



CRIA-ORIENTE
Cadena Bovinos de Doble Propósito
“Adaptabilidad del sistema silvopastoril intensivo de Leucaena, en asocio con gramíneas, en el corredor seco de Zacapa y Chiquimula”

Merlin Wilfrido Osorio López¹
Adrián Francisco Salguero Oliva²
Héctor Eduardo Salazar Mayén¹

¹Investigador principal, proyecto CRIA/CUNORI/ USAC

²Investigador asociado, proyecto CRIA/CUNZAC/ USAC

¹Investigador auxiliar, proyecto CRIA/CUNORI/ USAC

Chiquimula marzo de 2,019



I. AGRADECIMIENTO

“Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de sus autores y de las instituciones a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan”.

II. LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<u>No.</u>	<u>Siglas</u>	<u>Nombre</u>
1	CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
2	CIPAV	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
3	CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
4	CRIA	Programa Consorcios Regionales de investigación agropecuaria
5	CUNORI	Centro Universitario de Oriente
6	DP	Doble propósito
7	ED	Energía Digestible
8	FEDEGAN	Federación de Ganaderos de Colombia
9	IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
10	MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación
11	Mcal	Mega-calorías
12	MS	Materia Seca
13	MV	Materia Verde
14	PC	Proteína Cruda
15	PD	Periodo de Descanso
16	PO	Periodo de Ocupación
17	SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
18	SSPi	Sistema silvopastoril Intensivo
19	STP	Sistema Típico del Productor
20	TMRC	Tasa Marginal de Retorno a Capital
21	UA	Unidad Animal
22	USDA	Secretaría de Alimentación de los Estados Unidos de América

III. RESUMEN

Se presenta la evaluación de adaptabilidad del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) con una composición de *Leucaena leucocephala* var. *Cunningham* + *Panicum maximum* cv. *Tanzania* + *Cynodon nlenfuensis* y su comparación con el sistema típico del productor (STP), compuesto por pasto *Panicum maximum* cv. *Tanzania* y/o *Cynodon nlenfuensis* (Tanzania y/o pasto Estrella), llevada a cabo durante un año, en cuatro localidades del corredor seco de Zacapa y Chiquimula, Guatemala. Los objetivos planteados compararon los dos sistemas en, producción de nutrientes materia verde (MV), materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía digestible (ED); respuesta animal, expresada en carga animal (CA), producción de leche (L/día) y producción de carne (kg/día); y en la viabilidad económica, a través de la determinación de la tasa marginal de retorno a capital (TMRC) de cada uno de los sistemas, en las cuatro localidades evaluadas. Los resultados obtenidos, fueron analizados mediante una prueba de t de Student para parcelas apareadas, utilizando para ello, el paquete estadístico Infostat, [Versión: 2/08/2016].

Los sistemas evaluados fueron sometidos al manejo agronómico descrito para la etapa de establecimiento en cada localidad, hasta el corte de nivelación de la *L. leucocephala* var. *Cunningham*, donde inició la toma de datos de producción, respuesta animal y eficiencia económica de la investigación. Se evaluaron los dos sistemas, en las cuatro localidades, con un promedio de 68 días de descanso (PD) (considerado normal, para las condiciones locales), en ese momento se efectuó la determinación de la disponibilidad de materia verde (MV), materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía digestible (ED) por hectárea; con un periodo de ocupación (PO) de 8 días para el STP y 10 días para el SSPi; la carga animal instantánea (CAi), fue de 15 UA/ha, para el SSPi y 14UA/ha, para el STP.

Al evaluar los resultados de las variables más importantes de producción se observó que, el SSPi, superó al STP con 45.40 t/MV/ha. Y 10.47 t/MS/ha, frente a 23.45 t/MV/ha. Y 3.57 t/MS/ha, obtenidas del STP. En cuanto a la calidad nutricional, el SSPi obtuvo también los mejores resultados, al presentar la muestra compuesta, 15.63% de PC y 1,608.37 Kg PC/ha, versus 6.65% y 316.10 Kg/PC/ha. En energía digestible, se obtuvo 2.68 Mcal/kg/MS y 7,413.93Mcal/ha, para el SSPi, ante 2.49 Mcal/kg/MS y 8,684.30Mcal/ha, para el STP, existiendo significancia en todas las variables ($p \leq 0,05$).

Las variables de respuesta animal, mostraron resultados similares a los encontrados en la producción, es decir que el SSPi, superó al STP; observándose significancia estadística ($P \leq 0.01$) en el incremento de la producción de leche, la cual aumentó en 0.93 L/a/día, lo que se traduce en 34.05 L/ha/día; adicionalmente, se observó que al final de cada pastoreo, los bovinos sometidos a la prueba, obtuvieron una ganancia de peso de 2.73 kg por unidad animal (UA) por día, lo cual sugiere que el incremento en la producción de leche, no proviene de las reservas metabólicas de los bovinos.

En cuanto al rendimiento de la tasa marginal de retorno a capital (TMRC), se determinó que esta fue positiva en las localidades de Agua Caliente, CUNORI y Los Lémus, donde el SSPi superó en beneficios al STP, motivado por la alta producción de materia seca y proteína en estas tres localidades. Mención especial merece la localidad de Los Zopilotes, donde la TMRC, resultó negativa para los dos sistemas, producto de factores exógenos propios de la localidad, que afectaron los resultados.

Finalmente se concluye que bajo las condiciones en que fue desarrollada la presente investigación, el SSPi, superó en producción, respuesta animal y productividad económica, por unidad de área, al STP.

IV. ABSTRACT

The evaluation of adaptability of the intensive silvopastoral system (iSPS) with a composition of *Leucaena leucocephala* var. Cunningham + *Panicum maximum* cv. Tanzania + *Cynodon nlenfuensis*, (Star) and its comparison with the typical system of the producer (TSP), composed of Tanzania grass and/or Star grass mainly, carried out in a year, in four locations of the dry corridor of Zacapa and Chiquimula, Guatemala. The proposed objectives compared the two systems in, nutrient production (FM, DM, CP and DE); animal response, expressed in animal load, milk production and meat production; and in economic viability, through the determination of the marginal rate of return to capital (TMRC) of each of the systems, in the four locations evaluated. The results obtained from the comparison were analyzed by means of a Student t test for paired plots, using the Infostat statistical package, [Version: 08/08/2016].

The evaluated systems were subjected to the agronomic management described for the establishment stage in each locality, up to the leveling cut of the *Leucaena*, where the stage of production data collection, animal response and economic efficiency of the investigation began. The two systems were evaluated, in the four localities, with an average of 68 days of rest (AR) (considered normal, for local conditions), at that moment the determination of the availability of fresh matter (FM) was made, dry matter (DM), crude protein (CP) and digestible energy (DE) per hectare; with an occupation period (OP) of 8 days for the TSP and 10 days for the iSPS; the instantaneous animal load was 15 AU/ha for the SSPi and 14UA / ha for the STP.

When evaluating the results of the most important production variables, it was observed that the iSPS surpassed the TSP with 45.40 t/MV/ha and 10.47 t/MS/ha, compared to 23.45 t/MV/ha and 3.57 t/MS/ha, obtained from the STP. In terms of nutritional quality, the iSPS also obtained the best results, presenting the composite sample of 15.63% CP and 1,608.37 Kg CP/ha, versus 6.65% and 316.10 Kg/CP/ha; of digestible energy, 2.68 Mcal/kg/DM and 7,413.93 Mcal/ha were obtained, for the iSPS, compared to 2.49 Mcal/kg/DM and 8,684.30 Mcal/ha, for the TSP, with significance in all the variables ($p < 0.05$).

The animal response variables, showed similar results to those found in production, that is the iSPS, surpassed the TSP; statistical significance was observed ($P < 0.01$) in the milk production increasing, which increased by 0.93 liters/day, which translates into 34.05 liters/ha/day; additionally, it was observed that at the end of each grazing, the bovines subjected to the test, obtained a weight gain of 2.73 kg per animal unit per day, which suggests that the increase in milk production does not come from the metabolic reserves of cattle.

In terms of performance at the marginal rate of return to capital (MRRC), it was determined that this was positive in the places of Agua Caliente, CUNORI and Los Lémus, where the iSPS surpassed in benefits to the STP, motivated by the high production of protein in these three locations. The locality of Los Zopilotes deserves a special mention, where the MRRC, was negative for the two systems, product of local exogenous factors that affected them.

Finally, it is concluded that under the conditions in which the present research was developed, the iSPS surpassed the TSP in production, animal response and economic productivity per unit area.

V. INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Situación actual de la ganadería	2
2.2 Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi)	2
2.3 <i>Leucaena leucocephala</i> var. Cunningham	3
2.3.1 Características botánicas	3
2.3.2 Producción y calidad de la semilla	4
2.3.3 Establecimiento	4
2.3.4 Rendimiento y composición química	4
2.4 Gramíneas	4
2.4.1 Pasto Tanzania	4
2.4.2 Pasto Estrella	5
2.5 Generación y validación de tecnología agropecuaria Por medio de la investigación en fincas	5
2.5.1 Tipos de ensayos en finca	6
2.5.2 Manejo de la investigación en los sistemas de finca	6
2.6 Arreglo estadístico	7
3. OBJETIVOS	7
4. HIPÓTESIS	7
5. METODOLOGÍA	7
5.1 Localidad y época	8
5.2 Metodología experimental	8
5.3 Tratamientos	8
5.4 Tamaño de la unidad experimental	8
5.5 Modelo estadístico	8
5.6 Variables de respuesta	9
5.7 Análisis de la información	9
5.8 Manejo del experimento	10
5.8.1 Muestreo de suelo	10
5.8.2 Preparación de terreno	10
5.8.3 Preparación de la semilla	10
5.8.4 Siembra de <i>Leucaena</i>	11
5.8.5 Resiembra de <i>Leucaena</i>	11
5.8.6 Siembra de los pastos	11
5.8.7 Control de malezas	11
5.8.8 Fertilización	11
5.8.9 Riegos	11
5.8.10 Plagas y enfermedades	12
5.8.11 Corte de nivelación de <i>Leucaena</i>	12
5.8.12 Silvopastoreo	12
6.0 RESULTADOS	12
6.1 Tasa de crecimiento promedio de la <i>Leucaena</i> por mes	12
6.2 Tasa de emergencia y prendimiento final de <i>Leucaena</i>	13
6.3 Producción y rendimiento de los sistemas	14

6.4	Respuesta animal de los sistemas	15
6.5	Productividad de los sistemas	16
7.0	CONCLUSIONES	17
8.0	RECOMENDACIONES	18
9.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
10.	ANEXO	21

1. INTRODUCCIÓN

El manejo tradicional de la ganadería bovina en la región núcleo del corredor seco de Guatemala, específicamente, los departamentos de Zacapa y Chiquimula, se basa en el establecimiento de praderas con especies introducidas, donde para establecer la pradera, se realiza el proceso de tumba, roza y quema, generando desgaste y pérdida del suelo, además de la contaminación al medio ambiente y la pérdida de la biodiversidad (CONABIO, 2011). Igualmente, la dependencia de materias primas tales como maíz y otros granos, pasta de soya para la elaboración de alimento y otros, incrementa los costos de producción de la actividad.

