7
6.2.2	Perspectiva ambiental	8
6.2.3	Perspectiva social	9
6.2.4	Perspectiva desde los índices de producción	9
6.2.5	Perspectiva institucional	10
6.3	Sistemas tradicionales de producción ganadera (SPGT)	11
6.3.1	Sistema ganadero tradicional	11
6.4	Sistema silvopastoril	14
6.4.1	Ventajas y desventajas de los sistemas silvopastoriles	14
6.5	Tipos de sistemas silvopastoriles	16
6.6	Sistema silvopastoril intensivo (SSPi)	17
6.6.1	Ventajas del sistema silvopastoril intensivo	18
6.7	Cultivo de <i>Leucaena</i> (<i>Leucaena leucocephala</i>).	20
6.8	Gramíneas forrajeras	22
6.8.1	Estrella africana (<i>Cynodon nlemfuensis</i>)	22
6.8.2	Tanzania (<i>Panicum maximum</i> cv. <i>Tanzania</i>)	24
VII	MARCO METODOLÓGICO	27

7.1	Localización	27
7.2	Materiales	27
7.2.1	Área experimental	27
7.2.2	Costos variables de los sistemas (SSPi y STP)	28
7.2.3	Semillas	28
7.2.4	Mano de obra	28
7.2.5	Insumos	28
7.3	Metodología experimental	29
7.3.1	Preparación de terreno	29
7.3.2	Muestreo de suelo	29
7.3.3	Preparación de la semilla	29
7.3.4	Siembra de Leucaena	29
7.3.5	Resiembra de Leucaena	30
7.3.6	Siembra de pasto Tanzania	30
7.3.7	Siembra de pasto Estrella	30
7.3.8	Control de malezas	30
7.3.9	Fertilización	31
7.3.10	Riegos	31
7.3.11	Plagas y enfermedades	32
7.3.12	Corte de nivelación del sistema silvopastoril intensivo (SSPi)	32
7.3.13	Corte de nivelación del sistema típico del productor (STP)	32
7.4	Recolección y análisis de datos	32
7.4.1	Sitios de muestreo	32
7.4.2	Tratamientos	33
7.4.3	Estimación de costos de producción	33
7.4.4	Variables medidas	33
7.4.5	Variables evaluadas	34
7.4.6	Análisis químico	34
7.4.7	Análisis de datos	36
7.4.8	Análisis experimental	37
7.4.9	Análisis económico	37

VIII	Resultados	38
8.1	Tasa de emergencia de Leucaena y prendimiento final	38
8.2	Tasas de crecimiento promedio de los sistemas evaluados.	39
8.2.1	Leucaena	39
8.2.2	Pasto Tanzania	41
8.3	Rendimiento de materia verde, t/ha.	44
8.4	Rendimiento de materia seca por hectárea, en t/ha.	44
8.5	Rendimiento de proteína cruda en Kg/ha.	46
8.6	Rendimiento de energía digestible Mcal/ha.	47
8.7	Rendimiento de fibra cruda (% FC)	48
8.8	Total de nutrientes digestibles (% TND)	48
8.9	Fibra neutro detergente (% FND)	49
8.10	Fibra ácido detergente (% FAD)	50
8.11	Lignina (%)	51
8.12	Calcio (%)	51
8.13	Fósforo (%)	52
8.14	Costo de kilogramo de nutriente con base a proteína	53
VIII	CONCLUSIONES	54
IX	RECOMENDACIONES	56
X	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
XI	ANEXOS	64
XII	APÉNDICE	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	En el texto	Página
1.	Clasificación de las diferentes opciones de sistemas silvopastoriles	16
2.	Requerimientos y características generales de la <i>Leucaena</i> (<i>Leucaena leucocephala</i>).	22
3.	Requerimientos y características generales del pasto Estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>).	24
4.	Requerimientos y características generales del pasto Tanzania (<i>Panicum maximum</i> cv. <i>Tanzania</i>).	26
5.	Resumen del análisis de variables de comportamiento agronómico y productivo, evaluadas en los dos sistemas	38
6.	Tasa de crecimiento promedio de <i>Leucaena</i> por mes	40
7.	Tasa de crecimiento promedio pasto Tanzania en SSPi y STP, por semana (Enero- Abril).	42
8	Resumen del análisis de variables de contenido nutricional, evaluadas en los dos sistemas.	46
TABLA	En el anexo	
1A.	Análisis de suelo de la Vega de la Granja el Zapotillo, CUNORI, Chiquimula.	64
2A.	Resultado de análisis bromatológicos	67
	En el apéndice	
3A.	Costo de kilogramo de nutriente con base a proteína/ha.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	En el texto	Página
1	Relación de la tasa de crecimiento acumula de Leucaena por mes.	41
2	Tasa de crecimiento promedio pasto Tanzania en SSPi y STP, por semana.	43
En el apéndice		
1A.	Croquis de la parcela sistema silvopastoril intensivo.	69

RESUMEN

Salazar Mayén, H.E. 2018. Comparación productiva del sistema silvopastoril intensivo y el sistema típico del productor en el municipio de Chiquimula. Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC. 83p.

Con el objetivo comparar productivamente el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y el sistema típico del productor (STP) se llevó a cabo la presente investigación en Chiquimula. Los resultados obtenidos de la comparación de unidades productivas fueron analizados mediante una prueba de t de Student utilizando para ello el paquete estadístico Infostat. Los sistemas evaluados fueron sometidos al mismo manejo agronómico a partir del corte de nivelación, para luego someterlos a la investigación. Se evaluaron los sistemas a los 75 días de rebrote en época seca. En términos de rendimiento, el SSPi, superó al STP con 121.91 t/MV/ha y 27.35 t/MS/ha, versus 49.96 t/MV/ha y 9.32 t/MS/ha del STP. En cuanto a la calidad nutricional de los sistemas, el SSPi obtuvo también los mejores resultados, al presentar 3762.98 Kg PC/ha, 69,520.09 Mcal/ha, 26.89% de FC; y para el STP, 791.91 Kg/PC/ha, 22,063.75 Mcal/ha, 33.79% de FC. Los porcentajes de fibras, encontrados fueron, 75.81% de FND para el STP y 61.54% de FND en el SSPi; 61.40% de FAD en el STP y 62.30% de FAD para el SSPi; el 17.20% de lignina en el SSPi y 15.33% para el STP. El fósforo tuvo valores de 0.26% para el STP y 0.22 para el SSPi; el calcio encontrado tuvo valores de 0.53% para el STP y 0.49% para el SSPi. En cuanto al costo por kilogramo de PC/ha, el SSPi obtuvo Q 6.38 siendo este inferior a los Q8.32, encontrados para el STP. Por lo antes indicado, para las condiciones en que fue desarrollada la presente investigación, el sistema silvopastoril intensivo (SSPi), fue superior en producción, valor nutricional y valor económico al compararlo con el sistema típico del productor (STP).

Palabras claves: Sistema silvopastoril intensivo, Sistema típico del productor, Leucaena, Tanzania, comparación productiva, corte de nivelación.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción típicos en la región, son en extremo ineficientes dado que las extensiones que se usan para el pastoreo en temporada de lluvia, apenas se aprovechan cuatro meses del año, el resto se cubre con semi pastoreo y forrajes de corte y acarreo provenientes de pequeñas áreas bajo riego; o bien, alternando, con residuos de cosecha de granos básicos que se producen en las mismas áreas bajo riego.

Estas áreas de riego, con suelos aluviales de buena calidad, planos o ligeramente inclinados disponen de irrigación por gravedad todo el año, por ello, deberían ofrecer un pastoreo más intensivo con una mayor capacidad de carga por las condiciones que poseen; sin embargo, predominan los pastos nativos como grama común *Cynodon dactylon* o adaptados como Angleton *Dichanthium aristatum*, caracterizados por buena palatabilidad, aunque baja productividad por unidad de área.

Por lo anterior, se sometió el Sistema Silvopastoril Intensivo -SSPi-, como alternativa de alto rendimiento y productividad, haciendo un uso intensivo pero no por ello menos sostenible del suelo; ofreciendo una opción más productiva y menos invasiva que la que, normalmente se adopta con los sistemas típicos del productor; lo innovador de la tecnología propuesta, radica en la alta densidad de plantas por unidad de área, lo que se traduce en mayor producción de materia verde, materia seca y capacidad de carga animal; este modelo ha sido probado exitosamente en otros países como México, Colombia y Venezuela, en donde es una tecnología propagada extensivamente, luego de haber superado la fase de investigación en fincas de productores (Uribe *et al.* 2011).

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región predominan los sistemas tradicionales de producción animal de doble propósito; éstos se caracterizan por ser principalmente de pastoreo extensivo con monocultivo de gramíneas, los cuales producen bajos rendimientos de forraje y son de deficiente calidad, sobre todo, en la época seca. Aunado a ello, dichos sistemas están asociados con problemas de deforestación, degradación del suelo, escasez del agua, alteraciones en el clima y baja productividad.

En este sentido, para contribuir a reducir la deficiencia de la producción animal, con frecuencia se recurre a la compra de granos y cereales para la elaboración de raciones; por lo cual, la actividad ganadera resulta altamente dependiente y poco rentable Bacab, *et al* (2013).

Los productores ganaderos del corredor seco de Guatemala, no cuentan con otras opciones de alimentación del ganado en cualquier época que no sean las mencionadas con anterioridad y que es evidente son deficientes para alimentar los hatos mediante pastoreo, incrementando los costos de alimentación producto de la adquisición de alimentos balanceados o de granos para formular los balanceados que en la mayoría de las veces no aportan los nutrientes que el ganado requiere. Por ello el sistema silvopastoril intensivo constituye una opción como fuente de alimento de buena calidad que puede disminuir el costo por unidad de nutrientes por unidad de área.

III. JUSTIFICACIÓN

El uso de sistemas silvopastoriles en la producción ganadera, ha tenido un gran auge en los últimos años en países como Costa Rica, siendo una alternativa sustentable de alimentación como fuente de proteína, sin embargo, aún falta información y documentación a largo plazo, que permita aumentar los conocimientos sobre las interacciones entre los componentes árbol-pasto-suelo-animal, permitiendo así mitigar el avance de la frontera ganadera; por lo que la incorporación de árboles en asocio con pasturas puede convertirse en una opción para la producción ganadera en Chiquimula y frenar dicha problemática.

El establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos, constituyen una alternativa para la recuperación de áreas de pasturas, ya que permite el incremento de biomasa en unidades pequeñas, diversificar los productos generados por los sistemas pecuarios contribuyendo a mejorar el bienestar de los animales, mitigar los efectos negativos ambientales generados por los sistemas tradicionales e incrementar la productividad animal al proveer sombra y ayudando a reducir el empleo de insumos externos (Velásquez, 2009).

IV. OBJETIVOS

Objetivo General

- Comparar el comportamiento productivo del sistema silvopastoril intensivo, como alternativa al sistema típico del productor en el municipio de Chiquimula.

Específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico y productivo en función de tasas de emergencia, crecimiento y rendimiento en toneladas (t) de materia verde/hectárea (t/MV/ha) y materia seca/hectárea (t/MS/ha).
- Evaluar el contenido nutricional, en Kg de nutriente/hectárea (proteína cruda (PC), energía digestible (Mcal de ED), fibra cruda (% FC), total de nutrientes digestibles (% TND), fibra neutro detergente (% FND) fibra ácido detergente (% FAD), % lignina, % calcio y % fósforo, de cada sistema evaluado.
- Comparar costos variables por unidad de área en función de costo por Kilogramo de Proteína Cruda /hectárea (Kg/PC/ha).

V. HIPÓTESIS

Existe diferencia significativa en el comportamiento productivo del sistema silvopastoril intensivo comparado con el sistema típico del productor en al menos una de las variables evaluadas.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1 Situación de la ganadería bovina nacional

El inventario bovino de Guatemala reportado en el año 2003 es de 1.8 millones de cabezas aproximadamente. Sin embargo en datos más recientes derivados de las encuestas agropecuarias 2005 y 2007, en un ejercicio de regresión estadística se deduce que el inventario ganadero de Guatemala podría alcanzar los 2.9 millones de cabezas, de las cuales el 49% son utilizadas para doble propósito (carne y leche), 35% son productoras de carne, y 16% son dedicadas a la producción especializada de leche (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2016).

Se estima que la ganadería aporta unos 500 millones de dólares anuales en ingresos directos. Estos ingresos provienen de 1.4 millones de litros de leche producidos al día, además de medio millón de cabezas de ganado vendidas para carne. Según el Banco de Guatemala los indicadores económicos básicos son: El PIB de Guatemala es de \$39,295 millones de dólares. El sector agropecuario (PIBA), tiene un impacto en la economía nacional del 13.5% del PIB (MAGA, 2016).

Existe la impresión de que la ganadería guatemalteca es una actividad de grandes productores, sin embargo, esta creencia se desvanece al comprobar que la mayoría de las fincas ganaderas tienen una extensión inferior a 40 hectáreas (Las fincas ganaderas en un 84% tienen menos de 40 ha de extensión), así podemos afirmar que la producción del 98% de la leche del país proviene de hatos de menos de 50 vacas (MAGA, 2016).

Es indudable, que la actividad ganadera tiene un gran arraigo rural, ya que alrededor de ella se desarrollan miles de pequeñas empresas familiares, las que a su vez generan gran cantidad de empleos directos, únicamente superado por la actividad de producción de granos básicos (maíz y frijol), con la diferencia que su

distribución territorial y de ingresos es mucho más amplia, asegurando su impacto social en la economía rural (MAGA, 2016).

En la última década, debido a los cambios del uso de la tierra y ante el avance de los cultivos intensivos de caña de azúcar, palma africana y hule en la costa sur territorio ocupado tradicionalmente para el desarrollo ganadero; la ganadería migró a zonas de mayor fragilidad ambiental como el altiplano central, la planicie del Atlántico y el departamento de Petén. En estos lugares el suelo de origen cárstico, poco profundo y de limitada fertilidad, la ganadería siguió utilizando los mismos modelos de producción, sin adaptarse a las nuevas condiciones de los suelos, provocando un impacto negativo en las superficies de las propias fincas.

