

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base
a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción
animal y lograr la sostenibilidad ambiental**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de
Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico
Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado
de:

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Por

José Antonio Jiménez Trujillo

Turrialba, Costa Rica, 2007

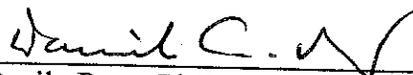
Esta tesis ha sido aceptada en su presente por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES



Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Consejero principal



Danilo Pezo, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

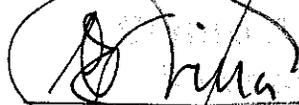
René Pinto Ruiz, Ph.D.

Miembro Comité Consejero



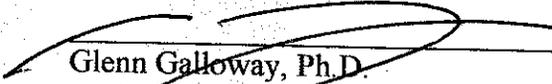
Gesine Hänsel, M. Sc.

Miembro Comité Consejero



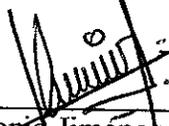
Cristóbal Villanueva, M. Sc.

Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.

**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



José Antonio Jiménez Trujillo

Candidato

DEDICATORIA

A Dios, por crearme, guiarme y protegerme hasta etapa de mi vida “Muchas gracias
Papá Diosito”.

A mis Padres, María Antonieta y Javier, por hacerme un hombre de bien, honesto,
responsable y por darme el apoyo emocional a lo largo de mi vida, muchas gracias Papito y
Mamita.

A mis hermanos, Artemio, Iván y Eleonora (La Nena), por ese apoyo incondicional de
hermanos que han sabido dar, los quiero mucho hermanos.

A mi abuelita Minguita que gracias a sus regaños hizo de mi una buena persona,
gracias abuelita.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor consejero Muhammad Ibrahim por su apoyo y orientación a lo largo de la maestría y en el desarrollo de la investigación, muchas gracias y que Dios lo bendiga.

Al doctor René Pinto por ese apoyo incondicional y su valiosa orientación para el desarrollo de la maestría, que Dios lo bendiga.

A los demás miembros de mi comité asesor; Danilo Pezo, Gesine Hänsel, Cristobal Villanueva, por los consejos, ayudas y sugerencias para el desarrollo y culminación de la tesis.

A Don Nelson Benavides, Doña Irma, Nelson, Mario, Daniel y Gerardo, por ser para mi una familia acá en Costa Rica.

A la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) por haberme apoyado económicamente estos dos años.

A los miembros del coro “Señor de las Naciones”: Henry, Carlos, Álvaro, Rolando, Windson, Abraham, por compartir conmigo la linda experiencia de alabar a nuestro señor Jesucristo, hermanos que DIOS me los bendiga.

A mis amigos Mario, Liliana, Aidé, Osvaldo, Alejandra, Jeymmi, Marcos, Ricardo, Genaro, Israel, Oscar, por haber compartido y aguantado estos dos años en el CATIE.

A mis demás amigos y compañeros de la promoción, que Dios bendiga a su familia y que los siga protegiendo, cuidense.

BIOGRAFÍA

El autor nació en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México el 21 de junio de 1980. Se graduó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas en el año del 2003. Trabajo como veterinario encargado del Zoológico del Parque Ecoturístico del Cañón del Sumidero. También trabajo en la Procesadora de Aves del Sureste, el cual ejerció el cargo como medico TIF en la Procesadora de Aves del Sureste de la Empresa Buenaventura Grupo Pecuario. En el 2006 inicio sus estudios de maestría en Agroforestería Tropical en el CATIE.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	IX
SUMMARY.....	XIII
ÍNDICE DE CUADROS	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos del estudio	4
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.2 Preguntas e Hipótesis del estudio	4
2 MARCO CONCEPTUAL	5
2.1 La ganadería en Centroamérica	5
2.2 La ganadería en Costa Rica	6
2.2.1 <i>Análisis Regional de la población bovina en Costa Rica</i>	6
2.3 Los sistemas silvopastoriles (SSP)	7
2.3.1 <i>Bancos forrajeros</i>	8
2.4 <i>Leucaena leucocephala</i>	10
2.5 <i>Brachiaria brizantha</i>	12
2.6 Consumo voluntario en pastoreo	13
2.7 Ganancia de peso	13
2.8 Desarrollo del rumen	14
2.9 Presupuesto parcial	15
3 BIBLIOGRAFIA	17
4 ARTICULO I.....	22
4.1 INTRODUCCIÓN.....	22
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.2.1 <i>Localización del área de estudio</i>	24
4.3 Diseño metodológico.....	25

4.3.1	<i>Materiales y equipos</i>	25
4.3.2	<i>Diseño experimental</i>	26
4.3.3	<i>Monitoreo de ganancia de peso en terneros con diferentes sistemas de alimentación</i>	26
4.3.4	<i>Manejo de los terneros</i>	27
4.3.5	<i>Manejo de las parcelas</i>	28
4.3.6	<i>Variables de respuesta</i>	29
4.3.6.1	Ganancia de peso	29
4.3.6.2	Estimación de disponibilidad de biomasa de <i>Brachiaria</i> en asocio	29
4.3.6.3	Estimación de la disponibilidad de <i>Brachiaria</i> en monocultivo	30
4.3.6.3.1	Estimación de la biomasa de la <i>Leucaena</i>	31
4.3.6.3.2	Calidad del pasto y de la <i>Leucaena</i>	31
4.3.7	<i>Análisis estadístico de las variables respuesta</i>	31
4.3.8	<i>Análisis financiero</i>	32
4.4	RESULTADOS	36
4.4.1	<i>Ganancia de peso</i>	36
4.4.2	<i>Ganancia diaria de peso</i>	36
4.4.3	<i>Comparación de la ganancia de peso con otros sistemas de alimentación</i>	41
4.4.4	<i>Disponibilidad y calidad de <i>Brachiaria</i> en asocio y en monocultivo</i>	42
4.4.5	<i>Disponibilidad y calidad de la <i>Leucaena</i></i>	46
4.4.6	<i>Análisis financiero</i>	47
4.4.6.1	Análisis de sensibilidad	50
5	DISCUSIÓN	52
6	CONCLUSIONES	58
7	BIBLIOGRAFIA	60
8	ARTÍCULO II.....	65
8.1	INTRODUCCIÓN.....	65
8.2	MATERIAL Y MÉTODOS	68
8.2.1	<i>Localización del área de estudio</i>	68

8.2.2	<i>Materiales y equipos</i>	69
8.2.3	<i>Diseño experimental</i>	70
8.2.4	<i>Análisis estadístico de las variables respuesta</i>	71
8.2.5	<i>Manejo de los terneros</i>	72
8.2.6	<i>Variables respuesta</i>	72
8.2.6.1	Ganancia de peso	72
8.2.6.2	Consumo de Leucaena	73
8.2.6.3	Consumo de leche.....	73
8.2.6.4	Disponibilidad de pasto	73
8.2.6.5	Calidad del pasto Brachiaria y de la Leucaena	74
8.2.7	<i>Análisis financiero</i>	74
8.3	RESULTADOS	75
8.3.1	<i>Ganancia de peso</i>	75
8.3.2	<i>Ganancia diaria de peso</i>	78
8.3.3	<i>Consumo de leche</i>	79
8.3.4	<i>Consumo de Leucaena</i>	80
8.3.5	<i>Calidad de Leucaena</i>	81
8.3.5.1	Contenido de materia seca (MS).....	81
8.3.5.2	Contenido de proteína cruda (PC)	82
8.3.5.3	Digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS).....	82
8.3.5.4	Contenido de Taninos	82
8.3.5.5	Contenido de Mimosina.....	83
8.3.6	<i>Disponibilidad y Calidad de pasto</i>	84
8.3.7	<i>Análisis financiero</i>	85
8.4	DISCUSIÓN.....	87
8.5	CONCLUSIONES.....	96
8.6	BIBLIOGRAFIA.....	98
9	CONCLUSIONES GENERALES.....	102
10	RECOMENDACIONES.....	103

Jiménez-Trujillo, José Antonio. 2007. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base en los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 122 p.

Palabras claves: *Leucaena leucocephala*, *Brachiaria brizantha*, lactancia, terneros, consumo de leche, MS, PC, DIVMS, Taninos, Mimosina, disponibilidad, ganancia de peso por época, ganancia de peso diaria y productividad animal.

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la disponibilidad, la calidad, el efecto de *Leucaena leucocephala* en la ganancia de peso en terneros en lactancia y destetados y la rentabilidad de los sistemas silvopastoriles, se desarrollaron dos experimentos. En el primer experimento se comparó la ganancia de peso de terneros destetados en un sistema silvopastoril (*Brachiaria brizantha* en asocio con *Leucaena leucocephala*) versus terneros en un sistema tradicional (*Brachiaria brizantha* en monocultivo + Pollinaza) se realizó un experimento donde se comparó el efecto de la presencia de *Leucaena* en potreros de *Brachiaria* sobre la ganancia de peso comparado al sistema tradicional. El ensayo se realizó en la finca del señor Nelson Benavides, ubicada en San Juan Chiquito de Esparza, provincia de Puntarenas; localizada a los 09° 58'48,85" de latitud norte y 84° 38' 38,87" de longitud oeste, presenta una temperatura promedio de 27 °C y precipitación que varían entre 1500 a 2000 mm.

Para evaluar la productividad animal se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos y 5 repeticiones. Los dos tratamientos fueron; A) *B. brizantha* en asocio con *L. leucocephala* (*Leucaena*) y B) *B. brizantha* en monocultivo + Pollinaza (*Pollinaza*), y las repeticiones fueron los meses que duro el ensayo (marzo, abril, mayo, junio y julio). Se emplearon 12 terneros destetados de una raza encastada entre Pardo-Brahman con un peso de $193,83 \pm 20,71$ kg de peso vivo, de una edad de un año y medio aproximadamente, con características fenotípicas homogéneas y con un buen estado nutricional. Las variables respuestas evaluadas en el ensayo fueron, en el animal: ganancia de peso diaria, por época y total, en la parte vegetal; las variables fueron la disponibilidad y calidad (MS%. PC%,

DIVMS%, Taninos y Mimosina). Para el análisis económico se realizó un presupuesto parcial y se diseñó un modelo de estos dos sistemas a un periodo de 12 años.

Los resultados del ANDEVA mostraron que no existieron diferencias significativas en lo que respecta a la ganancia de peso por tratamiento entre la época de seca y lluvia ($p=0,2798$ y $p=0,2254$ respectivamente), lo mismo se encontró para la ganancia diaria y total de peso. En lo que respecta a las variables de la Leucaena (Disponibilidad, MS, PC, DIVMS, Taninos y Mimosina), se encontró que si existieron diferencias significativas entre las épocas para la MS y Taninos, pero no existió para PC, DIVMS y Mimosina. Para la parte del pasto *Brachiaria* en asocio y en monocultivo, se encontró que si existió diferencias significativas en cuanto a la disponibilidad, MS, PC y DIVMS entre tratamientos y entre épocas.

En lo que respecta a la parte económico los resultados mostraron que existe una mayor rentabilidad (US\$368,45 y 261,75 respectivamente) en el sistema silvopastoril *B. brizantha* en asocio con Leucaena comparado al sistema tradicional (*B. brizantha* + Pollinaza).

Podemos concluir que los sistemas silvopastoriles, en este caso el uso de *B. brizantha* en asocio con Leucaena para optimizar la ceba de terneros de carne, para sustituir el uso de insumos externos de la finca y llegar a una sostenibilidad ambiental es una opción viable, pues como se pudo observar los terneros Leucaena tuvieron ganancias de peso similares a los que fueron suplementados con Pollinaza. Es posible que los terneros Leucaena hubieran presentando una mejor ganancia de peso siempre y cuando el follaje de esta estuviera menos tierno y así evitar con esto el alto nivel de Mimosina.

Para el segundo experimento se evaluó también el efecto de la suplementación estratégica con *L. leucocephala* pero para este experimento fue sobre la ganancia de peso en terneros en lactancia. Se realizó un experimento donde se comparó el efecto de la suplementación con Leucaena sobre la ganancia de peso comparado a dos grupos de terneros que recibían y que no recibían suplemento (Concentrado y Control). El ensayo se realizó en la finca ROBAGO, propiedad del señor Roberto Badilla Barrantes, ubicada en San Rafael de Esparza, provincia de Puntarenas; localizada a los 10° 09' de latitud norte y 84° 42' de

longitud oeste, presenta una temperatura promedio de 27 °C y precipitación que varían entre 1500 a 2000 mm.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y 5 repeticiones. Los tres tratamientos fueron; A) Leche + *L. leucocephala* + *B. brizantha* (Leucaena), B) Leche + Concentrado al 16% + *B. brizantha* (Concentrado), y C) Leche + *B. brizantha* (Control), y las repeticiones fueron los meses que duro el ensayo (febrero, marzo, abril, mayo y junio). Se emplearon 14 terneros en lactancia de una raza encastada entre Pardo-Brahman con un peso de 50 ±10 kg de peso vivo, una edad de 2 meses, de características fenotípicas homogéneas y con un buen estado nutricional. Las variables respuestas evaluadas en el ensayo fueron, en el animal: ganancia de peso diaria, mensual y total, y consumo de MS de Leucaena, en la parte vegetal; las variables fueron la disponibilidad y calidad del pasto y de la Leucaena solo calidad (MS%, PC%, DIVMS%, Taninos y Mimosina) tanto del material ofrecido como rechazado. Para la parte económica únicamente se evaluó los gastos que se incurrieran en la suplementación y manejo de los terneros de cada tratamiento y después se realizó una resta entre los ingresos por venta de los terneros.

Los resultados del ANDEVA mostraron que existieron diferencias significativas en lo que respecta a la ganancia de peso ($p=0,0326$), siendo los terneros Concentrado (62,93 kg) los que obtuvieron una mejor ganancia de peso comparada al tratamiento Leucaena (47,28 kg) y Control (44,53 kg), en lo que respecta a los meses que duro el ensayo no se encontraron diferencias significativas ($p=0,9210$). En lo que respecta a las variables de la Leucaena (MS, PC, DIVMS, Taninos y Mimosina), se encontró que si existieron diferencias significativas entre el material ofrecido y rechazado, en lo que respecta a las diferencias encontradas en los meses, estas no fueron significativas en la parte de PC, DIVMS, Taninos y Mimosina, pero si fueron significativas en la parte de MS. En la parte económica se encontró que el sistema de alimentación mas rentable fue con el uso de Concentrado, siguiendo el Control y por último el Leucaena.

Con respecto a lo anterior se llega a la conclusión que el uso de Leucaena como suplemento para incrementar la ganancia de peso en terneros en lactancia y así destetar terneros de un peso mayor no es una opción viable, pues como se pudo observar los terneros

que fueron suplementados con Leucaena en vez de aumentar la ganancia de peso tuvieron una pérdida en el peso. Este comportamiento podría a ver sido diferente si el ofrecimiento de la Leucaena hubiera sido a una mayor edad, principalmente para que los animales tuvieran un desarrollo completo del aparato y sistema digestivo.

SUMMARY

Jiménez-Trujillo, JA. Design of sustainable cattle production with base of silvopastoral systems to improve the animal production and to achieve the environmental sustainable. M. Sc. Thesis. Turrialba, CR. CATIE. 122 p.

Keys words: *Leucaena leucocephala*, *Brachiaria brizantha*, nursing, calves, consumption of milk, MS, PC, DIVMS, Tannins, Mimosina, availability, gain of weigh and animal productivity.

With the purpose of evaluating the availability, the quality, the effect of *Leucaena leucocephala* in the gain of the weigh in calves in nursing and weaned and the profitability of the silvopastoral systems, two experiments were developed. In the first experiment the gain of the weigh in calves weaned in a silvopastoral systems (*Brachiaria brizantha* associate with *Leucaena leucocephala*) versus calves weaned in a traditional systems (*Brachiaria brizantha* in monoculture more Pollinaza). Its was carried out an experiment where you compares the effect of the presence of *Leucaena* in herdsman of *Brachiaria* on the gain of weigh compared with the traditional systems. The field experiment was carried out in Mr. Nelson's Benavides property located in San Juan Chiquito de Esparza, country of Puntarenas, located at the 09°58'48,85" of north latitude and 84°38'38,87" of longitude west, it present a temperature average of 27°C and precipitation that vary among 1.500 to 2.000 mm.

To evaluate the animal productivity a design it was used totally at random, with two treatments and 5 repetitions. The two treatments were: A) *Brachiaria brizantha* associate wit *Leucaena leucocephala* (*Leucaena*) and B) *Brachiaria brizantha* in monoculture more Pollinaza (Pollinaza) and the repetitions were the months that the last the field experiment (March, April, May, June and July). 12 weaned calves of race were used among Pardo-Brahman with a weigh of 193,83 ±20,27 kg of weigh live, of an age of one year and half approximately, with the characteristics phenotypes homogeneous and with good nutritional state. The variable answers evaluated in the field experiment were, in the animal; daily gain of weigh, for time and total; in the vegetal part were the availability and quality (MS%, PC%

DIVMS, Tannins and Mimosina). For the economic analysis it was carried out a partial budget and you design a model of these two systems to a 12 year-old period.

The results of the ANDEVA showed that significant differences didn't exist in what concerns to the gain of weigh for treatment among the dry of time and rain ($p=0,2798$ and $p=0,2254$ respectively), the same thing was for daily and total gain of weigh. In a concerns of variables of Leucaena (availability, MS, PC, DIVMS, Tannins and Mimosina) it was found that if significant differences existed among for the time MS and Tannins, but it didn't existed for PC, DIVMS and Mimosina. For the part of the grass *Brachiaria* in associate with Leucaena and monoculture, it was found that if it existed significant differences as for the availability, MC, PC and DIVMS among treatments and among times.

In what concern to the economic part the results showed that a bigger profitability exists (US\$368,45 and 261,75 respectively) in the silvopastoral systems *B. brizantha* in associate with Leucaena compared to the traditional systems (*B. brizantha* + Pollinaza).

We can conclude that silvopastoral systems, in this case the use of *B. brachiaria* in associate with Leucaena to optimize the it feeds of meals calves, to substitute the use of external inputs of the property and to arrive to an environmental sustainable it is a viable option, because as you could observe the calves Leucaena had similar earnings or weigh to those supplementary with Pollinaza. Its possible that the calves Leucaena had presenting a better gain of weigh provided the foliage of this it was less tender and this way to avoid with this the high level of Mimosina.

For the second experiment it was also evaluated the effect of the strategic supplementary with *L. leucocephala* but for this experiment it was on the gain of weigh in calves in nursing. He was carried out an experiment where you compares the effect of the supplementary with Leucaena on the gain of weight compared to two groups of calves that they received and that they didn't receive supplement (Concentrated and Control). The rehearsal was carried out in the property ROBAGO, property of Mr. Roberto Badilla Barrantes, located in San Rafael de Esparza, county of Puntarenas; located at the 10° 09' of

north latitude and 84° 42' of longitude west, it presents a temperature average of 27 °C and precipitation that vary among 1500 to 2000 mm.

A design was used totally at random, with three treatments and 5 repetitions. The three treatments were; To) Milk + *L. leucocephala* + *B. brizantha* (Leucaena), B) Milk + Concentrated to 16% + *B. brizantha* (Concentrated), and C) Milk + *B. brizantha* (Control), and the repetitions were the months that I last the rehearsal (February, March, April, May and June). 14 calves were used in nursing of a race among Brown-Brahmin with a weight of 50 ±10 kg of weight I live, an age of 2 months, of characteristic homogeneous phenotypes and with a good nutritional state. The variable answers evaluated in the rehearsal were, in the animal: daily, monthly and total gain of weight, and consumption of MS of Leucaena, in the vegetable part; the variables were the readiness and quality of the grass and of the Leucaena single quality (MS%, PC%, DIVMS%, Tannins and Mimosina) so much of the material offered as having rejected. For the economic part it was only evaluated the expenses that were incurred in the suplementación and handling of the calves of each treatment and later he/she was carried out a subtraction among the revenues for sale of the calves.

The results of the ANDEVA showed that significant differences existed in what concerns to the gain of weight ($p=0,0326$), being the Concentrated calves (62,93 kg) those that obtained a better gain of weight compared to the treatment Leucaena (47,28 kg) and Control (44,53 kg), in what concerns to the months that I last the rehearsal they were not significant differences ($p=0,9210$). In what concerns to the variables of the Leucaena (MS, PC, DIVMS, Tannins and Mimosina), it was found that if significant differences existed among the offered material and rejected, in what concerns to the differences found in the months, these they were not significant in the part of PC, DIVMS, Tannins and Mimosina, but if they were significant in the part of MS. In the economic part was found that the feeding system but profitable it was with the use of Concentrated, following the Control and lastly the Leucaena.

With regard to the above-mentioned you reaches the conclusion that the use of Leucaena like supplement to increase the gain of weight in calves in nursing and to wean calves of a bigger weight are not this way a viable option, because as you he could observe

the calves that were supplementary with Leucaena instead of increasing the gain of weight they had a lost one in the weight. This behavior would not to be been different if the offer of the Leucaena had been to a bigger age, mainly so that the animals had a complete development of the apparatus and digestive system.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de proteína cruda de la planta de Leucaena	11
Cuadro 2. Crecimiento del estómago de ganado bovino	15
Cuadro 3. Tratamientos utilizados para evaluar la ganancia de peso en terneros.....	26
Cuadro 4. Modelo de rentabilidad financiera del sistema silvopastoril banco forrajero de Leucaena y del sistema Brachiaria asociado con Leucaena versus Brachiaria en monocultivo mas Pollinaza	32
Cuadro 5. Ganancia de peso por época y diaria de los terneros en la finca de Don Nelson.....	37
Cuadro 6. Aporte de proteína cruda por kilogramo de MS de cada sistema de alimentación...	41
Cuadro 7. Ganancia diaria de peso por época y total, carga animal y tipo de alimentación de las fincas en monitoreo.....	42
Cuadro 8. Disponibilidad y calidad del pasto Brachiaria en asocio y en monocultivo	44
Cuadro 9. Disponibilidad y calidad de Leucaena	46
Cuadro 10. Costos de mano de obra e insumos del establecimiento del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo por hectárea.....	47
Cuadro 11. Costos de mano de obra, insumos del establecimiento y manejo de los terneros del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza por hectárea	49
Cuadro 12. Gastos e ingresos para el modelo del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza	49
Cuadro 13. Análisis de sensibilidad sobre el precio de la Pollinaza.....	50
Cuadro 14. Análisis de sensibilidad de costo de Mano de obra	51
Cuadro 15. Tratamientos para evaluar la ganancia de peso de terneros en lactancia.	70
Cuadro 16. Ganancia de peso mensual y total de los terneros en lactancia.....	75
Cuadro 17. Comportamiento de la ganancia de peso mensual, consumo de Leucaena, concentrado y de leche en los terneros	77
Cuadro 18. Ganancia diaria de peso en los terneros	78
Cuadro 19. Ganancia diaria de peso a lo largo del ensayo (kg ternero^{-1}).....	79
Cuadro 20. Comportamiento del consumo de leche en los terneros de los tres tratamientos....	80

Cuadro 21. Contenido de MS en la Leucaena utilizada en la suplementación.....	81
Cuadro 22. Contenido de MS, PC, DIVMS, Taninos y Mimosina de la Leucaena.....	83
Cuadro 23. Disponibilidad y Calidad del pasto Brachiaria	84
Cuadro 23. Egresos, ingresos y utilidad bruta en los sistemas de alimentación por ternero (US\$).....	8

5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la finca de Don Nelson B. en San Juan Chiquito de Esparza, Puntarenas	25
Figura 2. Ganancia de peso por época (kg/ternero/época) de los terneros de la finca de Don Nelson.....	38
Figura 3. Ganancia diaria de peso (kg/ternero/día) por época de los terneros de la finca de Don Nelson.....	38
Figura 4. Incremento de la ganancia de peso (kg/terneros/mes) de los terneros en el tiempo (154 días).....	39
Figura 5. Disponibilidad de pasto Brachiaria y ganancia de peso en los terneros.....	39
Figura 6. Disponibilidad de pasto Brachiaria en monocultivo y consumo de Pollinaza.....	40
Figura 7. Disponibilidad de MS (kg/ha ⁻¹) del pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).....	44
Figura 8. Contenido de MS en el pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).....	45
Figura 9. Contenido de PC en el pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).....	45
Figura 10. Digestibilidad del pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).....	45
Figura 11. Ubicación de la finca de ROBAGO en San Rafael de Esparza, Puntarenas, Costa Rica.....	68
Figura 12. Comportamiento de la ganancia de peso y el consumo de leche en ternero.....	78
Figura 13. Incremento en la ganancia de peso en los terneros.....	79
Figura 14. Comportamiento del consumo de leche en los terneros.....	80
Figura 15. Comportamiento del consumo de Leucaena durante el ensayo.....	81
Figura 16. Disponibilidad y Calidad del pasto Brachiaria de los potreros.....	84

1 INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, la presión del hombre sobre la tierra utilizada en actividades agropecuarias ha venido aumentando progresivamente en los últimos años. El crecimiento de las poblaciones, las dificultades económicas, el endeudamiento internacional y un decrecimiento en la productividad per cápita de los alimentos, ha contribuido a una mayor demanda por las tierras agrícolas, ocasionando un aumento en la deforestación de bosques, produciendo problemas de erosión en los suelos, deterioro de las cuencas y de las fuentes de agua. Durante muchas décadas la actividad ganadera en el trópico de América Latina ha sido asociada a una de las principales actividades que han ocasionado la degradación ambiental y a la pérdida de la biodiversidad, por medio del establecimiento de gramíneas en monocultivo para la cría de bovinos de forma extensiva, con baja productividad (Camero 1996, Abarca 1997). Se cree que el crecimiento de las explotaciones ganaderas ha sido ocasionado por un aumento en la demanda de proteínas de origen animal, ocasionando así una destrucción de los bosques tropicales en Latinoamérica, con un daño irreversible para los ecosistemas en la región (FAO 2005).