A la problemática anterior, se suman otras agravantes no controlables por la situación productiva del sistema de producción en el corredor seco, causados por efecto de sequías prolongadas que han reducido el agua subterránea, que han aumentado la temperatura promedio, así como lluvias erráticas y deficientes que afectan directamente la producción de forrajes y con ello la producción animal.

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 al año, el resto del año se cubre con semi-pastoreo y forrajes de corte y acarreo provenientes de pequeñas áreas bajo riego; o bien, alternando, pastoreo 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, disponen de irrigación por gravedad todo el año, principalmente, en la época seca. Estas áreas deberían ofrecer un pastoreo más intensivo con una mayor capacidad de carga por las condiciones favorecidas que poseen; sin embargo, predominan los pastos nativos *Cynodon dactylon* (Bermuda) o adaptados *Dichanthium aristatum* (Ángleton), caracterizados por una baja productividad por unidad de área.

El Sistema Silvopastoril Intensivo -SSPi-, sujeto de este estudio, ofrece una alternativa de alto rendimiento y productividad a aquellos productores que poseen áreas pequeñas bajo riego, para hacer 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. Cabe mencionar que lo innovador de la tecnología propuesta, radica en la alta densidad de plantas por unidad de área, lo que se traduce en mayor capacidad de carga animal; además, resalta que este modelo ha sido probado exitosamente en otros países como México, Colombia y Venezuela, en donde es ya una tecnología propagada extensivamente, luego de haber superado la fase de investigación en fincas de productores (Uribe F., Zuluaga A.F., Valencia L., Murgueitio E., Zapata A., Solarte L., et al. 2011).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación actual de la ganadería

La ganadería es una fuente importante de alimento y de sustento para muchas familias; aporta más del 50% del requerimiento de proteína de la población en forma de leche y carne y genera miles de empleos permanentes y temporales. Sin embargo, la ganadería depende en gran medida de pasturas basadas en monocultivo, que generalmente se encuentran en procesos moderados o severos de degradación, poco productivos y de baja calidad.

Existe la impresión 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, de manera que se puede afirmar que la producción del 98% de la leche del país proviene de hatos de menos de 50 vacas (MAGA, 2012).

Es importante resaltar que en la ganadería de doble propósito (DP), la producción lechera es el rasgo más importante seguido de la producción de terneros destetados, como subproducto. La producción de carne en el sistema bovino doble propósito, deriva en venta de las crías al destete, siendo los machos el principal componente cárnico y las hembras de desecho (vacas y novillonas) un segundo producto de este componente.

Un estudio diagnóstico llevado a cabo en 2016 por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), estableció que un pequeño productor de ganado bovino de doble propósito de la zona puede disponer de 5 hasta 25 cabezas de ganado en un área promedio de 6 manzanas (4mz. de pastoreo y 2mz. de pasto de corte); en el caso de ser estabulado, puede reducir la extensión de área considerablemente y que de manera general en la región oriente de Zacapa y Chiquimula una vaca produce en promedio entre 11 a 15 litros de leche al día con un ordeño diario.

La alimentación suministrada se basa en pastos, forrajes, dietas balanceadas, sales minerales entre otros. Algunos productores actualmente producen su propia alimentación mediante la incorporación de sorgo, maíz y melaza acompañado de sales minerales.

2.2 Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi)

El Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) es un arreglo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad para ramoneo directo del ganado, asociado siempre a gramíneas o pasturas mejoradas para la zona, integrando árboles maderables, frutales, ornamentales y/o para protección de la biodiversidad.

Los sistemas silvopastoriles intensivos -SSPi- responden a las necesidades de convertir la ganadería en una actividad rentable en corto, mediano y largo plazo, ofreciendo a la sociedad alimentos de mejor calidad. Contempla además, la interacción de 4 elementos que son suelo-árbol-pastura-animal; la importancia de la presencia de árboles en la pradera radica en incrementar la producción de biomasa por unidad de área, en donde, el sistema es utilizado con altas densidades de árboles, arbustos y pastos, manejados con pastoreo rotacional de pequeños potreros con altas cargas animales, aprovechando la sobreproducción de biomasa del sistema y la disponibilidad cercana de agua para el ganado. La alta producción de biomasa forrajera, la alta carga animal bajo métodos de pastoreo rotacional, los períodos de descanso

largos y la oferta de agua fresca permanente en cada predio, son características determinantes y exclusivas de los SSPi.

El sistema ha sido sometido a estudio en toda América latina tropical y es ampliamente conocido, probado y reproducido en muchos países de la región. En México, la fundación PRODUCE reporta más de 300,000 hectáreas establecidas en 15 estados de la república mexicana. En Colombia, la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria –CIPAV-, ha popularizado su establecimiento, uso y manejo, a tal grado que a la fecha es uno de los sistemas que más incentivos ambientales recibe, pues la Federación de Ganaderos de Colombia –FEDEGAN- reporta que “este programa ha atendido a más de 26,000 productores ganaderos en su país y se han invertido más de \$8,000 millones, lo que se ha visto reflejado en mejores rendimientos y rentabilidad para los ganaderos”.

Bacab (2011) realizó un estudio de caso en dos predios: el primero, correspondió al rancho “Los Huarinches”, del municipio de Tepalcatepec, Michoacán(México) el cual cuenta con el SSPi establecido a base de *L. leucocephala* y pasto Tanzania; y el segundo predio, cuenta únicamente con una gramínea (monocultivo) sobre la base de Estrella africana *C. plectostachyus*. El autor concluyó que el SSPi supera al monocultivo; ya que, además de los múltiples beneficios que reporta, permite reducir el uso de alimento concentrado hasta en 6.50 kg. animal⁻¹ día⁻¹, lo cual repercute positivamente en los costos de producción de la finca antes citada.

2.3 *Leucaena leucocephala* var. *Cunningham*

Leucaena leucocephala (LAM.) DE WIT, TAXON, 10:54, 1961; es una especie arbórea, de la subfamilia de las mimosáceas, perteneciente a la familia de las leguminosas o fabáceas. *Leucaena* es un género de cerca de 24 especies de árboles y arbustos, distribuidos desde Texas, en EE. UU. Hasta Perú, siendo Mesoamérica la región de mayor diversidad. Algunas especies como la *Leucaena leucocephala*, tiene frutos y semillas comestibles, usadas en alimentación forrajera animal, en abonos verdes, conservación de suelos, semillas para collares, fuente vegetal de aceite, combustible y energía.

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.

La variedad *Cunningham*, se encuentra en ecosistemas de bosque seco tropical (bs-T). Bajo estas condiciones la *Leucaena* responde bien en periodos de brillo solar por encima de seis horas. Se adapta a terrenos pedregosos y no tolera encharcamientos, ni suelos ácidos. Es tolerante a las sequías. No responde bien a la sombra, pero en zonas de alta luminosidad soporta moderadamente condiciones de sombra.

2.3.1 Características botánicas

La *Leucaena*, es un árbol que crece de 7 a 18 metros y que requiere temperaturas de 20 a 30°C para su crecimiento, se destaca por sus características de persistencia, flexibilidad, comportamiento en pastoreo asociado a gramíneas mejoradas y alta fijación de nitrógeno, es tolerante a las sequías, rápido crecimiento y propagación. La variedad *Cunningham* se recomienda principalmente en el ecosistema de bosque seco tropical (bs-T).

La *Leucaena* prefiere suelos neutros o alcalinos con pH de 6,5 a 7,5; se adapta a terrenos pedregosos y no tolera encharcamientos. Los usos principales son, como forraje para el ganado, rica en vitaminas, calcio y potasio PC 27%, digestibilidad de 60 a 70% ideal para rumiantes, uso medicinal en la desparasitación animal y humana, producción de miel en la apicultura.

2.3.2 Producción y calidad de la semilla

Podada anualmente produce 356 kg semilla/ha (1er. año); y 1,860 kg semillas totales/ha (2do. año) con 98,0% de pureza. La mejor distancia para este fin es de 6,0 m entre hileras y 3,0 m entre plantas (550 árboles/ha). Produce semilla al inicio y al final del período lluvioso. La semilla recién cosechada presenta hasta 80% de dormancia. La escarificación con agua caliente a 80°C entre dos y seis minutos, incrementa la germinación de 20 a 94.6%.

2.3.3 Establecimiento

Sembrada al inicio de la época de lluvia, con profundidades de 2,0 a 4,0 cm (tres semillas por postura), alcanza el pico máximo de germinación entre los 20 y los 30 días posteriores a la siembra. Crece lentamente en los primeros 65 días (1,0 cm/día), por lo que se requiere realizar un buen cultivo del suelo, mediante labores culturales de control de malezas y plagas.

La orientación de la siembra se efectúa de acuerdo con la trayectoria del sol (de este a oeste) a fin de evitar el exceso de sombra en los entresurcos. Se exceptúa en el caso de pendientes de mucha inclinación donde se hace por curvas a nivel para evitar la erosión del terreno.

Las siembras se pueden efectuar con maquinaria a chorro ligero (8 kg de semilla/ha) o por postura, depositando 5 o 6 semillas y tapándolas con no más de 1 cm de tierra (4-8 kg de semilla/ha). La densidad de siembra debe oscilar entre 10,000 y 30,000 plantas/ha con una distancia de los entresurcos entre 1.4 a 1.8 m. La limpieza garantiza la supervivencia y el establecimiento de las plantas arbóreas.

2.3.4 Rendimiento y composición química

Los rendimientos de la planta entera pueden ser de 14,2 a 18,0 Tn. de MS/Ha/año, con riego; y entre 7,0 y 14,0 Tn. de MS/Ha/año en condiciones de secano. El contenido de materia seca fluctúa entre 20 y 32%; el de proteína bruta entre 18 y 27%; el de fibra bruta entre 27 y 34%, el calcio entre 1.18 y 2.43% y el fósforo, fluctúa entre 0.27 y 0.35%.