Adicionalmente, las complicaciones que representa el cambio climático global, ha traído problemas de inestabilidad en los períodos de lluvia y cambios inesperados en la temperatura ambiental, teniéndose ahora periodos de sequias más extremos o periodos de concentración de lluvias más copiosos, lo que está provocando inundaciones en las zonas bajas que dañan el suelo por erosión en las zonas de pastoreo, disminuyendo así las cantidades de alimentos disponibles para el ganado, lo que a su vez provoca una sensible baja en la condición corporal del hato, lo que conlleva problemas de reproducción y falta de rentabilidad en las explotaciones ganaderas (MAGA, 2016)

6.2 Perspectivas económicas de la ganadería bovina nacional

6.2.1 Perspectivas económicas

A largo plazo, de la actividad ganadera son prometedoras debido al aumento en la demanda de leche y carne, asociada en parte al crecimiento de la población y a un ligero mejoramiento de los ingresos per cápita. El consumo nacional anual per cápita de carne es de apenas 4 Kg; mientras que el de leche es de 56 litros al año, cifras que se encuentran muy por debajo de las recomendaciones de FAO y se ubicaría como uno de los consumos más bajos

de América Latina, lo que convierte al propio mercado guatemalteco en un mercado de oportunidades (MAGA, 2016).

A pesar de lo anterior, la ganadería nacional en el futuro dependerá en gran medida de la capacidad que tenga el sector en asumir los retos de mejorar su competitividad y sostenibilidad, sin importar la escala de producción o la categoría del productor (MAGA, 2016).

Por otro lado, al revisar los datos de comercio exterior, específicamente los concernientes a las importaciones, se puede observar una erosión creciente de la balanza comercial guatemalteca dada por la compra de productos lácteos (US\$ 162 millones) y de carne bovina (US\$ 25 millones), para un total de US\$ 187 millones. Basado en estos datos resulta atrayente la posibilidad de iniciar un proceso de sustitución de importaciones e incursionar en los mercados de oportunidad a nivel regional (MAGA, 2016).

6.2.2 Perspectiva ambiental

Los pastos cultivados o naturales ocupan más de 1.3 millones de hectáreas en todo el país. Se sabe que la producción ganadera en Guatemala se desarrolla de una forma extensiva, con baja carga animal, con tendencia a establecer el monocultivo de pastos exóticos o mejorados y, a lo sumo, en asociación con una leguminosa, sin considerar la utilización de especies arbóreas con una población de ganado que se ha triplicado desde 1960 a la fecha. Desafortunadamente no se encuentran datos actualizados, pero se tiene la percepción de mantener un crecimiento discreto pero positivo (MAGA, 2016).

Los efectos en la biodiversidad ambiental de los lugares en donde se desarrolla alguna actividad ganadera, dichos lugares se ven amenazados por la permanencia de este sistema de producción tan tradicional e inadaptado a las circunstancias actuales.

Pensar en una nueva ganadería más responsable con la biodiversidad ambiental y la conservación del suelo es una premisa válida y oportuna. A lo largo de estos últimos años se han desarrollado estudios y propuestas concretas sobre la mejora de pasturas degradadas, deforestación e introducción de sistemas de producción alternativos (MAGA, 2016)

6.2.3 Perspectiva social

En los últimos cincuenta años la ganadería guatemalteca se ha expandido y crecido moderadamente; sin embargo no ha estado ajena a la “revolución pecuaria”, motivada por el aumento del consumo de formalidad en mercados secundarios que no proporcionan suficiente estabilidad para su desarrollo (MAGA, 2016).

En estos momentos, los productores enfrentan retos de sobrevivencia, debido principalmente al bajo nivel de formación profesional que posee la mayoría, ya que desconocen las técnicas del buen producir por lo que obtienen una baja productividad en su trabajo, afectado así sus ingresos económicos, lo que redonda en los niveles de pobreza de sus familias, impactando directamente en el desarrollo de sus comunidades. Por otro lado, la ganadería familiar está ligada a esquemas de comercialización informales, pues desarrolla sus transacciones económicas mayoritariamente al contado o a través de sistemas de financiamiento extra bancario que son sumamente limitantes y onerosos (MAGA, 2016).

6.2.4 Perspectiva desde los índices de producción

Es importante reconocer que la ganadería familiar en Guatemala está representada aproximadamente por 100,300 fincas, lo que constituye el 94% del total de fincas ganaderas del país y el 48% del hato nacional con un promedio de 8 cabezas de ganado por familia, con lo que queda clara la importancia total de los pequeños productores en el sector ganadero nacional (MAGA, 2016).

En relación al consumo que la población guatemalteca tiene de productos ganaderos, éste es muy reducido, ya que se consumen apenas 4 Kg de carne de res por habitante al año, siendo el promedio regional de 10.5 Kg. Panamá es el país de Centro América con mayor consumo con 21 kg por habitante al año (MAGA, 2016)

Al revisar el consumo de productos lácteos de la población, se encontró que éste llega únicamente a 56 litros al año por habitante; y al compararlo con el promedio regional de 120 litros, el de Sur América de 150 litros, el de Estados Unidos y Canadá de 250 litros y el de los países de Europa de 220 litros; comparándola con la región centroamericana, en donde existen un total de 393,301 ganaderías familiares, se puede concluir que Guatemala es el país de la región en donde la ganadería familiar es más importante, con lo que este sería otro elemento a ser considerado en la presente propuesta de política al darle prioridad a las acciones orientas a los pequeños y medianos productores, contrastado con los niveles de consumo en África, que son de 40 litros por habitante, esto ubicaría a Guatemala entre los países con mayor grado de pobreza; esclareciendo, en parte, las deficiencias alimentarias de la población (MAGA, 2016)

6.2.5 Perspectiva institucional

La mayor parte de la producción ganadera de Guatemala se comercializa en la informalidad. Las cadenas productivas de carne y leche, no son buenos ejemplos de la aplicación de principios de organización, control sanitario y cumplimiento de normativas fiscales o de inocuidad de los alimentos. Las políticas públicas en estos casos deben de tomar en cuenta esta realidad y reescribir una nueva forma de regular las relaciones público privadas (MAGA, 2016).

El impacto que tienen las acciones del Gobierno en la ganadería nacional es muy lejano y poco relevante. Es necesaria la reestructuración de los servicios

públicos a la ganadería, desde la capacidad del Estado de proporcionar educación y formación profesional, los servicios básicos para la producción (infraestructura pública y específica), hasta las medidas de vigilancia para lograr la transparencia de los mercados y el aseguramiento de la salud de la población (MAGA, 2016).

6.3 Sistemas tradicionales de producción (STP)

El modelo tradicional de producción ganadera se caracteriza por el uso generalizado de potreros limpios de malezas, no arborizados y sin cercas vivas, y por el uso de pastoreo continuo a baja altura. Es un modelo extractivo donde se da muy poca o ninguna importancia a la remineralización de los suelos y al reciclaje de nutrientes (Ruiz *et al.* 2012).

Para un eficiente reciclaje de nutrientes es necesario que los potreros estén ocupados por una alta diversidad de especies con diferentes sistemas radiculares, que tiendan a ocupar el suelo en una variada extensión y profundidad. Esto es contrario al concepto generalizado de potrero que se maneja en la ganadería tradicional, donde sólo se acepta la presencia de gramíneas, cuyo sistema radicular superficial limita enormemente su capacidad para reciclar nutrientes del suelo (Ruiz *et al.* 2012)

6.3.1 Características de los productores del sistema ganadero tradicional

- a. El lema es: “Si funcionó con mis antepasados funcionará también conmigo”
- b. Para hacer potreros nuevos, se tumba toda la vegetación que se encuentre a su paso, ya sea talando o incinerando (quemando con fuego). Si algo rebrota, se repite el procedimiento o se acude a la aplicación de herbicidas selectivos.

- c. El concepto de “potrero” es un “desierto de pasto”. En otras palabras, para que sea un potrero de pastoreo con ganado no puede haber árboles, ni al interior ni alrededor, porque según ellos, eso le quita rendimiento al pasto, le reduce su productividad al no permitirle al pasto hacer una buena fotosíntesis por causa de la sombra.
- d. Todo lo que sea diferente al pasto sembrado es “maleza”. Por lo tanto, se debe erradicar.
- e. Se conoce la medida de su finca por el área del perímetro, pero casi ninguno sabe cuánto mide cada potrero al interior del predio. Lo que si argumentan es que los potreros tienen que ser amplios, extensos, donde el ganado pastoree libremente. Se basan en el adagio popular que dice: “La comida que sobra es la que engorda o da la leche”. El potrero más pequeño tiene un área aproximada de 5 Ha, y se niegan rotundamente a dividirlos en potreros más chicos. Incluso muy pocos tienen en su poder un mapa actualizado donde se puedan observar con detalles cada división interna y su respectiva área. Por esta razón es que se les clasifica a estos predios y a este tipo de productores como practicantes de una “ganadería extensiva”.
- f. Se considera que mientras el potrero tenga algo verde hay comida suficiente para el ganado. Los productores no se preocupan por cuanto pasto produce el potrero, pues compensan con extensión de área. Estudios desarrollados en diferentes regiones del país, 32 mediante aforos realizados por más de seis meses consecutivos, reportan que la producción promedio de un potrero de pastoreo por cosecha es inferior a 15 toneladas por Ha. y que el ganado a libre voluntad sólo aprovecha de esto entre un 30 y un 50%, y lo demás lo desperdicia, por mal manejo de la rutina de pastoreo.

Estos rendimientos de cosecha son muy bajos para el tipo de gramíneas que se producen en el trópico. Un rendimiento normal estaría alrededor de 30 toneladas por ha, y un rendimiento ideal sería alrededor de 50 toneladas por ha. El rendimiento es un tanto menor en las gramíneas que forman macollas, y más alto para gramíneas de crecimiento rastrero.

- g. Aunque se aplica un sistema de rotación de potreros, donde algunos de ellos están ocupados mientras otros descansan, no se sabe manejar correctamente el concepto de rotación, pues no hay control ni respeto sobre los días de ocupación y descanso de cada potrero. Los tiempos de ocupación generalmente son muy amplios (hasta que se agote el pasto, lo cual se determina visualmente), incluso pueden llegar a estar ocupados por tiempo indefinido. Mientras tanto, los tiempos de descanso son muy cortos (medio se recupera el pasto y de nuevo se llena de ganado el potrero, más aún, cuando escasea el pasto en toda la finca.

Por tal motivo, las pasturas nunca se desarrollan óptimamente, sino que permanecen “sabaneadas”, es decir, de un porte muy bajo y así mismo, un muy bajo rendimiento en cada cosecha. En consecuencia el ganado selecciona lo que desea comer, consume poco y produce poco.

- h. Como consecuencia de lo anterior, las cargas animales son muy bajas por unidad de superficie. En la ganadería tradicional las cargas animales no logran pasar de 4 cabezas por ha, lo cual, es muy escaso, y más común entre los ganaderos de leche que en los de carne.
- i. La carga animal del predio, se calcula al ojo por ciento. El ojo es subjetivo y engañoso. No es el ganadero ni el mayordomo según su acomodo, quien debe decidir cuántos animales ocuparán el potrero y/o por cuánto tiempo. Eso lo debe decidir la disponibilidad de pasto al momento de ingresar los animales. En otras palabras, es el aforo (medición de la

cantidad de pasto disponible en un área determinada) el que determina la carga animal que será capaz de soportar un potrero y/o por cuánto tiempo.

- j. El ganadero tradicional le entrega todo el poder a un mayordomo. Generalmente, esta persona no completó sus estudios, y su experiencia es totalmente empírica. Esta es la única industria en el mundo que entrega todo su capital (que casi nunca está por debajo de \$200 millones de pesos), al manejo administrativo de una persona que no está suficientemente capacitada para hacerlo (Ruiz *et al.* 2012).

6.4 Sistema silvopastoril

Los sistemas silvopastoriles son una opción de producción pecuaria donde las leñosas perennes (árboles, arbustos o palmas) interactúan, bajo un sistema de manejo integral, con las herbáceas (gramíneas y/o leguminosas) y animales para maximizar los beneficios económicos, sociales y ecológicos (Villanueva *et al.* 2010)

6.4.1 Ventajas y desventajas de los sistemas silvopastoriles

a. Beneficios Económicos

- Aumentan la producción debido a la sombra generada para el ganado
- Son fuente de recursos forrajeros para el ganado
- Obtener alimento de muy buena calidad y a muy bajo costo para el ganado
- Reducen la dependencia y gastos de insumos externos
- Permiten mayor estabilidad de la producción
- Diversifican los ingresos en las fincas ganaderas
- Incrementan la productividad y la rentabilidad de las fincas ganaderas
- Reducen riesgos económicos y la vulnerabilidad al cambio climático
- El forraje que se cosecha tiene un alto contenido de proteínas, lo que favorece un más rápido aumento de peso en los animales de engorda, así como una mejor producción de leche.

b. Beneficios Sociales

- Garantizan la seguridad alimentaria
- Mejoran la calidad de vida
- Cuentan con mayor sentido de pertenencia de la familia por la finca
- Reducen la migración a centros urbanos
- Reducen la venta de propiedades

c. Beneficios Ecológicos

- Protegen el suelo
- Permiten el reciclaje de nutrientes
- Desarrollan una restauración ecológica de pasturas degradadas
- Protegen las fuentes de agua
- Reducen la tala de bosques
- Permiten el secuestro de carbono
- Facilitan la conservación de la biodiversidad
- Muestran una belleza escénica
- Permiten una mayor estabilidad ante el cambio climático (Villanueva *et al.* 2010)

d. Desventajas de los sistemas silvopastoriles

Cuando no se cumplen algunos factores tales como el diseño espacial, la selección de especies de pasto y árboles compatibles para las condiciones agroecológicas del sitio, el manejo silvicultural de los árboles, el manejo de los pastos y de los animales, los sistemas silvopastoriles pueden presentar una serie de limitantes que se señalan a continuación:

- Fuerte competencia entre las especies leñosas y herbáceas por luz, agua y nutrientes; lo que puede resultar en una disminución de la productividades del sistema.
- Cuando existen pocos árboles en los potreros, mal distribuidos, sin manejo de sombra y alta carga animal, estas áreas tienden a ser degradadas.