Asimismo, el impacto ocasionado por la deforestación de áreas de bosques a nivel local son diversos, entre los más importantes están los siguientes; erosión del suelo, deterioro de las cuencas y fuentes de agua, a nivel global encontramos el impacto que tiene sobre la producción o almacenamiento de los gases de efecto invernadero (Abarca 1997). Montenegro y Abarca (2002), mencionan que la emisión de estos gases incrementan anualmente en un porcentaje de 0,5 de bióxido de carbono (CO_2); 0,6 de metano (CH_4) y 0,35% de óxido nitroso (N_2O) y que esto se debe principalmente por el cambio en el uso de suelo.

La producción de carne de res constituye la actividad ganadera más importante en las regiones de América Latina -con excepciones donde también se presenta la producción de leche- (Camero 1996, Ibrahim 2001). En Costa Rica, la producción de carne bovina, ha sido tradicionalmente de tipo extensivo. Se caracteriza por presentar baja productividad, uso inadecuado de la tierra y poca sostenibilidad y rentabilidad, aspectos unidos a los altos

intereses bancarios han provocado, en los últimos años, una considerable reducción del hato nacional (Tobías *et al.* 2001). Es por esto que se busca el desarrollo de explotaciones agrícolas que promuevan la mejora de los pastos, el cultivo de plantas forrajeras y la plantación de árboles, ofreciendo mayores beneficios socioeconómicos y oportunidades para la conservación de la biodiversidad, al tiempo que el medio ambiente local y global se beneficia a través de la creación de reservas estables de carbono (FAO 2005).

Se han propuesto los sistemas agroforestales, dentro de los cuales los silvopastoriles han demostrado la importancia de la integración del componente arbóreo en las pasturas como elemento mejorador de las condiciones productivas de las áreas dedicadas a la actividad ganadera. Especialmente, estos sistemas han patentizado los beneficios económicos aportados a la actividad pecuaria con el uso de árboles y arbustos forrajeros como complementos a la alimentación básica del ganado tanto de carne como de leche en el trópico (Camero 1996, Pezo e Ibrahim 1999, Montagnini 1992). Son diversas las razones por las cuales los sistemas silvopastoriles han sido demostrados como una alternativa para los sistemas ganaderos tradicionales y para la sostenibilidad ambiental. Abarca (1997) y Mahecha (2002), mencionan que al tener un sistema silvopastoril los beneficios obtenidos son a nivel de reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, profundidad y distribución de raíces, acción de micro y macro fauna y control de erosión.

Esta investigación abarca uno de los problemas más comunes en los sistemas de producción ganadera de carne, el cual es la baja calidad y disponibilidad de los alimentos utilizados para la alimentación de los animales, principalmente en la época de seca, donde los pastos bajan su productividad (biomasa y calidad), ocasionando una baja productividad de estos sistemas. La baja productividad y calidad de los pastos en época seca, ha ocasionado que año tras año se incrementen las áreas dedicadas para la producción animal extensiva, trayendo consigo un incremento en la deforestación de grandes superficies de bosques para establecer nuevos potreros, ocasionando no solamente un daño a la diversidad de especies presentes en los bosques, sino también ocasionando un impacto a nivel global por la emisión de gases al realizar el cambio de uso de suelo. Por lo tanto, la presente investigación pretende diseñar un sistema de alimentación con base en los sistemas

silvopastoriles (Brachiaria en asocio con Leucaena) donde se pretende obtener una mejor productividad animal que lo reportado en los sistemas tradicionales (Brachiaria en monocultivo + Pollinaza) y también poder crear un sistema de alimentación bajo un contexto de sostenibilidad, económica, social y ambiental.

1.1 *Objetivos del estudio*

1.1.1 *Objetivo General*

Comparar los sistemas de alimentación, índices de productividad y rentabilidad en los sistemas de producción animal tradicional (ST) *versus* sistema silvopastoril (SSP) en fincas con ganadería de carne.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar la dinámica de disponibilidad de biomasa y calidad del pasto *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*) en monocultivo, *Brachiaria* en asocio y de la *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) en las diferentes épocas del año
- Determinar la producción ($\text{kg ternero}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y productividad ($\text{kg ternero}^{-1} \text{ período}^{-1}$) de los terneros en los ST y SSP
- Evaluar la rentabilidad de los ST y SSP, mediante la determinación de costos de establecimiento y mantenimiento de cada sistema

1.2 *Preguntas e Hipótesis del estudio*

Preguntas

- ¿Hay diferencia en el índice de productividad de acuerdo al sistema de alimentación?
- ¿Los costos de producción son diferentes en los sistemas de producción?

Hipótesis

- ¿Existe una mayor disponibilidad y calidad de forraje (*Leucaena* y *Brachiaria*) ofrecido para el animal en un sistema silvopastoril comparada con los sistemas de pastura en monocultivo en diferentes épocas de año?
- La producción ($\text{kg ternero}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y la productividad ($\text{kg/terneros}^{-1}/ \text{período}^{-1}$) animal es mayor en el SSP (*Brachiaria* en asocio con *Leucaena*,) que en un ST (*Brachiaria* en monocultivo + *Pollinaza*).
- El SSP (*Brachiaria* en asocio con *Leucaena*) es más rentable que el ST (*Brachiaria* en monocultivo más *Pollinaza*).

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 *La ganadería en Centroamérica*

La ganadería en Centroamérica atraviesa por un proceso de transformación, como en todas partes del mundo. Este es alimentado por la demanda por carne y leche, lo cual pone gran presión en los limitados recursos naturales (Steinfeld 2000). Este mismo autor menciona que los factores predominantes que han intervenido para un aumento en la producción de ganado de carne y leche son; los cambios en la demanda, cambios en las políticas, el comercio internacional, los cambios en las especies y en sus funciones, los desplazamientos geográficos, los cambios estructurales y los cambios tecnológicos. Otros factores que intervienen en la cantidad y el tipo de productos animales consumidos son el crecimiento de la población y el aumento de sus ingresos, los productos animales tienen una alta elasticidad de ingreso en los países en desarrollo, de modo que el ingreso gastado en ellos aumenta más que proporcionalmente.

Cerca del 38% (94 millones de hectáreas) del área total de Centroamérica está constituida por tierras de pastoreo. El uso de la tierra para sistemas de pastoreo intensivo se incrementó durante las últimas décadas, y esto ocurrió principalmente en lo que fueron tierras de bosque. En algunos países como Costa Rica, Nicaragua y El Salvador se produjo una reducción dramática en el área boscosa. Este es uno de los aspectos más preocupantes, ya que la producción de ganado se ha dado con aumentos muy modestos en productividad y bajo un sistema extensivo (Steinfeld 2000).

La producción bovina en las zonas tropicales es de trascendental importancia, ya que existe una fuerte tradición para su explotación que dispone de áreas con grandes recursos forrajeros, que pueden hacer que la ganadería sea un negocio altamente rentable. Sin embargo, el conocimiento tecnológico alrededor de la producción tropical es sumamente escasa, debido a que los procesos de investigación han sido poco persistentes, sin visión de largo plazo y orientados a resolver los problemas de los países desarrollados como generadores de tecnología mundial (Castro 2002). Hay grandes lagunas en el conocimiento de los factores que limitan al trópico, empezando con las relaciones agua-suelo-clima-

planta-animal, hasta otros más específicos como podrían ser el balance de nutrientes, la parasitosis, limitaciones genéticas y reproductivas, entre otras (Castro 2002, Bernal 2003).

2.2 La ganadería en Costa Rica

La producción bovina en Costa Rica, al igual que en la mayoría de los países tropicales, está basada en el pastoreo como principal recurso alimentario. En 1988 la extensión forrajera del país abarcaba 2,4 millones de hectáreas (48% del territorio nacional), que representaban tres veces la superficie dedicada a otros cultivos agrícolas. Usando imágenes de satélite se calculó que en 1992 el área en pastos era de 1,65 millones de ha. Los datos obtenidos del Censo 2000 definen un área de pastos cercana a los 1,35 millones de hectáreas, lo cual confirma un descenso constante en la superficie dedicada a la producción ganadera de Costa Rica (CORFOGA 2000).

Los sistemas de producción bovina encontrados en Costa Rica son carne, leche y doble propósito: los de carne, definidos como toda explotación ganadera dedicada a la producción y venta de carne, caracterizado por la presencia de animales de tipo cebuino y con alguna de las siguientes actividades o combinaciones de actividades (subsistemas); cría, desarrollo y engorde. El sistema de producción de leche tiende a eliminar los terneros machos a los pocos días de nacidos, con ordeño usualmente dos veces al día sin la presencia del ternero. Por lo general se usan razas lecheras especializadas (Holstein y Jersey) y sus cruces. El énfasis del sistema es, tal como su nombre lo indica, el de producir leche. El sistema de doble propósito combina los dos descritos anteriormente. Se usan animales cruzados (razas lecheras grandes con animales de tipo cebuino) y el ordeño se realiza una vez al día con la presencia del ternero. Los terneros machos se mantienen en la finca durante todo el periodo de ordeño (CORFOGA 2000).

2.2.1 Análisis Regional de la población bovina en Costa Rica

Según CORFOGA (2000), la región de mayor importancia ganadera es la Región de Huetar Norte, esta posee la mayor población bovina, debido a su alto aporte en producción de leche, esta zona es la que provee los terneros a los sistemas de desarrollo y engorde. La

Región de Chorotega es la zona productora de carne por excelencia, esta presenta la mayor superficie cubierta de pastos, aunque por presentarse sequías estacionales su producción forrajera es moderada, disminuyendo así la concentración de animales por unidad de superficie, también se observa una creciente actividad de doble propósito y de lechería. La Región Brunca es una zona de pequeños productores dedicados a la ganadería de carne, principalmente a la cría. Esto se desprende de la alta concentración de vacas asociadas a una actividad lechera muy baja. Debido a la mezcla del sistema de producción, a los tamaños de las fincas y al tipo de suelos esta zona es una de las más pobres, aunque se menciona que debido a la buena organización de sus productores y a su vocación esta es una región que se considera con gran potencia ganadera.

La Región Huetar Atlántica es la región no lechera que presenta los mejores índices productivos, tiene una alta carga animal, producto de la combinación de factores climáticos y buenas condiciones de suelo. La Región Pacífico Central, es la zona con población ganadera más baja y un número reducido de fincas de mayor extensión que en el resto del país. Su tipo de producción es de carne bajo un sistema de pastoreo extensivo. La Región Central que es la región con mayor concentración de ganado lechero especializado, esto hace que se presenten cargas animales más elevadas. Esta es una zona donde está concentrado el desarrollo urbano, haciendo que el precio por las tierras sea elevado, siendo este un factor importante para la intensificación de las fincas.

2.3 Los sistemas silvopastoriles (SSP)

Los sistemas silvopastoriles son un tipo de agroforestería, en el cual los árboles o arbustos son combinados con ganado y producción de pastura en la misma unidad de tierra. Dentro de esta amplia categoría, varios tipos de sistemas y prácticas se pueden identificar dependiendo del papel del componente árbol/arbusto (Montagnini 1992, Cipagauta y Andrade 1997; Nair 1997, Ibrahim *et al.* 1998; Sánchez 1999).

De acuerdo a la combinación, a su arreglo, y al manejo de las leñosas perennes con pasturas y animales y dependiendo de las necesidades de los productores, los sistemas silvopastoriles se presentan en formas muy diversas. Entre las opciones de sistemas

silvopastoriles que se pueden encontrar en fincas ganaderas son: cercas vivas, bancos forrajeros de leñosas perennes, leñosas perennes en callejones “Alley farming”, árboles y arbustos dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, leñosas perennes sembradas como barreras vivas y cortinas rompevientos (Pezo e Ibrahim 1999, Cipagauta y Andrade 1997). Siendo el banco forrajero el más importante para este trabajo.

2.3.1 *Bancos forrajeros*

Es una parte de la finca donde se siembran parcelas compactas de árboles, arbustos o pasto de corte, con el propósito de producir alimento de buena calidad nutritiva para los animales y disminuir el consumo de suplementos alimenticios como la pollinaza, melaza y semolina de arroz (Botero y Russo 1999, Zapata y Sosa 1999, CATIE 2000, Holguín e Ibrahim 2005). En los bancos forrajeros se pueden plantar: árboles o arbustos, sólo pastos o hacer una mezcla de ambos. Existen tres tipos de bancos forrajeros: 1) bancos de proteína; se siembran especies de árboles o arbustos que tienen al menos un 14% de proteína y que sean palatables, 2) bancos energéticos; se siembran solo especies gramíneas que tienen alto contenido de carbohidratos y 3) bancos energético-proteicos; se siembran especies que tengan ambas propiedades (alta proteína y carbohidratos) o se siembran ambas especies (gramíneas y leguminosas).

Se recomienda que las especies para establecer en un banco forrajero sea una leñosa perenne (árbol o arbusto forrajero) que tenga ciertas características para poder ser una buena especie para la utilización como forraje para los animales. Ibrahim *et al.* (1998), Zapata y Sosa (1999), y CATIE (2000) mencionan que las especies deben tener una buena capacidad de rebrote después del pastoreo o corte, que tengan alto potencial para producir hojas, que sean persistentes cuando sean sometidas al pastoreo o corte, que presenten una calidad nutritiva aceptable, que tengan una excelente aceptación por parte de los animales y baja o ausencia de metabolitos secundarios (p.e. taninos, alcaloides). Botero y Ruso (1999), también recomiendan establecer árboles o arbustos que fijen nitrógeno (AFN), para que el nitrógeno que ellos fijan puede ser aprovechado por otras especies que se encuentren asociadas en el mismo banco o simplemente para mejorar la calidad del suelo.

Son diversos los estudios realizados donde se reportan beneficios obtenidos en la producción animal cuando se utilizan árboles o arbustos forrajeros ya sea como base en su dieta o como un suplemento. Vargas *et al.* (1994), reporta que en un sistema de pastoreo de pasto Estrella con una suplementación de tres niveles de poró (*Erythrina cocleada*) 0,3, 0,5, 0,7%, y un suplemento de 0,5% de poró mas 20% de banano verde, se obtuvieron ganancias de peso de 0,38 kg/d, 0,50 kg/d, 0,52 kg/d y 0,57 kg/d, todos mayores a la ganancia de peso obtenida en animales solo en pastoreo (0,39 kg/d), menciona que con solo el suplemento de poró tiene un efecto significativo en la ganancia diaria de peso. Ibrahim *et al.* (1998), reporta que en un banco de proteína de *E. berteroana* de casi 6,0 t/ha/año, alcanzaría para aportar durante un año, el 30% de los requerimientos de proteína de 46 vacas de 400 kg de peso que produzcan 8 kg de leche/día.

El uso del follaje de árboles y arbustos en la alimentación de rumiantes es una práctica conocida por los productores de América Central desde hace siglos y cuyo conocimiento empírico, sobre las propiedades forrajeras de diferentes especies, es de un gran valor para la ciencia (Benavides 1994). Las características nutricionales y de producción de biomasa de muchas especies leñosas pueden permitir su integración ventajosa en los sistemas de producción animal. En la ganadería estas especies, pueden contribuir a mejorar la calidad de la dieta de los animales y a satisfacer la demanda de alimento en la época seca. Por otro lado, gracias a un sistema radicular más desarrollado que el de las forrajeras de piso, estas plantas podrían constituir un medio para promover el movimiento de nutrientes desde las capas inferiores del suelo a las capas superiores y así disminuir la pérdida de suelo por erosión en terrenos con pendientes pronunciadas (Araya *et al.* 1994).

Los árboles y arbustos forrajeros además de proveer múltiples productos, cumplen una función muy importante en la protección del suelo, con su estructura (tallo y hojas) disminuyen el efecto directo del sol, la lluvia y el viento; con sus raíces profundas y extendidas reducen la escorrentía superficial del agua de lluvia, permiten una mayor absorción del agua y de los nutrientes debido a la mayor área explorada, también contrarrestan los procesos de compactación debido a la labranza o pastoreo continuó. La

implementación de técnicas agroforestales en este caso los sistemas silvopastoriles, basadas en el uso de árboles forrajeros, pueden brindar a muchos productores, ganaderos, la oportunidad de mantener sus actividades pecuarias e introducir un elemento reforestador, al estimular la siembra de árboles y arbustos forrajeros en zonas degradadas. Con el uso de leguminosas en asociación con gramíneas, el sistema de producción ganadera llega a ser eficiente, rentable y sostenible. Es una tecnología de bajo costo que beneficia sobre todo a aquellos productores de baja capacidad de inversión y que no fertilizan (Araya *et al.* 1994, Cardona y Suárez 1996).

2.4 *Leucaena leucocephala*

La *Leucaena leucocephala* es una especie de porte arbustivo, originaria de la América Tropical desde el sur de México (Península de Yucatán) hasta Nicaragua, las civilizaciones Maya y Zapoteca se encargaron de propagar algunas de sus variedades por toda la región, para ser utilizadas como fuente de nitrógeno para el maíz, su principal alimento (Cardona y Suárez 1996). Perteneció a la familia Leguminosae, subfamilia; Mimosoidea. En términos generales la leucaena es un árbol perenne que presenta una copa ligeramente abierta y rala, con muchas ramas finas cuando crece aislado. Se reportan alturas diferentes (de 5 hasta 20 m), dependiendo a la variedad. El diámetro puede alcanzar hasta 20 cm; el fuste normalmente es torcido y se bifurca a diferentes alturas (CATIE 1991).

Se adapta a una serie de sitios con condiciones de clima y suelo bastantes variables. Estas condiciones de adaptación varían un poco de acuerdo a la especie. Se reporta que se adapta muy bien a las tierras bajas casi desde el nivel del mar hasta los 600 u 800 msnm, con respecto a la precipitación, sin embargo CATIE (1991) y Cardona y Suárez (1996) mencionan que puede llegar a crecer en sitios secos con 600 mm hasta húmedos con 3.000 mm de precipitación anual, crece bien en suelos de mediana a alta fertilidad, con buen drenaje, con un pH de 5 a 8, de moderadamente ácidos a alcalinos, bajo en calcio. La temperatura donde se comporta bien está entre los 20 y 30° C. El ritmo de crecimiento es óptimo bajo iluminación total; la sombra incrementa la altura, pero reduce el crecimiento de la raíz y el rendimiento de forraje. Es una especie que por su facilidad de manejo y

diversidad de productos, puede ser cultivada bajo distintos sistemas, según los objetivos de la plantación (Cardona y Suárez 1996, Faría-Mármol y Morillo 1997).

La Leucaena es una especie que debido a diversas atribuciones como a su alto contenido de nutrientes de excelente calidad (ver Cuadro 1), alta producción de forraje, amplio rango de adaptación de tipos de suelos, excelente resistencia a época de seca y rápida capacidad de rebrote después del corte o pastoreo, ha sido utilizada para alimentación de bovinos en diversas situaciones (Faría-Mármol y Morillo 1997, Castillo *et al.* 2000).

Cáceres y Santana (1990), Zarragoitia *et al.* (1990), Cáceres y González (1998), Espinoza *et al.* (1998), reportan que el porcentaje de Proteína cruda (PC) en la Leucaena oscila entre 16,3 y 26,6% y que la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) es de 56,3 a 63,4%, para la materia seca (MS) el rango esta entre 57,1 a 68,2 %. Como se puede observar estos valores son más altos que los encontrados en las gramíneas utilizadas comúnmente y también mayores a algunos concentrados comerciales, lo cual nos permite obtener resultados alentadores en la producción de carne y producción de leche.

Cuadro 1. Porcentaje de proteína cruda de la planta de Leucaena

Componente	Proteína %
Planta entera	23,14
Hojas	27,34
Tallos finos	11,95
Tallos gruesos	9,06
Inflorescencias	32,38

Tomado de Petit (1994)

Castillo *et al.* (2000), encontraron que en bovinos de la raza $\frac{3}{4}$ Cebú bajo un sistema de pastoreo al 30 y 100% de leucaena en asocio con pasto natural en un periodo de 385 días, la ganancia diaria de peso fue mayor que en el sistema de pastoreo en monocultivo, reportan ganancias de 0,55, 0,55 y 0,41 kg/d para los respectivos tratamientos.

Cardona y Suárez (1996), reportan que en animales de la raza Cebú bajo un SSP (*B. decumbens* + *L. leucocephala*) comparado con otros dos tratamientos; 1) Estrella, Pangola grama Micay + 92 kg N/ha y 2) *B. decumbens*, encontraron que hubo una mayor ganancia diaria de peso para los animales alimentados bajo el SSP (0,75 kg/d), que para otros dos sistemas de alimentación (0,64 y 0,65 kg/d).

Clavero (1998), menciona que la Leucaena es altamente aceptada por el ganado bovino; por su alto contenido proteico, principalmente por la proteína sobrepasante que posee, la cual al escapar de la fermentación ruminal es digerida en el intestino, además que mejora el consumo voluntario, la eficiencia de utilización de la energía y los nutrimentos de la gramínea, lo cual ocasiona que se encuentren resultados positivos en la ganancia de peso y carga animal cuando se combina con otros forrajes de menor calidad. Este mismo autor menciona que tiene sentido general, utilizar la Leucaena en SSP para la ceba de ganado, no solo mostrando ventajas en el animal, sino también facilita la transferencia del nitrógeno a la gramínea acompañante y su persistencia en pastoreo permite una utilización más eficiente del forraje productivo.

2.5 *Brachiaria brizantha*

El genero *Brachiaria* es uno de los más ampliamente distribuidos en los trópicos y que cuenta con cerca de 100 especies. Las especies mas importantes son la *B. radicans*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. ruziziensis* y *B. plantaginea*. Siendo para este trabajo la especie *brizantha* la más importante (Skerman y Riveros 1992).

La *brizantha* es conocida como pasto alambre en América Latina o Marandú para la variedad Diamantes 1, es una perenne que alcanza una altura hasta los 120 cm, con gruesas cañas erectas y limbos foliares ampliamente lanceolados. Es una especie que crece bien desde el nivel del mar hasta los 3.000 msnm, requiere precipitaciones mayores a los 500 mm anuales, soporta la sequía, pero no es tolerante a las inundaciones. Esta especie soporta alta carga animal en los pastoreos, tiene una capacidad de rebrote muy rápida, tiene alta palatabilidad y su relación de hoja: tallo es buena. Forma asociaciones con leguminosas muy estables y persistentes, especialmente con el maní forrajero (*Arachis pintoi*), dando

una pastura más palatable y de mayor valor nutricional, además de ser resistente a la “Baba de culebra” (Skerman y Riveros 1992).

2.6 Consumo voluntario en pastoreo

El consumo en condiciones de pastoreo puede estar limitado por una serie de factores asociados a las características del pastizal y el clima, que no están presentes en animales alimentados en corrales. Entre las primeras están la cantidad de pasto por hectárea, la carga animal, la forma de la planta y su altura, y entre los factores climáticos la temperatura, asociada a la humedad relativa, es el más importante. La oferta de pasto por animal o por hectárea usualmente restringe el consumo en la época seca y la respuesta productiva disminuye. En un pasto bien manejado difícilmente se consigue una utilización mayor al 50% en pastoreo, por lo cual para que no haya limitaciones de oferta, esta debe ser más de dos veces lo que el animal pueda consumir. La carga animal es un factor controlado por el hombre y si hay problemas de oferta lo ideal es bajar la carga aumentando el área en pastoreo (Combellas 1998).

El uso de razas como las *Bos indicus* o el cruce de esta con la *Bos taurus* hace que se tengan razas más tolerantes a las condiciones imperantes en nuestro ambiente y alteran su comportamiento durante el pastoreo para disminuir las incidencias del clima. Los periodos principales de pastoreo son el amanecer y durante el atardecer, durante los animales deben permanecer en los potreros. Cuando la temperatura y la humedad son altas, el animal pastorea poco durante el día y aumenta el pastoreo en la noche. Si los animales permanecen en los potreros durante el día, es necesaria la presencia de árboles de sombra en los potreros para disminuir la radiación solar y favorecer el bienestar del animal (Combellas 1998).

2.7 Ganancia de peso

La ganancia de peso, la producción de leche y la eficiencia reproductiva son afectadas por muchos factores, tales como el genotipo del animal, las condiciones climáticas, enfermedades, la alimentación, etc. En nuestros sistemas de producción, el factor alimentación es de singular importancia debido a las características de los alimentos más

utilizados en la dieta, los pastos y a la manera de ofrecerlos, directamente en los potreros. La respuesta productiva del animal depende de la ingestión de nutrientes (proteína, energía, calcio, fósforo, etc.) y esta a su vez es función del consumo total de alimento y de la concentración de cada nutriente y la situación se hace mucho más difícil cuando los requerimientos de los animales son muy altos y se hacen inalcanzables ante una baja oferta forrajera (Combellas 1998, Obispo *et al.* 2001).