2.4 Gramíneas

2.4.1 Pasto Tanzania

El pasto Tanzania, es un cultivar mejorado, desarrollado a partir de la especie *Panicum maximum*, perteneciente a la tribu de las Paniceáceas, de la familia de las Poaceas; presenta ventajas como, alto rendimiento de materia seca, excelente aceptación por el ganado, buena calidad nutritiva por su porcentaje de proteína cruda, que oscila entre 12–14% por planta entera; se adapta a suelos de mediana fertilidad, resistencia a la sequía y excelente digestibilidad. Este es un pasto que se adapta a suelos muy fértiles, puede prosperar con buena fertilización, prefiere los suelos sin encharcamientos. 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.

Es una gramínea de porte alto, creciendo hasta los 1.5–2.5 metros de altura, lo que la hace muy apropiada para el sistema de corte y acarreo. En América del Sur, el pasto Tanzania se somete a pastoreo, pero en Tailandia se usa principalmente como forraje de corte y acarreo; en ese país, también es la principal gramínea que se vende como pasto fresco. Produce entre 12-30 t/ha de materia seca por año. Es un pasto que soporta hasta 6 meses de sequía y después de la cual presenta un excelente rebrote. La siembra puede ser al voleo o en surcos separados a 80 centímetros y 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.

2.4.2 Pasto Estrella

El pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*; VANDERYST) es una de las especies más cosmopolitas de los pastos tropicales, sus potencialidades productivas se adecúan a las condiciones agro productivas y edafoclimáticas de muchas regiones en el mundo. El pasto Estrella (*C. nlemfuensis*) fue una especie ampliamente extendida en las áreas de la ganadería vacuna desde la década de los años 80, y 90, debido a su plasticidad ecológica y adaptación a diferentes regímenes de explotación. Es una gramínea perenne, estolonífera, sin los rizomas subterráneos característicos del pasto bermuda, *C. dactylon*.

Los estolones duros crecen a nivel del suelo y emiten tallos aéreos, suaves, robustos y delgados, que alcanzan de 30-60 cm de alto. Hojas planas, de cinco a 16 cm de largo y dos a seis milímetros de ancho, delgadas de color verde claro. Inflorescencias de uno, rara vez dos verticilos de espigas delgadas y flexibles; espiguillas de dos a tres milímetros de largo, verdes o manchadas de púrpura. Ha sido utilizada en varias partes del mundo como estabilizadora del suelo, y control de erosión. L. Villalobos y col; evaluando la producción de biomasa y los costos de producción de cuatro especies de gramíneas perennes en Cartago, Costa Rica, encontró que con fertilización y con un periodo de recuperación de 28 días, la estrella africana fue significativamente superior y por ello más eficiente a Kinkajú y Ríe gras, en producción de materia verde y materia seca por año, produciendo 40.17 toneladas de materia seca por hectárea por año.

2.5 Generación y validación de tecnología agropecuaria por medio de la investigación en fincas

La investigación en fincas, utiliza diferentes estrategias. Hildebrand & Russell 1984; mencionan que, esta combina el método científico y la especialización complementaria de identificación de problemas. La generación de tecnología que resuelva tales problemas, inicia desde la caracterización agro-socioeconómica de los sistemas productivos; la generación de alternativas tecnológicas por medio de ensayos de finca y la validación de las alternativas promisorias por medio de ensayos agro-económicos y la disseminación de las mismas por medio de ensayos conducidos por los productores.

Los mismos autores indican que el enfoque de investigación en fincas de productores tiene tres etapas a saber, la etapa de diagnosis, la etapa de diseño y la etapa de planificación; esta última a su vez, se subdivide en ensayos en centros experimentales y ensayos en fincas de productores manejados por el investigador, esta última se define como “*La investigación que se caracteriza por la participación de los agricultores en su propia tierra, este nivel de participación varía según la naturaleza de los experimentos*”.

2.5.1 Tipos de ensayos en finca

Existe un proceso lógico de ensayos en fincas de productores, como lo constituyen los ensayos de tipo exploratorios, los cuales normalmente proveen más información cualitativa que cuantitativa acerca de varios factores; Otros son los ensayos en sitios específicos, que son similares en diseño, a los ensayos de la estación experimental, pero a menudo con menos tratamientos. Los ensayos agro-económicos regionales, que se prestan para análisis agronómicos y agro-socioeconómicos. Su principal objetivo es el de evaluar los datos de ensayos en finca y definir la interacción de la tecnología con las condiciones ambientales tanto desde el punto de vista agronómico como socioeconómico. Del análisis de interpretación de los ensayos regionales deben resultar recomendaciones de tecnología para ser sometidas a ensayos conducidos por el agricultor (Hildebrand y Poe 1984). Por ello, se hace énfasis en los ensayos conducidos por el productor.

a) Ensayos conducidos por el agricultor

Estos ensayos brindan la oportunidad para que los agricultores mismos evalúen él o los tratamientos más promisorios de los ensayos regionales. Se hace uso de parcelas más grandes sin repeticiones. El propósito es que los agricultores puedan comparar sus tratamientos con sus prácticas habituales; de tal manera, que se pueda incluir una parcela con estas prácticas, en el diseño experimental.

Esta parcela de control en realidad sirve más a los investigadores que a los agricultores ya que estos últimos están evaluando los resultados en sus propios campos. Si los investigadores quisieran medir los resultados de las prácticas propias de los agricultores pueden directamente muestrear los campos de estos. Sin embargo, es aconsejable llevar registros de las prácticas de los agricultores para disponer de la información necesaria. Mayor número de ensayos mejoran la precisión de las conclusiones, sin embargo, aun pocos ensayos pueden proveer información útil (Hildebrand y Poe 1984).

2.5.2 El manejo de la investigación en los sistemas de finca

Con el paso del tiempo se ha aprendido que el proceso de adopción de tecnología no es aceptado con facilidad por el productor, por ello hay que ofrecerle opciones tecnológicas que él pueda optar, observar y finalmente adoptar de acuerdo a sus recursos y necesidades es por ello que la investigación en los sistemas de finca del productor observa una secuencia de actividades en las cuales los agricultores se ven relacionados en la mayoría de las etapas. Esta metodología conocida como investigación y extensión en sistemas agrícolas (IESA) es flexible y adaptable.

Los principales objetivos que persigue la investigación en fincas de productores están dirigidos a verificar las posibilidades agro-socioeconómicas de una tecnología nueva; retroalimentar el modelo de investigación mediante las conclusiones que obtenga el productor colaborador y él o los técnicos vinculados; y dar el paso inicial al proceso de transferencia de tecnología.

Los ensayos manejados por el agricultor (EMA) son diseñados para proporcionar datos agronómicos y económicos para el investigador, pero el proceso del ensayo no debe interferir con las actividades habituales del agricultor y con su habilidad para interpretar los resultados como él los ve; finalmente, debido a su simplicidad, es relativamente fácil conducir un ensayo manejado por el agricultor (EMA). Tiene un número reducido de tratamientos (la mayoría de

veces solo uno o dos) y generalmente, no tiene repeticiones. (Hildebrand y Poe; 1984). Se compara el sistema tradicional del productor con la tecnología sujeta a prueba.

2.6 Arreglo estadístico

Las parcelas apareadas o tratamientos apareados, son un arreglo estadístico que tiene la ventaja de ser muy viable, dado que se pueden realizar en pequeñas unidades, por lo cual son más baratos y tienen menos obstáculos prácticos, permiten realizar investigaciones dentro de un marco de restricciones. Los diseños de parcelas apareadas son una derivación de los estudios experimentales, en los cuales la asignación de los tratamientos no es aleatoria aunque el factor de exposición es manipulado por el investigador.

Los diseños que carecen de un control experimental absoluto de todas las variables relevantes debido a la falta de aleatorización, se les conoce como cuasi-experimentos (Pedhazur, 1991); pues, ya sea en la selección aleatoria de los tratamientos o en la asignación de los mismos a los grupos experimentales o pseudo-repeticiones y control, siempre incluyen una pre-prueba para comparar la equivalencia entre los grupos.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Contribuir al mejoramiento del manejo y productividad de la ganadería de doble propósito de la región del corredor seco de Zacapa y Chiquimula, mediante la validación y transferencia del sistema silvopastoril intensivo, en fincas de productores.

3.1.1 Específicos

- Valorar el potencial de producción y rendimiento del sistema silvopastoril intensivo, en función de tasa de crecimiento, materia verde, materia seca, proteína cruda, y energía digestible, por unidad de área, en cuatro localidades del corredor seco de Zacapa y Chiquimula.
- Comparar el sistema de pastoreo típico del productor ganadero, con el sistema silvopastoril intensivo, en función de los días de ocupación, días de descanso, carga animal, producción de leche y producción de carne por unidad de área.
- Estimar la viabilidad económica del sistema silvo-pastoril intensivo (SSPi) en fincas de productores, mediante el método de costos parciales.

4. HIPÓTESIS

- El Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPI), incrementa significativamente la producción y productividad del sistema, por unidad de área.
- El Sistema Silvopastoril intensivo (SSPi) no modifica la producción y productividad del sistema, por unidad de área.

5. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en 4 localidades utilizando el arreglo de parcelas apareadas, las cuales fueron conducidas por los productores colaboradores (actores locales) y los investigadores, conjuntamente. Cada localidad contó dos parcelas brutas para cada uno de los tratamientos, que fueron, el Sistema Típico del Productor (STP) y el Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi), dispuestos en cada unidad experimental. Mediante el levantamiento de

Registros Económicos de Producción (ICTA 1982) y con la participación de los productores colaboradores de cada unidad, se identificó la tecnología típica de manejo del pastoreo y alimentación de los productores locales, la cual fue comparada con el sistema silvopastoril intensivo, que fue la tecnología propuesta.

5.1 Localidad y época

La presente investigación se llevó a cabo en los departamentos de Zacapa y Chiquimula, en fincas de productores colaboradores (actores locales); en Zacapa, las parcelas se ubicaron específicamente en las localizaciones 14° 58' 15.94" latitud norte y longitud oeste 89° 30' 49" finca Agua Caliente; y en latitud norte 14° 48' 15" y longitud oeste 89° 33' 01", finca Los Zopilotes.

En Chiquimula, se localizaron en, latitud norte 14° 40' 46" y longitud oeste 89° 31' 18", Granja pecuaria el Zapotillo; y en latitud norte 14° 47' 21.4" y longitud oeste 89° 32' 06.7" finca Los Lémus.

Las fechas de siembra de la *Leucaena* en las cuatro localidades fueron entre el 4 y el 11 de octubre, coincidiendo con el final de la época de segunda siembra, contándose con riego mínimo para el establecimiento y crecimiento de la *Leucaena* en su primera etapa, en todas las localidades.