- Es posible que las leñosas puedan intoxicar al ganado (Villanueva *et al.* 2010)

6.5 Tipos de sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles según su distribución espacial se pueden clasificar en sistemáticos y no sistemáticos (Tabla 1). Los primeros tienen un arreglo espacial uniforme en el terreno, generalmente plantados por el hombre; mientras los del segundo grupo presentan una distribución heterogénea en general proceden de la regeneración natural (Villanueva *et al.* 2010)

Tabla 1. Clasificación de las diferentes opciones de sistemas silvopastoriles

- Cercas vivas	- Árboles dispersos en potreros
- Bancos forrajeros de leñosas	- Pastoreo en tacotales o charrales
- Cortinas rompevientos	- Sistema silvopastoril intensivo
- Pasturas en callejones de especies leñosas	
- Pasturas en plantaciones de frutales	
- Pasturas en plantaciones forestales	

Fuente:(Villanueva *et al.* 2010)

El tipo de sistema silvopastoril que se debe elegir en las fincas depende de muchos factores, como por ejemplo:

- Condiciones agroecológicas del sitio
- Sistema de producción
- Tamaño de finca
- Especie leñosas y herbáceas adaptadas y disponibles
- Visión empresarial de la finca
- Tradición productiva
- Conocimiento del productor.

Una estrategia para intensificar la producción en fincas con poca extensión de terreno, es por medio de bancos forrajeros de leñosas y gramíneas. Similar

estrategia se podría utilizar en fincas afectadas por períodos largos de sequía o de lluvias extremas, con el objetivo de mantener una producción constante a lo largo del año. Por otro lado, en fincas grandes es factible el establecimiento y manejo de pasturas en plantaciones forestales o en tacotales (Villanueva *et al.* 2010)..

En ambos sistemas los productores manejan abundante conocimiento local sobre los atributos de las especies seleccionadas y retenidas en la finca. Ellos prefieren especies que cumplan con ciertos elementos como sombra, producción de productos maderables (leña, madera, postes, otros) y alimento para el ganado (follaje y frutos. De alguna manera este tipo de decisiones influye sobre la composición y la diversidad de especies de árboles dispersos en potreros y cercas vivas. En este sentido, entre el 49% y el 65 % de la población de árboles y en el caso de cercas vivas cinco especies conforman entre el 38% y el 94 % de los inventarios en algunos sitios de América Central (Villanueva *et al.* 2010).

6.6 Sistema silvopastoril intensivo (SSPi)

Modalidad agroforestal de producción agropecuaria de alta calidad y amigable con el medio ambiente. Se caracteriza por:

- Diversidad de especies
- Altas densidades de arbustos forrajeros
- Pastos mejorados de alta producción y calidad
- Alta carga animal (Producción leche y carne).

El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es un arreglo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad (más de 30,000 arbustos/hectárea) para ramoneo directo del ganado, asociado siempre a pasturas tropicales mejoradas integrando árboles maderables, frutales para la industria, autoconsumo y/o la protección de la diversidad con densidades que varían entre 50 y 500 árboles por hectárea (Fundación Produce Michoacán, 2011).

6.6.1 Ventajas del sistema silvopastoril intensivo

En su conjunto, el SSPi, después de establecido, tiene alta calidad nutricional para la producción de carne, leche y crías, sin demandar fertilizantes sintéticos ni herbicidas. Los principales atributos se reflejan en el mayor productividad, competitividad, protección del medio ambiente y desarrollo social (Fundación Produce Michoacán, 2011).

a. Ventajas productivas y económicas

- Buen crecimiento, tolerancia a la sequía y adaptación al ramoneo o cosecha directa por los animales.
- Alta producción de biomasa forrajera de buena calidad que permite alta carga animal (en promedio 5 animales grandes, de 450 kg. Cada uno) por hectárea por año en zonas de lluvias superiores a 800 mm anuales con disponibilidad de riego; las producciones de leche pueden llegar a superar los 10,000 litros por hectárea por año las de carne de 1500 kg. Por hectárea por año. En años atípicos bien sea por sequía o por inundación estos parámetros reducen.
- Ofrecen buena rentabilidad financiera para pequeños, medianos y grandes productores (tasas internas de retorno – TIR- entre 14 % y más de 22 %) siendo la respuesta lineal al número de hectáreas sembradas, lo que permite pagar créditos bancarios y beneficiarse de incentivos para su establecimiento que es lo más costoso.
- Reduce el estrés calórico significativamente al bajar la temperatura entre 10° C y 14° C durante el período seco.
- Incrementa los sólidos totales y la proteína en la leche, dos de los parámetros más importantes de calidad que reconoce la cadena láctea moderna.
- Duración superior a los 20 años en plena producción.
- Ayuda a reducir la carga de parásitos internos en un 40 % por la ruptura de sus ciclos de vida debido a las rotaciones y por el efecto de los metabolitos secundarios que contiene la *Leucaena*.

- Con el tiempo, minimiza la presencia de algunos parásitos externos, como la mosca de los cuernos, por la desaparición rápida de las excretas del ganado donde se realiza el ciclo biológico; acción realizada por coleópteros estercoleros y lombrices de tierra, ambos indicadores biológicos de buena salud de los suelos tropicales. Este hecho permite disminuir los costos de producción y emplear menos plaguicidas que afectan la salud humana y los ecosistemas.
- Ayuda a disminuir la población de garrapatas en el ganado por incremento de predadores naturales – (aves y hormigas) y el control biológico de algunos hongos (Fundación Produce Michoacán, 2011).

b. Ventajas ambientales del SSPi

- Alta fijación de nitrógeno atmosférico que es aprovechado por los pastos asociados al sistema.
- La cobertura total del suelo durante todo el tiempo reduce al mínimo los procesos erosivos superficiales por acción del agua y el viento
- Una vez establecido y consolidado, no requiere herbicidas para su mantenimiento los desyerbes con mínimos
- Permite asociarlo una importante gama de alternativas forestales como árboles maderables y frutales nativos e introducidos en un tercer estrato, generando un valor agregado de mediano y largo plazo para el productor.
- Favorece una creciente biodiversidad asociada, pudiéndose ubicar en cercanías de bosques protectores, bosques ribereños y en áreas de conservación y restauración ecológica
- Por la alta carga animal que soporta, es ideal para programas que buscan reducir la deforestación de bosques nativos.
- Es un sistema compatible con las buenas prácticas agrícolas ganaderas (BPA-G) y con la introducción de algunos procesos adicionales, se puede acceder a la producción orgánica certificada (Fundación Produce Michoacán, 2011).

6.7 Cultivo de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*).

Es un árbol tropical que crece de 7 a 18 metros y que requiere temperaturas entre 20 C y 30 C para su crecimiento. Es una especie originaria de Centro América (Nicaragua, Guatemala, Honduras y el Salvador) y la Península de Yucatán, México.

Entre las leguminosas arbustivas tropicales se destaca por sus características de persistencia, flexibilidad, comportamiento en pastoreo asociado a gramíneas mejoradas y alta fijación de nitrógeno atmosférico.

Se adapta a zonas con precipitaciones entre los 300 y 3000 milímetros anuales. Crece bien en las alturas desde el nivel del mar hasta los 1600 msnm. Es tolerante a la sequía. No responde bien al sombrero pero en zonas de alta luminosidad soporta condiciones de sombra (Fundación Produce Michoacán, 2011).

La variedad Cunningham que se recomienda, se encuentra principalmente establecida en el ecosistema de bosque seco tropical (bs-T). Bajo estas condiciones la *Leucaena* responde bien en períodos de brillo solar por encima de seis horas de sol por día, prefiere suelos neutros o alcalinos, se adapta a terrenos pedregosos y no tolera encharcamientos, ni suelos ácidos con saturación de iones de aluminio. Los mejores resultados se obtienen en suelos con pH de 6,5 a 7,5. No se recomienda su establecimiento en suelos con pH inferiores a 5,5 y altos niveles de saturación de aluminio, salvo raras excepciones, en cuyo caso se requiere la evaluación previa. Es posible el cultivo exitoso en suelos muy alcalinos con presencia de sales de calcio o sodio (Fundación Produce Michoacán, 2011).

Es una leguminosa muy palatable, o sea que le gusta mucho al ganado. Tolerancia el pastoreo, ya que tiene posibilidades de rebrotar y de reponerse rápidamente, la presencia de *Leucaena* en los potreros incrementa la oferta total de biomasa o sea de comida para las vacas, además cuando está asociada con pastos de piso, también incrementa la calidad nutritiva de éstos, por lo que se produce un aumento

significativo en la producción de leche cuando las vacas tienen acceso a la Leucaena en los potreros (EcuRed s.f.)

El valor nutritivo, de la materia seca y su digestibilidad iguales o superiores a los de otros forrajes que se han usado en la alimentación animal, como la Alfalfa y el Gandul. La cantidad de materia seca de la planta completa se encuentra alrededor del 29%, con un contenido de proteína cruda en hojas y tallos jóvenes que puede oscilar entre 25% y 34% y la digestibilidad de la materia seca superior al 71 %.

Debido a esto, se recomienda que los animales no consuman solamente Leucaena como ración diaria, sino más bien como un componente suplementario que no debe de sobrepasar el 30% en la dieta de los rumiantes (EcuRed s.f.)

Se puede cortar de 0.5 a 1 m de altura para provocar brotes vigorosos en intervalos de 2 – 3 meses. Durante el año de establecimiento solo se puede pastorear ligeramente siempre y cuando tenga una altura superior a 1m. Una vez establecido, se recomienda pastoreo cada 2 a 3 meses hasta un nivel no menor de 40 cm. Se desfolia durante períodos secos prolongados por lo tanto, su uso en esta época es limitado. Para evitar efectos negativos de la toxina mimosina se recomienda limitar el suministro de Leucaena en la ración a 30%. Se maneja bajo pastoreo directo asociado con gramíneas, con las cuales se asocia bien; como banco de proteína para uso estratégico y bajo corte y acarreo como suplemento (Parrota, 1992).

Produce de 7 – 25 t de MS/ha/año, su contenido de proteína cruda oscila de 12 a 25% y la digestibilidad de 65 – 85%, tiene alto contenido de vitamina A. Por su alta calidad, en animales que pastorean o consumen Leucaena en la dieta, se obtienen ganancias de peso hasta 700 g/animal/día. La producción de bastante cantidad de madera ha sido un producto adicional valioso en sistemas de pequeños productores, aunque por su baja densidad su calidad no es buena, pero puede ser usada industrialmente para pulpa y energía (Parrota, 1992).

Tabla 2. Requerimientos y características generales de la Leucaena (Leucaena leucocephala)

Descripción	Condición
Familia:	Leguminosa
Ciclo vegetativo:	Perenne
Adaptación pH:	5.2 – 8.0
Fertilidad del suelo:	Media
Drenaje:	Necesita buen drenaje
m.s.n.m.:	0 – 1800 m
Precipitación:	> 750 mm
Densidad de siembra:	1.6 m entre surcos, y 1m entre plantas
Profundidad de siembra:	2 – 5 cm, escarificada
Valor nutritivo:	Proteína 12 – 25%, digestibilidad 65 – 85%
Utilización:	Banco de proteína, leña, corte y acarreo, abono verde, sistemas agroforestales, concentrado para aves, cerdos y bovinos, pastoreo, barreras vivas, rompevientos, ensilaje.

Fuente: (Parrota, 1992)

Existen diferentes modalidades de uso de la Leucaena en producción animal, tanto en corte y acarreo, como también en pastoreo. Un sistema que ha llamado nuestra atención es la experiencia llevada a cabo en Colombia difundida por la Fundación CIPAV, en una gran cantidad de productores de leche y carne, denominada sistema silvopastoril intensivo (SSPi) (Pachas, 2011).

6.8 Gramíneas forrajeras

6.8.1 Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*)

La especie (*Cynodon nlemfuensis*) conocida como pasto estrella es oriunda de Rhodesia, encontrándose distribuida por el África Oriental, desde Etiopía hasta Zambia y el Congo y la variedad *nlemfuensis* abunda mucho en Tanzania y en las mejores sabanas de Angola. Esta especie se ha adaptado en suelos de fertilidad mediana a alta con drenaje de deficiente a regular y

condiciones de secanos mostrando mejor comportamiento en pastoreo que en corte, despoblándose con este último cuando es muy frecuente y con baja altura de corte. Sus rendimientos máximos fueron de 20 t/MS/ha/año promediando alrededor de 16,5; mostrando susceptibilidad al ataque del falso medidor (*Mocis* sp).

Gramínea perenne que produce tallos con entrenudos largos y abundantes estolones. Posee inflorescencia digitada o sub digitada. Es un pasto muy utilizado para alimentación de equinos. Responde muy bien a la fertilización y al riego. Se debe manejar con periodos de descanso de 27 días y puede soportar cargas animales de 4 unidades animales por hectárea. Su tallo es delgado, sin pelos, erecto o recostado sobre el suelo (formando estolones de 2-3 mm de anchos) y con las puntas ascendentes por 30-60 cm (Gelvez s.f.)

Se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 2.000 msnm, presenta buena adaptación a una amplia gama de suelos, su óptimo crecimiento se logra en suelos de textura franca de alta fertilidad, buen drenaje y pH cercano a la neutralidad. El calor, la salinidad y la sequía temporal no disminuyen su crecimiento y desarrollo siempre que exista alguna reserva hídrica en el suelo. Se puede sembrar en cualquier época del año, es preferible que en época de lluvias se proceda al sembrado. Se realiza con material vegetativo representado por estolones y rizomas, colocados al voleo o en hileras. La cantidad de estolones es de 1.200 a 2.000 Kg./ ha. No es necesario establecer un control de malezas (Gelvez s.f.)

El pasto estrella presenta en promedio 23,57% MS, 11% PC buenos valores de proteína bruta y digestibilidad si es cortado a edades tempranas (30-42 días) y si se le aplica altas dosis de fertilizante (+ 400 kg/ha/año). En cuanto a la afectación que sufre su calidad con la edad, este se comporta como la mayoría de las especies de gramíneas tropicales. (EcuRed s.f.)

Tabla 3. Requerimientos y características generales de la Estrella (*Cynodon nlemfuensis*)

Descripción	Condición
Nombre común	Pasto Estrella
Nombre científico	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
Consumo	Pastoreo rotativo preferiblemente.
Clima favorable	Cálido, desde los 0 hasta los 1700 m.s.n.m.
Tipo de suelo	Suelos muy fértiles, francos o franco arcillosos y con alto contenido de materia orgánica.
Tipo de siembra	Por material vegetativo, estolones.
Plagas enfermedades	Atacado por lepidópteros (<i>Mocis latipes</i>), gusanos y chinches (<i>Blissus insularis</i>).
Toxicidad	Presencia de glucógenos cianogénicos que pueden convertirse en cianuros y producir toxicidad.
Tolera	Aguachinamiento, sequía y sombra.
No tolera	Sequías extremas.