El proceso productivo con rumiantes es altamente dependiente del consumo voluntario del forraje y su digestibilidad, y aún existiendo disponibilidad de éste, el consumo puede estar limitado por su calidad (bajo contenido de proteína y alto contenido de componentes estructurales), no alcanzándose los objetivos de producción, al no satisfacerse las demandas nutricionales del animal. La situación se hace mucho más difícil cuando los requerimientos animales son muy altos y se hacen inalcanzables ante una baja oferta forrajera (Obispo *et al.* 2001 y Bernal 2003).

2.8 *Desarrollo del rumen*

La palabra rumiantes procede de la palabra latina, *ruminare*, que significa volver a masticar. Los rumiantes son mamíferos que cuenta con un estómago de 4 compartimentos, los cuales son retículo, rumen, omaso y abomaso, los cuales derivan del equivalente embrionario de un estómago simple. Los compartimentos del preestómago (retículo, rumen y omaso) actúan como almacén y retrasan el avance del alimento ingerido, constituyen las zonas en que tiene lugar la fermentación microbiana anaeróbica de las materias vegetales así como la absorción, principalmente, de los productos de la fermentación, siendo el abomaso el estómago verdadero y el mayor compartimento gástrico durante el período de lactación (Church 1993).

Church (1993), menciona que el estómago de los rumiantes tiene su origen en su ensanchamiento del intestino primitivo (estómago primordial) y que el desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes comienza en las primeras etapas del crecimiento embrionario y prosigue su formación, crecimiento y desarrollo funcional hasta que el animal es adulto. También menciona que los órganos digestivos individuales mantienen

distintas velocidades en su desarrollo unos con respecto a otros y con el crecimiento corporal total durante el desarrollo fetal y post-natal (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Crecimiento del estómago de ganado bovino

Semanas	Peso corporal (kg)	Retículo-rumen %	Omaso %	Abomaso %
Nacimiento	23,9	35	14	51
2	25,8	40	15	45
4	32,6	55	11	34
8	42,9	65	14	21
12	59,7	66	15	19
17	76,3	68	18	14
Adulto	325,4	62	24	14

Modificado de Church (1993)

Ørskov (1990) señala que por regla general, los alimentos sólidos, incluso cuando se trata de productos de buena calidad, no son ingeridos en cantidad apreciables antes de que los terneros, los corderos o los cabritos alcancen aproximadamente las dos semanas de edad, aunque Church (1993), comenta que los rumiantes nacidos y criados en medio ambiental y que tienen acceso a productos vegetales promueven el desarrollo más rápido del preestómago tanto en tamaño como en funcionamiento. Transcurrido el citado tiempo, los animales jóvenes ingieren cantidades cada vez mayores de otros alimentos; no obstante, la cantidad de alimentos sólidos que comen, suponiendo, como es natural, que estén a su alcance, dependerá de la cantidad de leche líquida que ingiera.

2.9 *Presupuesto parcial*

El presupuesto parcial es una herramienta de la economía que es utilizada para realizar análisis de rentabilidad en proyectos donde se quieren ejecutar pequeños cambios en los sistemas de producción u organización existente. Es una forma de análisis marginal diseñada para mostrar, no las utilidades o pérdidas de la finca en conjunto, sino más bien el incremento o decremento del ingreso neto de la finca como consecuencia de los cambios propuestos (Brown 1981).

Reyes (2001), menciona que los presupuestos parciales son usados únicamente cuando se quieren realizar cambios pequeños en la organización existente, normalmente estos cambios afectan o intervienen en los costos variables, los demás costos conocidos como fijos no se ven afectados al realizar estos cambios. Brown (1981), recomienda que antes de realizar un presupuesto parcial de finca, hay que evaluar si los cambios o los nuevos rubros de producción en el sistema son viables. La viabilidad técnica es una condición esencial previa al presupuesto parcial de la finca, nos indica que no sirve de nada el verificar la viabilidad económica del cambio o rubro de producción si esto no se puede llevar a la práctica o cuyos supuestos técnicos no son válidos. Decir que un cambio o un nuevo rubro de producción es viable técnicamente significa afirmar que el suelo, el clima y todos los demás factores físicos y biológicos son propicios para la ejecución del cambio o del nuevo rubro de producción.

Es muy importante conocer cuales son las actividades nuevas que se van a implementar con el nuevo sistema, para así conocer realmente cuales van a ser los nuevos costos variables y junto con los costos fijos nos servirán para determinar los indicadores de ingresos de la finca (Brown 1981, Reyes 2001). Los indicadores son una herramienta que nos sirve para determinar si nuestra finca realmente esta siendo o no rentable¹. Es importante ver los indicadores para ver la rentabilidad, pero también es muy importante tomar en cuenta el contexto donde se encuentra la finca. Los indicadores estimados fueron la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN).

¹ Gobbi, J. 2006. Apuntes de clases: Análisis socioeconómicos de sistemas agroforestales. Escuela de posgrado, CATIE. Turrialba, CR.

3 BIBLIOGRAFIA

- Abarca, S. 1997. Ganadería de carne amiga del ambiente y los bosques: una alternativa de producción sostenible. *Agronomía Costarricense* 21(2):285-297.
- Aguilar, PCF, Cárdenas, JVM, Santos, FJS. 2001. Efecto de la suplementación con *Leucaena leucocephala* sobre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo (en línea). *Livestock Research for Rural Development* (13) 4 2001. Consultado 19 de oct. 2006. Disponible en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/4/agui134.htm>
- Araya, J; Benavides, J; Arias, R; Ruiz A. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. *In Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. v 1. CATIE. Turrialba, CR. p 31-47.
- Bateman, JV. 1970. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, DF. Herreros Hermanos, Sucesores, S.A. 468 p.
- Benavides, JE. 1994. La investigación en árboles forrajeros. *In Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. v 1. CATIE. Turrialba, CR. p 3-28.
- Bernal, JE. 2003. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. 4 ed. Bogotá, C. Ángel Agro, Ganadería Intensiva e Ideagro. 698 p.
- Botero, R, Russo, RO. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. *In Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Memoria. Roma. p. 171-192.
- Brown, ML. 1981. Presupuestos de fincas: Del análisis del ingreso de la finca al análisis de proyectos avícolas. Madrid, E. Editorial TECNOS, S.A 142 p.
- Casasola, FC. 2000. Productividad de los sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua 2000. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 112 p.
- Castillo, E; Ruíz, F; Crespo, G; Galindo, J; Chongo, B; Hernández, JL. 2000. Efecto de la inclusión de *Leucaena* en el 100% del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 34:309-313.
- Cáceres, O; Santana, H. 1990. Valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham en diferentes momentos del año. *Pastos y forrajes* 13:197-202.
- Cáceres, O; González, E. 1998. Valor nutritivo de follaje de árboles y arbustos tropicales. IV. *Leucaena leucocephala* c. Cunningham. *Pastos y forrajes* 21:265-270.

- Cacero, T. 1998. Alternativa para la alimentación animal: *Leucaena leucocephala*. Maracaibo, V. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad de Zulia. 78 p.
- Camero, AR. 1996. El desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. *In* Seminario Internacional: Sistemas Silvopastoriles: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva (1996, Valledupar, Neiva y Villavicencio, C) Memoria. Turrialba, CR. 15: 30.
- Cardona, MC; Suárez, SV. 1996. La *Leucaena leucocephala*: en bancos de proteína y asociada con gramíneas. *In* Seminario Internacional: Sistemas Silvopastoriles: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva (1996, Valledupar, Neiva y Villavicencio, C) Memoria. Turrialba, CR. 59:72.
- Castro, RA. 2002. Ganadería de carne: gestión empresarial. San José, CR. EUNED. v 1, tomo 2, 259 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1991. *Leucaena (Leucaena leucocephala)*: especies de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Turrialba, CR. 52 P. (Colección de Guías Silviculturales).
- _____. 2000. Bancos forrajeros. Turrialba, CR. CATIE, CATIE/GTZ, ICE, UIPRE-ICE y La Comisión/Red Agroforestal Nacional. 18 p. (Manual para productores No. 2).
- _____; CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria); NITLAPAN. 2004. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Informe anual de avance No. 2. Eds. Ibrahim, M; Gobbi, J; Casasola, F; Murgueitio, E; Ramírez, E. s.l. s.e. 167 p.
- Cerrad, RAS. 2002. Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el Distrito de Bugaba-Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 96 p.
- Chacón, ML. 2003. Cobertura arbórea y cercas vivas en un paisaje fragmentado, Río Frío, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111 p.
- Church, CD. 1993. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, E. Acribia, S.A. 641 p.
- Cipagauta HM; Andrade HJ. 1997. Sistemas silvopastoriles: una alternativa para el manejo sostenible de la ganadería en la amazonia. Colombia, PRODUMEDIOS. 8 p.

- Clavero, T. 1998. Alternativa para la alimentación animal: *Leucaena leucocephala*. Caracas, Venezuela. Centro de Investigación de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. 75 p.
- Combellas, JL. 1998. Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías. Valencia, V. Fundación INLACA. 196 p.
- CORFOGA (Corporación Ganadera). 2000. Análisis del censo ganadero 2000. (En línea). MAG: base de datos virtual animal. San José, CR. Consultado 10 oct. 2006. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/censo-ganadero-2000.pdf
- Di Rienzo, JA; Balzarini, MG; Casanoves, F; González, LA; Tablada, EM; Díaz, M; Robledo, CW. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. 4 ed. Córdoba, A. s.e. 322 p.
- Espinoza, F; Tejos, R; Chacón, E; Arriojas, L; Argenti, P. 1998. Producción, valor nutritivo y consumo por ovinos de *Leucaena leucocephala*. II Valor nutritivo. Zootecnia Tropical 16(2):163-181. Consultado el 15 de nov. 2006. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt1602/texto/valornutritivo.htm>
- Esquivel, MJS. 2005. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy, Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 142 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2005. La ganadería extensiva destruye los bosques tropicales en Latinoamérica. (En línea) Roma. Consultado 8 de oct. 2006. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/eS/news/2005/102924/index.html>
- Faría, MJ. 1996. Evaluación de accesiones de *Leucaena leucocephala* a pastoreo en el bosque seco tropical. II Valor nutritivo.
- Faría-Mármol, J; Morillo, DE. 1997. Leucaena; cultivo y utilización en la ganadería tropical. Maracaibo, V. CORPOZULIA-FONAIAP-LUZ (CORFONLUZ). 152 p.
- Gutiérrez, MAO. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala: su manejo y utilización, base de la producción animal. Guatemala. Editorial E y G. 318 p.
- Holdrige, LR. 1987. Ecología: basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 (Tercera impresión).

- Holguín, VA; Ibrahim, M; Mora, J; Rojas, A. 2003. Caracterización de sistemas de manejo nutricional en ganaderías de doble propósito de la región Pacífico Central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):40-46.
- Holguín, VA; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Turrialba, CR. INPASA. 23 p. (Serie Cuaderno de Campo).
- Ibrahim, M; Camero, A; Pezo, D; Esquivel, J. 1998. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. Jiménez, F; Vargas, A. eds. 3 ed. Turrialba, CR. CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 291-314. (Serie Técnica. Manual Técnico No.32).
- _____. 2001. Sistemas Silvopastoriles para pastos degradados en trópico húmedo. *In* Semana Científica 2001: Mejoramiento genético y conservación de cultivos agrícolas y especies forestales; manejo integrado de plagas en agricultura, sistemas agroforestales y forestales; sistemas agroforestales; desarrollo de tecnología para el manejo sostenible de bosques y su biodiversidad y manejo sostenible de ecosistemas en un ambiente cambiante. Memoria. Turrialba, CR. p. 139-148.
- _____. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina (en línea). *Rev. Col. Pec.* 15(2). Consultado 15 oct. 2006. Disponible en <http://kogi.udea.edu.co/revista/15/15-2-10.pdf>
- _____; Duran, CV; Rosales, M; Molina, CH; Molina, E. s.f. Consumo de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*) en un sistema silvopastoril (en línea). *Pasturas Tropicales* 22(1). Consultado 9 de nov. 2006. Disponible en http://www.ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/PAST2215.pdf
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales; Principios y aplicaciones en los trópicos. 2da. Ed. San José, CR. Organización para estudios tropicales. 622 p.
- Montenegro, J; Abarca, S. 2002. Los sistemas silvopastoriles y el calentamiento global: un balance de emisiones. *Agronomía Costarricense* 26(1):17-24.
- Murgueitio, RE; Rosales, MM; Gómez, MA. 2001. Agroforestería para la producción sostenible. 2da. Edición. Cali, Valle, C. CIPAV. 67 p.
- Nair, KR. 1997. Agroforestería. Krishnamurthy. Trad. L. Krishnamurthy. Ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 543 p.

- Ørskov, ER. 1990. Alimentación de los rumiantes. Principios y práctica. Trad. MV Ramis. Zaragoza, E. Editorial Acribia, S.A. 119 p.
- Petit, J. 1994. Árboles y arbustos forrajeros. Mérida, Venezuela. Instituto Federal Latinoamericano. 174 p.
- Reyes, HM. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque.
- Sánchez, MD. 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. *In* Agroforestería para la producción animal en América Latina. Memoria. Roma. p. 1-13.
- Sánchez, MD. 2002. Sistemas silvopastoriles: el futuro sustentable de la ganadería tropical. *Agroforestería en las Américas* 9(33-34):4-5.
- Santini, FJ; Rearte, D; Grijera, JM. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. Jornada de actualización ganadera. Balcarce, A. Consultado el 7 de oct. Disponible en http://www.inta.gov.ar/balcarce/actividad/capacita/jorn_ganadera.pdf
- Skerman, PJ; Riveros, F. 1992. Gramíneas tropicales. Italia, R. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 849 p.
- Steinfeld, H. 2000. Producción animal y el medio ambiente en Centroamérica. *In* Steinfeld, H. Pomareda, C.; Steinfeld, H. eds. Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales. Turrialba, CR. p. 17-32.
- Tobías, C; Vargas, E; Rojas, A; Soto; H. 2001. Uso de excretas de pollos de engorde (Pollinaza) en la alimentación animal. III. Rendimiento productivo de toretes de engorde. *Agronomía Costarricense* 25(2):35-43.
- Wadsworth, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal: las herramientas básicas. Roma. Dirección de producción y sanidad animal de la FAO. Estudio FAO producción y sanidad animal. FAO tomo 2, 108 p.
- Zarragoitia, I; Elias, A; Ruiz, TE; Plaza, J; Rodríguez, J. 1990. Utilización de la Saccharina y la *Leucaena (Leucaena leucocephala)* como suplemento a hembras bovinas en crecimiento en pastizales de gramíneas de secano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 24:43-49.

4 ARTICULO I

Comparación del efecto de pastoreo de un sistema silvopastoril (*Brachiaria brizantha* en asocio con *Leucaena leucocephala*) versus un sistema tradicional (*Brachiaria brizantha* + Pollinaza) en la ganancia de peso en terneros destetados.

4.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que afronta la ganadería, especialmente la de doble propósito, es la producción de alimentos en cantidad y calidad suficiente para la alimentación animal. En verano la baja producción y calidad de los pastos, ha ocasionado una pérdida de los animales, una baja en la producción de leche y una disminución en los ingresos de los productores (Holguín e Ibrahim 2005). Esto ha ocasionado que día a día aumenten las áreas dedicadas a la actividad ganadera, ocasionando que sean deforestadas grandes extensiones de bosques para implementar nuevas áreas de potreros para contrarrestar la baja productividad del sistema ganadero (Camero 1996, Abarca 1997). Para enfrentar esta situación se han utilizado prácticas de manejo y alimentación que incluyen el pastoreo rotativo, el semiconfinamiento y el confinamiento total del lote de ceba, en los cuales se suministran una suplementación con alimentos balanceados, suplementos líquidos (melaza-úrea), ensilajes, henos, residuos de cosecha, caña de azúcar y excretas de animales (Tobías *et al.* 2001).

Se ha comprobado que el uso de los sistemas silvopastoriles es una alternativa promisor para disminuir el uso de insumos externos para la finca, mejorar la calidad del pasto base y mejorar el medio ambiente para los animales; esto, a su vez, puede expresarse en un mejor comportamiento en términos de ganancia diaria y producción de carne (Lamela *et al.* 2005). Dentro de los SSP podemos decir que el uso de los de bancos de proteína es una de las vías de manejo de pastos donde se ha demostrado como inciden favorablemente en el peso de los animales. Los bancos de proteína proveen forraje de alta calidad durante las épocas críticas del año, tiempo en el cual el pastizal decae en productividad y valor nutritivo, limitando su consumo y utilización por parte de los animales (Espinoza *et al.* 2001).

Faría-Mármol (1997) y Castillo *et al.* (2002), mencionan que dentro de las árboles mas utilizados y con mayor difusión para este tipo de sistemas ha sido el uso de leguminosas, siendo la *L. leucocephala* el árbol mas utilizado para este tipo de sistemas debido a sus diversas atribuciones como a su alto contenido de nutrientes de excelente calidad, alta producción de forraje, amplio rango de adaptación de tipos de suelos, excelente resistencia a época de seca y rápida capacidad de rebrote después del corte o pastoreo. CATIE (1991) y Cardona y Suárez (1996) mencionan que puede llegar a crecer en sitios secos con 600 mm hasta húmedos con 3.000 mm de precipitación anual, crece bien en suelos de mediana a alta fertilidad, con buen drenaje, con un pH de 5 a 8, de moderadamente ácidos a alcalinos, bajo en calcio, pero no crecen satisfactoriamente en suelos de bajo pH.

El presente estudio tuvo como primer objetivo evaluar la productividad animal ($\text{kg tenero}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y $\text{kg tenero}^{-1} \text{ época}^{-1}$), de los terneros que tuvieron acceso a Brachiaria en asocio con Leucaena *versus* terneros que solo tuvieron acceso a Brachiaria en monocultivo más Pollinaza, como segundo objetivo fue evaluar la disponibilidad y calidad del pasto Brachiaria en asocio, de la Leucaena y el pasto Brachiaria en monocultivo y como tercer objetivo fue realizar un análisis financiero para evaluar la rentabilidad de los diferentes sistemas de alimentación. Las hipótesis planteadas fueron tres; los terneros que fueron pastoreados en Brachiaria en asocio con Leucaena presentaran una mejor ganancia de peso que los terneros con acceso a Brachiaria en monocultivo más una suplementación con Pollinaza; el sistema silvopastoril Brachiaria en asocio con Leucaena contaba con una mayor disponibilidad y calidad de Brachiaria y de Leucaena; y que los sistemas silvopastoriles Brachiaria en asocio con Leucaena presentan una mayor rentabilidad comparado a los sistemas tradicionales.

4.2 **MATERIALES Y MÉTODOS**

4.2.1 **Localización del área de estudio**

Esta investigación se realizó en la finca de Don Nelson Benavidez, en San Juan Chiquito de Esparza, Cantón de Puntarenas, Costa Rica. El área de estudio se encuentra dentro del área de influencia del proyecto CATIE-GEF-Banco Mundial “Enfoques Silvopastoriles para el Manejo integrado de Ecosistemas” a los 09° 58’48,85” de latitud norte y 84° 38’ 38,87” de longitud oeste (Figura 1). La zona abarca un área de aproximadamente 50 Km² (5000 ha) y se extiende en la zona de vida Bosque Sub Húmedo Tropical (BH-T) (Holdrige 1987), presenta una temperatura promedio de 27 °C y precipitación que varían entre 1.500 a 2.000 mm. Esparza es eminentemente agropecuaria, siendo la ganadería de carne y leche y los cultivos de caña de azúcar, arroz y frutales las actividades productivas más importantes (CATIE *et al.* 2004).

La finca de Don Nelson Benavides, tiene una superficie de 32,13 hectáreas, de las cuales 15,62 son utilizadas para la actividad ganadera. Los usos de suelo de la finca corresponden a frutales, pasturas degradadas, pasturas mejoradas y naturales con baja y alta densidad arbórea, bosque secundario intervenido, tacotales, bosque ripario y bancos forrajeros. El principal tipo de producción ganadero de la finca es un sistema de engorda de terneros y de vacas vacías, en el cual los terneros y vacas son compradas en la subasta. El principal sistema de alimentación de esta finca es el pastoreo en potreros con pastos mejorados (*B. brizantha*) y pastos naturales y una suplementación con Pollinaza para la época de lluvia (2 ± 1 kg/animal/día), en la época de seca los animales reciben suplementación con Pollinaza ($3,5 \pm 1,5$ kg/animal/día), además reciben otra suplementación (10 kg/animal/día) a base de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) la cual es ofrecida en el corral de manejo. El ciclo de engorda de la finca va desde 6 meses hasta los 12 meses, esto depende principalmente del peso de los animales y del precio por kilo que ofrece la subasta.

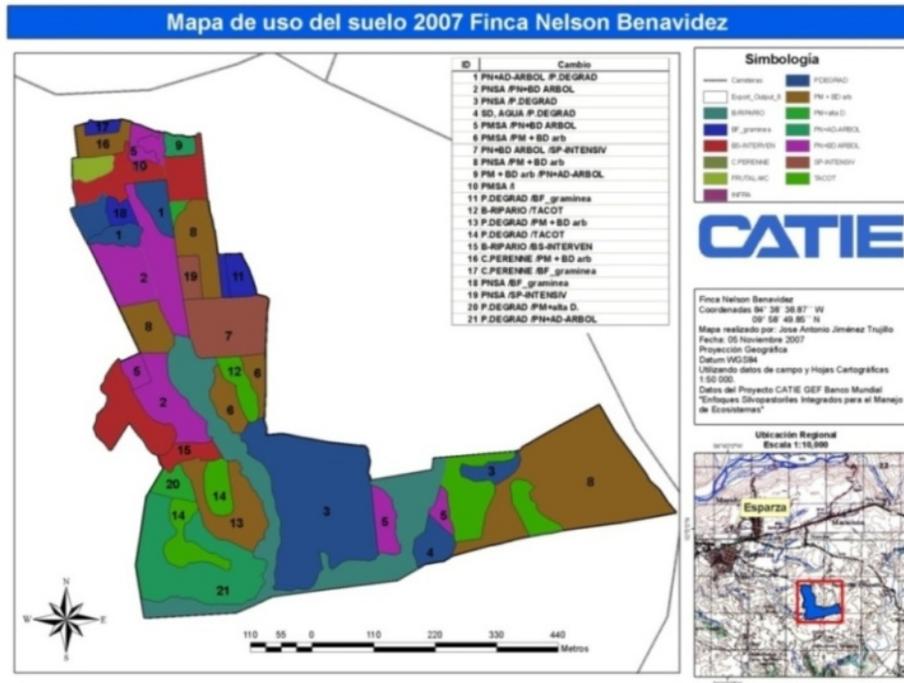


Figura 1. Ubicación de la finca de Don Nelson B. en San Juan Chiquito de Esparza, Puntarenas

4.3 *Diseño metodológico*

4.3.1 *Materiales y equipos*

Los materiales empleados en la investigación fueron 12 terneros, para determinar las variables proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS), taninos y Mimosina fueron utilizados reactivos para conocer su contenido. Se utilizaron también cuadrantes de 0,25 m², alambre galvanizado, hojas de papel blanco, lápices, bolsas de papel, bolsas de plástico, etc. Los equipos utilizados fueron los siguientes: horno secador, romanas (0,6 kg y 1.500 kg), machetes, pulsador eléctrico, tijeras y serrucho.

4.3.2 *Diseño experimental*

El diseño completamente al azar es útil cuando las unidades experimentales son esencialmente homogéneas, es decir, cuando la variación entre ellas es pequeña y agruparlas en bloques sería poco más que un proceso aleatorio (Steel y Torrie 1988).

Para evaluar la ganancia de peso, (*Brachiaria* y *Leucaena*), se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos y con 5 repeticiones en el tiempo, los tratamientos fueron; *B. brizantha* + *L. leucocephala* (T₁) y *B. brizantha* + Pollinaza (T₂), las repeticiones fueron los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio y con mediciones cada 28 días. Se utilizaron 12 terneros de la raza Brahman-Pardo con un peso promedio de 193,83 ± 20,71 kg, con características fenotípicas homogéneas y con un buen estado nutricional, los cuales de manera aleatoria fueron distribuidos en los dos tratamientos. Para ser distribuidos los terneros sin importar el peso vivo, estos fueron enumerados del 1 al 12 para posteriormente ser distribuidos en los dos tratamientos al azar (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos utilizados para evaluar la ganancia de peso en terneros

Tratamiento	Descripción
T ₁	<i>Brachiaria brizantha</i> + <i>Leucaena leucocephala</i>
T ₂	<i>Brachiaria brizantha</i> + Pollinaza

4.3.3 *Monitoreo de ganancia de peso en terneros con diferentes sistemas de alimentación*

Con el objetivo de conocer la productividad de carne en diferentes escenarios de manejo y alimentación y compararlo con la productividad del sistema silvopastoril *Brachiaria* en asocio con *Leucaena*, se realizó monitoreos en fincas con sistemas de producción de carne. Las fincas fueron seleccionadas de la base de datos del proyecto GEF-CATIE-Banco Mundial. Teniendo ya seleccionadas las fincas por el sistema de alimentación, se realizó el monitoreo cada mes, esto para poder determinar la ganancia de peso por época. Se levantó información sobre los insumos utilizados para alimentación

(carga animal, tipo de pasto, hectáreas de pastoreo, suplementación, etc.), el manejo de los terneros, el tiempo de engorde y el peso vivo de venta. Se encontraron dos fincas con sistemas de producción de carne y con diferentes sistemas de alimentación; la primera es una finca con un sistema de alimentación con base en pastoreo en potreros con *Brachiaria* mas una suplementación con Pollinaza (B + P) y la segunda finca esta bajo un sistema de alimentación de *Brachiaria* más Pollinaza más Semolina de Arroz y Caña de azúcar (B + P + SA + C).