5.2 Diseño experimental

El experimento se estableció utilizando el arreglo estadístico de parcelas apareadas en un acondicionamiento de cuatro localidades con dos pastoreos por tratamiento, por localidad, en las fincas de los actores locales.

5.3 Tratamientos

T1: Sistema típico del productor (STP).

T2: Sistema silvopastoril intensivo -SSPi- (*Leucaena leucocephala* var. *Cunningham*, más (*Panicum maximum* cv. Tanzania) más pasto Estrella *Cynodon nlenfuensis*).

5.4 Tamaño de la unidad experimental

La parcela bruta establecida en cada localidad para el desarrollo del tratamiento, Sistema silvopastoril intensivo (SSPi), fue de 64 metros de largo por 64 metros de ancho, para 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 estableció primeramente la *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham*, a una densidad de 5 posturas por metro lineal. En total se contó con 40 surcos o hileras de *Leucaena*, en medio de los cuales posteriormente se establecieron las gramíneas, Tanzania y Estrella.

El pasto Tanzania se estableció por posturas, entre las hileras de *Leucaena*, en 3 surcos a 0.40 metros entre surco. Y el pasto estrella se estableció en el camellón de 0.40 metros disponible entre los surcos de Tanzania, posterior a la siembra y emergencia de este último.

5.5 Modelo estadístico

- Análisis estadístico mediante inferencia basada en dos muestras (prueba t apareada).
- Tasa marginal de retorno a capital (TMRC) mediante presupuestos parciales.

5.6 Variables de respuesta

- Tasa de crecimiento promedio, en metros/planta/día.
- Rendimiento de materia verde por hectárea por periodo de descanso por año, en Tn/MV/Ha/PD.
- Rendimiento de materia seca por hectárea por periodo de descanso por año, en Tn/MS/Ha/PD.
- Rendimiento de proteína cruda en Kg/PC/PD/Ha
- Rendimiento de energía digestible Mcal/ED/PD/Ha
- Periodo de ocupación (PO)
- Periodo de descanso (PD)
- Carga animal (CA)
- Producción de leche (Lts/leche/Ha/día)
- Ganancia de peso (Kg p.v./Ha/día)
- Costo promedio total Q/Ha por kilogramo de materia seca
- Costo promedio total Q/Ha por kilogramo de proteína
- Tasa marginal de retorno a capital (TMRC), por kilogramo de nutriente.

5.7 Análisis de la información

Para la recolección de los datos de producción y productividad, se seleccionaron 12 sitios por unidad experimental, utilizando un método de muestreo no probabilístico, considerando los tres estratos de población, alto, medio y bajo, de las especies del SSPi (Leucaena, Tanzania y Estrella) en cada unidad experimental; y para el caso del STP, solamente los estratos bajo y medio. Estos sitios se diseñaron de 3 metros de largo por 1.60 de ancho, cada uno, en ellos se determinó la disponibilidad de materia verde, a diferentes periodos de ocupación según la localidad y disponibilidad.

La toma de datos inició a partir del corte de nivelación de la Leucaena en los SSPi, como también del pasto Tanzania en los dos sistemas. Los intervalos entre pastoreo fueron entre 65 y 72 días, para cada medición o cosecha, cosechando los folíolos y las ramas verdes que constituyen la biomasa comestible de la Leucaena y cortando a cinco centímetros del suelo las gramíneas, antes y después de cada pastoreo, estos resultados se promediaron y el resultado obtenido se convirtió a producción por hectárea.

El análisis físico-químico de los forrajes para determinar proteína cruda (PC) se llevó a cabo mediante el método de análisis Micro-Kjeldhal para la determinación de proteína cruda, en cuyo caso se calcula el nitrógeno de la muestra, digiriendo las proteínas y otros componentes orgánicos en una mezcla de ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. Y para la determinación de energía digestible (ED) se utilizó el análisis proximal que mediante el método de Van Soest, separa el contenido celular que representa el 60% de la materia seca (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. La materia seca se determinó separando la humedad del material en un horno de aire forzado hasta alcanzar peso constante.

Los resultados obtenidos para cada variable bajo estudio, fueron sometidos a una prueba t de Student para parcelas apareadas, de donde se obtuvo para cada variable, los

valores de media, desviación estándar y grados de libertad, utilizando la tabla de distribución de “t” y con ello se construyeron las curvas Studentizadas para muestras pequeñas, mediante el paquete estadístico Infostat. Estas tendencias de los estimadores de cada variable, tienen el fin de describir la estabilidad de la tecnología propuesta (SSPi) versus la tecnología típica de los productores (STP).

El análisis económico, se realizó mediante la obtención de presupuestos parciales obtenidos en cada tratamiento o unidad experimental de cada localidad, valorando los componentes económicos vinculados a la producción, identificados en los registros económicos como materiales, insumos y mano de obra no calificada, utilizados a partir del corte de nivelación y calculando con ellos, la tasa marginal de retorno a capital (TMRC) para cada localidad.

5.8 Manejo del experimento

De manera general se puede afirmar que en la medida de las circunstancias imperantes en cada localidad, el manejo agronómico del experimento, se llevó a cabo de la misma manera en las cuatro localidades, principalmente en la etapa de establecimiento de los componentes del sistema silvopastoril intensivo (Leucaena+Tanzania+Estrella), hasta alcanzar la altura adecuada para efectuar el corte de nivelación de Leucaena y Tanzania en los dos sistemas bajo estudio, el que se realizó en diferentes momentos en cada localidad, de acuerdo al desarrollo de la misma. A partir del corte de nivelación de la Leucaena y Tanzania en el SSPi y del pasto Tanzania en el STP, se inició la toma de datos de producción, productividad y respuesta animal, antes y después de cada pastoreo de manera que estos fueran comparables.

5.8.1 Muestreo de suelo

Previo al establecimiento de los materiales se efectuó un análisis de suelos para conocer sus características. En general los análisis sitúan a las aéreas seleccionadas, con una textura franco-arcillo-arenosa, con pH entre 7.1 a 7.4 considerado levemente alcalino y con necesidades de fertilización de 52 kilogramos de nitrógeno, por hectárea por año; y de 39 kilogramos de potasio por hectárea por año.

5.8.2 Preparación de terreno

En las cuatro localidades se realizó una poda de árboles de porte alto, para facilitar las labores de ingreso de luz y mecanización del terreno, efectuándose un paso de arado, posteriormente dos de rastra, uno a favor de la pendiente el otro orientado este-oeste, hasta donde el terreno y las condiciones de riego lo permitieron; el paso de rastra se hizo a la profundidad de 40 cm. Luego se trazaron los surcos a 1.60 metros de distancia, orientados de este a oeste para disminuir la sombra sobre los pastos y facilitar su rebrote.

5.8.3 Preparación de la semilla

El componente arbóreo del sistema silvopastoril intensivo (SSPI) seleccionado fue la leguminosa *Leucaena leucocephala* variedad *Cunningham*. El componente gramíneo de este sistema fue el pasto *Panicum maximum* cv. *Tanzania*, sembrado mediante semilla sexual; y para la siembra del pasto Estrella *Cynodon nlenfuensis*, se utilizó material vegetativo, como semilla.

La semilla botánica de Leucaena fue escarificada con el método de inmersión en agua caliente a 80°C por 3 minutos. Después de escarificada se procedió al estilado y secado de la

semilla para después realizar la mezcla con el inóculo de *Azospirillum* (350 g) y *Micorriza* (1000 g) ambos para impregnar 20 kg de semilla por hectárea de siembra.

5.8.4 Siembra de Leucaena

La primera siembra fue la de Leucaena, que se efectuó por postura (sembrado a chuzo) a razón de dos semillas y 5 posturas por metro lineal, un distanciamiento de 1.60 metros entre surco y una dosis de 15 kg/ha, tratando de establecer 50,000 plantas por Ha, esperando al menos obtener como producto final 10 plantas por metro lineal de surco (Lozano T. M.D. et al, 2006).

5.8.5 Resiembra de Leucaena

Quince días después de la siembra de Leucaena se revisaron los surcos y se efectuó la resiembra por siembra directa, mediante el trasplante de planta en bolsa producto de la elaboración de un vivero para construido para este fin, con la misma fecha de siembra que la plantación directa.

5.8.6 Siembra de los pastos

El pasto Tanzania se estableció por postura, a chuzo, a razón de 50 centímetros entre postura y 40 centímetros entre surcos o hileras de Leucaena, es decir tres surcos de Tanzania entre dos hileras de Leucaena. La siembra se llevó a cabo cuando la Leucaena alcanzó entre 30 a 40 centímetros de altura, esto fue entre 65 y 80 días posterior a la siembra de Leucaena. Se utilizó una proporción de semilla de Tanzania de 8 kg/ha. El pasto estrella fue sembrado con trozos de 30 a 40 cm de longitud en el centro de las calles cada 20 ó 30 centímetros entre sí. La siembra de estrella se llevó a cabo cuando las primeras dos especies estuvieron plenamente establecidas.

5.8.7 Control de malezas

La Leucaena tiene un desarrollo lento durante la etapa de 45 a 60 días después de la siembra. Por ello, la incidencia de malezas fue alta y debido al poco desarrollo del cultivo, las dos primeras limpiezas se realizaron manualmente con machete y azadón, posteriormente se utilizó herbicida de contacto a base de paraquat, para el control de hoja ancha especies gramíneas y arbustivas y para el control de zacates y ciperáceas como el coyolillo *Cyperus rotundus*, se aplicó un herbicida selectivo a base de Fluazifop-P-Butil, pero es inocuo para la Leucaena, todo esto antes de la siembra de los pastos; esta labor sirvió además para formar una cama adecuada para la siembra de los mismos. Una vez establecidas las gramíneas se realizaron dos limpiezas más, una con machete y azadón y la siguiente con herbicida a base de paraquat y una vez fue establecido plenamente el sistema se procedió a efectuar el corte de nivelación.

5.8.8 Fertilización

La fertilización de las especies se efectuó para el caso de la Leucaena posterior al momento de la limpieza manual a razón de 10 libras de fertilizante de la fórmula 0-46-0 (triple superfosfato), y la segunda fertilización se realizó cuando la plantación de Tanzania alcanzó los 45 días de sembrada. Finalmente se realizaron fertilizaciones foliares para proveer macro y micro elementos a el sistema en su conjunto.

5.8.9 Riegos

Para garantizar el establecimiento de la Leucaena de cada sistema inversión se efectuaron riegos cada 15 días durante los primeros dos meses de establecimiento y posteriormente cada ocho días hasta el inicio del ciclo de lluvias. El riego se llevó a cabo por aspersión con una bomba de riego portátil, de alta presión de dos pulgadas de salida y un aspersor Naan de 3 bares (40 psi) con una descarga de 13.4 m³/hry 2” de diámetro. Este sistema fue utilizado para garantizar el establecimiento de los sistemas en tres de las localidades pues en la localidad agua caliente existe riego por aspersión. De manera general, se realizaron en promedio, 12 riegos por unidad experimental por localidad, en la etapa de establecimiento.