Fuente: (Gelvez s.f.)

6.8.2 Tanzania (*Panicum maximum* cv. *Tanzania*)

Originario de Tanzania, África. Fue introducida al país en el año 1987 por el convenio MAG- CIAT, pero no fue hasta el año 1998 que es registrada en la ONS como especie liberada por la empresa Servicios Científicos Agropecuarios. La guinea mejorada *P. maximum* cv. *Tanzania*, es una gramínea tropical que ha sido seleccionada por su alto rendimiento y calidad nutricional. Produce abundantes hojas, la cepa es abierta y cubre bien el suelo. Las hojas son anchas (2.7 cm) y la flor de color morado. Tiene un alto potencial para ser utilizada en la producción de carne y leche bajo condiciones de media a alta fertilidad de suelo (Lobo, 2001).

Es alta productora de forraje, así como también de buena calidad nutritiva, palatabilidad y digestibilidad. Presenta una alta capacidad de rebrote y su producción promedio de forraje a los 32 días de rebrote es de 4.2 t MS/ha en

la época seca y de 11.3 t en la época de lluvia, en promedio produce 7.7 t MS/ha, que equivale a 242 kg Ms/ha/día; mientras que su calidad nutritiva a esta edad es de 12 % de proteína cruda con una digestibilidad in vitro de materia seca de 72 %. Su principal uso es bajo pastoreo, principalmente en pastoreo rotacional (siete días de ocupación y 35 días de descanso), esto depende de la zona, época del año y del tipo de explotación. También es utilizado como pasto de corte, y además se usa en forma de heno o silo (Lobo, 2001).

Es de porte medio, 150 cm. de altura, requiere suelos de buena fertilidad natural y bien drenados, con pH de entre 5 y 7.5 con contenidos de proteína bruta de 12 a 14%, una digestibilidad de 60 a 70%, con una producción de forraje de 26 t/MS/ha/año equivalente a 130 t. De MV/ha/año, con una característica sobresaliente el 80% del peso de la planta es hoja. Teniendo además la característica de producir buena cantidad de forraje durante la época de secas, que es cuando realmente se necesita la utilización del forraje de corte (Grupo Papalotla, 2014).

Crece en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2,000 m.s.n.m. y en regiones con más de 800 mm. de lluvias. Se recomienda para cría y engorda de bovinos, así como para ganado lechero, ensilaje y producción de heno. El primer pastoreo es factible realizarlo a los tres o cuatro meses después de la siembra cuando se observa que la pradera presenta más de un 90 % de cobertura (Agricampo 2009).

Para el mantenimiento de la pradera, se recomienda aplicar anualmente 100 kg/ha de Nitrógeno y 60 kg/ha de Fósforo. El Nitrógeno no es necesario si el Tanzania esta en asociación con leguminosas. Materia verde: 70 - 80 t/ha/año Materia seca: 20 - 25 t/ha/año Proteína cruda: 12 - 15 %. Carga animal: 2 - 3 cabezas/ha en época de secas y 3 - 5 cabezas/ha en época de lluvias. Pastoreo inicial a los 90 - 120 días después del establecimiento.

Tabla 4. Requerimientos y características generales de la Tanzania (*Panicum maximum* cv. *Tanzania*)

Descripción	Condición
Adaptación pH	6-7
Requerimiento de drenaje	Bueno
Altitud(metros sobre el nivel del mar)	0-1000
Precipitación (mm)	>600
Densidad de siembra(kg/ha)	4-6
Profundidad siembra(cm)	2
Requerimiento fertilidad	Alto
Tolerancia a sequía	Regular
Tolerancia al frío	Regular
Recuperación bajo pastoreo	Bueno
Resistencia a plagas y enfermedades	Bueno
Manejo de pastoreo	Rotativo

Fuente: (Agricampo, 2009)

VII. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Localización

La presente investigación se realizó en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, específicamente en la vega de la Granja Experimental de la Carrera de Zootecnia del Centro Universitario de Oriente, cuenta con una extensión aproximada de 9.12 hectáreas, se encuentra en una altitud de 360 msnm en las coordenadas 14°40'46" Latitud Norte y 89°31'18" Latitud Oeste. Según el sistema de clasificación de Holdridge la finca vega el Zapotillo se sitúa entre la zona de vida de Bosque seco subtropical con estrecha relación edáfica seca húmeda (Salguero, 2004).

El área registra precipitaciones promedio de 825.5 milímetros anuales, temperatura máxima de 39 °C y una mínima de 16.3 °C una humedad relativa de 60% en época seca y un 75% en época lluviosa (Salguero 2004).

Los tipos de suelo de la vega son de tipo aluvial no diferenciados de serie miscelánea los cuales son utilizados para la explotación de diversos cultivos como hortalizas, cultivos limpios, frutales, gramíneas de corte, entre otras, ya que presentan una alta fertilidad y condiciones adecuadas para su establecimiento. Son terrenos casi planos cuya pendiente es muy leve, aproximadamente del 1%, lo que hace que sea un terreno arable para usos sin limitaciones (Salguero, 2004).

7.2 Materiales

7.2.1 Área experimental

- **Sistema silvopastoril intensivo (SSPi)**

La parcela bruta del SSPi, en donde se llevó a cabo la investigación posee 64 metros de largo por 64 metros de ancho, haciendo un área total de 4,096 metros cuadrados, en ella se trazaron 40 surcos o hileras a 1.6 metros entre surco, en los cuales se sembró la (*Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham*), en 40 surcos o hileras de *Leucaena*, en medio de los cuales posteriormente se establecieron las gramíneas.

- **Sistema típico del productor (STP)**

El sistema utilizado por la administración de la granja pecuaria el Zapotillo, de la carrera de Zootecnia, de CUNORI, se tomó como el sistema típico del productor (STP), en la cual se tomó una parcela en uso, establecida de pasto Tanzania (*Panicum máximum* cv. *Tanzania*), de 4,096 metros cuadrados la cual se constituyó en la localidad del estudio comparativo.

7.2.2 Costos variables de los sistemas (SSPi y STP)

Se estimó los costos variables del establecimiento del Sistema Silvopastoril Intensivo y los costos variables del sistema típico, durante todo el ciclo de cultivo para ser contrastados.

7.2.3 Semillas

- **Semilla de Leucaena**

Se trabajó con una dosis de 15 kg/ha

- **Semilla de Tanzania**

Se trabajó con una dosis de 8 kg/ha.

- **Material vegetativo de pasto Estrella**

Se trabajó con una dosis de 2.44 t/ha.

7.2.4 Mano de obra no calificada

El control de malezas, se efectuó mediante prácticas manuales con machete y azadón para proteger los cultivos en su establecimiento y desarrollo.

7.2.5 Insumos

Para el establecimiento y manejo del sistema silvopastoril intensivo se utilizarón insumos como: tratadores de semilla, herbicidas, foliares, insecticidas y promotores de crecimiento.

7.3 Metodología experimental

7.3.1 Preparación de terreno

Se realizó poda de árboles de porte alto, para facilitar las labores mecánicas de preparación del terreno, se llevó a cabo un paso de arado, posteriormente dos de rastra, uno a favor de la pendiente y el otro orientado este-oeste, hasta donde el terreno y las condiciones de riego lo permitieron, el paso de rastra se realizó a la profundidad de 40 cm. Luego se trazaron los surcos elevados entre 20 a 30 cm y 1,60 metros de distancia, orientados de este a oeste para disminuir la sombra sobre los pastos y facilitar su rebrote.

7.3.2 Muestreo de suelo

Previo al establecimiento de los materiales se tomaron muestras de suelo del área experimental y se enviaron al laboratorio de suelos del Centro Universitario de Oriente, para determinar la calidad productiva y conocer sus características (clasificación taxonómica, propiedades físicas, condiciones, entre otros), luego de obtener la recomendación para dicho terreno, se llevó a cabo las consideraciones pertinentes, los cuales se muestran en la tabla 1A.

7.3.3 Preparación de la semilla

La semilla de *Leucaena* fue escarificada con el método de sumersión en agua caliente a 80°C por 3 minutos. Después de escarificada se procedió al secado de las semillas para después realizar la mezcla con Thiodicarb utilizando una dosis de 20-30 ml/kg de semilla, el cual actúa por contacto e ingestión, además de su conveniente efecto residual, favorece el control de plagas foliares e insectos del suelo mediante el tratamiento de la semilla.

7.3.4 Siembra de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* variedad *Cunningham*)

La primera siembra del sistema silvopastoril intensivo (SSPi), fue el componente arbóreo *Leucaena*, la cual fue establecida por el método de siembra directa con un distanciamiento de 1.60 m entre surco y 0.25 m entre

planta, a razón de 2 a 3 semillas por postura, con una dosis de 15 kg/ha, tratando de establecer 50,000 plantas por ha, esperando al menos obtener como producto final 8 plantas por metro lineal de surco (Lozano *et al.* 2006).

7.3.5 Resiembra de Leucaena

Quince días después de la siembra de Leucaena, se revisaron el número de emergencia de plantas en 10 metros lineales; la pérdida superaba el 5%, por lo que fue importante la resiembra, la cual se realizó de forma directa y mediante trasplante de bolsa a campo definitivo; para ello se elaboró un vivero fuera del área el cual se sembró el mismo día que la siembra en campo definitivo.

7.3.6 Siembra de pasto Tanzania (*Panicum maximum* cv. *Tanzania*)

El pasto Tanzania se estableció manualmente 65 días después de establecida la Leucaena; este se sembró a razón de tres surcos entre las hileras de Leucaena a 0.40 metros entre surco y 0.50 metros entre postura, haciendo un total de 120 surcos de Tanzania en la localidad.

7.3.7 Siembra de pasto Estrella (*Cynodon nlenfuensis*)

La siembra de Estrella se llevó a cabo a través del método de siembra directa con material vegetativo, la semilla utilizada fue de estolones o trozos de 30 a 40 cm de longitud, sembrados en el centro de las calles cada 50 cm, cuando las primeras dos especies estaban plenamente establecidas.

7.3.8 Control de malezas

La Leucaena tiene un desarrollo lento durante los primeros 65 días. Por ello se realizaron dos limpiezas culturales con machete y azadón, antes de la siembra de los pastos; esta labor sirvió además para formar una cama adecuada para la siembra de los pastos. Tras la alta incidencia de malezas después de la preparación de suelo antes de la siembra, se utilizaron herbicidas de contacto, para el control de malezas de hoja ancha.

Para garantizar el establecimiento y persistencia del sistema se procedió a realizar dos limpiezas más con machete y azadón, esta labor sirvió para formar el sistema y garantizar la coexistencia de las tres especies en su etapa inicial.

7.3.9 Fertilización

Los resultados obtenidos en el análisis de suelo, recomendó 80 libras de nitrógeno y 60 libras de potasio por manzana, para lo cual se realizaron las siguientes fórmulas para determinar la cantidad de fertilizante a utilizar.

Primero se determinó que cantidad de nitrógeno se necesitaba para el área experimental.

$$\left. \begin{array}{l} 7,000 \text{ mt} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 80 \text{ lb N} \\ 4,096 \text{ mt} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array} \right\} 46.81 \text{ Lb de nitrógeno}$$

Luego se calculó en base al fertilizante urea (46-0-0), que cantidad se necesita para el área seleccionada.

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ lb} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 46 \% \text{ N} \\ X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 46.81 \text{ lb N} \end{array} \right\} 100 \text{ Lb urea}$$

Con dicho análisis, se fertilizó el área de 4,096 m² (64 x 64 metros), con 100 libras de urea, además se efectuó la aplicación de fertilizante foliar por vía de pulverización, el cual contiene micro-elementos y aminoácidos, aportando a las plantas los macro-elementos nutritivos necesarios para su desarrollo, en una proporción equilibrada.

7.3.10 Riegos

El riego del sistema silvopastoril intensivo, se realizó con una bomba de riego de alta presión por medio de aspersion, este sistema fue utilizado para garantizar el establecimiento y con ello no permitir que la irregularidad y lo errático de la temporada de precipitación en la zona afectara la investigación;

por ello, los riegos con el sistema de riego portátil se llevaron a cabo cuando fue estrictamente necesario.

7.3.11 Plagas y enfermedades

Son pocas las plagas y enfermedades que afectan estas especies; sin embargo, fue necesario la aplicación de (Endosulfan 350 g de i.a./l), por medio de aspersión con acción de contacto y estomacal, ya que se detectó presencia de pulgón (*Aphididae*) de color amarillo en un 30 %, en el SSPi.

7.3.12 Corte de nivelación del sistema silvopastoril intensivo (SSPi)

El corte de uniformidad de la *Leucaena* se realizó a los 183 días de edad a una altura de 1 metro sobre el nivel del suelo, y el de *Tanzania* se realizó a los 95 días de edad a 5 cm sobre el nivel del suelo. A partir de este momento se inició la medición de los datos del experimento del sistema silvopastoril intensivo.

7.3.13 Corte de nivelación del sistema típico del productor (STP)

El corte de uniformidad se realizó a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo a partir de este momento se inició la medición de los datos del experimento.

7.4 Recolección y análisis de datos

7.4.1 Sitios de muestreo

Se seleccionaron 12 sitios utilizando un método de muestreo no probabilístico, considerando los tres estratos de población (*Leucaena*, *Tanzania* y *Estrella*) y que por consiguiente la toma de muestra, tendría un efecto destructivo del sistema mediante corte de los materiales en estudio, la estimación de biomasa fue realizada a los 75 días de recuperación cosechando los folíolos y las ramas verdes que constituyen la biomasa comestible de la *Leucaena* y cortando a 5 centímetros del suelo en las gramíneas en cada uno de los sistemas evaluados pesando la producción de materia fresca utilizando una

balanza digital con escala en Kg. Estos resultados se promediaron y la media obtenida se multiplicó por el área (4096 m²), luego se convirtió de Kg a t/ha.