4.3.4 *Manejo de los terneros*

Se trabajaron con 12 terneros de la raza Pardo-Brahman, estos eran terneros de un año de edad, con un peso promedio de $193,83 \pm 20,71$ kg. Estos animales fueron comprados en la subasta “El Progreso”, con el objetivo que los terneros fueran de características fenotípicas homogéneas y con un buen estado nutricional y así evitar diferencias por la variedad genética. Estos fueron desparasitados interna con Dectomax (1 ml/50 kg PV) y externamente fueron bañados con Bayticol antes del comienzo del ensayo y a los 3 meses se le volvió a desparasitar con Dectomax (1 ml/50 kg PV) y además se les aplico un multivitaminico ADE (2 ml/50 kg PV). Los terneros tuvieron acceso *ad libitum* a sal mineralizada y agua, para cubrir sus requerimientos básicos. Para evaluar la ganancia diaria de peso por época y ganancia de peso total se utilizaron 6 terneros por cada tratamiento, los cuales estuvieron bajo un periodo de adaptación de 15 días en la finca y posteriormente fueron ubicados en sus respectivos tratamientos, esto con el objetivo que se adaptaran al manejo y al sistema de alimentación.

Los terneros que se asignaron al tratamiento *Brachiaria* en asocio con *Leucaena* fueron pastoreados en los ocho apartos con *Brachiaria* en asocio con *Leucaena*, estos permanecieron todo el día y a lo largo del ensayo en este sistema y únicamente tuvieron acceso *ad libitum* a sal mineral y agua. Para los terneros del tratamiento *Brachiaria* en monocultivo más Pollinaza estos fueron pastoreados únicamente en los apartos con *Brachiaria* en monocultivo y tuvieron acceso a una suplementación a base de Pollinaza con un contenido de 21,85% de PC, la cual era llevada todos los días por la mañana y por la tarde se hacia un chequeo para saber el consumo y si había que ofrecerles mas, al inicio se

les ofreció 4 kg de Pollinaza para de ahí partir y estimar el consumo para los demás días. Al igual que los terneros del otro tratamiento, estos tuvieron acceso *ad libitum* a sales minerales y agua. La carga animal inicial fue de 1,46 y 1,41 UA/ha para Brachiaria en asocio con Leucaena y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza y la final fue de 2,13 y 1,90 UA/ha respectivamente.

4.3.5 *Manejo de las parcelas*

En esta finca se encuentra establecido un banco forrajero de Brachiaria en asocio con Leucaena de 1,76 ha. La Leucaena fue establecida en el mes de junio del 2005, de manera directa, con un arreglo espacial en surcos dobles, con 1 m entre hileras dentro del surco y 0,5 m entre planta y planta, quedando callejones de tres metros donde se estableció el pasto *B. brizantha*. Se hicieron ocho apartos de 2.200 m² cada uno, el tamaño y número de apartos, se hicieron de acuerdo al tamaño del área sembrada, a la producción de biomasa de la Leucaena y Brachiaria, al consumo de forraje de los terneros y a los días de recuperación de las dos especies. Los apartos fueron divididos mediante dos hileras de alambre galvanizado, la cual fue conectada a un pulsador eléctrico para electrificarla y hacer que los terneros la respetaran, al frente de los apartos se dejó un callejón de dos metros de ancho, esto para poder manejar los terneros y hacer una buena rotación de los potreros, en el mismo pasillo se puso un saladero y un balde de agua, esto para que tuvieran acceso *ad libitum* a sus requerimientos nutricionales.

La rotación de los potreros de Brachiaria en asocio con Leucaena para la época seca fue de 6 días de pastoreo para los apartos 3, 4, 5, 6 y 7, para el 1, 2 y 8 los días de pastoreo fueron de 7 días, teniendo así 44 días de descanso en cada apto, para la época de lluvia la rotación fue de 7 días de pastoreo para los apartos 3, 4, 5, 6 y 7 y para el 1, 2 y 8 fueron 8 días, teniendo un periodo de descanso de 51 días, esta variación de los días de pastoreo entre los apartos se debe a que unos fueron de mayor tamaño que otros y tener un mejor aprovechamiento de la disponibilidad de Brachiaria y Leucaena.

Para los potreros de Brachiaria en monocultivo con baja densidad arbórea, el manejo fue diferente, pues se contaba con un área de 1,80 ha las cuales fueron divididas en dos

apartos de 0,90 ha, el manejo fue de 21 días de pastoreo por apartado, dentro de cada apartado se puso un comedero donde se les daba la Pollinaza, estos terneros también tuvieron acceso *ad libitum* a sales minerales y agua para satisfacer sus requerimientos nutricionales.

4.3.6 *Variables de respuesta*

4.3.6.1 **Ganancia de peso**

Para estimar la ganancia de peso total y diaria por época se utilizó la metodología recomendada por Bateman (1970), la cual consta de pesar mínimo una vez al mes. De acuerdo a lo recomendado el pesaje se realizó cada 28 días, se trató que las pesadas fueran a las primeras horas y se dejó un periodo de 4 horas de ayuno en el corral, esto para evitar algún tipo de error en el pesaje debido al consumo de alimento de los terneros y también disminuir el estrés por manejo. Para conocer la ganancia de peso total, se realizó mediante la diferencia encontrada entre el peso inicial y final de la época, para calcular la ganancia de peso total por época y diaria de peso se utilizó la siguiente fórmula:

$$GP = \frac{PTA - PI}{Días}$$

donde

GP = Ganancia diaria de peso (kg ternero⁻¹ época⁻¹ y kg ternero⁻¹ día⁻¹)

PTA = Peso total del animal (kg ternero⁻¹)

PI = Peso inicial (kg ternero⁻¹)

$Días$ = N días.

4.3.6.2 **Estimación de disponibilidad de biomasa de *Brachiaria* en asocio**

Para la estimar la disponibilidad de biomasa en el pasto se utilizó un método destructivo recomendado por Gutiérrez (1996). El muestreo se realizó en los ocho apartos donde estuvieron pastoreando los terneros *Leucaena*, este muestreo se realizó un día antes que ingresaran al potrero. El muestreo se realizó en ambas épocas (seca y lluvia) esto para conocer la disponibilidad en las diferentes épocas. Con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m² en cada apartado se tomaron 15 muestras de pasto, el muestreo se realizó de manera zigzag y

las muestras se tomaron tirando el cuadrante cada 10 pasos, después se proseguía a tomar la lectura del pasto. Ya teniendo las lecturas se cortó el pasto a una altura de 10 cm y se metieron en bolsas plásticas para luego ser pesadas. Después de ser pesadas estas 15 muestras se revolvieron todas para de ahí sacar una submuestra de 0,5 kg para ser enviada al laboratorio y calcular la MS y la calidad del pasto (PC, DIVMS, Taninos y Mimosina). Para poder estimar la disponibilidad de pasto Brachiaria en el asocio con Leucaena, primero se estimó el área ocupada por la Leucaena, ya teniendo determinada el área de Leucaena se le restó al área total y el área restante fue ocupada por el pasto, para poder realizar el cálculo se realizó la siguiente fórmula:

$$AB = AT - AL$$

donde:

AB = Área ocupada de Brachiaria

AL = Área ocupada de Leucaena

AT = Área total

4.3.6.3 Estimación de la disponibilidad de Brachiaria en monocultivo

Para evaluar la disponibilidad de biomasa de Brachiaria se realizó por medio de un método destructivo recomendado por Gutiérrez (1996). El muestreo se realizó en los potreros donde estuvieron pastoreando los terneros, este muestreo se realizó un día antes que ingresaran los terneros al potrero. El muestreo se realizó en ambas épocas (seca y lluvia) esto para conocer la disponibilidad en las diferentes épocas. Con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m² se realizaron 60 muestreos. Estos muestreos se realizaron de manera zigzag tirando el cuadrante cada 10 pasos, esto para obtener un muestreo general de todo el potrero. En cada muestreo se tomó lectura de la cobertura de pasto en el cuadrante y su altura. Para la estimación de biomasa en MS, se tomaron las 60 muestras destructivas las cuales fueron pesadas por separado inmediatamente después de ser cortadas para conocer el peso del forraje en verde, posteriormente se mezclaron todas las muestras y se tomó una submuestra de 0,5 kg la cual fue enviada a laboratorio donde fueron secadas a 100° C hasta obtener peso constante.

4.3.6.3.1 Estimación de la biomasa de la Leucaena

Para estimar la producción de biomasa de la Leucaena se realizaron tres transectos de un metro lineal cada uno, los cuales fueron distribuidos al azar en cada surco de Leucaena y en cada aparto. Después de haber trazado los transectos se procedió a cortar las plantas que estuvieran dentro de estos, este corte se realizó a una altura de un metro a nivel del suelo. Ya estando cortado la Leucaena se realizó una separación del componente comestible, esto para conocer cual fue la producción en verde del material comestible. Este muestreo se realizó un día antes de que los terneros entraran al aparto y a lo largo de todo el ensayo lo cual abarcó las dos épocas (seca y lluvia). Ya teniendo cortado y separado el material comestible y leñoso se pesó en verde para conocer la producción por planta, después se mezclaron todas las muestras y se sacó una submuestra de 0,5 kg la cual fue enviada al laboratorio y metida al horno a 100° C hasta obtener peso constante.

4.3.6.3.2 Calidad del pasto y de la Leucaena

Se calculó la calidad del pasto *Brachiaria* y de la *Leucaena* durante los meses de febrero a agosto. Las muestras para determinar la calidad de *Brachiaria* y *Leucaena* fueron tomadas de la misma muestra que se utilizó para determinar la MS. Estas muestras fueron secadas y molidas a 1 mm de grosor, para luego estimar la proteína cruda (PC) por el método micro Kjeldahl (Bateman 1970), y para digestibilidad (DIVMS) por el método de Tilley y Ferry (1963), en la *Leucaena* también se estimó el contenido de Taninos y Mimosina por precipitación de con Trivalente Ytterbium (Reed *et al.* 1985).

4.3.7 Análisis estadístico de las variables respuesta

Para analizar los resultados encontrados en las variables de respuesta del animal y variables en el pasto *Brachiaria* y *Leucaena*, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para un modelo con estructura bifactorial, dada por la combinación del factor tratamiento con dos niveles (*Leucaena* y *Pollinaza*) y el factor época con dos niveles, para encontrar diferencias en ganancia de peso total (GP), ganancia diaria de peso (GDP), disponibilidad y calidad del pasto *Brachiaria* y *Leucaena* (InfoStat 2004). El modelo del análisis utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_j + e_{ij}$$

donde

Y_{ij} = ganancia total y diaria de peso por época (kg ternero⁻¹ época⁻¹ y kg ternero⁻¹ día⁻¹)

μ = media general

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento

E_j = efecto del j-ésima época

$e_{(ij)}$ = error debido al tratamiento y medición

4.3.8 *Análisis financiero*

Se realizó un análisis financiero de costo-beneficio para evaluar la rentabilidad desde la perspectiva del productor de invertir para la implementación de los SSP en este caso los Bancos Forrajeros. Se realizó un modelo donde se comparo los ingresos netos del uso de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo *versus* el uso de Brachiaria en monocultivo más una suplementación a base de Pollinaza (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Modelo de rentabilidad financiera del sistema silvopastoril banco forrajero de Leucaena y del sistema Brachiaria asociado con Leucaena versus Brachiaria en monocultivo mas Pollinaza

Modelo	Descripción
Modelo 1	Brachiaria asociado con Leucaena (T ₁)
Modelo 2	Brachiaria en monocultivo más Pollinaza (T ₂)

El modelo se elaboro según lo recomendado por Brown (1981) y Reyes (2001) para fincas. El modelo considera solamente los costos de implementación del sistema, costos de mantenimiento del sistema, el manejo y suplementación de los animales y también considera los ingresos por venta de carne, y nos arroja como resultados la rentabilidad de los sistemas. Para la realización del modelo se realizó lo siguiente:

- 1) Se determinaron cuáles eran los costos de establecimiento de la Leucaena, del pasto Brachiaria en asocio y en monocultivo, así como también cuales iban hacer los costos de mantenimiento de cada sistema.

- 2) Se realizó un presupuesto parcial donde se detallo claramente los rubros que cambiaron al implementarse el Banco Forrajero (BF) de Brachiaria en asocio con Leucaena. También se detallo claramente los costos e ingresos del sistema. Los costos que incluyeron el análisis fueron costos fijos (costo de hechura de cerca periférica y eléctrica, insumos veterinarios, mano de obra establecimiento del pasto Brachiaria) y variables (mano de obra por suplementación animal, costo de establecimiento de Leucaena, mano de obra de mantenimiento de Leucaena, fertilizantes y herbicidas para el establecimiento), pero principalmente el costo variables. Se tomo en cuenta también los costos de establecimiento y manejo del BF y Pollinaza (US\$ 1.183,67 y 1.025,8 respectivamente), los costos de manejo de los sistemas se estimo el costo de Jornales por año (US\$ 84,95 y 38,59 respectivamente), los costos de manejo, sanidad animal y los costos de la suplementación (Pollinaza), están representados en Jornales por año y costos de los insumos químicos (US\$ 96,52 y 278,04 respectivamente). Los precios de implementación y mantenimiento de cada sistema esta presentado en dólares, con una tasa de conversión a la moneda de Costa Rica de 518 colones por dólar y el valor de jornal corresponde a 4.000 colones por día (ocho horas/día).

- 3) Para poder conocer la productividad en carne generada por los BF de Brachiaria en asocio con Leucaena y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza, se estimo la ganancia diaria por época y de ahí se saco un promedio para proyectarlo a un año, esto se obtuvo realizando pesajes de los terneros que eran pastoreados en la finca durante un periodo de 148 días (89 días para la seca y 65 para la lluvia). La ganancia diaria de carne de los terneros en BF de Brachiaria en asocio con Leucaena fue de 0,58 y 0,57 kg ternero⁻¹día⁻¹ para los terneros que fueron pastoreados en Brachiaria en monocultivo más Pollinaza.

- 4) Se diseñó un flujo de caja para un periodo de 12 años para el BF de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo y para el sistema Brachiaria en monocultivo más Pollinaza.

Se estimó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) considerando los dos escenarios; la finca con el BF de Brachiaria en asocio con Leucaena (escenario con proyecto) y la finca sistema Brachiaria en monocultivo más Pollinaza (escenario sin proyecto), esto con el fin de obtener los beneficios netos incrementales debido a la adopción del Banco Forrajero en pastoreo.

La productividad animal correspondientes a los dos sistemas de producción se obtuvieron mediante los pesajes por mes y por épocas, los gastos del manejo y sanidad del animal, los gastos de establecimiento, mantenimiento de cada sistema se obtuvieron mediante entrevistas al productor de la finca (información levantada por el proyecto GEF-SSP en el monitoreo socioeconómico). Para los precios de semillas, y demás insumos químicos se tomó información de informantes primarios (veterinarias).

Para poder realizar un flujo de caja a 12 años se hizo unos supuestos, los cuales son los siguientes:

- 1) La productividad de los dos sistemas (BF de Brachiaria en asocio con Leucaena y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza) va ser constante a lo largo de los años.
- 2) La carga animal siempre va ser la misma en ambos sistemas y a lo largo de los 12 años.
- 3) La ganancia diaria de peso se tomó durante 148 días los cuales 89 días eran para la seca y 65 días para la lluvia, de eso se sacó un promedio y se proyectó a la productividad en un año.

- 4) Se realizó también un análisis de sensibilidad para conocer el efecto que tienen los cambios en el precio de la Pollinaza y mano de obra sobre el VAN incremental y la TIR.

4.4 **RESULTADOS**

4.4.1 **Ganancia de peso**

Los resultados del ANDEVA nos indican que si existieron diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) en lo que respecta a la ganancia de peso total por época sin importar el tratamiento ($p=0,0121$), siendo la época de lluvia la que tuvo una mejor ganancia de peso comparado a la época de seca (49,57 *versus* 38,99 kg/ternero/época, respectivamente). En lo que respecta a la ganancia de peso por época de los tratamientos Leucaena y Pollinaza en la época de seca no se encontraron diferencias significativas ($p=0,2798$), aunque para esta época los terneros Leucaena tuvieron una mejor ganancia de peso. Para la época de lluvia tampoco existieron diferencias significativas ($p=0,2254$) entre tratamientos, mas sin embargo en esta época los terneros Pollinaza tuvieron una mejor ganancia de peso (Cuadro 4 y Figura 2).

Es importante mencionar que dentro de los meses de la época de seca y lluvia hubo variación en la ganancia de peso dentro de los tratamientos. En el caso de los terneros Pollinaza se presentó una pérdida de peso en el primer mes, este efecto fue ocasionado por el temperamento nervioso de los terneros, los cuales al ser sometidos al manejo del ensayo estos tuvieron una tendencia a disminuir el consumo de alimento ocasionando una baja de peso. Para los demás meses tanto de la época seca como de lluvia no se volvió a presentar ningún caso similar de pérdida de peso.

4.4.2 **Ganancia diaria de peso**

Los resultados del ANDEVA nos mostraron que en la ganancia diaria de peso existieron diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) en cuanto a las épocas sin importar el tratamiento ($p=0,0001$), siendo la época lluvia la que presento una mayor ganancia de peso comparado a la época seca (0,75 kg/ternero/diaria *versus* 0,45 kg/ternero/diario). En lo que respecta a la ganancia diaria de peso por época de los tratamientos Leucaena y Pollinaza se encontraron que no existieron diferencias significativas para la época de seca ($p=0,1947$) ni para la época de lluvia ($p=0,1146$), mas sin embargo se encontraron pequeñas diferencias entre época, para la seca el tratamiento que tuvo una mejor ganancia fue para los de

Leucaena y no para los de Pollinaza, cosa contraria a la lluvia, la cual fue favorable para los terneros de Pollinaza que los de Leucaena (Cuadro 5 y Figura 3).

Cuadro 5. Ganancia de peso por época y diaria de los terneros en la finca de Don Nelson

Variable	Brizantha + Leucaena	Brachiaria + Pollinaza	Valor p
Época Seca (89 días)			
No. de animales	6	6	NA
Peso inicial (kg/ternero)	194,26 ±13,03	188,34 ±23,15	NA
Peso final (kg/ternero)	236,42 ±17,96	224,15 ±22,42	NA
Ganancia época (kg/ternero)	42,17 a*	35,81 a	0,2798
Ganancia diaria (kg/ternero/día)	0,49 a	0,40 a	0,1947
Época Lluviosa (65 días)			
Peso inicial (kg/ternero)	236,42 ±17,96	224,15 ±22,42	NA
Peso final (kg/ternero)	282,87 ±16,89	276,83 ± 27,55	NA
Ganancia época (kg/ternero)	46,45 a*	52,69 a	0,2254
Ganancia diaria (kg/ternero/día)	0,68 a	0,81 a	0,1146
Periodo Total (154 días)			
Ganancia total (kg/ternero)	88,61 a*	88,50 a	0,9904
Ganancia diaria (kg/ternero/día)	0,58 a	0,57 a	0,9906

* Promedios con letra diferente en la misma fila, difieren estadísticamente, según Prueba de Fisher ($\alpha=0,05$).

El incremento del peso vivo en los terneros de ambos tratamientos a lo largo del ensayo fue muy similar entre estos sin importar la época. Es importante mencionar que el incremento en el peso vivo fue mayor en la época lluviosa que para la época de seca, este comportamiento se debe principalmente a la alta disponibilidad de pasto Brachiaria que se encuentra en la época de lluvia lo cual se relaciona con los requerimientos de MS por parte de los terneros. Como se puede observar ambos tratamientos presentaron un incremento en

la ganancia de peso al pasar de época seca a lluviosa. Para el caso de los terneros Pollinaza este incremento fue mas notable que para el caso de Leucaena los cuales tuvieron un aumento al cambiar de época seca a época lluviosa, pero esta fue menor comparado a la ganancia de peso obtenida por los terneros Pollinaza, esta baja en la ganancia de peso de los terneros Leucaena coincide con la alta presencia del compuesto secundario Tanino (2,26%), el cual fue mayor para la época de lluvia que para la seca y también por la alta presencia de Mimosina en ambas épocas (5,33 % y 5,50 respectivamente), los cuales pudieron ser un factor desencadenante para la disminución en la ganancia de peso (Figura 4 y 5).

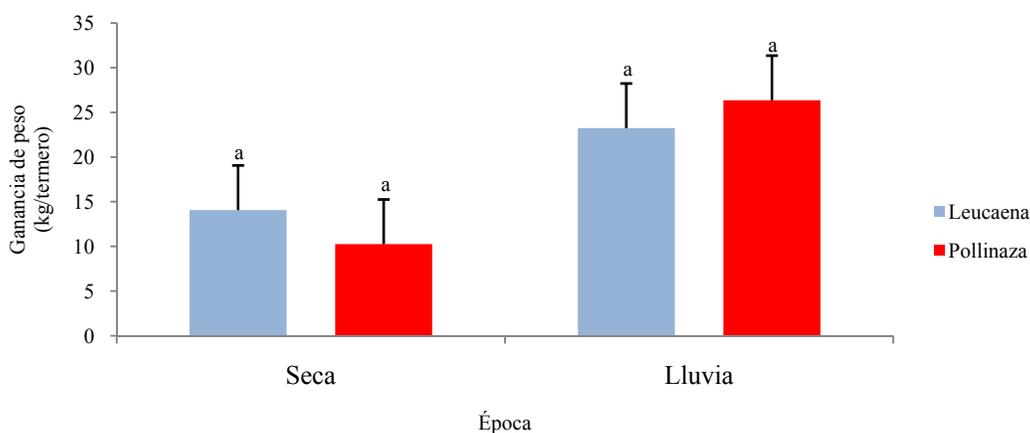


Figura 2. Ganancia de peso por época (kg/ternero/época) de los terneros de la finca de Don Nelson.

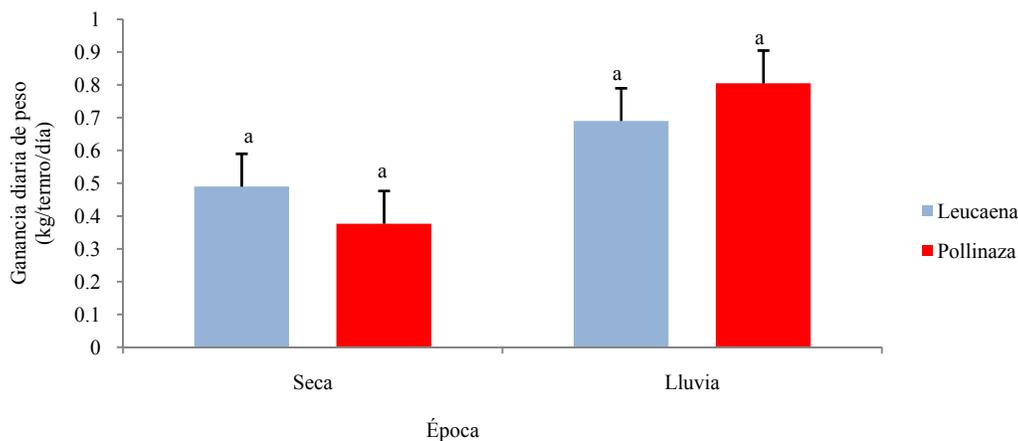


Figura 3. Ganancia diaria de peso (kg/ternero/día) por época de los terneros de la finca de Don Nelson.

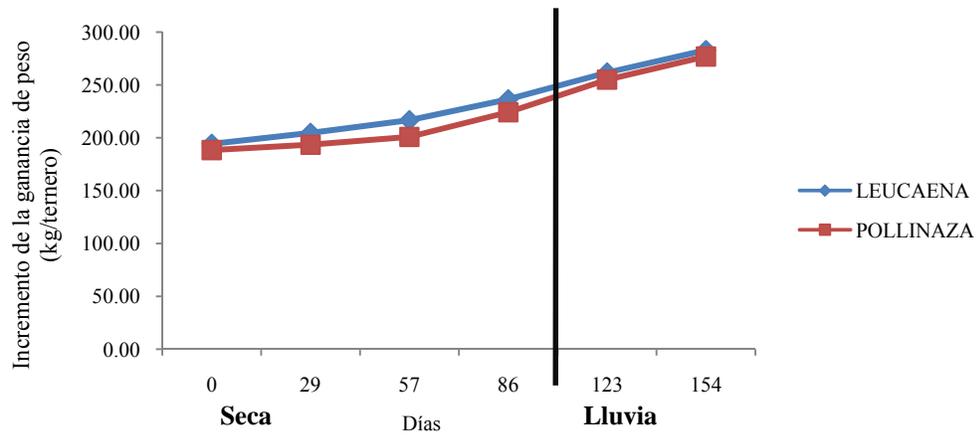


Figura 4. Incremento de la ganancia de peso (kg/terneros/mes) de los terneros en el tiempo (154 días).