5.8.10 Plagas y enfermedades

Son pocas las plagas y enfermedades que afectan estas especies forrajeras; sin embargo, fue necesario la aplicación de Endosulfan 350 g de i.a./l, mediante aspersión ya que la Leucaena fue afectada por pulgón amarillo (*Aphididae*) en un tres de las cuatro localidades, llegando a afectar hasta el 50% de la hoja de la Leucaena en algunos casos.

5.8.11 Corte de nivelación de la Leucaena

El corte de uniformidad o de nivelación de la Leucaena se realizó entre los 180 y 230 días posterior a la siembra; esto cuando la planta alcanzó una altura superior a 1.5 metros, efectuando el corte a una altura de un (1) metro sobre el nivel del suelo. Simultáneamente se realizó el corte del pasto Tanzania a cinco centímetros sobre el nivel del suelo, tanto en el sistema silvopastoril intensivo como en el sistema típico del productor. Esta práctica tuvo el objetivo de uniformizar las condiciones los dos tratamientos y como consecuencia marcó el momento de inicio de la recolección de datos de producción y nutricionales del experimento.

5.8.12 Silvopastoreos

Entre los 65 y 72 días después del corte de nivelación se llevó a cabo el primer pastoreo en cada uno de los tratamientos, previa determinación de la disponibilidad de materia verde y seca en cada tratamiento, ocupándose el potrero en el tiempo que la disponibilidad permitió. El pastoreo siguiente se llevó a cabo entre los 62 y 67 días después del primer pastoreo. Todos los pastoreos se realizaron con vacas en etapa de producción para evaluar el efecto del pastoreo en el sistema silvopastoril intensivo en la producción de leche y en el peso de las unidades animal determinadas mediante pesaje.

6. Resultados

Las variables de producción del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y del sistema típico del productor (STP) fueron sometidas a un análisis comparativo, con la finalidad de contrastar los tratamientos, en cuanto a rendimiento por unidad de área y valor nutricional por tratamiento y localidad; posteriormente a este proceso se efectuó el análisis de los costos variables de los dos tratamientos por localidad.

6.1 Tasa de crecimiento promedio de la Leucaena por mes

La tasa de crecimiento inicial fue sumamente lenta durante los cuatro meses iniciales; sin embargo, a partir del cuarto mes se observó una llamarada de crecimiento que fue más evidente en las localidades de Chiquimula, afectadas positivamente por una serie de lluvias en

el mes de abril. Otros factores que afectaron la tasa diaria de crecimiento en las localidades de Zacapa, fue una serie de días con temperaturas frías en los primeros meses del periodo de establecimiento y un alza excesiva de temperatura al final del periodo de toma de datos. El resultado del análisis de medias de tasas de crecimiento, por mes, se observa en el cuadro que a continuación se presenta.

Cuadro 1. Tasa promedio de crecimiento de la *Leucaena* (mts) por mes, en cuatro localidades de Zacapa y Chiquimula.

Localidades	Sistema	\bar{x}	S	CV	T	P-valor
Los Lémus	SSPi	0.30	0.27	91.53%	-3.18	0.0190(*)
Los Zopilotes	SSPi	0.21	0.25	117.22%		
Agua Caliente	SSPi	0.22	0.31	140.06%	-2.09	0.0819 ^(NS)
Los Lémus	SSPi	0.30	0.27	91.53%		
Agua Caliente	SSPi	0.22	0.31	140.06%	-0.66	0.5313 ^(NS)
CUNORI	SSPi	0.27	0.22	81.41%		

Al efectuar el análisis estadístico y comparar las tasas de crecimiento de la *Leucaena* entre todas las localidades, proceso que fue llevado a cabo mediante la prueba de T de Student para muestras apareadas, se observó diferencia significativa al 0.05%, únicamente entre las localidades, Los Zopilotes y Los Lémus; no así en las otras localidades, cuyas tasas no mostraron diferencia entre sí, con lo que se puede afirmar que el comportamiento fue similar. Las diferencias señaladas, sólo existieron entre las dos localidades de los dos municipios, no así entre las localidades de cada municipio, lo que supone que los factores que afectaron estas diferencias están vinculados a las características propias de cada localidad, siendo estas más favorables para el establecimiento y producción de la *Leucaena*, en el municipio de Chiquimula, donde el comportamiento promedio de las tasas de crecimiento en las dos localidades, fue superior a las localidades de Zacapa, tal como lo muestra el cuadro uno.

Sin embargo, de manera general, se puede afirmar que el comportamiento de la tasa de crecimiento por mes fue levemente inferior a lo reportado por otros autores, superando los 0.20 metros por mes y los 2.0 metros de altura, a los seis meses después de la siembra. Aguirre, J. 2015; en una evaluación llevada a cabo en Tuxtla Chico, Chiapas, México, con inóculos de *Rhizophagus* y *Azospirillum* en *Leucaena* reporta tasas máximas de 0.27 metros entre los días 75 y 105, posteriores a la siembra, similares a las alcanzadas en la presente investigación.

6.2 Tasa de emergencia y prendimiento final de *Leucaena*

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 inicial de emergencia de la *Leucaena* a los 30 días después de la siembra, en promedio, fue de nueve plantas por metro lineal, esto constituye una densidad superior a las

56,000 plantas por hectárea; sin embargo, en el transcurso del establecimiento hasta los 180 días, la tasa final de prendimiento fue cuatro plantas por metro lineal lo que supone una densidad de 25,000 plantas por hectárea, considerándose esta, adecuada para un sistema silvopastoril intensivo, según lo señalado por Bacab (2,013) y otros autores.

6.3 Producción y rendimiento de los sistemas

La evaluación de las variables de rendimiento, entre localidades inició con la determinación de disponibilidad de materia verde y materia seca en cada sistema, esta disponibilidad fue proporcional a los tres estratos (alto medio y bajo) que componen el SSPi, elaborando con ellos una muestra compuesta proporcional a los tres estratos muestreados, valores que van entre 63% y 34% de *L. leucocephala*; entre 62% y 27% Tanzania y, entre 4% y 10% estrella, presentando un contenido promedio de proteína cruda de 15.63% y de energía de 2.68 (Mcal/kg) en promedio. Y para el caso del STP, el rendimiento fue obtenido de la disponibilidad con que contó el sistema del productor, compuesto únicamente de Tanzania y otras especies gramíneas nativas; a partir de ello se procedió a obtener el contenido de proteína cruda y energía digestible, en porcentaje y posteriormente, en unidades por hectárea, con valores promedio que alcanzaron 6.65% de PC y 2.49 (Mcal/kg).

Cabe señalar que el aporte de pasto Estrella en la muestra compuesta fue mínimo, dado que su proporción en el sistema es muy baja, principalmente por el efecto de la sombra de la *L. leucocephala* y el pasto Tanzania.

Cuadro 2. *Comparación de las variables de producción entre los sistemas de las cuatro localidades.*

Variable	Sistema	\bar{x}	S	CV	T	P-valor
Materia verde Ton/MV/Ha	SSPi	45.40	47.95	98.03 %	-2.40	0.0477(*)
	STP	23.45	22.99	105.61 %		
Materia Seca Ton/MS/Ha	SSPi	10.47	10.02	95.75 %	-2.40	0.0474(*)
	STP	3.57	2.73	76.27 %		
Proteína Cruda Kg/Ha	SSPi	1,608.37	543.63	95.60 %	-2.85	0.0248(*)
	STP	316.10	272.12	86.09 %		
Energía digestible Mcal/Ha	SSPi	27,413.93	25,983.17	94.78 %	-2.44	0.0446(*)
	STP	8,684.30	6,427.45	74.01 %		

El análisis de los resultados obtenidos muestra, que para las variables materia verde, materia seca, proteína cruda y energía digestible producidas, por hectárea, existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y el sistema típico del productor (STP), siendo superior en cantidad y calidad el SSPi, ya que la proporción de proteína cruda y energía digestible, fue influenciado por el contenido de estos nutrientes en la fuentes de forraje analizadas, lo cual se traduce en mayor producción de kilogramos de nutriente (PC y ED) por unidad de área, por periodo de descanso, lo que resulta favorable para el productor ganadero en una zona ecológica con muchas dificultades para producir forraje de buena calidad y abundante, como sucede en el corredor seco del país; y a pesar de la mayor

variabilidad presentada por la tecnología propuesta (SSPi) con respecto a su media, los resultados obtenidos para estas variables, superan significativamente la tecnología típica del productor (STP), tal lo observado en el cuadro dos.

Con los datos presentados se evidencia que el asocio de *L. leucocephala* con Tanzania, se potencializa y ese efecto entre las especies supera al Sistema Típico del Productor, en producción por unidad de área. Y en cuanto al contenido nutricional, la diferencia en proteína corresponde al efecto del nitrógeno encontrado en la muestra compuesta del SSPi, donde la *L. leucocephala*, influencia positivamente la proporción de proteína por unidad de área.

Una investigación presentada por los autores Gómez BMRC. Ruiz LF. Lavín CDA.; del Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 17. Mpio; de Úrsulo Galván, Veracruz, México (2016), denominada Sistema silvopastoril intensivo, alternativa sustentable para ganado bovino de doble propósito en pastoreo, reporta rendimientos de materia verde (MV) de *Leucaena* por hectárea de $7425 \text{ kg} \pm 1121.3 \text{ kg}$.; en tanto que el rendimiento de materia verde del Tanzania asociado a la *Leucaena* fue en promedio de $33,000 \text{ kg/ha}$, lo que constituye una oferta compuesta de $40,425 \text{ kg}$ de MV por hectárea (40.42 Ton/ha). La materia seca obtenida del follaje de *Leucaena* y del pasto fue de $7,276.50 \text{ kg/ha}$, (7.28 Ton/ha.) valores que resultan muy parecidos a los obtenidos como promedio de la presente investigación.

Por otro lado, el rendimiento de materia verde (MV) de la pradera de Tanzania en monocultivo, fue de $25,550 \text{ kg/ha}$, (25.55 Ton/ha), con un rendimiento total de materia seca de $5,110 \text{ kg/ha}$. (5.11 Ton/ha.), con un contenido de proteína del 16%, muy cercano al promedio encontrado en la presente investigación.

6.4 Respuesta animal de los sistemas

Las pruebas de respuesta animal expresan la diferencia cualitativa entre animales y permite inferir el desempeño de la tecnología propuesta en la experimentación, traducida a producción animal, en este caso producción del sistema de producción bovina de doble propósito, típico en la región.