7.4.2 Tratamientos

T₁. Sistema silvopastoril intensivo -SSPi- (*Leucaena leucocephala* var. *Cunningham* + *Panicum maximun* cv. *Tanzania* + pasto *Estrella Cynodon nlemfuensis*).

T₂. Sistema típico del productor –STP- (*Panicum maximun* cv. *Tanzania*)

7.4.3 Estimación de costos de producción

Se cuantificaron los costos variables del establecimiento del sistema silvopastoril intensivo y los costos variables del sistema típico, durante todo el ciclo de cultivo para ser contrastados.

7.4.4 Variables medidas.

- Número de plantas de *Leucaena* nacidas por metro lineal
- Número de plantas de *Leucaena* por metro lineal
- Altura de plantas (*Leucaena* y *Tanzania*)
- Kilogramos de materia verde y materia seca por metro cuadrado.
- Kilogramos de proteína por hectárea
- Mega calorías de Energía Digestible por hectárea
- Costos variables de establecimiento, manejo y producción del sistema
- Costo total del sistema en Q/ha.

7.4.5 Variables evaluadas.

- Tasa de emergencia de leucaena y prendimiento final por hectárea.
- Tasas de crecimiento promedio de Leucaena y Tanzania en metros/especie/día.
- Rendimiento de materia verde por hectárea, en t/MV/ha.
- Rendimiento de materia seca por hectárea, en t/MS/ha.
- Rendimiento de proteína cruda en Kg/ha.
- Rendimiento de energía digestible Mcal/ha.
- Rendimiento de fibra cruda (% FC)
- Total de nutrientes digestibles (% TND)
- Fibra neutro detergente (% FND)
- Fibra ácido detergente (% FAD)
- Lignina (%)
- Calcio (%)
- Fósforo (%)
- Costo de kilogramo de nutriente en base a proteína.

7.4.6 Análisis químico

Para el análisis de laboratorio se tomaron 12 muestras de 250 g de cada una de las unidades experimentales (parcela neta) de materia verde. El rendimiento de materia verde en kg/ha, se obtuvo al medir el rendimiento por parcela neta y convertirla a rendimiento en toneladas por hectárea.

Para determinar el contenido de materia seca y humedad, se llevó a cabo el secado de las muestras mediante el uso de un horno de aire forzado a una temperatura constante de 60°C, hasta que se alcanzó un peso constante.

La proteína cruda se determinó por el método de análisis Micro-Kjeldhal, en el cual se determina el nitrógeno de la muestra, digiriendo las proteínas y otros componentes orgánicos en una mezcla de ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. La mezcla se neutraliza con una base y se destila posteriormente.

El resultado se recoge en una solución de ácido bórico, los aniones del borato se titulan con HCl 0.2N estandarizado para determinar el nitrógeno de la muestra.

Para determinar la fibra ácido detergente y la fibra neutro detergente se utilizó el método de Van Soest, que se basa en una digestión con detergente neutro para separar el contenido celular que representa el 60% de la MS del forraje y una digestión en detergente ácido para separar la pared celular que está compuesta por celulosa, lignina y hemicelulosa, constituyendo casi el 98% de la fracción no digestible del forraje

El método empleado para determinar cenizas fue el de calcinación, el cual consiste en evaporar el agua y las sustancias volátiles de la muestra, a través de la incineración, por medio de una mufla a 700 °C.

Para determinar el extracto etéreo se utilizó el método de extracción Soxhelt, que consiste en la separación sólido-líquido en continuo, empleando un disolvente, con posterior evaporación de este y pesada final del residuo.

La fibra cruda o bruta es el residuo orgánico lavado y seco, resultado de la exposición de la muestra desengrasada con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio diluidos.

Finalmente la energía digestible se obtuvo realizando varios procedimientos, como primer paso se calculó el extracto libre de nitrógeno, para el cual se necesitan los valores del análisis químico proximal, luego se realizó la siguiente conversión:

$$ELN=100-(FC+EE+CT+PC)$$

Seguidamente se calculó el porcentaje Total de Nutrientes Digestibles (TND). Para eso se utilizó la fórmula contenida en la edición de *Latin American tables of feed composition* (Mc Dowell; Conrad; Thomas y Harris, 1974) que se presenta a continuación:

$$\text{TND} = -72.943 + 4.675 \cdot \text{FC} - 1.28 \cdot \text{EE} + 1.611 \cdot \text{ELN} + 0.497 \cdot \text{PC} - 0.044 \cdot \text{FC} \cdot \text{FC} - 0.76 \cdot \text{EE} \cdot \text{EE} - 0.039 \cdot \text{FC} \cdot \text{ELN} + 0.087 \cdot \text{EE} \cdot \text{ELN} - 0.152 \cdot \text{EE} \cdot \text{PC} + 0.074 \cdot \text{EE} \cdot \text{EE} \cdot \text{PC}$$

Y finalmente se determinó con la siguiente conversión la energía digestible:

$$\text{ED} = (\text{TND} \cdot 4.409) / 10$$

Las anteriores variables nutricionales fueron analizadas en el laboratorio de bromatología de la carrera de Zootecnia del Centro Universitario de Oriente.

La lignina se determinó mediante el método de lignina Klason, la cual se considera como el residuo insoluble que queda después de un ataque ácido a la muestra, y se determina según la norma ANSI (American National Standard Institute).

La determinación de contenido de calcio se realizó por medio del método precipitación y titulación con permanganato de potasio

La determinación de contenido de fósforo se realizó a través del método determinación calorimétrica.

El contenido de lignina, calcio y fósforo, se determinó en el laboratorio de bromatología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.4.7 Análisis de datos

Los resultados obtenidos para las unidades productivas fueron sometidos a una prueba t de Student. Tras obtener los resultados financieros se analizaron los costos variables por sistema evaluado.

7.4.8 Análisis experimental

Para cada variable bajo estudio, se obtuvo la media, la desviación estándar y los grados de libertad, utilizando la tabla de distribución de "t" y construir las curvas Studentizadas para muestras pequeñas, utilizando para ello el paquete

estadístico Infostat. Estas tendencias de los estimadores de cada variable, tienen el propósito de describir la estabilidad de la tecnología propuesta versus la típica de los productores.

7.4.9 Análisis financiero

El análisis financiero fue realizado mediante presupuestos variables los componentes económicos vinculados a la producción e identificados en los registros, durante todo el ciclo del cultivo. Se obtuvo una media representativa para cada localidad y se analizaron los valores medios correspondientes a cada tecnología, de manera comparativa.

VIII. Resultados

El comportamiento agronómico y productivo del sistema típico del productor (STP) y del sistema silvopastoril intensivo (SSPi), fueron sometidos al análisis comparativo, con la finalidad de contrastar el rendimiento de los mismos, el contenido nutricional por sistema y análisis de los costos variables por tratamiento, el resumen de las variables evaluadas se presentan en las tablas 5 y 8.

TABLA 5. Resumen del análisis de variables de comportamiento agronómico y productivo, evaluadas en los dos sistemas.

Variable	Sistema	$\bar{x}$	S	P-valor
Tasa Emergencia y Prendimiento Final	SSPi	9.08	0.45	<0.0001
		3.94	0.32	
Ton/MV/Ha.	SSPi	121.91	352.77	<0.0001
	STP	49.96	352.22	
Ton/MS/Ha.	SSPi	27.35	17.28	<0.0001
	STP	9.32	19.84	

Nota: $\bar{x}$ = media

SSPi= Sistema Silvopastoril Intensivo

STP= Sistema Típico del Productor

Fuente: Elaboración propia, 2018.

8.1 Tasa de emergencia de Leucaena y prendimiento final por hectárea.

Se considera como tasa de emergencia el número de plantas nacidas 30 días posteriores a la siembra, y tasa de prendimiento al número de plantas que sobrevivieron durante el crecimiento y mantenimiento dentro del sistema hasta los 180 días posterior a la siembra

La tasa promedio de emergencia o tasa inicial de la Leucaena a los 30 días después de la siembra, fue de 9.08 plantas/metro lineal, que corresponde a una densidad de aproximadamente a 56,750 plantas por hectárea; sin embargo la tasa final promedio de prendimiento o sobrevivencia a los 180 días, fue de 3.94 plantas por metro lineal lo cual corresponde a 24,625 plantas por hectárea.

Rivera, *et al* (2017), menciona que los arreglos silvopastoriles intensivos (SSPi) son caracterizados por una alta densidad del cultivar *Cunningham* de esta leguminosa (> 20,000 arbustos/ha), asociado con gramíneas como (*Cynodon nlemfuensis*).

También Bacab, *et al* (2013), indica que las altas densidades de (*L. leucocephala*) (mayor a 10,000 plantas/ha) en estos sistemas, no tienen problema de competencia, si se siguen buenas prácticas de manejo, como corte de nivelación, en el diseño de bancos forrajeros mixtos y sistemas silvopastoriles intensivos; sin embargo, la Fundación Produce con sede en Michoacán, México, en una investigación relacionada con la tasa de emergencia, reporta 34,500 plantas por hectárea con la misma densidad de siembra, sin embargo, no existen datos de prendimiento final con el cual se pueda comparar.

De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio se puede inferir que los resultados obtenidos son intermedios a los reportados por otros autores y dadas las condiciones de época seca, bajo las cuales fue establecido el sistema se consideran adecuados.

8.2 Tasas de crecimiento promedio de los sistemas evaluados

8.2.1 Leucaena

La Leucaena es bien conocida por su gran capacidad de adaptarse a distintas condiciones ambientales, su crecimiento varía de acuerdo a la disponibilidad de luz, agua, nutrimentos y espacio existente; sin embargo, bajo las condiciones que fue establecida en esta investigación, la tasa de crecimiento fue inicialmente lenta durante los primeros cuatro meses posteriores a la siembra, por efecto de temperaturas mínimas bajas y días nublados, propios del final y principio de año en la zona. Por ejemplo, la temperatura mínima de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero fueron de 14.1C°, 13.4C°, 12.5C°, 17.7C° (Sistema de Información Geográfica, 2018).

Por su parte Medina, *et al* (2007), tras evaluar el estudio comparativo de (*Moringa oleífera*) y (*Leucaena leucocephala*) durante la germinación y la

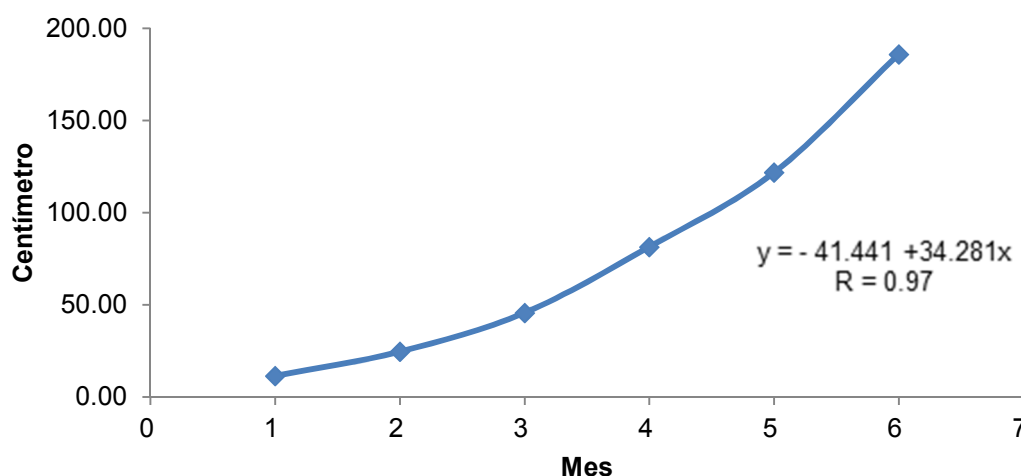
etapa inicial de crecimiento, presentó valores de 53.20 cm de altura a los 3.25 meses de edad, datos bastante similares a los obtenidos en la presente investigación.

A pesar de anteriormente expresado, el crecimiento de la leucaena fue de forma progresiva durante todo el lapso del experimento, sin embargo a medida que la temperatura mínima fue subiendo y las horas de luz se incrementaron, la tasa de crecimiento acumulada a 30 días, se aceleró, tal como lo muestran los datos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Tasa de crecimiento promedio de leucaena por mes

Medición	Promedio de crecimiento/ mes/acumulado (cm)
Noviembre	11.49
Diciembre	24.68
Enero	45.73
Febrero	81.53
Marzo	121.84
Abril	185.99

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

NOTA: 1=noviembre 2=diciembre 3=enero 4=febrero 5=marzo 6=abril.

Figura 1. Relación de la tasa de crecimiento acumulada de Leucaena, por mes.

La figura anterior, muestra la tendencia de crecimiento en altura de la Leucaena con relación al tiempo de vida de la planta, durante los 6 meses evaluados en campo, presentando un coeficiente de correlación de 0.97, lo que indica que están altamente relacionadas dado que a medida que pasa el tiempo la planta incrementa proporcionalmente su desarrollo.

8.2.2 Pasto Tanzania

El pasto Tanzania posee un hábito de crecimiento erecto tipo macolla y son pocas las plagas que afectan el crecimiento de este cultivo, se asocia muy bien con Leucaena y la importancia de esta mezcla, radica en que se aumenta el valor protéico del forraje de consumo en pastoreo y además, la asociación de gramíneas y leguminosas mejora la fertilidad del suelo respecto a los monocultivos; esto se debe, al aporte de nitrógeno atmosférico y mayor intercepción de luz; como consecuencia esto se ve reflejado en el crecimiento del forraje asociado, como también en la biomasa producida por unidad de área. En los siguientes párrafos se presenta la comparación de la tasa de crecimiento del pasto Tanzania en los dos sistemas evaluados.