Es importante mencionar que la cantidad de Pollinaza consumida por parte de los terneros Pollinaza fue diferente entre las épocas, lo cual nos indica que esta fue afectada por la disponibilidad del pasto *Brachiaria* en los potreros. En la época de seca el consumo de Pollinaza fue de 3,99 kg por ternero, la cual disminuyó a 1,71 kg para la época de lluvia, este comportamiento se debió al aumento de la disponibilidad del pasto *Brachiaria*, pues como se puede observar en la época de seca se presentó baja disponibilidad de pasto lo cual ocasionó que los terneros consumieran mayores cantidades de Pollinaza, lo cual disminuyó al aumentar la disponibilidad de pasto en la época de lluvia (Figura 6).

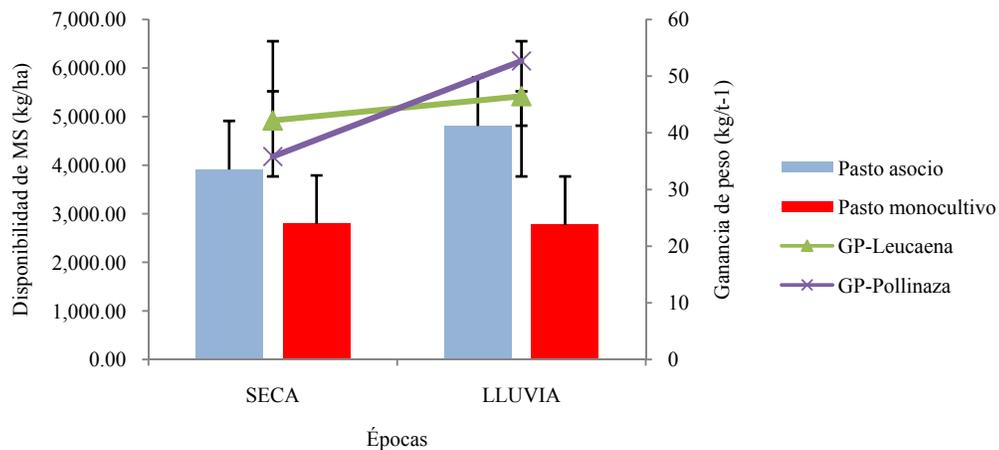


Figura 5. Disponibilidad de pasto *Brachiaria* y ganancia de peso en los terneros.

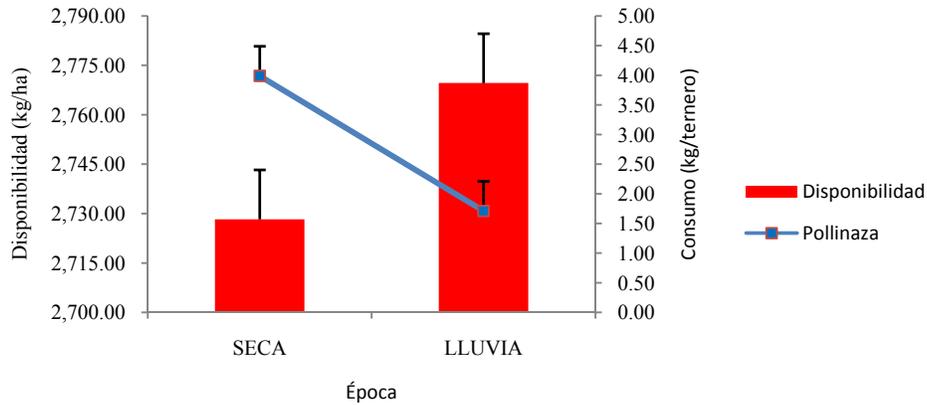


Figura 6. Disponibilidad de pasto Brachiaria en monocultivo y consumo de Pollinaza.

Se realizó una comparación del aporte de proteína cruda y energía neta entre los sistemas de alimentación de Brachiaria + Leucaena comparado a Brachiaria + Pollinaza para así poder estimar la cantidad de aporte de proteína y energía en ambos sistemas. Se observó que el nivel de proteína cruda y energía aportado por el sistema Brachiaria + Leucaena fue mayor que el sistema Brachiaria + Pollinaza, sin importar la época. Los resultados en estas condiciones nos muestran que realmente el pastoreo de terneros en potreros de Brachiaria + Leucaena aportan mayor cantidad de proteína cruda y energía neta que el sistema de Brachiaria + Pollinaza, lo cual nos indica que este sistema de pastoreo puede llegar a sustituir el uso de insumos externos y aumentar la sostenibilidad del sistema de producción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Aporte de proteína cruda por kilogramo de MS de cada sistema de alimentación

Variable	Brachiaria + Leucaena	Brachiaria + Pollinaza
Época Seca		
Kg MS	1	1
Proteína Brachiaria (g)	116	97
Energía neta (Mcal)	2,39	2,44
Proteína Suplemento (g)	246	218
Energía neta (Mcal)	2,54	2,33
Total proteína (g)	362	315
Total energía neta (Mcal)	4,93	4,77
Época lluviosa		
Proteína Brachiaria (g)	131	102
Energía neta (Mcal)	2,45	2,36
Proteína Suplemento (g)	253	218
Energía neta (Mcal)	2,65	2,33
Total proteína (g)	384*	320
Total energía neta (Mcal)	5,10	4,69

* Cantidad de proteína aportada por kilogramos de MS de pasto Brachiaria, Leucaena y/o Pollinaza.

4.4.3 Comparación de la ganancia de peso con otros sistemas de alimentación

Se seleccionaron dos fincas las cuales tuvieron diferentes sistemas de manejo y alimentación. La primera finca es propiedad del señor Jaime Hidalgo, el cual engorda terneros de una raza encastada entre Brahman-Pardo con un peso promedio de 156,75 kg con un sistema de alimentación a base de pastoreo en potreros con Brachiaria + Pollinaza (B + P). La segunda finca es propiedad del señor Freddy Rojas, al igual que la anterior la raza utilizada es un encaste entre Brahman-Pardo con un peso similar. El sistema de

alimentación de la finca es a base de pastoreo en potreros con pasto *Brachiaria* y pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) más una suplementación de Pollinaza + Semolina de arroz + Caña de azúcar, la cual es ofrecida en el corral (B + P + SA+ C, Cuadro 7).

Se encontró que si existieron diferencias en la ganancia de peso total entre las fincas con diferentes sistemas de alimentación, siendo la finca con el sistema de alimentación *Brachiaria* + Pollinaza + Semolina de Arroz + Caña la que tuvo mayor ganancia de peso (1,06 kg/ternero/día), seguida de la finca B + P y por último la finca B + L (0,59 y 0,70 kg/ternero/día). En lo que respecta a la ganancia diaria por época se encontró que siempre fue mayor la ganancia de peso en el sistema de alimentación de B +P + SA + C, seguido del sistema B + P y por último el sistema B + L (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ganancia diaria de peso por época y total, carga animal y tipo de alimentación de las fincas en monitoreo

Variable	B+L ₁	B+P ₂	B+P+SA+C ₃
Carga animal (ha)	1,80	1,31	2,42
Seca			
Ganancia diaria (kg/ternero)	0,49	0,44	0,71
Lluvia			
Ganancia diaria (kg/ternero)	0,69	0,96	1,23
Total			
Ganancia diaria (kg/ternero)	0,59	0,70	1,06

₁ Finca Nelson *Brachiaria* en asocio con *Leucaena* en pastoreo; ₂ de Don Jaime Hidalgo, terneros Brahman-Pardo (pastoreo con *Brachiaria* en monocultivo más 3 ± 1 kg de Pollinaza diario/ternero); ₃ Finca de Don Freddy Rojas, terneros Brahman-Pardo (pastoreo con *Brachiaria* y pasto Estrella en monocultivo más 4 ± 1,5 kg de Pollinaza + Semolina de arroz y 3 ± 1kg de caña).

4.4.4 Disponibilidad y calidad de *Brachiaria* en asocio y en monocultivo

Los resultados del ANDEVA para la disponibilidad nos mostraron que no existieron diferencias significativas ($\alpha=0,05$) en las diferentes épocas del ensayo ($p=0,4240$) sin

importar el tratamiento, sin embargo a pesar de que no existieron diferencias significativas, existió una mayor disponibilidad en la época de lluvia comparado a la época de seca (3.545,39 kg *versus* 3.158,93 kg, respectivamente). En lo que respecta a los tratamientos, se encontró que si existieron diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre estos ($p=0,0493$), presentándose una diferencia de 1.120,12 kg/ha⁻¹ entre los potreros de Brachiaria en asocio y en monocultivo (Cuadro 8 y Figura 7).

Para el contenido de MS se encontró que existieron diferencias significativas entre épocas ($p=0,0036$), siendo mayor el contenido para la época de seca que para la lluvia (37,15% *versus* 24,23%, respectivamente). Con lo que respecta al contenido de MS entre los tratamientos Brachiaria en asocio con Leucaena y Brachiaria en monocultivo, no se encontraron diferencias significativas entre estos ($p=0,2938$), a pesar que no existió diferencias significativas en el contenido, se presentó una diferencia de 4,99% (unidades porcentuales) entre el pasto Brachiaria en asocio y el monocultivo (Cuadro 8 y Figura 8).

El contenido de PC entre Brachiaria en asocio y monocultivo fue diferente significativamente ($p=0,0001$), encontrándose una diferencia de 2,31 % (unidades porcentuales) entre el Brachiaria en asocio y el monocultivo, se encontró que para las épocas también existieron diferencias significativas ($p=0,0001$), presentándose un diferencia de 1,29 % (unidades porcentuales), siendo superior la época de lluvia que la seca (Cuadro 8 y Figura 9).

En lo que respecta a la DIVMS del pasto en época de seca y lluvia, se encontró que no existieron diferencias significativas ($p=0,3754$) sin importar el tratamiento, sin embargo se encontró que para la época de lluvia la digestibilidad presentó un diferencia de 0,74 % (unidades porcentuales) comparado a la seca. Dentro de los tratamientos se encontró que tampoco existieron diferencias significativas para la época de lluvia y época de seca ($p=0,2576$ y $p=0,2171$ respectivamente, Figura 10).

Cuadro 8. Disponibilidad y calidad del pasto *Brachiaria* en asocio y en monocultivo

Variable	Brachiaria + Leucaena	Brachiaria + Pollinaza	Valor de p
Seca			
Disp. de MS (kg/ha ⁻¹)	3.669,22 a*	2.728,28 a	0,1676
PC	11,63 a	9,73 b	0,0009
MS	39,76 a	34,36 a	0,5102
DIVMS	54,38 a	55,60 a	0,2171
Lluvia			
Disp. de MS (kg/ha ⁻¹)	4.164,27 a	2.769,65 a	0,0682
PC	13,17 a	10,23 b	0,0001
MS	26,58 a	22,23 b	0,0077
DIVMS	55,92 a	53,82 a	0,2576

* Promedios con letra diferente en la misma fila, difieren estadísticamente, según Prueba de Fisher ($\alpha=0,05$).

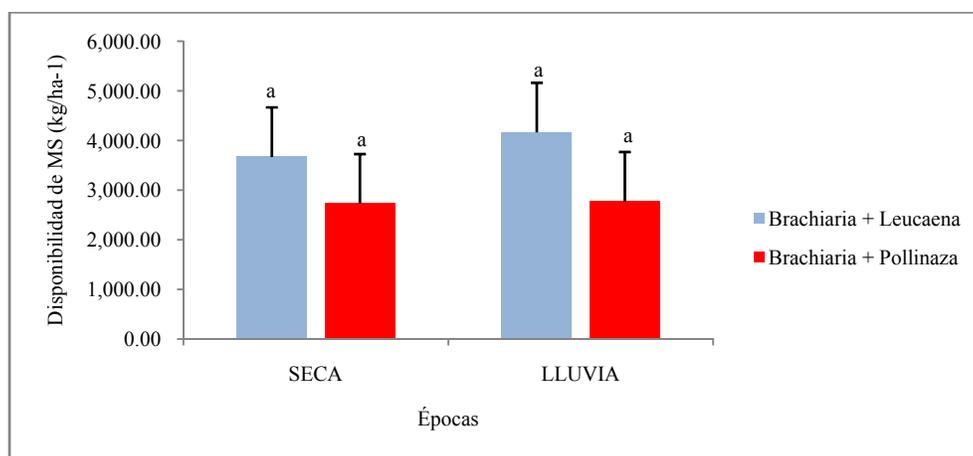


Figura 7. Disponibilidad de MS (kg/ha⁻¹) del pasto *Brachiaria* (monocultivo y asocio).

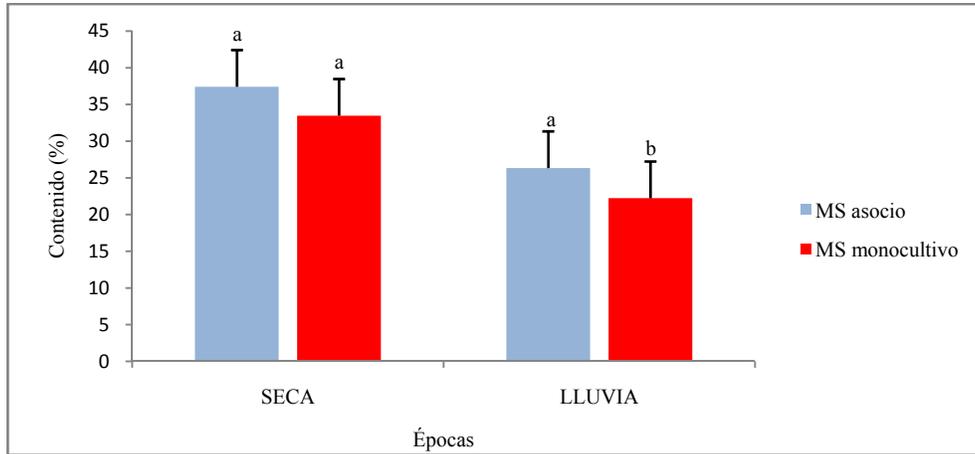


Figura 8. Contenido de MS en el pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).

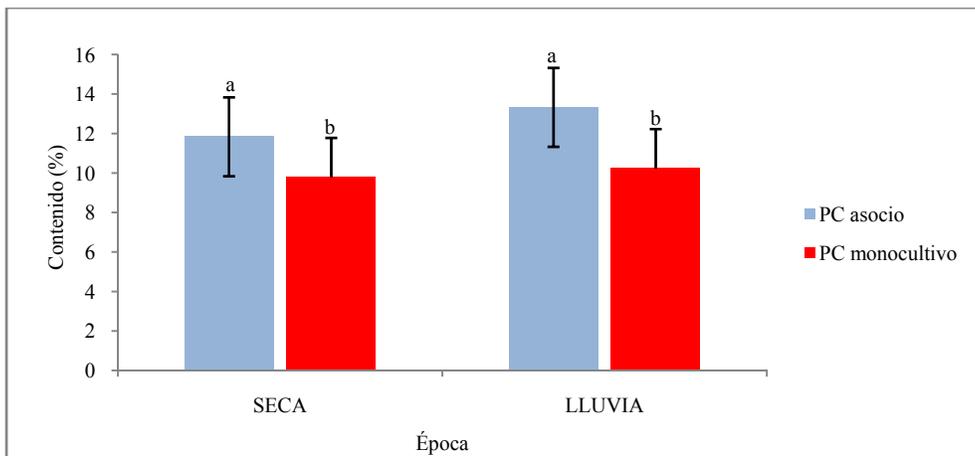


Figura 9. Contenido de PC en el pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).

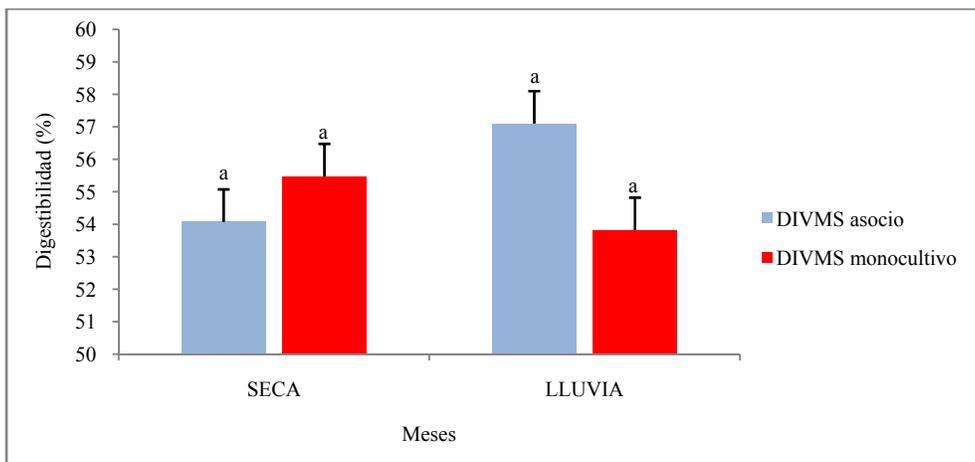


Figura 10. Digestibilidad del pasto Brachiaria (monocultivo y asocio).

4.4.5 Disponibilidad y calidad de la *Leucaena*

La disponibilidad de *Leucaena* entre época seca y lluvia no presentó diferencias significativas ($p=0,6942$), mas sin embargo es importante mencionar que en la época de seca existió una mayor disponibilidad de *Leucaena* que para la época de lluvia. En el contenido de MS se encontró que si existieron diferencias significativas ($p=0,0049$) entre la época de seca y lluvia, siendo mayor el contenido para la época de seca (Cuadro 9).

En lo que respecta al contenido de PC y DIVMS los resultados del ANDEVA mostraron que no existieron diferencias significativas entre las épocas ($p=0,1838$ y $p=0,1002$ respectivamente). A pesar de que no existieron diferencias significativas entre épocas, se encontró que tanto el contenido de PC y DIVMS fue mayor para la época de lluvia que para la época de seca (Cuadro 9).

Para el contenido de Taninos y Mimosina en las diferentes épocas del año, se encontró que para el Tanino si existieron diferencias significativas ($0,0001$), presentando un mayor contenido para la época de lluvia que para la seca. La presencia de Mimosina no presentó diferencias significativas entre las épocas ($p=0,5037$), aunque es importante mencionar que existió una diferencia de $0,17\%$ (unidades porcentuales) entre la época de lluvia y seca (Cuadro 9).

Cuadro 9. Disponibilidad y calidad de Leucaena

Variable	Seca	Lluvia	Valor de p
Disponibilidad (kg/ha-1)	267,22 a*	194,33 a	0,6942
MS (%)	42,57 a	30,26 b	0,0049
PC (%)	24,66 a	25,31 a	0,1838
DIVMS (%)	57,88 a	60,43 a	0,1002
Taninos	1,53 a	2,26 b	0,0001
Mimosina	5,33 a	5,50 a	0,5037

* Promedios con letra diferente en la misma fila, difieren estadísticamente, según Prueba de Fisher ($\alpha=0,05$).

4.4.6 *Análisis financiero*

El sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena fue establecido de manera directa, primero se preparo la tierra, para posteriormente sembrar de manera directa (semilla) la Leucaena, esta se dejo casi un año en monocultivo en el terreno para que creciera de la mejor manera sin tener problemas de competencia por los nutrientes, después se estableció la pastura también por siembra directa, en el establecimiento de la Leucaena y el pasto de utilizo fertilizante 40 kg con el objetivo de ayudar el establecimiento y desarrollo de las plantas. El arreglo espacial fue de hileras dobles de Leucaena (1 m entre hileras y 0,5 m entre plantas) dejando callejones con un ancho de tres metros entre las hileras dobles de Leucaena donde fue establecido el pasto Brachiaria. Al terreno se le aplicó herbicida glifosato y 2-4-D para el control de las malezas. Se realizó un corte de uniformización al inicio del ensayo a la altura de un metro para facilitar el alcance de los terneros para ramonear.

Los costos de establecimiento del banco forrajero de Leucaena en pastoreo fue de US\$ 1.183,7 lo cual corresponden el 19,56% a la mano de obra y el 80,44 a los insumos, para el caso del establecimiento de la Brachiaria en monocultivo el costo fue de US\$ 1.025,8 lo cual el 13,55% es de mano obra y 86,45 a los insumos (Cuadro 10 y 11).

Cuadro 10. Costos de mano de obra e insumos del establecimiento del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo por hectárea

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (US\$)	Total (US\$)
Herbicida Leucaena	Jornal	1	7,70 *	7,70
Herbicida Brachiaria	Jornal	1	7,70	7,70
Siembra Leucaena	Jornal	10	7,70	46,30
Siembra Brachiaria	Jornal	6	7,70	77,00
Fertilización Leucaena	Jornal	1	7,70	7,70
Fertilización Brachiaria	Jornal	1	7,70	7,70
Hechura de cerca muerta	Jornal	10	7,70	77,00

Sub-total (Mano de obra)				231,60
Semilla Leucaena	Kilogramos	1.500	0,019	28,96
Semilla Brachiaria	Kilo	4	22,5	90,00
Fertilizante Leucaena	Kilo	45	0,46	20,85
Fertilizante Brachiaria	Kilo	90	0,40	36,00
Herbicida Leucaena	Litro	1	15,44	15,44
Herbicida Brachiaria	Litro	1	13,40	13,40
Alambre de púas	Metros	500	0,9	482,00
Postes	Piezas	100	0,48	48,30
Grapas	Kilo	1	2,90	2,90
Alambre galvanizado	Kilo	58	1,32	76,59
Pulsador eléctrico	Pieza	1	137,07	137,07
Sub-total (Insumos)				952,00
TOTAL				1.183,7 *

* Tasa de cambio: US\$ 1= 500 colones. Datos tomados de la base de datos del proyecto

GEF-CATIE-Banco Mundial.

Los costos de manejo anual del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo y costos de los terneros corresponden a US\$ 181,46, de los cuales el 72,34% pertenecen a costos de mano de obra y el 27,66% para los insumos. Para el caso de los gastos de manejo anual del pasto Brachiaria en monocultivo y manejo de los terneros corresponde a US\$ 321,64, lo cual el 48% son costos de mano de obra y el 52% es de insumos.

Cuadro 11. Costos de mano de obra, insumos del establecimiento y manejo de los terneros del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza por hectárea

Indicadores	Brachiaria + Leucaena	Brachiaria + Pollinaza
Establecimiento (Jornales)		
Brachiaria	139,00*	139,00
Leucaena	92,7	0,00
Insumos Brachiaria	886,8**	886,8
Insumos Leucaena	65,25	0,00
Manejo animales (Jornales)	46,33	115,83
Suplementación	0,00	76,65
Insumos veterinarios	50,19	50,19

* Tasa de cambio US\$ 1= 500 colones. ** Costos de hechura de cerca periférica, cerca eléctrica.

De acuerdo a los resultados del análisis financiero, encontramos que la implementación de sistemas silvopastoriles de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo bajo los supuestos de producción utilizados en el modelo a 12 años podemos decir que son una opción viable tanto en productividad animal como económica comparada a los sistemas tradicionales de engorda de terneros (Brachiaria en monocultivo más Pollinaza) pues nos arroja una VAN incremental positivo de US\$ 479,18 y una tasa interna de retorno del 33% (Cuadro 12).

Cuadro 12. Gastos e ingresos para el modelo del sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo y Brachiaria en monocultivo más Pollinaza

Indicadores	Brachiaria + Leucaena	+ Brachiaria + Pollinaza
Costo de establecimiento	952,07 *	886,80
Mano de obra para establecimiento	231,60	139,00

Mano de obra mantenimiento	131,27	154,42
Insumos veterinarios	50,19	50,19
Insumos suplementación	0,00	117,63
Ingresos por venta de toretes en pie	368,45	256,64

* US\$ 1= 500 colones.

4.4.6.1 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad para el modelo del sistema silvopastoril Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo *versus* Brachiaria en monocultivo más Pollinaza muestra que a pesar que el precio de la Pollinaza tenga un aumento o una disminución en el precio, este no es sensible a esta variación en el precio, lo cual indica que todavía sigue siendo rentable el pastoreo de los terneros en el banco forrajero de Leucaena (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de sensibilidad sobre el precio de la Pollinaza

Porcentaje (%)	VAN	TIR (%)
+ 10	494,39	34
+ 15	521,01	35
+ 20	547,63	37
- 10	381,93	29
- 15	361,31	27
- 20	334,70	26

En lo que respecta al análisis de sensibilidad sobre la mano de obra, se encontró que a pesar que el precio de la MO aumentara un 10, 15 o 20%, la rentabilidad del sistema silvopastoril fue siempre mayor que para el sistema tradicional. Se encontró también que a manera que iba disminuyendo el precio del Jornal, los costos de MS iban disminuyendo, haciendo así un incremento en la rentabilidad (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis de sensibilidad de costo de Mano de obra

Porcentaje (%)	VAN (US\$)	TIR (%)
+ 10	463,03	31
+ 15	414,47	30
+ 20	392,91	29
- 10	522,28	35
- 15	543,84	36
- 20	565,40	37

5 DISCUSIÓN

La mayor ganancia de peso por época y ganancia diaria, se encontró para la época de lluvia, esto se debe principalmente a la alta disponibilidad, al alto contenido de PC y a la DIVMS del pasto *Brachiaria* en esta época, y esto se ve reflejado en un mejor aprovechamiento del forraje por parte de los terneros y una mejor productividad animal. Resultados similares fueron encontrados por Castillo *et al.* (2002), los cuales indican que la ganancia diaria de peso en terneros alimentados en un sistema de *Leucaena* asociada con pasto Estrella más un suplemento energético-proteico, no fueron diferentes significativamente entre épocas, pero si existió un mejor aprovechamiento en la época de lluvia que para la época de seca, lo cual se atribuye a la alta disponibilidad del pasto Estrella en ambas épocas.