Cuadro 3. *Comparación de las variables de manejo y respuesta animal entre los sistemas de las cuatro localidades.*

Variable	Sistema	\bar{x}	S	CV	T	P-valor
Periodo de descanso/días	SSPi	68.38	--	--	----	----
	STP	68.38	--	--		
Periodo de ocupación/días	SSPi	10.13	1.64	0.58%	-2.38	0.0492(*)
	STP	8.88	1.81	0.64%		
Carga animal instantánea/UA/Ha	SSPi	15.10	8.74	61.58%	-1.89	0.1010 (^{NS})
	STP	14.19	9.88	65.45%		
Producción de leche/animal/día	SSPi	6.35	0.92	14.44%	18.64	0.0001(**)
	STP	5.41	0.78	14.48%		
Incremento en la producción leche lts/animal/día)	SSPi	0.93	0.15	61.72%	-17.78	0.0001(**)
	STP	0.01	0.0046	15.96%		
Ganancia de peso (Kg p.v./UA/día)	SSPi	2.73	0.82	30.24%	-4.91	0.0017(**)
	STP	0.01	0.0046	61.72%		

Al analizar los resultados de las variables expresadas en el cuadro anterior, como periodo de ocupación, producción de leche por animal por día, incremento en la producción de leche y ganancia de peso por unidad animal por día, se observa que existe diferencia significativa ($P < 0.01$), entre el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y el sistema típico del productor (STP), siendo visiblemente superior el sistema propuesto, sobre la tecnología usual del productor ganadero.

Los resultados obtenidos sobre el comportamiento productivo de los bovinos sometidos al pastoreo de los dos sistemas en evaluación, muestran que el sistema silvopastoril intensivo, supera al sistema típico del productor, principalmente en producción de leche y ganancia de peso en pie del ganado, esto debido a que, la mayor oferta de forraje en cantidad y calidad nutricional ofrecida por el sistema propuesto, incidió positivamente en el desempeño productivo de los animales sometidos a la prueba, generando un incremento en el periodo de ocupación, en la producción de leche por animal por día y en la mejora de la condición corporal de los animales, lo cual resulta ser un indicador de que el incremento de leche expresado, no proviene de las reservas metabólicas de las vacas; además de lo anterior se agregan los beneficios que genera para el sistema de producción, pues debido a su alta producción y productividad, permite liberar para otros usos, áreas de potrero dentro de la finca, eficientando el uso de la tierra y contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Un equipo de investigadores especialistas en producción animal, miembros del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) de Colombia (2017), al efectuar un análisis descriptivo y valorativo de los beneficios productivos y ambientales de los SSPi con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, determinó que los aspectos de calidad nutricional, producción de biomasa, consumo voluntario, productividad animal y emisiones de gases de efecto invernadero, influyen positivamente la respuesta animal, “al producir al menos dos o tres veces más carne y leche ha-1 año-1, como resultado de un mayor consumo de nutrientes y una mayor oferta forrajera, dado que con esta leguminosa el consumo de materia seca (MS) puede ser 1,3 veces mayor que el observado en sistemas convencionales y la producción forrajera puede incrementarse de 5 a 18 t de MS ha-1 año-1.

Por otra parte, la inclusión de *L. leucocephala* permite disminuir las emisiones entéricas de metano (CH_4) en cantidades cercanas a un 20 % por kilogramo de carne o leche producida y por kilogramo de materia seca consumida. En comparación con los sistemas tradicionales, en los que se incluye *L. leucocephala*, se incrementa la eficiencia en la producción y disminuyen los efectos ambientales negativos de la ganadería”.

6.5 Productividad de los sistemas

La tasa marginal de retorno a capital (TMRC), se define como la tasa de rendimiento por unidad. El análisis marginal compara las tasas marginales de rendimiento de un tratamiento de bajo costo con un tratamiento de mayor costo y compara las tasas de retorno, contra una tasa de retorno, mínima aceptable; el principio económico que soporta este análisis es que resulta beneficioso para el productor, continuar invirtiendo hasta el punto donde el retorno de cada extra sea igual a su costo es decir el 100%. Esta es una herramienta muy útil en la evaluación y adopción de nuevas tecnologías y en el análisis de nuevas ofertas de productos/servicios.

Para llevar a cabo la determinación de egresos se efectuó un costeo de los gastos variables de cada uno de los sistemas por localidad, incluyendo los gastos de mano de obra no calificada e insumos principalmente, ver anexo No. 2; y para la determinación de los ingresos se aplicó un precio al kilogramo de nutriente proteína, en base al precio actual del kilogramo de proteína de un alimento balanceado comercial. Con la cuantificación de ingresos y egresos, se determinó la tasa marginal de retorno a capital, cuyos resultados se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 4. Tasa marginal de retorno a capital por sistema evaluado y localidad.

Localidad	Sistemas	Ingresos Q	Egresos Q	TMRC %
Agua Caliente	SSPi	8,683.50	6,520.00	33%
	STP	2,688.00	2,160.00	24%
Los Zopilotes	SSPi	4,788.00	6,099.00	-21%
	STP	420.00	780.00	-46%
CUNORI	SSPi	40,713.50	17,639.27	131%
	STP	8,568.47	6,788.80	26%
Los Lémus	SSPi	13,681.50	720.00	90%
	STP	2415.00	1,980.00	22%

Para el caso de las localidades Agua Caliente, CUNORI y Los Lémus, la TMRC que no es más que el beneficio neto anual dividido por la inversión, multiplicada por 100, resultó positiva, a pesar de la fuerte inversión en el establecimiento del sistema silvopastoril intensivo (SSPi); siendo verdaderamente importante en el caso de CUNORI, donde el alto nivel de producción por unidad de área, supera los gastos de inversión en 1.31 unidades (Q) por cada unidad de inversión gastada, superando la tasa mínima aceptable, seguida por las localidades de Los Lémus y Agua Caliente, respectivamente, donde a pesar de ofrecer resultados positivos, la TMRC no supera la mínima esperada.

Mención especial amerita la localidad de Los Zopilotes, donde la determinación de la TMRC, resultó negativa para los dos tratamientos o sistemas, lo que impidió analizar las tasas de todas las localidades mediante curvas estudentizadas, análisis que requiere más datos que los generados para graficar su comportamiento. Sin embargo, como producto de lo antes señalado, se puede inferir que algunos factores como baja precipitación en el periodo, sequía de las fuentes de agua superficial, escases de forraje y manejo poco riguroso y dúctil de los sistemas en esta localidad, incidieron en el bajo rendimiento de los dos tratamientos, cuyos resultados se evidenciaron al efectuar el análisis financiero.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 El comportamiento de la tasa de crecimiento promedio por mes de la *L. leucocephala* var. Cunningham, en las cuatro localidades evaluadas, fue superior a los 0.20 metros por mes, levemente inferior a lo reportado por otros autores, mostrando un desarrollo lento durante los primeros 120 días posteriores a la siembra y una llamarada de crecimiento durante los siguientes 60 días, influenciado por las condiciones de clima frío, días cortos y nublados del inicio y mejorando con el incremento de horas luz, intensidad y alta temperatura, al final de la etapa de crecimiento.
- 7.2 La densidad final de plantas de *Leucaena leucocephala* por hectárea a los 180 días, fue superior a las 25,000 plantas por hectárea, la cual se considera una alta densidad para un sistema silvopastoril intensivo. Se observó que la especie al inicio de la etapa de crecimiento se autorregula bajo estas densidades, persistiendo finalmente las plantas que en la emergencia inicial presentaron el mayor vigor.
- 7.3 Los rendimientos de materia verde (MV) y materia seca (MS) del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) fueron superiores en las cuatro localidades evaluadas, mostrando diferencia significativa con respecto al sistema típico del productor (STP), lo que se traduce en mayor disponibilidad de alimento de buena calidad por unidad de área, resaltando la importancia de la presente investigación.
- 7.4 Los rendimientos de proteína cruda (PC) y energía digestible (ED), del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) fueron superiores en las cuatro localidades evaluadas, mostrando diferencia significativa con respecto al sistema típico del productor (STP), esto como producto de la mayor disponibilidad y calidad de forraje por unidad de área y del mayor contenido de nutrientes por kilogramo de materia seca.
- 7.5 La producción de leche y la ganancia de peso mostraron un incremento altamente significativo de 0.93 litros por vaca por día y 2.73 kilogramos de peso respectivamente, cuando fueron sometidos al pastoreo en el sistema silvopastoril intensivo (SSPi), superando al sistema típico del productor STP).
- 7.6 La mayor oferta y calidad del forraje del sistema silvopastoril intensivo (SSPi), estimuló el desempeño productivo de los bovinos sometidos a la prueba, generando un incremento en el periodo de ocupación, en la producción de leche por animal por día y en la mejora de la condición corporal de los animales.
- 7.7 Las tasas de retorno a capital (TMRC) en las localidades Agua Caliente, CUNORI, Los Lémus, rindieron entre 33% y 131% para el sistema silvopastoril intensivo y entre 22% y 26% para el sistema típico del productor (STP), siendo sobradamente superior para el primer sistema citado, lo cual fortalece financieramente su implementación.
- 7.8 Los resultados negativos de los dos sistemas en la localidad Los Zopilotes, permiten inferir que fueron factores exógenos los que afectaron los resultados obtenidos en los dos sistemas, lo cual escapa al control de la investigación.
- 7.9 Bajo las condiciones en que fue desarrollada la presente investigación, el sistema silvopastoril intensivo (SSPi), superó en producción, respuesta animal y productividad por unidad de área, al sistema típico del productor (STP), por lo que se confirma la hipótesis alterna.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1** Utilizar densidades de siembra no mayores de cuatro plantas de *Leucaena leucocephala* var. Cunningham, por metro lineal y mantener densidades no mayores de 25,000 plantas por hectárea.
- 8.2** Establecer el SSPi al inicio de la época lluviosa pues es posible que la *Leucaena* resulte susceptible a los días cortos, nublados y de mala calidad de luz solar.
- 8.3** Establecer únicamente dos surcos de *P. maximum* cv. *Tanzania*, entre las hileras de *Leucaena* a un distanciamiento entre posturas de 0.50 metros, para permitir el buen desempeño de la gramínea.
- 8.4** Estimar los rendimientos de materia verde (MV) como materia seca (MS) entre los sistemas (SSPi y STP), con diferentes frecuencias de uso (45, 60, 75 y 90 días), para encontrar la frecuencia donde el rebrote de *Leucaena* sea más persistente y sostenible.
- 8.5** Evaluar el rendimiento en materia verde y materia seca, del SSPi, como banco energético-proteico para corte y acarreo, para ampliar el potencial del sistema silvopastoril intensivo.
- 8.6** Evaluar las variables de respuesta animal en el SSPi, el año completo, tanto en unidades de producción bovinas de doble propósito, como en unidades de bovinos de engorde semi-intensivos.
- 8.7** Reevaluar la tasa marginal de retorno a capital (TMRC), por al menos un año, de manera que permita obtener datos para un contraste de los dos sistemas, donde el sistema silvopastoril ya está establecido.
- 8.8** Promover con los productores locales la implementación de los sistemas silvopastoriles intensivos demostrándoles sus bondades.
- 8.9** En las condiciones que fue establecido el SSPi de la presente investigación, no se recomienda el establecimiento de la especie *C. nlenfuensis*, en tanto no se modifique la densidad original.