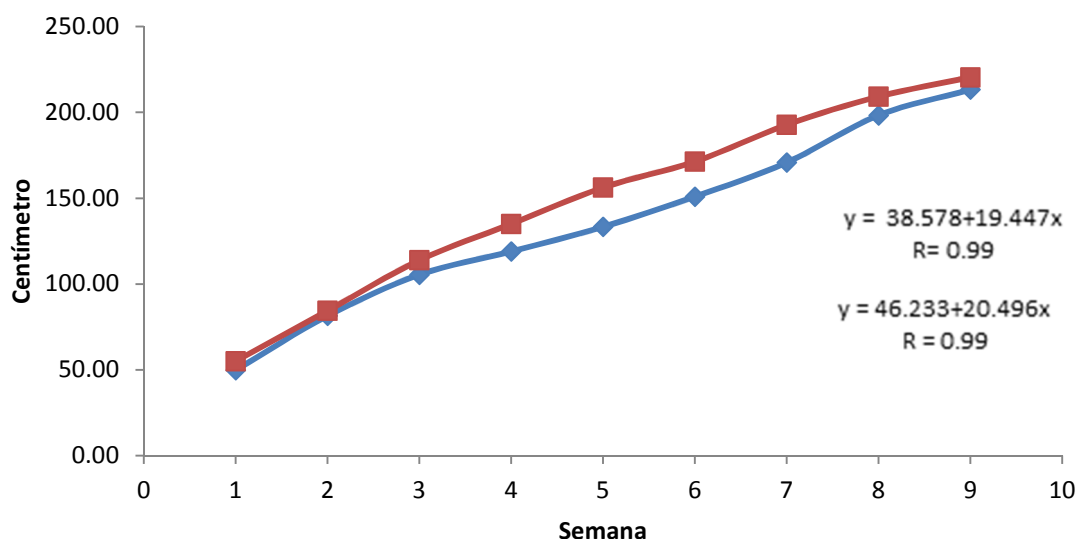
Según los datos obtenidos y bajo las condiciones en las que se realizó este estudio, la tasa de crecimiento de la planta, se incrementó de acuerdo al comportamiento regular de la especie, tal como se muestra en la tabla 7, en donde se puede observar que la producción de forraje se incrementó de forma lineal y no muestra el efecto de llamarada de crecimiento propio de las plantaciones en temporada lluviosa. Se deberá asumir entonces, que el incremento en altura, al aumentar la edad de la planta, es debido al incremento del crecimiento de la fracción de tallo.

Las plantas de Tanzania crecieron de forma progresiva durante todo el lapso del experimento y muy parecidos en los dos sistemas; los incrementos en altura fueron continuos en cada momento de medición, la cual se realizó con un intervalo de 7 días, estos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Tasa de crecimiento promedio pasto Tanzania en SSPi y STP, por semana (Enero- Abril).

Semana	Promedio de crecimiento acumulado del pasto Tanzania en el SSPi/sem. (cm)	Promedio de crecimiento acumulado del pasto Tanzania en el STP/sem. (cm)
1	55.08	49.88
2	84.48	81.44
3	113.87	105.41
4	135.03	118.97
5	156.19	133.33
6	171.34	150.91
7	192.76	170.83
8	209.21	198.29
9	220.45	213.24

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 2. Tasa de crecimiento promedio pasto Tanzania en SSPi y STP, por semana.

El siguiente gráfico muestra la tendencia en la tasa de crecimiento del pasto Tanzania en los dos sistemas evaluados, en relación al tiempo de vida de la planta durante 9 semanas. Presenta además, el crecimiento de forma progresiva del pasto durante todo el experimento, excepto en las semanas 8 y 9, donde se observa una similitud del comportamiento del pasto Tanzania en los dos sistemas, debido al grado de madurez del pasto propio del comportamiento fisiológico del mismo.

Sin embargo, de manera general, se observa una mejor tasa de crecimiento del pasto Tanzania que fue establecido en el SSPi, entre el día 42 al 56 posterior al establecimiento, tiempos que coinciden con el período de descanso adecuado para esta especie, como también probablemente se deba a la fijación de nitrógeno que produce la leguminosa asociada en el suelo. La vida útil y productiva de estos forrajes comienza con la siembra o plantación y continúa con el manejo, si ambas actividades se realizan con calidad, se garantizan poblaciones adecuadas, que permiten disminuir el tiempo de producción y alargar la persistencia del pastizal en asocio.

8.3 Rendimiento de materia verde, t/ha.

Para la evaluación estadística de las variables de rendimiento y contenido nutricional de los forrajes los datos obtenidos corresponden a las muestras tomadas a los 75 días posterior al corte de nivelación de los sistemas; y en el caso del SSPi las muestras compuestas corresponden a pasto Tanzania 55%, *Leucaena* 36% y pasto Estrella 9%, en 4096 m². Para el caso del STP, la muestra constituyó el 100% de pasto Tanzania, en 4096 m².

Para la variable rendimiento de materia verde, de los dos sistemas evaluados los resultados fueron sometidos a una prueba *t* de Student, determinando que existe diferencia significativa ($P \leq 0.0001$) entre los dos sistemas; la producción de materia verde en promedio, fue 121.91 t/MV/ha, para SSPi y de 49.96 t/MV/ha para el STP.

En Colima, México; Bacab, *et al* (2008), encontraron que tras realizar una comparación de las principales características de un sistema de producción ganadera con pastos mejorados y asociado con (*Leucaena leucocephala*) a baja y alta densidad, reportan 185 t/MV/ha con (*L. leucocephala*) a una densidad de (>10,000 plantas ha) valores que se encuentran por arriba de los obtenidos en el presente estudio.

La diferencia encontrada entre los sistemas, radica principalmente en la densidad de plantas por metro cuadrado y el respectivo desarrollo del pasto Tanzania en el asocio, probablemente por efecto del nitrógeno fijado por la leguminosa.

De manera general, el comportamiento de las gramíneas en su rendimiento es de forma creciente en relación a la edad y nivel de fertilización es decir entre mayor edad mayor rendimiento, hasta llegar a la fase de floración total, llegando a detenerse el rendimiento por efecto de la madurez de las hojas y tallos.

8.4 Rendimiento de materia seca por hectárea, en t/MS/ha.

Al evaluar estadísticamente los resultados obtenidos de materia seca se observó que existe diferencia significativa ($P < 0.01$) entre el SSPi comparado con el STP,

siendo mejor el rendimiento del SSPi con un promedio de 27.35 t/MS/ha comparado con el STP que obtuvo una media de 9.32 t/MS/ha.

Velásquez (2009), evaluando la producción de biomasa producida por dos modelos de sistemas silvopastoriles de *Leucaena* en asocio con gramíneas forrajeras, en el municipio de Dolores Petén, reporta rendimientos de 27.14 t/MS/ha, datos similares a los obtenidos en la presente investigación.

Bajo las condiciones del estudio realizado, se puede observar mayor producción de materia seca en el sistema silvopastoril intensivo, lo cual está relacionado con el rendimiento de materia verde y maduración de la *Leucaena*; donde el sistema silvopastoril intensivo fue superior al sistema típico.

TABLA 8. Resumen del análisis de variables de contenido nutricional, evaluadas en los dos sistemas.

Kg /PC/ha.	SSPi	3762.98	6.9×10^5	<0.0001
	STP	791.91	$1. \times 10^5$	
Mcal/ha.	SSPi	69520.09	1×10^8	<0.0001
	STP	22063.75	1.1×10^9	
(% FC)	SSPi	26.89	0.76	<0.0001
	STP	33.79	3.40	
(% TND)	SSPi	57.66	0.33	<0.0001
	STP	53.76	0.92	
(% FND)	SSPi	61.54	3.17	<0.0001
	STP	75.81	2.78	
(% FAD)	SSPi	61.40	2.22	0.15
	STP	62.30	2.09	
% Lignina	SSPi	17.2		n/a
	STP	15.33	n/a	
% Calcio	SSPi	0.49		n/a
	STP	0.53	n/a	
% Fósforo	SSPi	0.22		n/a
	STP	0.26	n/a	

Nota: $\bar{x}$ = media

SSPi= Sistema Silvopastoril Intensivo

STP= Sistema Típico del Productor

n/a = No aplica

Fuente: Elaboración propia, 2018.

8.5 Rendimiento de proteína cruda en Kg/PC/ha.

La evaluación estadística del rendimiento de proteína cruda en los dos sistemas evaluados, demuestra que existe diferencia significativa ($P < 0.01$) entre el SSPi comparado con STP, siendo mayor el SSPi con un promedio de 3762.98 Kg PC/ha, comparado con el STP que obtuvo una promedio de 791.91 Kg/PC/ha, siendo este último, muy inferior al SSPi.

La Fundación Produce en Michoacán, México (2011), en su investigación de la variable indicadores productivos, ambientales y económicos de los sistemas convencionales y silvopastoril intensivo, reporta para el Sistema silvopastoril

intensivo una producción de 3500 kilogramos de proteína cruda por hectárea, mientras el Sistema convencional obtuvo una producción de 600 kilogramos de proteína cruda por hectárea, datos que se asemejan mucho a los obtenidos en la presente investigación.

La asociación del SSPi (Leucaena, pasto Estrella y pasto Tanzania), mejora la calidad nutricional del forraje de consumo, mejorando el aporte de proteína y la calidad de la dieta, al compararla con el STP (sólo pasto Tanzania). Esta condición permite un incremento sustancial de la capacidad de carga animal y contribuye a mejorar la nutrición del ganado en pastoreo.

8.6 Rendimiento de energía digestible Mcal/ha.

Con la evaluación estadística de la variable rendimiento de energía digestible mostró un comportamiento diferente entre tratamientos. Lo cual nos indica que existe diferencia significativa ($P<0.01$) entre el SSPi comparado con el STP, siendo mejor el SSPi en rendimiento con un media de 69,520.09 Mcal/ha comparado con el STP que obtuvo una media de 22,063.75 Mcal/ha.

Botero (2016), evaluó la calidad forrajera comparada entre dos tipos de pastura evaluados, una pastura de gramínea pura (*Cynodon nlemfuensis*) y un sistema silvopastoril intensivo con 10,000 plantas de Leucaena por hectárea asociado con pasto estrella, presenta valores de 70,222 Mcal/ha, datos que coinciden a los obtenidos en la presente investigación.

La energía es uno de los nutrientes esenciales en la producción ganadera y a su vez uno de los más costosos, entre sus funciones principales se encuentra la formación de músculo y crecimiento en animales jóvenes como también en la producción de leche, lo cual se ve mejorado con la utilización de SSPi que triplican la producción de este nutriente en comparación con el STP.

8.7 Rendimiento de fibra cruda (% FC)

La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal de los animales. La fibra representa la porción no digerible de los alimentos y por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un forraje dado, menor será el valor alimenticio de este. La temperatura ambiental, influye en la rapidez de la maduración de la planta y está a su vez influencia directamente el contenido de fibra. Las altas temperaturas del verano conllevan a una menor digestibilidad de los forrajes.

Al evaluar estadísticamente la variable fibra cruda en el presente estudio, muestra diferencia significativa ($P<0.01$) entre ambos tratamientos evaluados (SSPi y STP), los rangos encontrados se encuentran para el SSPi en 26.89% de FC y para el STP en 33.79% de FC.

Maya *et al* (2005), en su estudio, valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante un año, presentó valores en asocio de: 28 días 30.28%FC; 35 días 31%FC; y 42 días 33.17FC.

Al observar los datos presentados es posible afirmar que los mismos son similares a los encontrados en la presente investigación. Sin embargo, Martínez *et al* (2016), tras evaluar la composición nutricional de Leucaena asociada con pasto estrella en la Huasteca Potosina de México, obtuvo valores de 22.54 % a los 70 días de rebrote los cuales son inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Se afirma que en todos los casos señalados, los valores de fibra cruda no sobrepasan los valores más aceptados como contenido de un buen forraje.

8.8 Total de nutrientes digestibles (% TND)

El total de nutrientes digestibles sirve para expresar el valor energético de los forrajes. Al evaluar estadísticamente los resultados obtenidos del contenido de nutrientes digestibles de los dos sistemas evaluados, se establece que existe diferencia significativa ($P<0.01$) entre el SSPi comparado con STP, siendo mejor el

rendimiento del SSPi con un promedio de 57.66% de TND, comparado con el STP que obtuvo una media de 53.76% de TND.

Rodríguez, *et al* (2013), tras evaluar la composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima, obtuvo resultados en TND para el SSPi de 53.83% de TND y Tanzania de 61% de TND, dichos valores son inversos a los obtenidos en la presente investigación.

Tras la evaluación de ambos sistemas se puede constatar que el SSPi es superior en aporte de nutrientes al compararlo con el STP, esta diferencia puede estar implicada en la relación de leguminosas con gramíneas, las cuales aportan una gran cantidad de nitrógeno al suelo lo que directamente beneficia al crecimiento de la planta, la producción de biomasa y la calidad del forraje.

8.9 Fibra neutro detergente (% FND)

Es importante recordar que, FND en exceso influye negativamente en el consumo directo de materia seca por parte del animal. Al evaluar estadísticamente los resultados obtenidos de contenido de fibra neutro detergente de los dos sistemas evaluados, se establece que existe diferencia significativa ($P<0.01$) entre el SSPi comparado con el STP, teniendo mayor promedio el STP que obtuvo una media de 75.81% de FND, mientras SSPi obtuvo un promedio de 61.54% de FND.

Rivera, *et al* (2015), tras evaluar cuatro sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y cinco sistemas tradicionales (ST) en diferentes zonas de Colombia bajo condiciones contrastantes de producción, específicamente en los departamentos de Antioquía, Cesar y Valle del Cauca, obtuvieron datos de 47.9%, 57.74%, 48.51% y 60.78% de FND en los SSPi; y en los STP, obtuvieron datos de 51.3 %, 69.1%, 54.93 y 69.84 %, respectivamente. Estos datos resultan similares a los obtenidos en el SSPi sujeto de la presente investigación.

Botero, *et al* (2013), al estudiar en Colombia la producción de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con (*Leucaena leucocephala*), tras realizar el análisis bromatológico de las muestras representativas del SSPi: la leguminosa (*Leucaena leucocephala*) y la gramínea (*Megathyrsus maximus*), obtuvo resultados de 61.8 % los cuales son inferiores a los obtenidos en el presente estudio.

El contenido de FDN, define la calidad del forraje ya que limita la capacidad ingestiva de los animales y esta correlacionado con el consumo voluntario siendo que valores por encima de 55 a 60% correlacionan de manera negativa (Van Soest, 1965), los sistemas evaluados de manera general presenta valores muy altos, si se compara con los que se obtienen en pasturas en monocultivo; esto se debe a que el periodo de evaluación que se utilizó fue un ciclo de 75 días, debido a la etapa de establecimiento en que se encontraba la leguminosa asociada, sin embargo los valores encontrados están por encima de los deseables.