Obispo *et al.* (2001), indican que el proceso productivo de los rumiantes es altamente dependiente del consumo voluntario del forraje y su digestibilidad y que aunque exista una buena disponibilidad de éste, el consumo se ve limitado por su calidad (bajo contenido de proteína y alto contenido de componentes estructurales).

En lo que respecta a la diferencia de ganancia de peso por época y ganancia diaria entre tratamientos se pudo observar que no existió diferencias significativas entre los terneros *Leucaena* y *Pollinaza*, lo cual nos indica que el uso de *Leucaena* en asocio con pasto *Brachiaria* es un sistema viable para sustituir el uso de *Pollinaza* para la engorda de ganado bovino de carne, resultados similares fueron encontrados por Castillo *et al.* (2000), donde reportan que la ganancia diaria de peso fueron mayores para los terneros que estuvieron pastoreando en potreros con pastos naturales asociados con *Leucaena* (30 y 100% del área total) comparado a solo pastoreo en pastos en monocultivo (0,60, 0,53 *versus* 0,42 kg ternero⁻¹ día⁻¹, respectivamente).

Castillo *et al.* (2002), reportan también que en terneros que son pastoreados en pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) asociado al 100% con *Leucaena* tuvieron una ganancia de peso igual que los terneros que además de ser pastoreados en pasto Estrella asociado con

Leucaena recibieron un suplemento proteico-energético (0,78 *versus* 0,79 kg ternero⁻¹ día⁻¹).

En un experimento realizado por Queiroz *et al.* (2002), encontraron que los terneros Nelore que tenían acceso libre a bancos de proteína (*L. leucocephala*), tuvieron una ganancia diaria a lo largo del ensayo mejor que los terneros que solo consumieron pasto *Brachiaria* (0,53 *versus* 0,44 kg ternero⁻¹ día⁻¹). Este mismo autor encontró que la ganancia diaria de peso es mayor en época de lluvia que en época de seca, lo cual afirma los resultados encontrados en este experimento que al tener una mayor disponibilidad y calidad del pasto esto se ve reflejado en la productividad animal.

Diversas investigaciones han demostrado que el uso de Leucaena en otros rumiantes tanto en pastoreo como en suplemento proteico en corrales ha demostrado resultados beneficiosos en la ganancia de peso. De Combellas *et al.* (1999); Espinoza *et al.* (2001) y Medina y Sánchez (2006), encontraron que en ovinos suplementados con follaje de Leucaena tuvieron una mayor ganancia que los que no fueron suplementados (0,08, 0,11 y 0,04 *versus* 0,05, 0,07 y 0,02 kg cordero⁻¹ día⁻¹, respectivamente).

Como se puede observar la versatilidad en el uso de la Leucaena ha permitido que se use como base en la alimentación del bovino o como una suplementación proteica para mejorar la productividad animal, Hulman *et al.* (1978), mencionan que la Leucaena puede ser una opción bastante viable para la sustitución de algunos concentrados para suplementar al ganado bovino de carne.

Es posible que los terneros Leucaena hubieran podido presentar una mejor ganancia de peso comparado a los Pollinaza, siempre y cuando el periodo de pastoreo entre apartado y apartado hubiera sido mayor y así evitar que el follaje de la Leucaena estuviera tierno y con altos los niveles de Mimosina, esto concuerda con lo mencionado por Álvarez *et al.* (1977), el cual encontraron que los terneros que eran solamente pastoreados con Leucaena con una edad de 30 días y con alta presencia de hojas tiernas estos presentaron una caída en la ganancia de peso a los 42 días después de iniciado el ensayo, presentando además

salivación excesiva, pérdida de apetito de *Leucaena* y pasto, lo cual se cree que fue provocado por la presencia de Mimosina en la follaje tierno de *Leucaena*.

Resultados similares fueron reportados por Razz *et al.* (1992) y Krishnamurthy y Mune (1983), donde encontraron que el contenido de Mimosina fue similar al encontrado en este ensayo (5,71 *versus* 5,33 y 5,50% respectivamente), mencionan también que el contenido de Mimosina esta relacionado con la edad de la planta, y la distribución del follaje en la planta, indican que entre mas corto sean los periodos de corte (35, 42 y 49 días) el contenido de mimosina es mayor (6,40, 4,96 y 5,77% respectivamente).

La presencia de Taninos en la *Leucaena* pudo ser también otro factor desencadenante para la disminución del consumo de *Leucaena* y por consecuente una baja ganancia de peso, McNeeill *et al.* (1998) mencionan que los altos contenidos de Taninos condensados pueden reducir dramáticamente la utilización de proteína en los rumiantes. Sin embargo los niveles bajos (<3-6% DM) puede ser una ventaja.

En lo que respecta a la disponibilidad de MS de *Leucaena* se encontró que no existieron diferencias significativas en cuanto a la disponibilidad entre seca y lluvia (267,22 y 194,33 kg ha⁻¹ respectivamente). Sin embargo se encontró una mayor disponibilidad para la época de seca que lluvia, cosa contraria a lo encontrado por Martinez *et al.* 1990, Francisco *et al.* 1998, Hernández *et al.* 2000y Sánchez *et al.* 2005, los cuales mencionan que la época de lluvia es la que se encuentra una mayor productividad y no para la época seca (758,80 ±209,56 kg *versus* 615,52 ±228,84 kg ha⁻¹ respectivamente), indican también que la precipitación, los niveles de evaporación, la edad de la planta entre corte y corte y la altura de corte son factores muy importantes para la disponibilidad de follaje, menciona que entre mas largos sean los periodos de corte va existir mayor disponibilidad.

El mayor porcentaje de MS de la *Leucaena* se encontró para la época de seca y no para la época de lluvia, esto es debido a que en la época seca es cuando la mayoría de los forrajes presentan menor contenido de agua por la baja presencia de lluvias. Contraria a lo que sucede en la época de lluvia, en la cual al incrementarse la precipitación aumenta la

parte de agua en los forrajes, resultados similares reportan Malini *et al.* (1989), Cáceres y González (1998) y Palma *et al.* (1999), donde indican que la mayor presencia de MS se da para la época seca y no para la lluvia.

Para el contenido de PC, se encontró que este no se vio afectado por los factores climatológicos, siendo muy similar el contenido para la época seca como para la lluvia (24,66 y 25,31% respectivamente), resultados similares fueron reportados por Torres *et al.* (2005), el cual encontró un promedio de 22,5% de PC en ambas épocas, aunque algunos autores como Ekpenyon (1986), Razz *et al.* (1992) y Faría (1996), mencionan que el estrés hídrico en la planta y la manera de ofrecer el forraje ocasiona que exista una variación entre las épocas (21,07 y 28,92% respectivamente).

En lo que respecta al contenido de Taninos, se encontró que si existió diferencias entre épocas, siendo la seca de lluvia la que presentó un mayor contenido comparado a la seca (2,26 y 1,53% respectivamente), cosa distinta a lo indicado por Akbar y Gupta (1984), el cual encontró un contenido de Taninos similar para ambas épocas ($1,23 \pm 0,32\%$).

En lo que respecta a la disponibilidad de pasto *Brachiaria* en monocultivo y en asocio, se encontró que existió una mayor disponibilidad en el sistema de *Brachiaria* en asocio que en monocultivo, también se encontró que existe un mayor contenido de MS, PC, DIVMS en el pasto *Brachiaria* asociado que en el monocultivo, resultados similares han sido reportados por diversos autores. Andrade *et al.* (2000), encontraron que la disponibilidad de pasturas (*B. brizantha*, *B. decumbens* y *Panicum máximum*) no se ve alterado la disponibilidad y contenido de PC cuando se encuentra en asocio con árboles (*Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta*)

En lo que respecta a las diferencias de MS, PC y DIVMS entre épocas se encontró que si existieron diferencias entre épocas en el contenido de MS, PC y DIVMS. Para la el caso de MS, se encontró que existió un mayor contenido en la época de seca que para la lluvia, para el caso del contenido de PC, DIVMS este fue mayor para la época de lluvia que para la época de seca. Resultados similares fueron encontrados por Cuadrado *et al.* (2004),

el cual reportan que la época de lluvia es la que presenta un mayor contenido de PC comparado a la seca ($2.831,50 \pm 703,17$ versus $1.061,00 \pm 297,53$ kg MS ha⁻¹ para disponibilidad y $12,30 \pm 2,14\%$ versus $8,98 \pm 0,52\%$ para PC).

Una de las ventajas de sembrar leguminosas en asocio con gramíneas, es que estas leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, lo cual disminuye el uso de insumos externos, optimiza la sostenibilidad del sistema, haciendo que exista una mayor productividad sobre el cultivo asociado, mejora el aprovechamiento de la energía solar, y mejoran el comportamiento animal (Carvalho 1997 e Ibrahim 1997, Betancourt *et al.* 2003 y Simón *et al.* 2005). Resultados similares encontraron Camacaro *et al.* (2004), los cuales indican que es posible alcanzar 200 kg N/ha con el uso de estas leguminosas (*L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbek*).

En lo que respecta a la parte de la rentabilidad, se encontró que existió una mayor rentabilidad en el sistema silvopastoril de Brachiaria en asocio con Leucaena en pastoreo que el sistema de Brachiaria en monocultivo más Pollinaza, resultados similares fueron reportados por Macedo y Palma (1998), en el cual reportan que el uso del banco forrajero de Leucaena incremento la producción de leche de 1 a 2,5 kg/vaca y por ende existió una mayor utilidad del 25, 30 y 90% propiciada por la disminución en el costo total de la suplementación. Igualmente, Cino *et al.* (2006), reportaron que el uso de los bancos forrajeros de Leucaena tienen una rentabilidad económica superior del 50% comparado a los sistemas tradicionales de pastoreo y que es una alternativa para sustituir el uso de insumos externos para la suplementación (Sánchez 2007).

Gallo y López (1990), encontraron que al realizar un análisis financiero se observó que con el uso de concentrado como suplemento desde el punto de vista de costos y retribuciones este tipo de suplemento no es el más recomendable, lo cual hace mención que el uso de Leucaena es un buen sustituto de los concentrados debido a la alta calidad de este alimento y que además es mucho más rentable.

Realmente es importante mencionar que el uso de los sistemas silvopastoriles no solo tienen un beneficio en la productividad animal y por ende un beneficio en la economía del productor, sino que también existen una serie de externalidades positivas que se obtienen con el uso de estos sistemas tales como: la producción de madera, fijación de nitrógeno, secuestro de carbono, diversificación en las fincas, contribución a la biodiversidad como conectores entre parches de bosques, mejora en la calidad del suelo (macro y microfauna), mejorar el balance de gases con efecto invernadero, lo cual hace que exista una mayor diversificación en la finca, comparado con las fincas con sistemas tradicionales que sólo se orientan a productos animales (Alonzo *et al.* 2001, Casasola *et al.* 2001, Sánchez y Crespo 2004)

Es importante mencionar también que la producción animal tiene una gran importancia sobre la emisión de gases con efecto invernadero. Mora (2001), encontró que en los sistemas de producción lecheros con árboles dispersos en potreros (100 y 63 árboles por hectárea) se puede llegar a tener un balance positivo en los gases con efecto invernadero ($3,44 \text{ tC}_E/\text{ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$ y $1,28 \text{ tC}_E/\text{ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$) mientras que con los sistemas de pasto en monocultivo el balance de gases arroja un valor negativo ($0,54 \text{ tC}_E/\text{ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$).

Por último es importante mencionar que la implementación y adopción de los sistemas silvopastoriles es muy diferente en cada zona, región o país, pues los diferentes escenarios hace que en algunos tengan ciertas limitaciones que otros lugares no lo presentan, haciendo que sea muy difícil su adopción de estos sistemas, Alonzo *et al.* (2001), mencionan que las principales limitaciones para la adopción de los sistemas silvopastoriles son: el riesgo, falta de capital, incertidumbre en los mercados y la pobre base genética de los animales.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados encontrados en la ganancia de peso entre los terneros que fueron pastoreados en Brachiaria asociado con Leucaena comparado a los terneros pastoreados en Brachiaria en monocultivo mas una suplementación de Pollinaza, podemos decir que el uso de Leucaena es una alternativa bastante viable para la disminución y porque no la sustitución de insumos externos para la suplementación animal (Pollinaza y/o concentrados), teniendo no solo beneficios en la productividad animal, sino también en la sostenibilidad del sistema, del ambiente y como producto final, el beneficio económico en el productor.

Posiblemente los terneros Leucaena pudieron haber tenido una mayor ganancia de peso comparada a los terneros Pollinaza, siempre y cuando estos hubieran tenido una mayor disponibilidad de MS de Leucaena en ambas épocas, los periodos de pastoreo hubieran sido mayores para así evitar los altos contenidos de Mimosina en el follaje de Leucaena.

Los cortos periodos de pastoreo entre apartado y apartado hacen que el follaje de la Leucaena este demasiado tierno trayendo consigo un mayor contenido de Mimosina en este follaje y dando como resultado final una intoxicación subclínica o clínica en el animal.

Debido a que no se presento diferencias entre la disponibilidad de pasto Brachiaria entre Brachiaria en asocio con Leucaena y Brachiaria en monocultivo y que además mejoro la calidad de esta gramínea, podemos concluir que el establecer Leucaena en asocio con gramíneas es una alternativa para mejorar la calidad y disponibilidad de la gramínea, aumentar la sostenibilidad del sistema y disminuir el uso del insumos externos para su manutención del sistema.

Por su alta calidad y disponibilidad de Leucaena en época de seca podemos decir que el uso de follaje de Leucaena es una alternativa para contrarrestar el problema de la baja productividad animal en las épocas de seca debido a la baja calidad y disponibilidad de los pastos.

Es importante mencionar que el uso de *Leucaena* en sistemas ganaderos no solo tiene beneficios en la productividad animal, sino que también se presentan múltiples beneficios indirectos como es el reciclaje de nutrientes, contribución a la biodiversidad, fijación de carbono, nitrógeno y mejora la calidad del suelo aumentando la sostenibilidad del sistema y ambiental.

Bajo los supuestos en que se hicieron los modelos; Sistema silvopastoril de *Brachiaria* en asocio con *Leucaena* en pastoreo comparado a *Brachiaria* en monocultivo más Pollinaza, podemos decir que existe una mayor rentabilidad con el uso de los sistemas silvopastoriles con *Leucaena*. Se encontró que en los modelos de sensibilidad en el precio de Pollinaza siempre existió una mayor rentabilidad en los Bancos Forrajeros comparado al uso de Pollinaza.

7 BIBLIOGRAFIA

- Abarca, S. 1997. Ganadería de carne amiga del ambiente y los bosques: una alternativa de producción sostenible. *Agronomía Costarricense* 21(2):285-297.
- Alonzo, YM; Ibrahim, M; Gómez, M; Prins, K. 2001. Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. *Agroforestería en las Américas* 8(30):24-27.
- Álvarez, FJ; Wilson, A; Preston, TR. 1977. *Leucaena leucocephala* como fuente combinada de proteína y forraje para becerros en dieta de miel/urea. *Producción Animal Tropical* 2(3):297-300.
- Andrade, JH; Ibrahim, M; Jiménez, F; Finegan, B; Kass, D. 2000. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. *Agroforestería en las Américas* 7(26):50-52.
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Harvey AC; Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):47-51.
- Brown, ML. 1981. Presupuestos de fincas: Del análisis del ingreso de la finca al análisis de proyectos avícolas. Madrid, E. Editorial TECNOS, S.A 142 p.
- Camacaro, S; Garrido, JC; Machado, W. 2004. Fijación de nitrógeno por *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebeck* y su transferencia a las gramíneas asociadas. *Zootecnia Tropical* 22(1):49-69.
- Camero, AR. 1996. El desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. *In Seminario Internacional: Sistemas Silvopastoriles: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva (1996, Valledupar, Neiva y Villavicencio, C) Memoria. Turrialba, CR. 15: 30.*
- Carvalho, MM. 1997. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. *Agroforestería en las Américas* 4(15):5-8.
- Cardona, MC; Suárez, SV. 1996. La *Leucaena leucocephala*: en bancos de proteína y asociada con gramíneas. *In Seminario Internacional: Sistemas Silvopastoriles: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva (1996, Valledupar, Neiva y Villavicencio, C) Memoria. Turrialba, CR. 59:72.*

- Casasola, F; Ibrahim, M; Harvey, C; Kleinn, C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(30):17-20.
- Castillo, E; Ruíz, TE; Elías, A; Febles, G; Galindo, J; Chongo, B; Hernández, JL. 2002. Efecto de la inclusión de un suplemento proteico-energético en el comportamiento de machos bovinos que consumen leucaena asociada con pasto estrella. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36(1): 51-55.
- Castillo, E; Ruíz, F; Crespo, G; Galindo, J; Chongo, B; Hernández, JL. 2000. Efecto de la inclusión de Leucaena en el 100% del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 34:309-313.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1991. *Leucaena (Leucaena leucocephala): especies de árbol de uso múltiple en América Central*. CATIE. Turrialba, CR. 52 P. (Colección de Guías Silviculturales).
- Cino, MD; Castillo, E; Hernández, J. 2006. Alternativas de ceba vacuna en sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala*. Indicadores económicos y financieros. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40(1):25-29.
- Cuadrado, CH; Torregroza, L; Jiménez MN. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. *MVZ-Córdoba* 9(2): 438-443.
- De Combellas, J; Ríos, L; Osea, A; Rojas, J. 1999. Efecto de la suplementación con follaje de leguminosas sobre la ganancia en peso de corderas recibiendo una dieta basal de pasto de corte. *Revista Facultad Agronomía* 16:211-216.
- Ekpenyong, TE. 1986. Nutrient and amino acid composition of *Leucaena leucocephala* (LAM.) de Wit. *Animal Feed Science and Technology* 15(3):183-187.
- Espinoza, F; Araque, C; León, L; Quintana, H; Perdomo, E. 2001. Efecto del banco de proteína sobre la utilización del pasto Estrella (*Cynodon lemfuensis*) en pastoreo con ovinos. *Zootecnia Tropical* 19(19, Supl.1):307-318.
- Faría-Mármol, J; Morillo, DE. 1997. *Leucaena; cultivo y utilización en la ganadería tropical*. Maracaibo, V. CORPOZULIA-FONAIAP-LUZ (CORFONLUZ). 152 p.
- Francisco, G; Simón, L; Soca, M.1998. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* CV. CNIA-250, *Pastos y Forrajes* 21:237-343.

- Gallo, CA; López, AR. 1990. Evaluación económica del suministro de *Leucaena leucocephala* como suplemento alimenticio de vacas lecheras en pastoreo. *Cenicafé* 41(4):103-113.
- Hernández, I; Benavides, EJ; Pérez, E; Simón, L. 2000. Efecto de podas combinadas en la producción de biomasa de *Leucaena leucocephala* durante el periodo seco en Cuba. *Pastos y Forrajes* 23(39):39-45.
- Holguín, VA; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Turrialba, CR. INPASA. 23 p. (Serie Cuaderno de Campo).
- Hulman, B; Owen, E; Preston, TR. (1978). Comparación de la *Leucaena leucocephala* y la Torta de Maní como fuente de proteína para el ganado alimentado ad libitum con dietas de melaza y urea en Mauricio. *Producción Animal Tropical* 3(1):1-8.
- Ibrahim, M; Botero, J; Camero, A. 1997. Pastura en Callejones. *Agroforestería en las Américas* 4(15):23-25.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Krishnamurthy, K and Mune Gowda, MK. 1983. Mimosine concentrations in leucaena cultivars. *Leucaena; Research Reports* 4:27-28.
- Lamela, L; Castillo, E; Iglesias, J; Pérez, A. 2005. Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. *Pasto y Forrajes* 28(1):47-57.
- Macedo, R; Palma, JM. 1998. Evaluación productiva y económica del manejo de bancos de proteína *Leucaena leucocephala* en Colima, México. *Revista Facultad Agronómica* 15:460-471.
- Malini, BP; Vaidehi, MP; Mune Gowda, MK. 1989. Chemical composition of *Leucaena* species. *Leucaena; Research Reports* 10: 33.
- Martinez, M; Tergas, LE; Méndez-Cruz, AV. 1990. Producción de forraje y valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* en la región semiárida del Sur de Puerto Rico. *Pasturas Tropicales* 12(3):25-28.
- McNeill, DM; Osborne, N; Komolong, MK; Nankervis, D. 1998. Condensed Tannins in the genus *Leucaena* and their nutritional significance for ruminants.

- Medina, R; Sánchez, A. 2006. Efecto de la suplementación con follaje de *Leucaena leucocephala* sobre la ganancia de peso en ovinos desparasitados y no desparasitados contra estrongílicos digestivos. *Zootecnia Tropical* 24(1):55-68.
- Mora, CV. 2001. Fijación, emisión y balance de gases con efecto invernadero en pasturas en monocultivo y en sistemas silvopastoriles de fincas lecheras intensivas de las zonas altas de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 92 p.
- Obispo, NE; Pares, P; Hidalgo, C; Palma, J; Godoy, S. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne suplementados con fuentes proteicas. *Zootecnia Tropical* 19(3):423-442.
- Queiroz, MM; João, LA; Roberto, LP. Recria de bovinos nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Desempenho animal. *Revista Brasileira de Zootecnia (LUZ)* 16:211-216.
- Razz, R; González, R; Faría, J; Esparza, D; Faría, N. 1992. Efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación sobre el valor nutritivo de la *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit.
- Reyes, HM. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque.
- Reed, DJ; Horvath, JP; Allen, SM; Van Soest, JP. 1985. Gravimetric Determination of soluble Phenolics Including Tannins from leaves by precipitation with Trivalent Ytterbium. *Journal Science Food Agric.* 36:255.261.
- Sánchez, S; Crespo, G. 2004. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas puras o intercaladas con *Leucaena*. *Pasto y Forrajes* 27(4):347-353.
- Sánchez, A; Romero, C; Araque, 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 Tropical* 23(1):39-47.
- Sánchez, SLY. 2007. Caracterización de la mano de obra en fincas ganaderas y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 98 p.

- Simón, L; Hernández, M; Reyes, F; Sánchez, S. 2005. Efecto de las leguminosas arbóreas en el suelo y en la productividad de los cultivos acompañantes. *Pasto y Forrajes* 28(1):29-45.
- Steel, RGD; Torrie, JH. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2 ed. México, DF. McGraw-Hill. 622 p.
- Tobías, C; Vargas, E; Rojas, A; Soto; H. 2001. Uso de excretas de pollos de engorde (Pollinaza) en la alimentación animal. III. Rendimiento productivo de toretes de engorde. *Agronomía Costarricense* 25(2):35-43.
- Torres, AR; Chacón, E; Armas, S; Espinoza, F. 2005. Efecto de los patrones de siembra sobre la producción de proteína cruda en bancos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Zootecnia Tropical* 23(1): 27-38.

8 ARTÍCULO II

Suplementación estratégica con *Leucaena leucocephala* en terneros en lactancia para mejorar el peso al destete en sistemas de producción de doble propósito en el Pacífico Central de Costa Rica.

8.1 *INTRODUCCIÓN*

Las pobres ganancias de peso y los altos índices de mortalidad han hecho que en las ganaderías de carne y leche, la crianza de becerros en lactancia hasta el destete sea un problema, esto debido a que bajo estos sistemas de manejos se restringe la cantidad de leche que el becerro recibe de la madre debido que permanece separado de ella durante la mayor parte del día, con el objetivo de aumentar la cantidad de leche vendible (Saucedo *et al.* 1981). Esto ha ocasionado que en las ganaderías se den sustitutos y/o suplementos para suplir el déficit de proteína y energía que los animales tienen al no ingerir la cantidad suficiente de leche y a la baja calidad de forraje (Garzón *et al.* 2007).

Los mejores reemplazantes lácteos son aquellos en que la fuente de proteína es la leche desnatada en polvo, obtenida por un buen sistema de fabricación que no emplee temperaturas demasiado elevadas. Sin embargo, razones económicas obligan a utilizar otras fuentes proteicas, tales como el suero, harinas de pescado o proteínas de origen vegetal, como la soja. Debe cuidarse en estos casos la composición final en aminoácidos (Garzón *et al.* 2007).