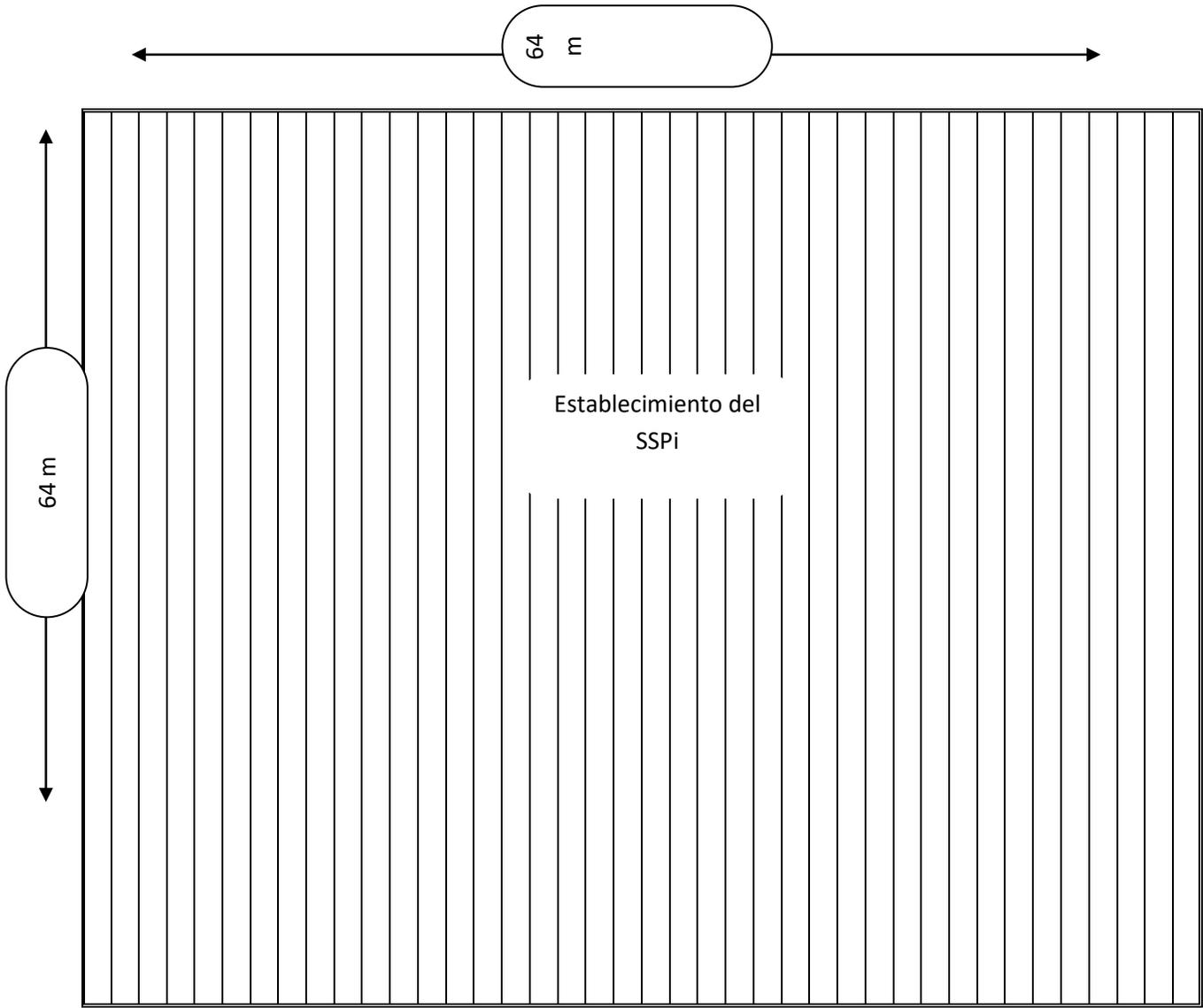
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacab, H. M.; Casanova, F. y Solorio, F. J. (2011). Producción y consumo de forraje en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*: Estudio de caso en el valle de Tepalcatepec. En: III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del Siglo XX. Celebrado del 3 al 5 de marzo de 2011. Publicado por la Fundación Produce Michoacán, A.C., en Morelia Michoacán. México. p. 178-184.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. 591 pág.
- Flores Estrada, MX. s.f. Agenda técnica para el establecimiento y manejo del sistema silvopastoril intensivo. SAGARPA, FUNDACIÓN PRODUCE, Michoacán, México. 43 p.
- Federación Colombiana de Ganaderos; Fondo Estabilización de Precios. Programa de Innovación y Desarrollo Tecnológico Productivo. Disponible en:<http://www.fedegan.org.co/programas/programa-de-innovacion-y-desarrollo-tecnologico-productivo>.
- Gómez BMRC. *Ruiz LF. Lavín CDA. Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 17. Mpio. de Úrsulo Galván, Veracruz, México. Sistema silvopastoril intensivo, alternativa sustentable para ganado bovino de doble propósito en pastoreo. Disponible en:<file:///F:/Sistema%20silvopastoril%20intensivo,%20alternativa%20sustentable%20para%20ganado%20bovino%20de%20doble%20prop%C3%B3sito%20en%20pastoreo%20-%20Engormix.html>.
- Hildebrand, P. y Poe, F; 1984. Ensayos agronómicos en fincas según el enfoque de sistemas agropecuarios 134 p.
- Lozano, T. M. D. et al. 2006. Sistemas Silvopastoriles con uso de Biofertilizantes. Programa Nacional de Recursos Biofísicos C. I. Nataima, Espinal (Tolima), Bogotá, Colombia. 30 pág.
- Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación maga; diagnostico a nivel macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas de acción del maga.http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/macro_micro_corredor_seco.pdf.
- Pasturas de América; Área: Forrajeras; consultada en fecha 7/04/2017. Disponible en <http://www.pasturasdeamerica.com/plantas-forrajeras/cynodon-nlemfuensis/>.
- Pedhazur, EJ, y Schmelkin, LP (1991). Medición, diseño y análisis: un enfoque integrado. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Disponible en [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPaper.aspx?ReferenceID=1587225](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPaper.aspx?ReferenceID=1587225).
- Reyes Castañeda P. Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud. Editorial Trillas, 1981. 344 p.
- Rosales, M. M. 2012. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Fundación CIPAV. Tejares de San Fernando. Cali, Colombia.

- Sánchez, A. Romero, C. Araque, C. y Flores, R. 2005. Producción de materia seca de *Leucaena leucocephala* a diferentes edades de corte y épocas del año bajo un sistema de riego artesanal. *Zootecnia Trop*, 23(1):39-47.
- Solorio, S. F. J. y Solorio S. B. 2008. Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*, Fundación Produce, Michoacán. 44 pág.
- Uribe F., Zuluaga A.F., Valencia L., Murgueitio E., Zapata A., Solarte L., et al. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 78p.
- Villalobos, L.^{1/*}, José Arce^{*}, Rodolfo Wing Ching^{*} Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyú (*Pennisetum clandestino*) y Ríce grass Perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. 2013. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03779424201300020008

10. ANEXOS

10.1 Croquis de parcela bruta por sistema.



N ←

10.2 Bases de datos

Tasa de crecimiento de la Leucaena (m) por mes, en cuatro localidades, en Zacapa y Chiquimula							
Localidades	Meses						
	0	1	2	3	4	5	6
Agua Caliente	0.00	0.08	0.06	0.21	0.10	0.20	0.91
Los Zopilotes	0.00	0.07	0.05	0.08	0.23	0.34	0.70
CUNORI	0.00	0.11	0.14	0.21	0.36	0.40	0.64
Los Lémus	0.00	0.10	0.21	0.27	0.27	0.40	0.85

BASE DE DATOS																													
No.	Producción de materia verde (Tn/Ha.)		Producción de Materia Seca (Tn/Ha)		Proteína cruda (kg/Ha)		Energía digestible (Mcal/Ha)		Periodo de ocupación (PO)/días		Periodo de descanso (PD)/días		Carga animal instantánea/(CAi)/UA		Producción de leche (lts/vaca/día)		Incremento en producción de leche (lts/vaca/día)		Ganancia de Peso/Kg/UA/día		Ganancia de Peso/kg/UA/Ha/periodo		Costo parcial de materia seca (Q/Tn/MS/Ha)		Costo parcial de proteína cruda por hectárea		TMRC (%)		
	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP	SSPi	STP
Agua Caliente P1	19.05	24.50	4.40	5.91	300.42	945.28	10880.00	15597.00	10.00	10.00	65.00	65.00	12.90	13.20	6.33	7.47	0.01	1.13	0.01	1.76	0.14	0.30	490.36	937.71	7.19	5.86	50.00	85.00	
Los Zopilotes P1	5.47	10.75	0.79	2.85	39.93	456.29	1929.00	7866.00	8.00	8.00	67.00	67.00	3.14	3.32	4.50	5.33	0.00	0.83	0.00	3.88	0.00	0.12	1142.86	1403.16	22.54	8.76	-52.00	23.00	
CUNORI P1	67.77	126.90	9.32	27.14	791.91	3762.98	22064.00	69520.00	10.00	13.00	75.00	75.00	27.20	29.39	4.91	5.72	0.01	0.81	0.01	3.66	0.74	1.32	727.34	558.98	8.56	4.03	26.00	168.00	
Los Lémus P1	15.55	32.20	2.90	7.76	230.35	1303.07	7268.00	20567.00	9.00	10.00	72.00	72.00	14.45	14.86	5.88	6.82	0.01	0.94	0.01	2.40	0.15	0.41	754.86	827.22	9.38	4.93	15.00	250.00	
Agua Caliente P2	15.15	17.70	3.90	4.96	266.16	797.92	9639.52	13083.84	9.00	9.00	62.00	62.00	12.90	12.90	6.33	7.50	0.01	1.17	0.01	1.71	0.14	0.29	490.36	937.71	7.19	5.86	50.00	85.00	
Los Zopilotes P2	2.99	8.25	0.56	2.48	28.42	346.50	1395.96	6831.00	5.00	9.00	62.00	62.00	3.30	3.30	4.50	5.33	0.00	0.85	0.00	3.21	0.00	0.36	1142.86	1403.16	22.54	8.76	-52.00	23.00	
CUNORI P2	49.97	116.92	4.00	25.72	652.81	4318.79	9394.36	68164.36	11.00	12.00	72.00	72.00	25.20	29.00	4.91	5.76	0.01	0.77	0.01	2.91	0.72	1.26	727.34	558.98	8.56	4.03	26.00	168.00	
Los Lémus P2	11.65	26.00	2.72	6.93	218.79	936.12	6903.58	17682.21	9.00	10.00	72.00	72.00	14.45	14.86	5.88	6.86	0.01	0.94	0.01	2.27	0.12	0.39	754.86	827.22	9.38	4.93	15.00	250.00	