8.10 Fibra ácido detergente (% FAD).

Al evaluar estadísticamente los resultados obtenidos de contenido de fibra ácido detergente de los dos sistemas evaluados, se establece que no existió diferencia significativa al P valor de 0.1472 entre el SSPi y el STP, teniendo como promedio el SSPi 62.30% de FAD mientras el STP 61.40% de FAD.

Por su parte Ramírez (2011), en su investigación, caracterización forrajera y nutricional de (*Leucaena leucocephala*) establecida como banco de proteína y su efecto en becerras en crecimiento en trópico seco; tras realizar análisis bromatológico en rebrote de 75 días, obtuvo valores de 37.58% de fibra ácido detergente, valores inferiores a los obtenidos en la investigación, pero deseables para la digestibilidad del forraje.

La síntesis de la digestibilidad de un forraje estará dada en función a la cantidad y calidad de fibra que posea. Los sistemas fueron evaluados a los 75 días de recuperación, por lo tanto los forrajes se encontraban en un nivel alto de fibra en

ese sentido a mayor cantidad de fibra ácido detergente induce a una baja digestibilidad ruminal.

8.11 Lignina (%)

La lignina es un componente indigestible de los forrajes. Mientras más madura es una planta más alto es su contenido de lignina, y por ende menos digerible. Tal es el caso de los dos sistemas evaluados a los 75 días de rebrote presentan muy altos porcentajes de lignina por la edad de la planta y el nivel de madurez.

Al evaluar el contenido de lignina en ambos sistemas se obtuvo un promedio de 17.20% de lignina en la muestra compuesta (Leucaena, Tanzania y Estrella) del SSPi y 15.33% de lignina para el STP con Tanzania en monocultivo. García, *et al* (2008), en su estudio, evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje, obtuvo una media de 10.18 % de lignina, los cuales son inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

También Gaviria, *et al* (2015), en su artículo de investigación, calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo, donde se evaluaron los forrajes más representativos del SSPi: en asocio con (*C. plectostachyus*, *M. maximus*) y (*L. leucocephala*), con una edad promedio de 45 días de rebrote, reportó 7.60% de lignina, resultado que es inferior a los obtenidos en la investigación.

El alto contenido de lignina que reporta la presente investigación, es inducido por el contenido de tallos en la muestra y la edad del pasto Tanzania en los dos sistemas; valores inferiores al 5% se consideran de alta digestibilidad y superiores a 15%, de baja digestibilidad.

8.12 Calcio (%)

Tras realizar el análisis de contenido de calcio se obtuvo una media de 0.49% de calcio para el SSPi y 0.53% de calcio para el STP el cual fue superior.

Botero, *et al* (2013), al estudiar la producción de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala*, tras realizar el análisis bromatológico de las muestras representativas del SSPi: la leguminosa (*Leucaena leucocephala*) y la gramínea (*Megathyrsus maximus*) obtuvo resultados de 0.61 % los cuales son superiores a los obtenidos en la presente investigación.

El calcio es necesario en animales en crecimiento y vacas de alta producción y para las que se encuentran en las primeras fases de lactancia. Sánchez, *et al* (1987), establecieron los requerimientos de calcio del ganado de carne en crecimiento entre 0,18% y 0,35% de la MS y para el ganado de leche con una producción igual o inferior a 11 kg de leche/día en 0,43% de la MS.

El aporte de calcio reportado por las muestras obtenidas del sistema silvopastoril intensivo se encuentra dentro de los rangos normales para ganado de carne, tal lo reportado por Sánchez *et.al.* 1987.

8.13 Fósforo (%)

Durante la evaluación de los sistemas, se determinó el contenido de fósforo, se obtuvo una media de 0.22% de fósforo para el SSPi y 0.26% para el STP el cual fue superior.

Botero *et al* (2013), al estudiar la producción de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala*, tras realizar el análisis bromatológico de las muestras representativas del SSPi: la leguminosa (*Leucaena leucocephala*) y la gramínea (*Megathyrsus maximus*) obtuvo resultados de 0.24 % los cuales son similares a los obtenidos en la presente investigación.

García *et al* (2008), en su estudio, Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje, obtuvo valores de 0.20 %, los cuales son inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

El fósforo como tal es un mineral estructural indispensable para la nutrición de animales, en relación de producción de leche y animales en crecimiento, los requerimientos del ganado de carne en crecimiento y engorde se encuentra en 0.18% de la MS consumida y vacas con una producción de leche menor a 11 kg/leche/día 0.31%. Sánchez *et al.* (1987). Los valores encontrados no superan los requeridos para vacas en producción, sin embargo se consideran normales dado el requerimiento muy alto de las vaca en etapa de lactancia.

8.14 Costo de kilogramo de nutriente con base a proteína

En la tabla 1A se detallan los egresos e ingresos de los dos sistemas evaluados, así también el costo de producción de un Kg de proteína/ha, en cada sistema.

El costo del Kg de proteína/ha se determinó a partir de dividir los egresos con los kilogramos de proteína producidos por hectárea en cada sistema evaluado, de esta manera, el costo de producción de un kilogramo de proteína cruda por hectárea en el sistema silvopastoril intensivo se determinó en Q 6.38, y en Q 8.32 el costo del Kg de proteína/ha del sistema típico del productor, siendo de esta manera más eficiente el SSPi.

VIII. CONCLUSIONES

- La tasa final promedio de prendimiento y/o sobrevivencia a los 180 días fue de 3.94 plantas por metro lineal, lo cual corresponde a 24,625 plantas por hectárea; la especie se autorregula bajo estas densidades, desarrollándose las plantas de *Leucaena* que inicialmente presentaron el mejor vigor.
- El comportamiento de la tasa de crecimiento de la *Leucaena* durante el establecimiento, mostró un desarrollo lineal, propio de las leguminosas, lento en los primeros 90 días posteriores a la siembra, influenciado el clima y un desarrollo vigoroso durante la segunda etapa del ciclo, cuando mejoró la disposición de luz y temperatura.
- La tasa de crecimiento del pasto Tanzania tanto en el STP, como en el SSPi, mostró un comportamiento típico de las gramíneas, mostrando su mayor expresión entre los 42 y 56 días posteriores al establecimiento; sin embargo, el SSPi, siempre mostró mayor desarrollo que el sistema en monocultivo (STP).
- Los rendimientos tanto de materia verde (MV) como materia seca (MS) entre los sistemas (STP y SSPi) mostraron diferencias significativas a favor del sistema silvopastoril intensivo, lo cual favorece la disponibilidad de alimento de buena calidad en menos área y expone la importancia de la realización de la presente investigación.
- El análisis químico efectuado a los dos sistemas en estudio, mostró que para el caso de los nutrientes, proteína cruda (PC), energía digestible (ED), fibra cruda (FC), total de nutrientes digestibles (TND), fibra neutro detergente (FND) fibra ácido detergente (FAD), lignina, calcio y fósforo, en el SSPi, siempre fue significativamente superior, comparado con el STP.

- El costo del kilogramo de nutriente (proteína)/ha, del SSPi (Q 6.38), fue inferior que el determinado para el STP (Q 8.32) por tanto, se afirma que el sistema implementado es más eficiente al usado por el productor.
- Bajo las condiciones en que fue desarrollada la presente investigación, el sistema silvopastoril intensivo (SSPi), fue superior en producción, valor nutricional y valor económico al compararlo con el sistema típico del productor (STP), por lo que se confirma la hipótesis planteada.

IX. RECOMENCACIONES

- A los productores evaluar el comportamiento de la tasa emergencia y tasa de crecimiento del SSPi en densidades de siembra menores por unidad de área.
- Establecer el SSPi al inicio de la época lluviosa para comparar tasas de crecimiento, con mayor disponibilidad de luz.
- Estimar los rendimientos tanto de materia verde (MV) como materia seca (MS) entre los sistemas (STP y SSPi), en diferentes frecuencias de uso.
- Evaluar nutricionalmente el SSPi forraje en diferentes edades de rebrote (45, 60, 75 y 90 días), para obtener el período óptimo de cosecha de la *Leucaena* asociada con gramíneas.
- En futuras investigaciones se evalúe la calidad nutricional del sistema mediante pruebas *in situ*.
- Comparar el SSPi con otros sistemas de alta producción como lo es la caña de azúcar en base a costos por Kg de nutriente.
- Considerando los mejores resultados obtenidos por el sistema silvopastoril intensivo, evaluar el potencial productivo en diferentes localidades de la región.
- Por su rendimiento de materia verde y materia seca, los productores evalúen el potencial productivo del sistema silvopastoril intensivo para ensilaje.
- Exhortar a los productores locales la implementación de los sistemas silvopastoriles intensivos.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricampo. 2009. Pasto Tanzania (en línea, sitio web). México. Consultado 24 may. 2017. Disponible en <http://agricampomx.com/Agricampomx/Tanzania.html>
- Bacab, HM; Madera, NB; Solorio, FJ; Vera, F; Marrufo DF. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical (en línea). Revista Avances en Investigación Agropecuaria 17(3): 67-81. Consultado 27 oct. 2017. Disponible en <http://www.ganaderialaluna.com/pdf/5.pdf>
- Botero Botero, R. 2016. Productividad, calidad de forrajes y potencial de producción y de calidad en productos de origen animal en sistemas silvopastoriles (en línea, sitio web). Engormix. Consultado 20 sep. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/productividad-calidad-forrajes-potencial-t39590.htm>
- EcuRed. 2017. Pasto estrella (en línea, sitio web). Cuba. Consultado 27 may. 2017. Disponible en https://www.ecured.cu/Pasto_estrella
- EcuRed. 2017. Leucaena (en línea, sitio web). Cuba. Consultado 27 may. 2017. Disponible en <https://www.ecured.cu/Leucaena>
- Fundación Produce Michoacán, A.C. 2011. 2do manual para el establecimiento y manejo del SSPI. Morelia, Michoacán, México, SAGARPA. 47 p.
- Gálvez-Cerón, A; Lagos-Rosero, Y; Armero-Hernández, CH. 2014. Caracterización de herbáceas y arbustivas de un sistema silvopastoril de bosque seco tropical (en línea). Revista Investigación Pecuaria 3(1): 57-72. Consultado 7 sep. 2018. Disponible en <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/1923/4288>

- García, DE; Wencomo, HB; González, ME; Medina, MG; Cova, LJ; Spengler, I. 2008. Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje (en línea). Revista Zootecnia Tropical 26(1):9-18. Consultado 19 sep. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v26n1/art02.pdf>
- Gaviria, X; Rivera, J; Barahona, R. 2015. Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo (en línea). Revista Pastos y Forrajes 38(2):194-201. Consultado 20 sep. 2018. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n2/pyf07215.pdf>
- Gelvez, L. s.f. Estrella - *Cynodon plectostachius* - *Cynodon nlemfluensis* (en línea, sitio web). Mundo Pecuario. Consultado 26 may. 2017. Disponible en http://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/pasto_estrella-1056.html
- Gómez Bautista, C; Ruíz, LF; Lavín, CDA. 2016. Sistema silvopastoril intensivo, alternativa sustentable para ganado bovino de doble propósito en pastoreo (en línea, sitio web). Engormix. Consultado 21 sep. 2017. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/sistema-silvopastoril-intensivo-alternativa-t38985.htm>
- Grupo Papalotla. 2014. *Panicum maximum* cv. *Tanzania* (en línea, sitio web) México. Consultado 22 may. 2017. Disponible en <http://grupopapalotla.com/producto-thaizania.html>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016. Análisis de la cadena de ganado bovino doble propósito región oriente de Guatemala (en línea). Guatemala, IICA. 49 p. Consultado 11 oct. 2017. Disponible en <https://cria.gt/sites/default/files/AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20CADENA%20D>

E%20GANADO%20BOVINO%20DOBLE%20PROP%C3%93SITO%20REGI%C3%93N%20ORIENTE%20DE%20GUATEMALA.pdf

Lobo Di Palma, MV; Díaz Sánchez, O. 2001. Agrostología (en línea). San José, Costa Rica, EUNED. 176 p. Consultado 27 may. 2017. Disponible en https://books.google.com.gt/books?id=u1Wz8ok_puMC&pg=PA23&lpg=PA23&dq=pasto+tanzania&source=bl&ots=897hbmRBKJ&sig=ovQ78siK3vmcVKmxYvXBhcQxA9U&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiKzsalvJHUAhXE4yYKHSUTBxw4ChDoAQg6MAQ#v=onepage&q&f=false

Lozano Tovar, MD; Corredor, GA; Vanegas Rivera, MA; Figueroa, L; Ramírez Gómez, M; Carrero Herrán, G; Vásquez, NC; Aguirre, MC. 2006. Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes: opción tecnológica para el Valle Cálido del Alto Magdalena (en línea). Colombia, CORPOICA/Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 32 p. Consultado 4 oct. 2017. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REF08M665.pdf>

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2016. Política ganadera bovina nacional (en línea). Guatemala, CONADEA. 34 p. Consultado 10 jun. 2017. Disponible en [http://web.maga.gob.gt/download/politica-ganadera\(2\).pdf](http://web.maga.gob.gt/download/politica-ganadera(2).pdf)

Martínez Martínez, M; Reyes Cruz, A; Lara Bueno, A; Miranda Romero, LA; Huerta Bravo, M; Uribe Gómez, M. 2016. Composición nutricional de leucaena asociada con pasto estrella en la Huasteca Potosina de México (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (no. 16, mayo-junio):3343-3355. Consultado 24 sep. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146726015>

Maya M, GE; Durán C, CV; Ararat, JE. 2005. Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante el año (en línea). Acta Agronómica 54(4):41-46. Consultado 24 sep. 2018. Disponible en https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/123/190

- McDowell, LR; Conrad, JH; Thomas, JE; Harris, LE. 1974. Tablas de composición de alimentos de América Latina (en línea). Florida, Estados Unidos de América, Universidad de Florida. 94 p. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNRAB072.pdf
- Medina, MG; García, DE; Clavero, T; Iglesias, JM. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento (en línea). Revista Zootecnia Tropical 25(2):83-93. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692007000200004&lng=es&nrm=iso
- Molina Botero, IC; Cantet, JM; Montoya, S; Correa Londoño, GA; Barahona Rosales, R. 2013. Producción de metano *in vitro* de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium* (en línea). Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 8(2):15-31. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2677>
- Pachas, N. 2011. Leucaena, un arbolito que se las trae (en línea). Revista Producir XXI 19(238):20-24. Consultado 26 may. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/159-leucaena.pdf
- Parrota, JA. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Leucaena, tantan (en línea). New Orleans, Luisiana, Estados Unidos de América, Department of Agriculture. p. 308-316. Consultado 28 may. 2017. Disponible en https://rngr.net/publications/arboles-de-puerto-rico/leucaena-leucocephala/at_download/file