El uso del follaje de los árboles para obtener proteína de origen vegetal ha sido utilizado por los productores ganaderos de todos los continentes y durante miles de años. El uso directo más palpable de los árboles, específicamente las leguminosas en la ganadería tropical, es sin duda la producción de forraje, cuya principal ventaja reside en el mayor contenido de proteína del follaje y de los frutos, especialmente en los períodos de escasez de alimento. En este sentido, el uso de leguminosas arbóreas con alto potencial productivo y elevado valor nutritivo, se presenta como una solución económicamente viable y

socialmente aceptada para incrementar la productividad animal en las regiones tropicales (Clavero 1996).

La incorporación de leguminosas arbóreas en forma de banco o asociada con las gramíneas incrementa la producción animal (leche y carne), estudios realizados muestran que en vacas lecheras la producción de leche se ha incrementado aproximadamente 2 kg/vaca/día al tener acceso a estos bancos de proteína. Con lo que respecta a la producción de carne, se encontraron también que animales suplementados con follajes de árboles y arbustivas la eficiencia en la tasa de crecimiento fue 100 y 61 g/día mayor que los animales que no fueron suplementados. Los trabajos de investigación se han llevado a cabo tanto en nivel de finca para confirmar la magnitud del efecto de las arbóreas sobre parámetros productivos específicas de cada región, como a nivel de Centro de Investigación para identificar las variables que están mejor asociadas con la respuesta encontrada (Uribe 1998).

La *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) es una leguminosa de porte arbustivo, originaria de la América Tropical desde el sur de México (Península de Yucatán) hasta Nicaragua, pertenece a la familia Leguminosae y a la subfamilia Mimosoidea (Cardona y Suárez 1996). En términos generales, la *Leucaena* es un árbol perenne que presenta una copa ligeramente abierta y rala, con muchas ramas finas cuando crece aislado (CATIE 1991). Es una especie que debido a diversas atribuciones como a su alto contenido de nutrientes de excelente calidad, alta producción de forraje, amplio rango de adaptación de tipos de suelos, excelente resistencia a época de seca y rápida capacidad de rebrote después del corte o pastoreo, ha sido utilizada para alimentación de bovinos en diversas situaciones (Faría-Mármol y Morillo 1997, Castillo *et al.* 2000).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación estratégica con *Leucaena* sobre la ganancia de peso de terneros en lactancia que tienen como dieta base pasto *Brizantha* (*Brachiaria brizantha*). La hipótesis planteada fue que el uso del follaje de *Leucaena* como suplemento incrementará la ganancia de peso de los

terneros en lactancia en comparación a los sistemas con uso de concentrados y aquellos que no reciben suplementación (solo potrero).

8.2 MATERIAL Y MÉTODOS

8.2.1 Localización del área de estudio

Esta investigación se realizó en la finca ROBAGO, propiedad del señor Roberto Badilla Barrantes, en San Rafael, ubicada en el Cantón de Esparza, provincia de Puntarenas, Costa Rica. El área de estudio se encuentra dentro de la zona de influencia del proyecto CATIE-GEF-Banco Mundial “Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas” localizada a los 10° 09’ de latitud norte y 84° 42’ de longitud oeste (Figura 11; CATIE *et al.* 2004). La zona abarca un área de aproximadamente 50 Km² (5000 ha) y se extiende en la zona de vida Bosque Sub Húmedo Tropical (BH-T) (Holdrige 1987), presenta una temperatura promedio de 27 °C y precipitación que varían entre 1.500 a 2.000 mm. Esparza es eminentemente agropecuaria, siendo la ganadería de carne y leche, los cultivos de caña de azúcar, arroz y frutales las actividades productivas más importantes (CATIE *et al.* 2004).

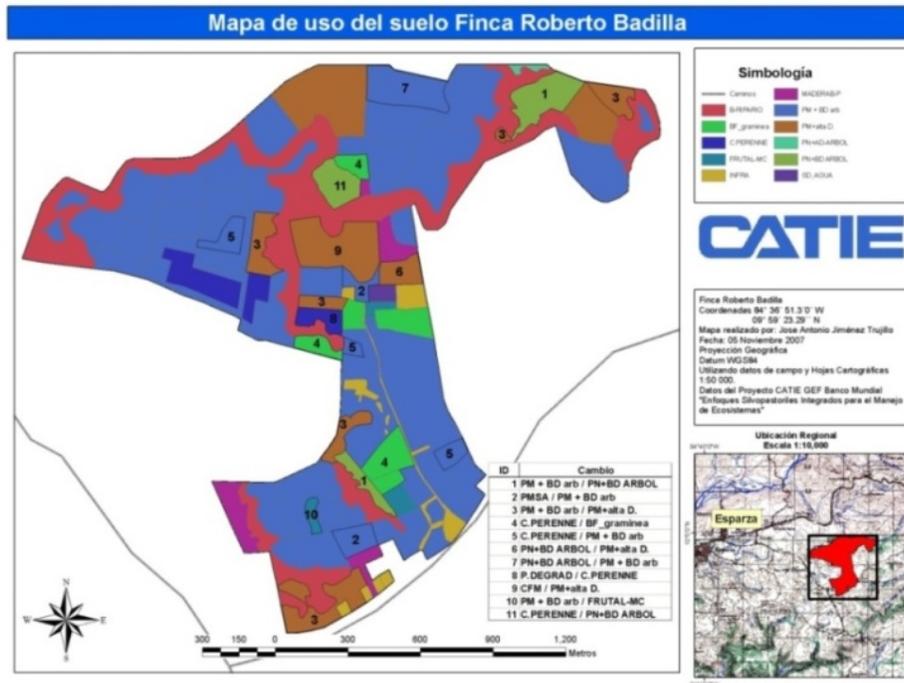


Figura 11. Ubicación de la finca de ROBAGO en San Rafael de Esparza, Puntarenas, Costa Rica.

8.2.2 *Materiales y equipos*

Los materiales empleados en la investigación fueron los 14 animales de la raza Pardo-Brahman y con un peso de 50 ± 10 kg. Fueron utilizados los reactivos para conocer la PC, la DIVMS, Taninos y Mimosina. Se utilizaron también cuadrantes de $0,25 \text{ m}^2$, hojas de papel blanco, lápices, bolsas de papel, bolsas de plástico, etc. Los equipos utilizados fueron los siguientes: horno secador, romanas (0,6 kg y 1.500 kg), machetes, martillos, tijeras y serrucho.

La finca ROBAGO, tiene una superficie de 237,80 hectáreas, de la cuales 143,13 son utilizadas para la actividad ganadera. El tipo de producción ganadero de la finca es un sistema de doble propósito, en el cual los terneros son restringidos a consumir únicamente la leche producida por un pezón y después son soltados a potreros, la demás leche es ordeñada de manera mecánica, esta ordeña se lleva a cabo una sola vez al día (4 a 8 am), posteriormente la leche es depositada en un termo, la cual es conservada a 7° C para luego ser enviada al centro de acopio. El promedio de producción láctea por vaca es de 7 kg de leche por día, el valor de la leche es de 160 colones por kilo (US\$ 0,30/kg). Los terneros al nacer se dejan con la vaca para que consuman el calostro (3 días), posteriormente solo consumen la producción de leche de un pezón, este mismo manejo es llevado a cabo hasta los 7 meses, edad en que los animales son destetados. Al ser destetados los terneros son llevados a potreros donde pastorean todo el día y reciben una suplementación de Pollinaza al libre acceso, estos terneros son engordados a un peso promedio de 450 kg (2 ½ años) y después son enviados a la Cooperativa Matadero Nacional Montecillos, R.L.

Para suplementar a los terneros Leucaena, se trabajo con un banco forrajero de Leucaena disponible en la finca, esta contaba con una superficie de 1,5 hectáreas, sembrada en surcos dobles, quedando un callejón de tres metros, el cual estaba sembrado de pasto Camerún (*Pennisetum. purpureum*). La Leucaena fue establecida de manera directa en el mes de julio del 2006 y para el mes de octubre se estableció el pasto Camerún. En el caso de los terneros Concentrado, se trabajo con alimento Concentrado tipo Desarrollo de Terneras-16 (Medicado), con una calidad de 16% de PC, 13% de humedad, Lasalócido

sódico (65 mg/kg) como ingrediente activo (mejorador de la eficiencia alimenticia) y con 3.250,00 Kcal/kg.

8.2.3 *Diseño experimental*

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones, en el cual los tratamientos fueron; Leucaena, Concentrado y Control y las repeticiones fueron los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio. Se utilizaron 14 terneros machos los cuales fueron de raza Pardo-Brahman con un peso de 50 ± 10 kg de peso vivo, con una edad promedio de 2 meses, con características fenotípicas homogéneas y con un buen estado nutricional, los cuales de manera aleatoria fueron distribuidos en los tres tratamientos, estos fueron enumerados y al azar se fue sacando cada número y colocando en cada tratamiento (Cuadro 15).

Al inicio del experimento se le dio a los terneros de los tres tratamientos un periodo de adaptación, esto con el objetivo de acostumbrarlos al manejo y a la suplementación, este proceso de adaptación fue de 15 días, posteriormente a este periodo se comenzó con las mediciones. Para poder suplementar a los terneros, estos fueron separados de los demás terneros después de consumir su leche y eran llevados a corrales para ahí recibir de manera grupal su respectivo suplemento, esta suplementación era ofrecida de 8 a 11 am durante 148 días (87 días para la época seca y 61 para lluvia).

Cuadro 15. Tratamientos para evaluar la ganancia de peso de terneros en lactancia.

Tratamiento	Descripción
T₁	*Leche + <i>Brachiaria brizantha</i> + <i>Leucaena leucocephala</i>
T₂	**Leche + <i>Brachiaria brizantha</i> + Concentrado al 16%
T₃	***Leche + <i>Brachiaria brizantha</i> (Control)

* 1 kg de MS de Leucaena para los 5 terneros. ** 1 kg de alimento concentrado/ 5 terneros.

*** Los terneros consumieron la leche de un pezón de la vaca.

8.2.4 *Análisis estadístico de las variables respuesta*

Para analizar los resultados encontrados en las variables de respuesta del animal (ganancia de peso total, ganancia diaria de peso y consumo de leche), se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para un modelo de medidas repetidas en el tiempo con estructura bifactorial con interacción, dada por la combinación del factor tratamiento con tres niveles (Leucaena, concentrado y control) y el factor mes con cinco niveles, para encontrar diferencias en ganancia de peso total, mensual y diaria. El modelo del análisis utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + M_j + TM_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} : Variable respuesta (ganancia de peso mensual, total y diaria)

μ : Media general

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento

M_j : Efecto del j -ésimo mes

TM_{ij} : Interacción entre tratamiento y mes

ε_{ij} : Término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

Debido a que los datos están correlacionados en el tiempo, se modeló la estructura de correlación usando proc mix de SAS. Se probaron 3 estructuras y la selección del mejor modelo se realizó a partir del criterio de Akaike y Bic (SAS 2006).

Para evaluar la calidad de la Leucaena se realizó un ANDEVA, con el objetivo para ver si había diferencias en la MS, PC, DIVMS, Taninos y Mimosina en el tiempo, lo mismo se hizo para el material ofrecido y rechazo, para ver si existían diferencias significativas en estos dos materiales. Debido a que el consumo de Leucaena se estimó de manera grupal y al no haber repeticiones no se pudo realizar ningún análisis estadístico y solo se realizaron gráficos para ver el comportamiento del consumo en el tiempo. Al no haber repeticiones en el tiempo para la disponibilidad y calidad de pasto se realizó únicamente un gráfico para conocer el comportamiento de la disponibilidad (kg/ha^{-1}), MS, PC y DIVMS en el tiempo.

8.2.5 *Manejo de los terneros*

Los terneros, al inicio del experimento fueron desparasitados interna y externamente, además tuvieron acceso *ad libitum* a sales minerales y agua durante todo el periodo del ensayo (148 días). Todos los terneros de los tres tratamientos fueron manejados de manera similar en cuanto al consumo de leche; el cual estuvo representado por el consumo de la producción de leche de un pezón de la ubre de la vaca que se dejó al ternero después del ordeño único que se lleva a cabo en la finca. Después de consumir la leche, los terneros Leucaena y Concentrado eran encerrados en grupo en corrales diferentes y se les proporcionaba sus respectivos suplementos, Leucaena para el T₁ y Concentrado para el T₂; estos terneros permanecían tres horas en los corrales, posteriormente eran soltados a los potreros con pasto *Brizantha* donde permanecían juntos con los terneros Control (T₃). Este tratamiento llegaba al potrero después de consumir la leche al igual que los demás terneros en lactancia de la finca.

El tratamiento Leucaena inicialmente, recibió dos kilos de follaje, luego se realizaron ajustes que consistió en ofrecer un 15% más sobre el consumo diario para permitirle oportunidad de selección y así poder estimar cuánto consumían los terneros, el ofrecimiento de Leucaena fue de manera grupal, pues de manera individual no hubo aceptación por parte de los terneros. Para el caso de los terneros Concentrado recibieron un kilo de MS de concentrado diario por grupo.

8.2.6 *Variables respuesta*

8.2.6.1 **Ganancia de peso**

Se estimó la ganancia de peso total, mensual y diaria de los terneros en lactancia, para la ganancia diaria se estuvieron realizando pesajes a los tres tratamientos cada 28 días, estos pesadas fueron a la misma hora (8 a.m.), después de consumir la leche y antes de entrar a consumir su respectivo suplemento. Estos pesajes se realizaron durante los meses de febrero a junio. Para conocer la ganancia diaria se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$GPD = \frac{PTA - PI}{Días}$$

donde:

GPD : Ganancia diaria de peso (kg)

PTA : Peso total del animal (kg)

PI : Peso inicial (kg)

Días : 28 días

Para estimar la ganancia de peso total se utilizó el peso inicial y el peso final de los terneros de los tres tratamientos y por medio de una resta la entre el peso final y el inicial se estimo la ganancia total.

8.2.6.2 Consumo de Leucaena

Para estimar el consumo diario del suplemento de los terneros de manera grupal, se realizo el pesaje de la cantidad de Leucaena ofrecida y rechazada, para posteriormente sacar la cantidad consumida restando la cantidad de leucaena rechazada de la cantidad ofrecida.

8.2.6.3 Consumo de leche

El consumo de leche por ternero y por mes se estimo realizando monitoreos en la cantidad de leche que producía el pezón dejado para consumo de los terneros. Este monitoreo se llevo a cabo dos veces por mes cada 15 días.

8.2.6.4 Disponibilidad de pasto

Para la evaluar la disponibilidad de biomasa en el pasto se utilizó un método destructivo recomendado por Gutiérrez (1996). El muestreo se realizo en los potreros donde estuvieron pastoreando los terneros, este muestreo se realizó un día antes que ingresaran al potrero. El muestreo se realizo en todos los meses (seca y lluvia). Con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m² se realizaron 60 muestreos. Estos muestreos se realizaron de manera zigzag tirando el cuadrante cada 10 pasos, esto para obtener un muestreo general de todo el

potrero. Después de tener las 60 muestras se paso a revolver todas las muestras y de ahí se saco una submuestra de 0,5 kg la cual fue enviada al laboratorio para obtener su peso seco constante y poder estimar la MS. Para la realización de los muestreos se midieron dos metros después del comienzo del potrero (cerca viva o muerta), esto para evitar que existan efectos de borde.

8.2.6.5 Calidad del pasto *Brachiaria* y de la *Leucaena*

Se calculó la calidad del pasto y de la *Leucaena* durante los meses de febrero a junio. Las muestras para determinar la calidad del pasto fueron tomadas de la misma muestra que se utilizo para estimar la MS, en el caso de la *Leucaena* fueron tomadas muestras del alimento ofrecido y rechazado, esto para conocer si habían diferencias entre estos dos materiales. Estas muestras fueron secadas, molidas a 1 mm de grosor y luego se estimo la PC por el método micro Kjeldahl (Bateman 1970), y DIVMS por el método de Tilley y Ferry (1963) y en el caso de *Leucaena* también se estimo el contenido de Taninos y Mimosina por precipitación de con Trivalente Ytterbium (Reed *et al.* 1985).

8.2.7 *Análisis financiero*

En este ensayo como el banco forrajero de *Leucaena* no era exclusivamente utilizado para obtener follaje para la alimentación de los terneros en lactancia, sino que también era utilizado para pastorear vacas en lactancia, solo se realizó una comparación entre costos (manejo y suplementación de los terneros) e ingresos por venta de carne (kg ternero⁻¹).

El costo que se le dio a la *Leucaena* fue tomado del tiempo que gastaba un Jornal en cortar el material para la suplementación, para el caso del Concentrado fue tomado de informantes primarios (veterinarias), al igual que los demás insumos químicos utilizados en el manejo y sanidad del animal. El precio por kilo de carne se tomó de los precios en el mercado, principalmente en la subasta “El Progreso”.

8.3 RESULTADOS

8.3.1 Ganancia de peso

Durante el periodo de ensayo (148 días), se encontró que la ganancia de peso mensual presentó diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre el tratamiento Concentrado ($p=0,0326$), y los tratamientos Leucaena y Control, pero estos no presentaron diferencias significativas entre sí. En lo que respecta al comportamiento de la ganancia de peso mensual a lo largo del ensayo, se encontró que no existieron diferencias significativas en cuantos a los meses ($p=0,9210$), sin importar la época (seca y lluvia), al igual que para la interacción entre tratamiento y mes. Con lo que respecta a la ganancia de peso total, se encontró diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre el tratamiento Concentrado ($p=0,0364$) y los tratamientos Leucaena y Control, los cuales no difirieron entre sí (Cuadro 16).

Cuadro 16. Ganancia de peso mensual y total de los terneros en lactancia

Tratamiento	Ganancia de peso (kg/ternero-1/mes-1)	Ganancia de peso total (kg/ternero-1)
Concentrado	12,58 \pm 5,52* a**	62,93 a
Leucaena	9,45 \pm 5,19 b	47,28 b
Control	8,90 \pm 3,31 b	44,53 b

* Desviación estándar. ** Promedios con letra diferente en la misma columna, difieren estadísticamente, según Prueba de Fisher ($\alpha=0,05$).

El comportamiento de la ganancia de peso mensual de los terneros en los meses del ensayo fue muy variada, pero no lo suficiente como para marcar diferencias significativas ($p=0,9210$). En todos los meses hubo ganancia de peso para los tres tratamientos, pero este incremento fue variado para todos los meses como para marcar diferencias significativas (Leucaena $p=0,4478$, Concentrado $p=0,7706$ y Control $p=0,8601$), en algunos meses se presentó mayor ganancia que en los otros. Este mismo comportamiento se presentó en la ganancia de peso mensual en cada tratamiento (Cuadro 17 y Figura 12).

En lo que respecta a la relación del consumo de leche y la ganancia de peso en los tres tratamientos, se encontró que para los terneros Leucaena a pesar que eran suplementados estos disminuían su ganancia de peso al disminuir el consumo de leche, este comportamiento se debe a la disminución de leche lo cual ocasionaba una disminución en la cantidad de nutrientes ingeridos por esta fuente y al no tener una fuente alterna para complementar este déficit de nutrientes que requiere el ternero para su crecimiento estos presentaron una baja ganancia de peso, este comportamiento se dio sin importar que estos terneros estuvieran siendo suplementados con Leucaena. En lo que respecta a los terneros Control, el comportamiento en la ganancia de peso fue diferente a los terneros Leucaena, pues estos al disminuir el consumo de leche no sufrieron ninguna disminución en la ganancia de peso, este comportamiento se debe a que estos tenían acceso a pastos de buena calidad y estos suplieron los nutrientes ingeridos mediante la leche por los nutrientes que estaban en las gramíneas. En lo que respecta a los terneros que fueron suplementados con Concentrado al 16%, estos no sufrieron una disminución en la ganancia de peso a pesar que disminuyo el consumo de leche. Este comportamiento en los terneros Concentrado se debe a que estos contaban con una fuente alterna de suplementación de buena calidad, lo cual les sirvió para satisfacer el déficit de los requerimientos nutricionales por la disminución del consumo de leche y así poder tener un buen desarrollo (Figura 12).

El comportamiento en la ganancia mensual de peso en los tres tratamientos a lo largo del ensayo fue muy variable, en algunos casos la respuesta a la ganancia de peso se debió al uso del concentrado comercial, como es el caso de los terneros Concentrado, en otro caso la ganancia dependió de la combinación de leche-pasto como el caso del Control y en el caso de Leucaena al parecer la ganancia de peso dependió del consumo de leche, del pasto y no del consumo de Leucaena (Cuadro 17 y Figura 12).

Cuadro 17. Comportamiento de la ganancia de peso mensual, consumo de Leucaena, concentrado y de leche en los terneros

Tratamiento	Ganancia de peso (kg/ternero ⁻¹)	Consumo leucaena (kg/MS)	Consumo concentrado (kg/MS)	Consumo leche (kg/ternero)
Febrero				
Leucaena	13,07 ±7,73	0,48	NA	1,88
Concentrado	10,64 ±7,10	NA	1,00	1,60
Control	8,62 ±4,71	NA	NA	1,56
Marzo				
Leucaena	6,79 ±2,82	0,34	NA	1,53
Concentrado	15,18 ±5,29	NA	1,00	1,16
Control	7,55 ±4,12	NA	NA	1,06
Abril				
Leucaena	10,94 ±5,56	0,13	NA	1,50
Concentrado	12,60 ±6,64	NA	1,00	1,38
Control	9,09 ±2,21	NA	NA	1,19
Mayo				
Leucaena	8,41 ±5,71	0,25	NA	1,25
Concentrado	12,54 ±6,06	NA	1,00	0,84
Control	9,00 ±3,87	NA	NA	1,26
Junio				
Leucaena	8,07 ±2,44	0,18	NA	1,21
Concentrado	11,97 ±3,16	NA	1,00	0,90
Control	10,28 ±1,43*	NA	NA	1,16

NA: no aplica al consumo de suplemento. * Desviación estándar.

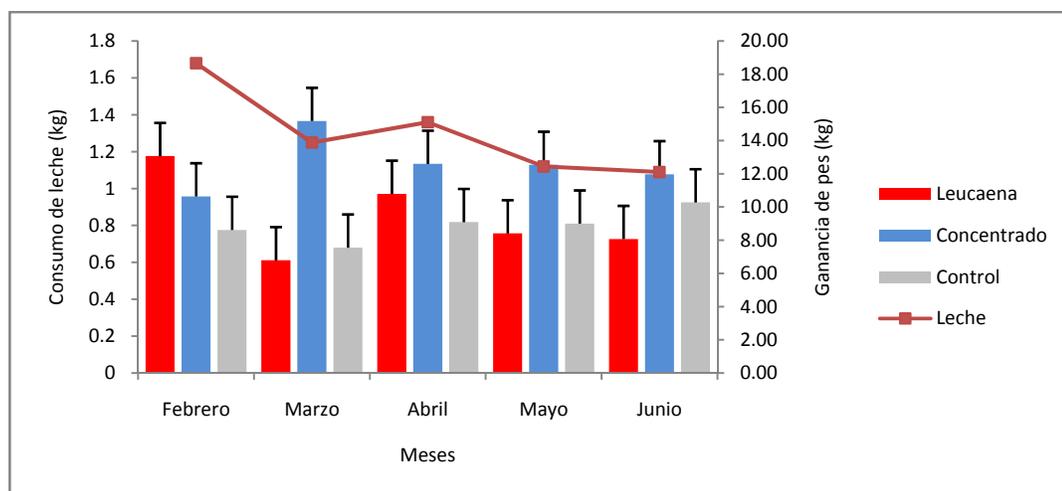


Figura 12. Comportamiento de la ganancia de peso y el consumo de leche en ternero.

8.3.2 *Ganancia diaria de peso*

Con lo que respecta a la ganancia diaria de peso, se encontró que si existieron diferencias significativas ($\alpha=0,1$) entre tratamientos ($p=0,040$), siendo el concentrado el mejor tratamiento comparado a los otros dos tratamientos Leucaena y Control, los cuales no presentaron diferencias entre si (Cuadro 18). Esto nos indica que los animales suplementados con Concentrado aprovecharon de mejor manera este suplemento que los que recibieron una suplementación a base de Leucaena y que los terneros Control. También se encontró que no existieron diferencias en la ganancia diaria de peso en los meses ($p=0,7696$), sin importar el tratamiento. En lo que respecta a las interacciones entre mes y tratamiento tampoco se encontraron diferencias significativas ($p=0,4896$).

Cuadro 18. *Ganancia diaria de peso en los terneros*

Variable	Concentrado	Leucaena	Control
Ganancia diaria (kg/día^{-1})	$0,42 \pm 0,20^* \text{ a}^{**}$	$0,32 \pm 0,17 \text{ b}$	$0,30 \pm 0,11 \text{ b}$

* Desviación estándar. ** Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente, según prueba de LSD ($\alpha=0,10$).

Como se puede observar la ganancia diaria de peso para el mejor tratamiento a lo largo del ensayo fue para los terneros Concentrado, seguido de los terneros Leucaena y por

ultimo el Control, pero es importante mencionar que hubo mucha variación entre la ganancia diaria entre tratamientos y entre los terneros del mismo tratamiento (Cuadro 19).