10.3 Análisis estadístico tasas de crecimiento

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO.IDB2: 10/03/2019 - 3:03:17 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
Agua Caliente	CUNORI	7	-0.04	0.22	0.27	0.17	-0.20	0.12	-0.66	0.5313

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO.IDB2: 10/03/2019 - 3:03:42 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
Agua Caliente	Los Lémus	7	-0.08	0.22	0.30	0.10	-0.17	0.01	-2.09	0.0819

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO.IDB2: 10/03/2019 - 3:04:44 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
Los Lémus	CUNORI	7	0.03	0.30	0.27	0.09	-0.05	0.12	0.97	0.3699

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO.IDB2: 10/03/2019 - 3:02:40 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
Agua Caliente	Los Zopilotes	7	0.01	0.22	0.21	0.13	-0.10	0.13	0.27	0.7976

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO.IDB2: 10/03/2019 - 3:05:09 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
CUNORI	Los Zopilotes	7	0.06	0.27	0.21	0.07	-0.01	0.12	2.12	0.0781

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO.IDB2: 10/03/2019 - 3:04:09 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
Los Lémus	Los Zopilotes	7	0.09	0.30	0.21	0.07	0.02	0.16	3.18	0.0190

Desviación estándar y coeficiente de variación de tasas de crecimiento

C:\Users\Usuario\Desktop\TESIS MERLIN\TASA DE CRECIMIENTO. IDB2: 10/03/2019 - 3:02:05 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
Agua Caliente	7	0.22	0.31	0.10	0.12	140.06	0.00	0.91	0.10
Los Zopilotes	7	0.21	0.25	0.06	0.09	117.22	0.00	0.70	0.08
CUNORI	7	0.27	0.22	0.05	0.08	81.41	0.00	0.64	0.21
Los Lémus	7	0.30	0.27	0.08	0.10	91.53	0.00	0.85	0.27

10.4 Análisis estadístico variables de producción y respuesta animal

Carga animal

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:31:47 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
CAI STP	CAI SSPi	8	-0.91	14.19	15.10	1.37	-2.05	0.23	-1.89	0.1010

Energía digestible

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:31:11 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
ED STP	ED SSPi	8	-18729.62	8684.30	27413.93	21684.55	-36858.36	-600.89	-2.44	0.0446

Ganancia de peso por día

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:35:16 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
GANANPE STP	GANANPE SSPi	8	-2.72	0.01	2.73	0.83	-3.41	-2.03	-9.30	<0.0001

Ganancia de peso en el periodo

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:35:35 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
GANANPERIODO STP	GANANPERIODO SSPi	8	-0.31	0.25	0.56	0.18	-0.45	-0.16	-4.91	0.0017

Materia seca

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:30:20 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
MSSTP	MSSSPi	8	-6.90	3.57	10.47	8.12	-13.68	-0.11	-2.40	0.0474

Materia verde

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:29:42 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
MVSTP	MVSSPi	8	-21.95	23.45	45.40	25.91	-43.61	-0.29	-2.40	0.0477

Periodo de ocupación

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:31:30 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
PO STP	PO SSPi	8	-1.25	8.88	10.13	1.49	-2.49	-0.01	-2.38	0.0492

Leche por día

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:33:53 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	Bilateral
LECHE STP	LECHE SSPi	8	-0.94	5.41	6.35	0.14	-1.06	-0.82	-18.64	<0.0001

Proteína cruda

Nueva tabla: 5/03/2019 - 7:30:40 a. m. - [Versión: 2/08/2016]

Prueba T (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	LI (95%)	LS (95%)	T	Bilateral
PCSTP	PC SSPi	8	-1292.27	316.10	1608.37	1284.27	-2365.94	-218.60	-2.85	0.0248

Desviación estándar y coeficiente de variación producción y respuesta animal

Nueva tabla: 10/03/2019 - 2:30:05 p. m. - [Versión: 2/08/2016]

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var (n-1)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
STP MV	8	23.45	22.99	528.48	8.13	98.03	2.99	67.77	15.35
SSPi MV	8	45.40	47.95	2298.97	16.95	105.61	8.25	126.90	25.25
STP MS	8	3.57	2.73	7.43	0.96	76.27	0.56	9.32	3.40
SSPi MS	8	10.47	10.02	100.48	3.54	95.75	2.48	27.14	6.42
STP PC	8	316.10	272.12	74051.51	96.21	86.09	28.42	791.91	248.26
SSPi PC	8	1608.37	1537.62	2364281.54	543.63	95.60	346.50	4318.79	940.70
STP ED	8	8684.30	6427.45	41312135.50	2272.45	74.01	1395.96	22064.00	8331.18
SSPi ED	8	27413.93	25983.17	675125055.62	9186.44	94.78	6831.00	69520.00	16639.61
STP PO	8	8.88	1.81	3.27	0.64	20.37	5.00	11.00	9.00
SSPi PO	8	10.13	1.64	2.70	0.58	16.22	8.00	13.00	10.00
STP PD	8	68.38	5.04	25.41	1.78	7.37	62.00	75.00	69.50
SSPi PD	8	68.38	5.04	25.41	1.78	7.37	62.00	75.00	69.50
STP Cai	8	14.19	8.74	76.38	3.09	61.58	3.14	27.20	13.68
SSPi Cai	8	15.10	9.88	97.71	3.49	65.45	3.30	29.39	14.03
STP LECHE	8	5.41	0.78	0.61	0.28	14.48	4.50	6.33	5.40
SSPi LECHE	8	6.35	0.92	0.84	0.32	14.44	5.33	7.50	6.29
STP INCREMENTO LECHE	8	0.01	4.6E-03	2.1E-05	1.6E-03	61.72	0.00	0.01	0.01
SSPi INCREMENTO LECHE	8	0.93	0.15	0.02	0.05	15.96	0.77	1.17	0.90
STP GANANCIA DE PESO	8	0.01	4.6E-03	2.1E-05	1.6E-03	61.72	0.00	0.01	0.01
SSPi GANANCIA DE PESO	8	2.73	0.82	0.68	0.29	30.24	1.71	3.88	2.66
STP GANANCIA DE PESO PERIO..	8	0.25	0.30	0.09	0.11	120.07	0.00	0.74	0.14
SSPi GANANCIA DE PESO PERI..	8	0.56	0.46	0.21	0.16	83.03	0.12	1.32	0.38

10.5 Galería Fotográfica



Figura 1. Establecimiento y limpieza de Leucaena en su primera etapa de crecimiento.



Figura 2. Toma de tasa de crecimiento semanal de Tanzania en su fase inicial



Figura 3. Inicio de corte de nivelación para siembra de pasto Tanzania.



Figura 4. Corte de nivelación completo.

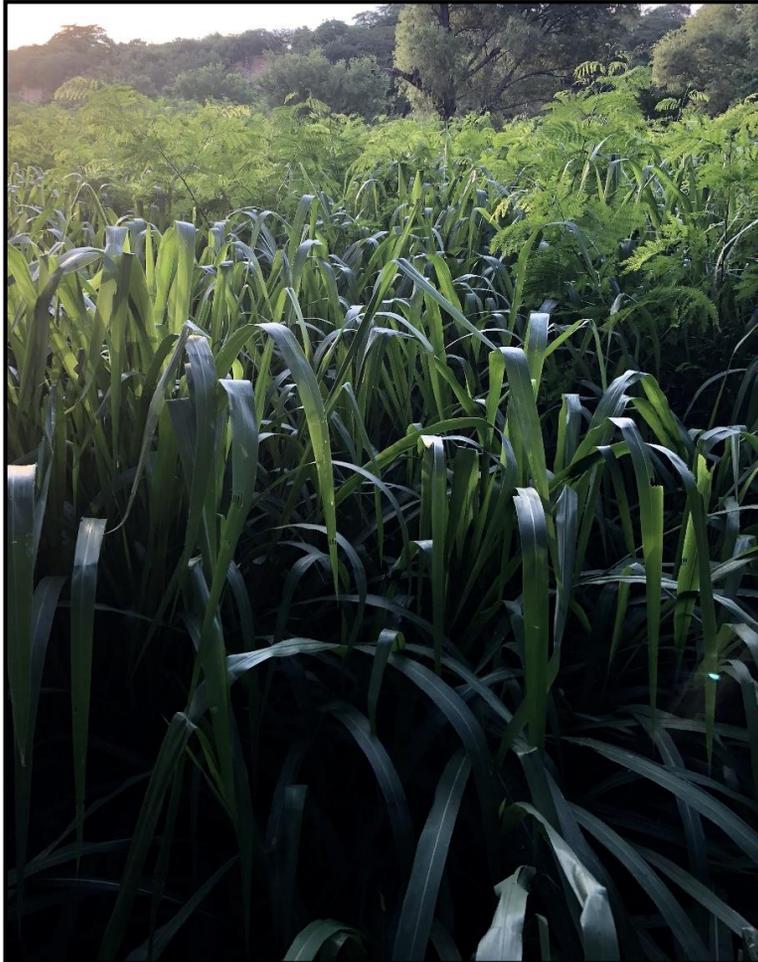


Figura 5. Sistema Silvopastoril intensivo a los 72 días de descanso, previo a primer pastoreo



Figura 6. Pesado de muestras para la toma de disponibilidad del sistema SSPi.



Figura 7. Determinación de tasa de crecimiento final en Leucaena



Figura 8. Inicio del primer pastoreo en el sistema silvopastoril intensivo



Figura 9. Ordeño y medición de la producción en de leche en vaca sometida a pastoreo en el SSPi



Figura 10. Inicio del segundo pastoreo en el sistema típico del productor (STP)