- Ramírez Díaz, R. 2011. Caracterización forrajera y nutricional de leucaena (*Leucaena leucocephala*) establecida como banco de proteína y su efecto en becerras en crecimiento en trópico seco (en línea). Tesis Lic. México, Universidad Autónoma de Chiapas. 72 p. Consultado 17 sep. 2018. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8066/Ramirez_Caracterizacion.pdf;jsessionid=7E9B02ED1B94A3137582E11DD9085F7A?sequence=1
- Rivera Herrera, JE; Molina Botero, IC; Donney's Lemos, G; Villegas Sánchez, G; Barahona Rosales, R. 2015. Composición nutricional y degradabilidad de la materia seca de dietas de sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en Colombia (en línea). Colombia, Universidad Nacional de Colombia. p. 176-181. Consultado 16 sep. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/276203143_Composicion_nutricional_y_degradabilidad_de_la_materia_seca_de_dietas_de_sistemas_silvopastoriles_intensivos_y_tradicionales_en_Colombia
- Rivera-Herrera, JE; Molina-Botero, I; Chará-Orozco, J; Murgueitio-Restrepo, E; Barahona-Rosales, R. 2017. Sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: alternativa productiva en el trópico ante el cambio climático (en línea). *Revistas Pastos y Forrajes* 40(3):171-183. Consultado 20 sep. 2018. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000300001&lng=es&nrm=iso
- Rodríguez-Ramírez, MR; González-Sotelo, A; Yáñez-Muñoz, A; Silva-Luna, M; Gómez-Escobar, CI. 2013. Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima (en línea). México, INIFAP. 66 p. (Folleto Técnico no. 3). Consultado 20 sep. 2018. Disponible en http://inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Composici%C3%B3n%20qu%C3%20

ADmica%20de%20recursos%20forrajeros%20para%20la%20alimentaci%C3%B3n
%20de%20ovinos%20en%20Colima.pdf

Ruiz Solera, FA; Gz-Jánica Marzola, HL. 2012. Efectos ambientales y socio-económicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas Escocia y Alejandría, respectivamente en el municipio de Montería, departamento de Córdoba (en línea). Tesis M Sc. Cartagena, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. 107 p. Consultado 22 may. 2017. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/2505/RuizSoleraFlorAngela2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salguero Chacón, ED. 2004. Diagnóstico general y servicios realizados en la unidad de producción de la vega el Zapotillo ubicada en el Centro Universitario de Oriente, Chiquimula, 2004. Informe Téc. Guatemala, USAC-CUNORI. 25 p.

Sánchez, JM; Vargas, E; Campabadal, C. 1987. Composición mineral y de proteína cruda de los forrajes en los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas, cantón de San Carlos (en línea). Revista Agronomía Costarricense 11(1):25-31. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v11n01_025.pdf

SIG (Sistema de Información Geográfica). 2018. Datos climatológicos de Chiquimula. Chiquimula, Guatemala, SIG-CUNORI.

Uribe T, F; Zuluaga S, AF; Valencia, L; Murgueitio R, E; Zapata C, A; Solarte P, LH; Valencia C, LM; Cuartas C, CA; Naranjo R, JF; Galindo S, WF; Gonzáles S, JG; Sinisterra R, JA; Gómez B, JC; Molina D, CH; Molina D, EJ; Galindo O, A; Galindo C, VA; Soto B, R. 2011. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles: manual 1 (en línea). Bogotá, Colombia, GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. 78 p. Consultado 24 sep. 2018. Disponible en <https://www.cipav.org.co/pdf/1.Establecimiento.y.manejo.de.SSP.pdf>

Velásquez Zurita, HL. 2009. Evaluación de la biomasa producida por dos modelos de sistemas silvopastoriles de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) en asocio con gramíneas forrajeras en el municipio de Dolores Petén, Guatemala. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 61 p.

Villanueva, C; Ibrahim, M; Haensel, G. 2010. Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles: estudio de caso en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 78 p. (Manual técnico no. 95).

XI. ANEXOS

TABLA 1A. Análisis de suelo de la Vega de la Granja el Zapotillo, CUNORI, Chiquimula.



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
 Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
 Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propietario: Hector Salazar	No. Muestra: 01
Nombre de Finca: La Vega	Fecha: 04/10/2017
Localización: CUNORI, Chiquimula	Teléfono:
Identif. de la muestra: Parcela de Investigación	
Cultivo: Leucaena	

ANÁLISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco arcillo arenosa**

% Arcilla	20.85%
% Limo	23.21%
% Arena	55.94%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultado	1.12	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES		RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
				Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades	7.70	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N ppm		-			
Fósforo	P ppm	74.00	20 - 40			
Potasio	K ppm	148.98	125 - 200			
Calcio	Ca meq/100 grs	10.19	3 - 6			
Magnesio	Mg meq/100 grs	2.39	1.5 - 2			
Hierro	Fe ppm	34.60	30 - 50			
Cobre	Cu ppm	2.50	2 - 3.5			
Manganeso	Mn ppm	28.60	30-50			
Zinc	Zn ppm	2.50	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

Leucaena

80 libras de nitrógeno

60 libras de potasio

Coordinador de Laboratorio de Suelos - CUNORI-

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio.



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Solicitado por:

Fecha de recibida la muestra:

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

HECTOR SALAZAR

Dirección

CHIQUIMULA

No. 437

27-08-2018

Fecha de realización:

DEL 27 AL 31-08-2018

Edificio M6, 2°
Ciudad de Guayaquil
Teléfono: 24188
E-mail: bromat

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	PH	TND %
610	SISTEMA SILVOPASTORIL	SECA															
		COMO ALIMENTO															
611	SISTEMA TÍPICO	SECA								0.49	0.22			17.20			
		COMO ALIMENTO															
		SECA								0.53	0.26			15.33			
		COMO ALIMENTO															
		SECA															
		COMO ALIMENTO															
		SECA															
		COMO ALIMENTO															

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 2

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados 2018/437
31/08/18





RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Solicitado por: Héctor Eduardo Salazar Mayén
Procedencia: Chiquimula, Guatemala.

Muestras: Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi)
Fecha: 20/08/2018.

Muestra	Registro	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)	Fibra Cruda (%)	FND (%)	FAD (%)	TND (%)	Energía Digestible (Mcal/kg)
SSPi 1	13018	76.00	24.00	15.74	27.51	60.14	63.03	57.10	2.52
SSPi 2	13118	79.20	20.80	16.27	25.57	58.85	61.17	57.73	2.55
SSPi 3	13218	78.40	21.60	16.62	26.82	60.71	61.46	58.66	2.59
SSPi 4	13318	78.09	21.91	17.13	28.03	61.94	63.04	57.18	2.52
SSPi 5	13418	76.00	24.00	16.96	27.36	60.24	62.38	57.87	2.55
SSPi 6	13518	78.88	21.12	16.26	26.05	64.15	59.45	57.19	2.52
SSPi 7	13618	76.10	23.90	16.61	26.66	61.57	61.12	58.07	2.56
SSPi 8	13718	78.17	21.83	16.09	26.06	59.35	60.29	56.84	2.51
SSPi 9	13818	78.23	21.77	16.61	25.80	61.16	59.50	57.66	2.53
SSPi 10	13918	78.00	22.00	16.61	27.15	63.65	59.96	57.25	2.52
SSPi 11	14018	76.00	24.00	16.96	27.61	63.06	61.32	58.20	2.57
SSPi 12	14118	77.38	22.62	16.28	28.09	63.69	64.10	58.35	2.57

ZOOTECNIA
BROMATOLOGÍA
LABORATORIO
CUNORI U.S.A.C.

Lic. Zoot. Luis Fernando Cordón

RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Solicitado por: Héctor Eduardo Salazar Mayén
Procedencia: Chiquimula, Guatemala

Muestras: Sistema Típico del Productor (STP)
Fecha: 20/08/2018.

Muestra	Registro	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)	Fibra Cruda (%)	FND (%)	FAD (%)	TND (%)	Energía Digestible (Mcal/kg)
STP 1	14218	78.49	21.51	8.31	35.43	76.97	62.07	53.89	2.36
STP 2	14318	77.08	22.92	8.57	34.35	76.73	59.40	54.72	2.41
STP 3	14418	80.50	19.50	8.04	36.75	77.54	64.29	52.41	2.29
STP 4	14518	83.10	16.90	7.52	33.70	75.89	62.28	54.18	2.39
STP 5	14618	85.17	14.83	8.57	31.17	72.24	61.65	53.63	2.36
STP 6	14718	84.33	15.67	8.57	31.72	75.13	62.82	54.20	2.39
STP 7	14818	82.93	17.07	8.39	33.75	75.40	63.08	53.71	2.37
STP 8	14918	84.81	15.19	8.57	31.78	73.65	62.12	54.57	2.41
STP 9	15018	82.80	17.20	8.40	33.05	76.20	61.64	54.50	2.4
STP 10	15118	81.08	18.92	7.17	36.49	77.98	64.99	52.34	2.3
STP 11	15218	83.07	16.93	8.92	34.74	74.86	62.24	53.10	2.34
STP 12	15318	77.78	22.22	8.22	32.49	77.07	61.05	54.86	2.42

XII. Apéndice

TABLA 1A. Costo de kilogramo de nutriente con base a proteína/ha.

RUBRO	Sistema	
	SSPi	STp
INGRESOS		
Forraje producido (Kg de proteína/ha)	3762.8	791.91
Precio Kg de proteína	Q10.82	Q10.82
Total ingresos	Q40,713.50	Q8,568.47
EGRESOS		
Mano de obra/ha.	Q13,476.56	Q6,591.80
Preparación del suelo	Q4,150.39	
Semilla	Q4,909.67	
Herbicida	Q649.41	
Insecticida	Q427.25	
Promotor de crecimiento	Q68.36	
Fertilizante	Q317.38	
Total egresos	Q23,999.02	Q6,591.80
Beneficio neto	Q16,714.47	Q1,976.67
Costo Kg/proteína	Q6.38	Q8.32
TMRC	70%	30%

Fuente. Elaboración propia, 2018.

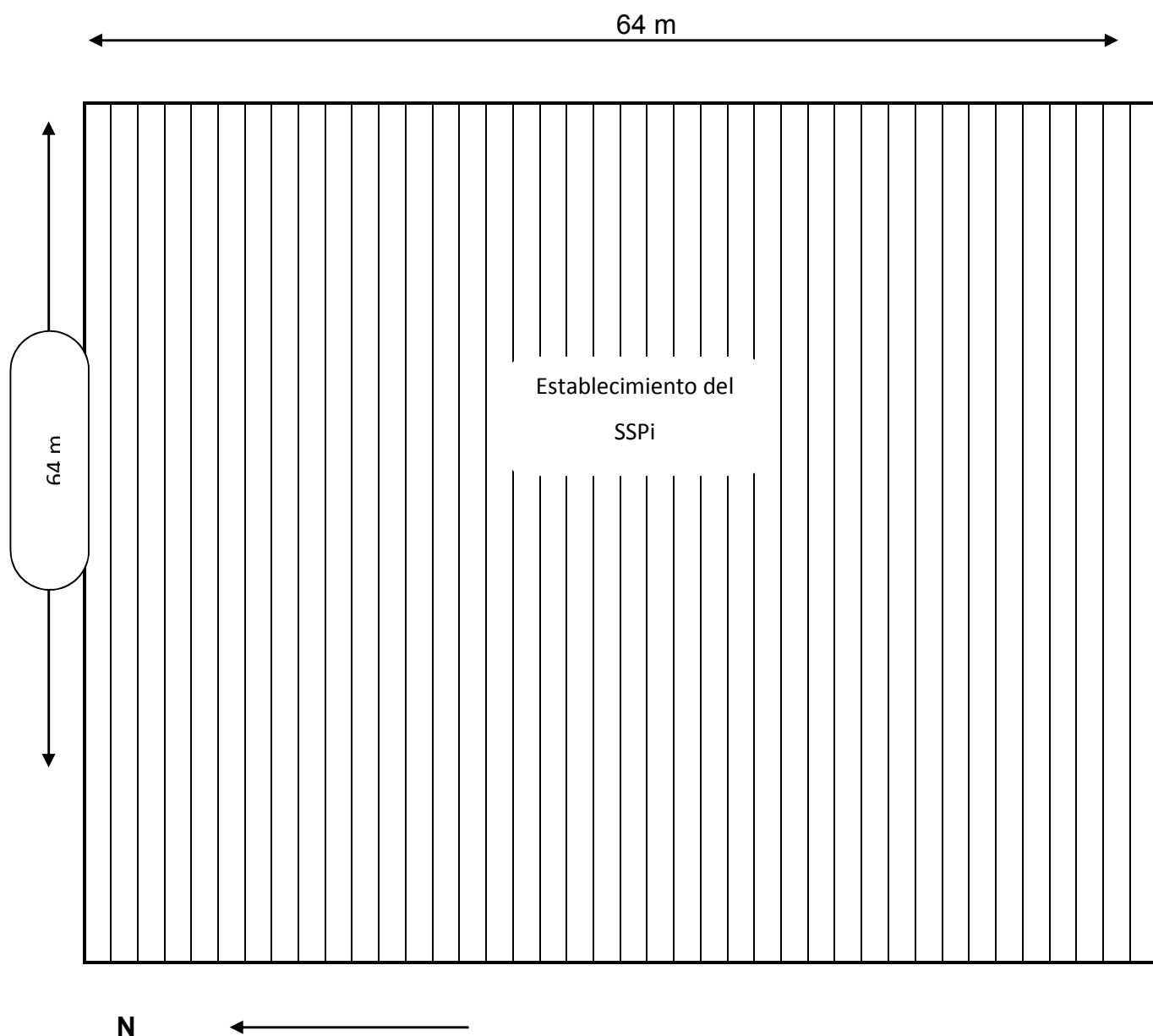


FIGURA 1A. Croquis de la parcela Sistema Silvopastoril intensivo.