Cuadro 19. Ganancia diaria de peso a lo largo del ensayo (kg ternero⁻¹)

Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Leucaena	0,41 ±0,24*	0,24 ±0,10	0,41 ±0,20	0,28 ±0,19	0,27 ±0,08
Concentrado	0,33 ±0,22	0,54 ±0,19	0,47 ±0,25	0,42 ±0,20	0,37 ±0,14
Control	0,27 ±0,15	0,27 ±0,15	0,34 ±0,13	0,30 ±0,13	0,34 ±0,05

* Desviación estándar

El comportamiento en el incremento de la ganancia de peso fue muy irregular para los tres tratamientos, en todos los meses se presentó un incremento en la ganancia de peso, pero este incremento no fue constante, en algunos meses el incremento fue mayor que en otros (Figura 13).

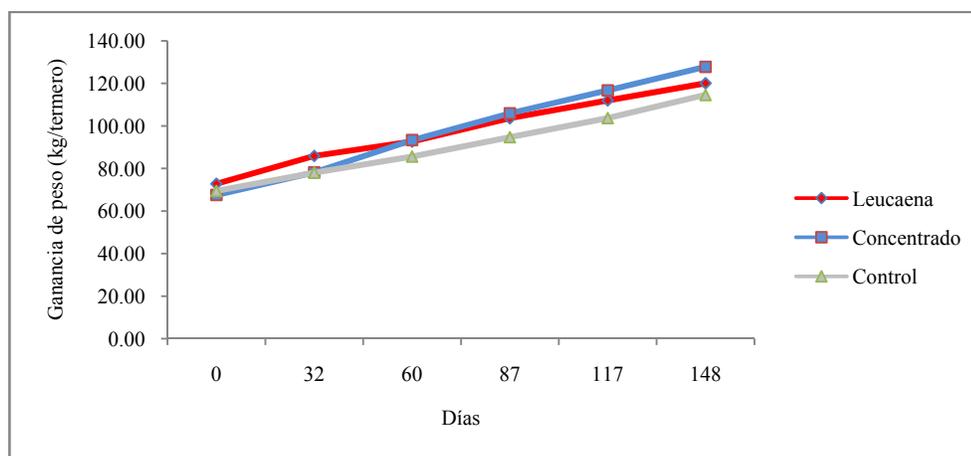


Figura 13. Incremento en la ganancia de peso en los terneros.

8.3.3 Consumo de leche

Con lo que respecta al consumo de leche, los resultados del ANDEVA muestran que solo diferencias significativas ($\alpha=0,05$) en cuanto al mes ($p=0,0019$), con lo que respecta al consumo de leche por tratamiento las diferencias no fueron significativas ($p=0,3904$), al igual que no existieron diferencias entre el tratamiento y los meses ($p=0,7161$). El mayor

consumo de leche para los terneros sin importar el tratamiento fue para el mes de febrero, el mes en que se inicio el ensayo. Para los demás meses no se encontraron diferencias significativas. El mayor consumo para el primer mes del ensayo se debe a que los animales tenían en esa época dos meses de edad y esto concuerda con el mayor pico de producción láctea en las vacas (Cuadro 20 y Figura 14).

Cuadro 20. Comportamiento del consumo de leche en los terneros de los tres tratamientos.

Variable	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Consumo de leche (kg/ternero⁻¹)	1,67 a*	1,35 b	1,24 b	1,11 b	1,09 b

Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente, según prueba de LSD ($\alpha=0,05$).

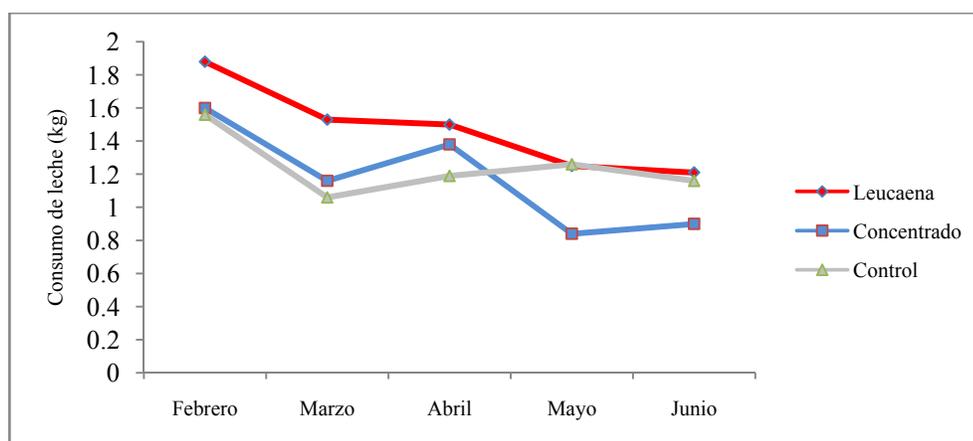


Figura 14. Comportamiento del consumo de leche en los terneros.

8.3.4 *Consumo de Leucaena*

Durante 15 días los terneros estuvieron bajo periodo de adaptación para el manejo y la alimentación, durante este periodo se observó que el consumo de MS de la Leucaena no tuvo aceptabilidad por parte de los terneros, debido a este comportamiento se opto por adicionarle melaza diluida en agua al 10% y esta fue agregada a la Leucaena (300 ml/kg de Leucaena) con el objetivo de aumentar el consumo de MS. Ya con la adición de melaza en la leucaena, el comportamiento del consumo de MS en los meses fue muy variado,

presentándose el mayor consumo para el primer mes y el menor consumo para el tercer. Realmente la aceptación de la Leucaena + melaza fue mínima, a pesar que se le dio un periodo de adaptación a los terneros para acostumbrarlos a ingerir este forraje (Figura 15).

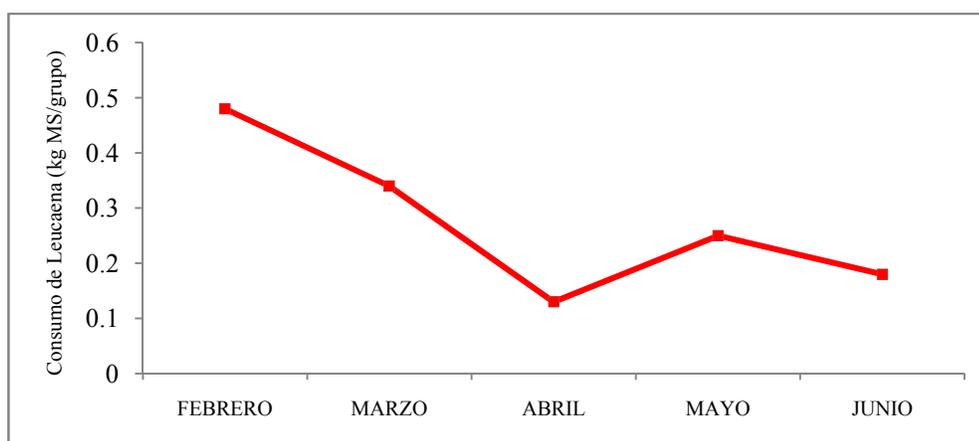


Figura 15. Comportamiento del consumo de Leucaena durante el ensayo.

8.3.5 *Calidad de Leucaena*

8.3.5.1 **Contenido de materia seca (MS)**

Los resultados del ANDEVA para el contenido de MS encontraron que si existieron diferencias significativas ($p=0,0009$) en cuanto a los meses, siendo los meses de febrero y marzo los que presentaron el mayor contenido de MS (41,25%), lo cual corresponde a la época seca, para el mes de abril, mayo y junio el contenido de MS tuvo una disminución de 13,82% (unidades porcentuales) con lo que respecta a los meses anteriores, esta disminución en el contenido de MS pudo ser afectado por el inicio de la época de lluvia que se dio en este mes (Cuadro 21). En lo que respecta al contenido de MS en el material ofrecido y rechazado, también se encontraron diferencias significativas ($p=0,0265$), encontrándose una diferencia de 3,13% (unidades porcentuales) entre el material rechazado del material ofrecido.

Cuadro 21. Contenido de MS en la Leucaena utilizada en la suplementación

Variable	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
MS %	41,25 a*	41,25 a	27,43 b	27,20 b	27,31 b

* Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente, según prueba de LSD Fisher ($\alpha=0,05$).

8.3.5.2 Contenido de proteína cruda (PC)

Para el contenido de PC los resultados del ANDEVA encontraron que no existieron diferencias significativas entre los meses ($p=0,5328$), pero si se encontraron diferencias significativas ($p=0,0119$) entre el material ofrecido y rechazado. Se encontró una diferencia de 3,47% (unidades porcentuales) entre los dos materiales, siendo el ofrecido el de mayor contenido de PC comparado al material rechazado (Cuadro 22)

8.3.5.3 Digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS)

Los análisis del ANDEVA encontraron que no existieron diferencias significativas ($p=0,2720$) entre la DIVMS dentro de los meses, pero en lo que respecta entre el material ofrecido y rechazado si encontró diferencias significativas ($p=0,0415$), encontrándose una diferencia de 6,02% (unidades porcentuales) en la digestibilidad entre el materia ofrecido del rechazado (Cuadro 22).

8.3.5.4 Contenido de Taninos

Los resultados del ANDEVA, indican que el contenido de taninos dentro de los meses no tuvo diferencias significativas ($p=0,3176$), pero si se encontraron diferencias significativas ($p=0,0347$) en lo que respecta al material ofrecido y rechazado. A pesar que el análisis de varianza no encontró diferencias significativas en el contenido de taninos dentro de los meses, esta variable si tuvo pequeñas diferencias entre los meses, siendo los meses de abril, junio y mayo los que presentaron un mayor contenido (1,53, 1,41 y 1,29%, respectivamente), comparado a los meses de febrero y marzo donde el contenido fue menor que los meses anteriores (1,16 y 1,14%, respectivamente). Se observo que el mayor contenido de taninos fue para la época de lluvia comparado a la época de seca, lo cual nos hace sugerir que esta variable puede ser afectada por las condiciones climatológicas de la época (Cuadro 22).

8.3.5.5 Contenido de Mimosina

En lo que respecta al contenido de Mimosina dentro de los meses del ensayo el ANDEVA nos reportó que no existieron diferencias significativas ($p=0,4768$), pero si existieron diferencias significativas ($p=0,0212$) entre el material ofrecido y rechazado. A pesar que el análisis de varianza no detecto diferencias significativas, en el contenido de mimosina dentro de los meses, este contenido si tuvo una mínima variación, siendo para los meses de marzo, febrero y mayo los que tuvieron un mayor contenido (5,70, 4,79 y 4,78% respectivamente) comparado a los meses de abril y junio que tuvieron un contenido de 4,18 y 4,48% respectivamente (Cuadro 22).

Cuadro 22. Contenido de MS, PC, DIVMS, Taninos y Mimosina de la Leucaena

Variable	Ofrecido	Rechazado	Valor p
MS	31,32 a*	34,45 b	p=0,0265
PC	24,98 a	21,51 b	p=0,0119
DIVMS	56,73 a	50,71 b	p=0,0415
Taninos	1,48 a	1,12 b	p=0,0347
Mimosina	5,69 a	3,87 b	p=0,0212

* Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente, según prueba de LSD Fisher ($\alpha=0,05$).

Como se pudo observar en el material ofrecido y rechazado de leucaena la única variable que se vio afectada en el comportamiento a lo largo del ensayo fue la MS, pues esta presento un mayor contenido en los meses de época seca que los meses de época lluvia. Para las demás variables; PC, DIVMS, Taninos y Mimosina en la leucaena fueron muy parecidos. Con lo que respecta a PC el comportamiento fue muy parecido en todos los meses y en los dos materiales. En la digestibilidad tampoco presentaron muchos cambios en su contenido, todos se mantuvieron dentro de un rango de 50 a 60 %. Con lo que respecta al contenido de taninos y mimosina el comportamiento fue el menos variable comparado a las demás variables. En el caso del contenido de Taninos el mayor valor se dio para los meses de lluvia comparada a la seca y para el caso de la Mimosina el contenido también vario de época a época pero esta fue mayor para la seca y menor para la lluvia.

8.3.6 Disponibilidad y Calidad de pasto

La disponibilidad de MS de pasto fue muy parecida entre los meses, se presentó una mayor disponibilidad para los meses de la época de lluvia (mayo y junio) comparada a meses de seca (febrero, marzo y abril), este comportamiento se debe al incremento de la precipitación pluvial en la zona. En lo que respecta a la calidad, el contenido de MS, presentó una disminución conforme iban pasando los meses, siendo los meses de lluvia los que presentaron un menor contenido comparado a los meses de seca. El contenido de PC fue diferente para todos los meses, siendo los meses de marzo, mayo y junio los que presentaron un mayor contenido comparado a los meses de febrero y abril, este mismo comportamiento se da para la DIVMS, la cual fue mayor para los meses de febrero, marzo y abril comparado a los meses de mayo y junio (Cuadro 23 y Figura 16).

Cuadro 23. Disponibilidad y Calidad del pasto Brachiaria

Variable	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Disponibilidad (kg/ha⁻¹)	1.998,8	2.251,8	1.495,2	2.265,6	2.926,2
MS (%)	39,79	28,36	28,50	23,18	24,22
PC (%)	10,90	13,15	10,90	13,53	13,11
DIVMS (%)	54,30	54,40	54,30	53,25	52,20

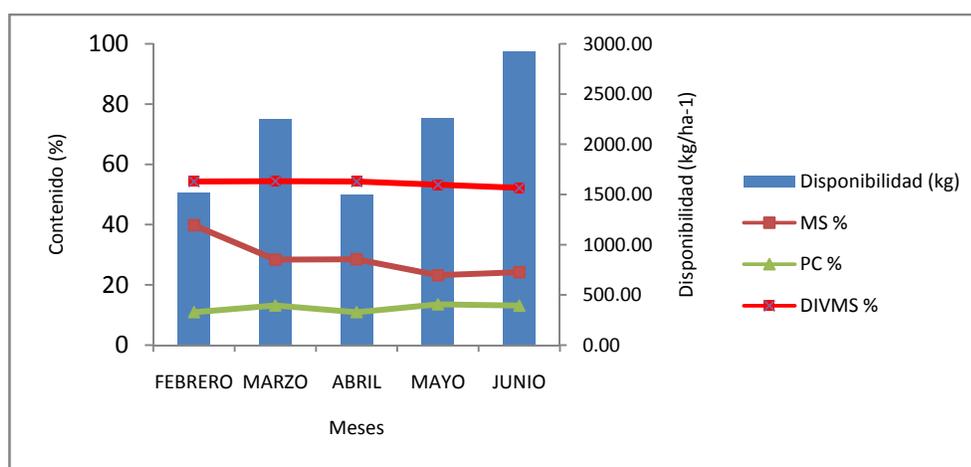


Figura 16. Disponibilidad y Calidad del pasto Brachiaria de los potreros.

8.3.7 *Análisis financiero*

De acuerdo al análisis financiero podemos mencionar que la alternativa más viable desde el punto de vista productivo y financiero para obtener terneros en lactancia con un mayor peso al destete es con la opción de uso Concentrado como suplemento. Se puede observar que el sistema de suplementación de terneros con Concentrado fueron los que tuvieron un ingreso por la venta de carne mayor y por ende una mayor rentabilidad que con el uso de Leucaena y el Control (US\$ 105,51, 76,20 y 82,97 respectivamente), es importante mencionar que a pesar que los terneros Leucaena tuvieron una mayor ganancia de peso que los terneros Control (47,65 y 44,99 kg/ternero respectivamente) al momento de realizar el análisis financiero nos indica que esta opción no es rentable pues la diferencia encontrada de peso entre estos dos sistemas es mínima y no cubre los gastos incurridos para la suplementación (Cuadro 23).

Cuadro 23. Egresos, ingresos y utilidad bruta en los sistemas de alimentación por ternero (US\$)

Índice	Concentrado	Leucaena	Pollinaza
Suplemento (kg/148 días)	29,60	0,00	0,00
Costo unitario Concentrado (kg)	0,36*	0,00	0,00
Leucaena utilizada (kg MS/148 días)	0,00	74,00	0,00
Costo unitario Leucaena (kg) *	0,00	0,16	0,00
Costo total suplementación (US\$/148 días)	10,61	11,90	0,00
Costo insumos terneros (veterinarios)	3,88	3,88	3,88
Sub-total egresos	14,49	15,78	3,88
Ganancia de peso (kg 148 días)	62,16**	47,65	44,99
Precio unitario kg *	1,93	1,93	1,93
Sub-total ingresos (US\$ terneros)	120,00	91,99	86,85

Ingreso netos del sistema de alimentación (US\$ terneros)*	105,51	76,20	82,97
---	--------	-------	-------

* Tasa de cambio US\$ 1 = 500 colones. ** Ganancia de peso por ternero.

8.4 *DISCUSIÓN*

Los trabajos de suplementación estratégica con Leucaena en terneros en lactancia es nula o escasa, la mayoría de las investigaciones realizadas en terneros en lactancia con una suplementación estrategia han sido con el uso de Concentrados o con sustitutos de leche, pero no con el uso de leguminosas.

El comportamiento de la ganancia diaria de peso en los terneros presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo mejor los terneros Concentrado ($0,41 \pm 0,24 \text{ kg ternero}^{-1} \text{ día}^{-1}$) seguido de los terneros Leucaena ($0,33 \pm 0,22 \text{ kg ternero}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y por último el control ($0,27 \pm 0,15 \text{ kg ternero}^{-1} \text{ día}^{-1}$), este comportamiento fue similar a lo largo del ensayo.

En el caso de los terneros Leucaena la baja ganancia diaria de peso se le atribuye a la temprana edad de los terneros, estos no contaban con el desarrollo completo del aparato y sistema digestivo de un rumiante adulto y solo contaban con el funcionamiento del estómago verdadero (abomaso), lo cual generó que a la falta del funcionamiento completo y microorganismos en el reticulorumen no se pudieron aprovechar los nutrientes provenientes del forraje (Fraser *et al.* 1993, Leek 1999).

Ørskov (1990) menciona que a pesar que los terneros recién nacidos fuesen capaces de consumir alimentos sólidos no es recomendable desde el punto de vista nutricional ya que esto produciría la formación de ácidos en la panza y posiblemente meteorismo, cosa contraria a lo que dicen Garzón *et al.* (2007), el cual indican que un factor importante en el desarrollo de los 4 compartimentos del rumiante, guarda estrecha relación con la dieta que se le ofrezca desde los primeros días de nacido y durante la crianza.

En un trabajo realizado por Saucedo *et al.* (1981), encontraron resultados totalmente distintos, reporta que en terneros en amamantamiento de 3 a 4 meses (75 a 130 kg/PV), consumiendo de 2 a 3 litros/leche/día, con una alimentación a base de pasto Bermuda (*Cynodon pleistochyus*), 0,5 kg de melaza/urea al 2,5% y una suplementación de Leucaena (2,5% PV), se obtuvieron ganancias de $0,68 \text{ kg día}^{-1}$, la cual no presentó

diferencias significativas con la ganancia que tuvieron los terneros que tuvieron una suplementación de pulidura de arroz ($0,60 \text{ kg día}^{-1}$).

Es importante mencionar que si bien la panza tiene un desarrollo rápido, este compartimento gástrico todavía no ha alcanzado la capacidad que tiene un animal adulto, es por esto que se recomienda que los alimentos que se administran a los animales antes y después del destete sean alimentos de rápida digestión principalmente el uso de concentrados (Ørskov 1990). Esto explica el porque del no correcto aprovechamiento del forraje de Leucaena por parte de los terneros Leucaena y si el aprovechamiento positivo de los terneros Concentrado.

El consumo de Leucaena es un factor importante que pudo ocasionar la baja ganancia de peso en los terneros suplementados con Leucaena. El comportamiento del consumo en este ensayo fue inesperado, pues se esperaba que el consumo fuera mayor conforme iban pasando los meses y no como se presentó en el ensayo. Se encontró que para el primer mes el consumo fue de $0,48 \text{ kg MS}$ y para lo demás meses no se presentó ningún incremento, sino al contrario hubo una disminución, siendo el mes de abril y junio los que presentaron el menor consumo de $0,13$ y $0,18 \text{ kg MS}$ respectivamente, para los meses de marzo y mayo los consumos fueron mayores a los anteriores pero menores al primero ($0,34$ y $0,25 \text{ kg MS}$ respectivamente).

El bajo consumo de Leucaena a pesar que esta fue ofrecida con melaza, pudo ser ocasionado por la presencia del aminoácido Mimosina y del compuesto secundario Tanino. El contenido de mimosina en la MS según Krishnamurthy y Mune (1983), esta dividida en tres categorías; una concentración alta ($>4\%$ en la MS), una concentración media, la cual es de 2 a 4% en la MS, y una concentración baja ($<2\%$). Este mismo autor menciona que la parte del forraje en la planta, es un factor muy importante en el contenido de este aminoácido, menciona que entre mas tierno y mas en las puntas de la planta se encuentre el follaje, esté tendrá un mayor contenido. Según lo indicado anteriormente podemos decir que el contenido de Mimosina en la Leucaena utilizada fue alta ($4,78 \pm 1,22\%$), lo cual pudo ocasionar una reacción toxica en los animales, en este caso la reacción toxica sobre el

animal fue subclínica pues no se presentó alguna reacción física en el animal (pérdida de pelo, salivación), la única observación que se pudo observar fue la pérdida de apetito sobre la Leucaena.

Es importante mencionar que aunque el contenido de este aminoácido hubiera sido menor, también se necesitaba de una bacteria específica para desdoblar este aminoácido y no producir ningún tipo de intoxicación, esto concuerda con Leek (1999), que menciona que la presencia de este aminoácido tóxico en la Leucaena causa problemas de intoxicación en el animal cuando esta no es degradada en productos no tóxicos por bacterias específicas y que cuando no se encuentra este microorganismo se observa intoxicación y es porque la degradación ruminal de mimosina no llega más allá del intermediario tóxico (goitrogénico), 3,4 DHP, causando que el animal pierda el pelo, pérdida de apetito, etc.

Otro factor muy importante que pudo haber ocasionado el bajo consumo de Leucaena y por consiguiente la baja ganancia de peso, es la presencia de Taninos en la Leucaena. McNeill *et al.* (1998) mencionan que los altos contenidos de taninos condensados pueden dramáticamente reducir la utilización de proteína en los rumiantes, pero sin embargo los niveles bajos (<3-6% DM) puede ser una ventaja.

La habilidad de los Taninos condensados para proteger la proteína en el rumen puede incrementar el flujo del paso de la proteína a partes del intestino delgado. En otros estudios con otras plantas (*Lotus* y *Desmodium*) han demostrado que *L. leucocephala* con taninos condensados activos tienden a estimular una mayor suministro de proteína en el intestino delgado de ovejas. De acuerdo a lo mencionado podemos decir que el contenido de taninos en la Leucaena fue baja (1,48 y 1,12% en MS), lo cual en vez de causar un efecto negativo en la utilización de la Leucaena, pudo haber causado un efecto positivo sobre la proteína de la planta, haciendo que pasara a las partes bajas del intestino y llevarse a cabo una mejor absorción (McNeill *et al.* 1998).

Resultados similares en lo que respecta al consumo de leguminosas encontraron Tesorero y Combellas (2003), indican que en terneros ya destetados con una alimentación

base de pasto más concentrado (1 y 2 kg día⁻¹) y con una suplementación de Gliricidia no ocasionaron aumentos significativos en la ganancia diaria de peso, presentando sólo pequeños aumentos numéricos de 0,05 y 0,02 kg día⁻¹, esto fue debido al bajo consumo de esta leguminosa por parte de los terneros. Estos llegaron a la conclusión que la suplementación con follaje de gliricidia en animales destetados a 17 semanas de edad es insuficiente para compensar la disminución de los nutrientes debido a la disminución de la leche en la dieta.

La ganancia diaria de peso de los terneros Concentrado fue mayor (0,41 ±0,24kg ternero⁻¹ día⁻¹) comparado a los terneros Leucaena (0,33 ±0,22 kg ternero⁻¹ día⁻¹) y Control (0,27 ±0,15 kg ternero⁻¹ día⁻¹), a pesar que los terneros Leucaena también estuvieron recibiendo una suplementación, resultados similares encontraron Vela *et al.* (1999) y Sánchez *et al.* (2004), donde los terneros que tenían una suplementación a base de Concentrado, tuvieron una ganancia superior (0,82 kg y 0,85 ±0,37 kg respectivamente) a los terneros que no tuvieron suplementación (0,54, 0,53 kg y 0,75 ±0,35 kg respectivamente).

El acceso a potreros con buena disponibilidad y calidad del pasto son un factor muy importante para que los terneros tengan un buen desarrollo y como resultado una buena ganancia de peso. Vela *et al.* (1999) y Sánchez *et al.* (2004), encontraron que los terneros que eran pastoreados en potreros de buena calidad, estos tuvieron una ganancia de peso igual o mayor que los terneros que eran suplementados con concentrado, esto nos indica que con un buen manejo del ternero y un buen manejo de la pastura, la suplementación proteica-energética no es necesaria para producir terneros de consumo al destete. Este comportamiento se encontró en los terneros Control en este ensayo, pues estos a pesar que únicamente consumían leche y posteriormente eran soltados a potreros de buena calidad tuvieron la misma ganancia que los terneros que fueron suplementados con Leucaena.

Realmente, si los terneros que tuvieron suplementación a base de Leucaena vieran tenido un mayor tiempo con este sistema de suplementación o vieran tenido contacto con bovinos que ya estuvieran consumiendo Leucaena, estos vieran tenido un mejor

aprovechamiento de nutrientes por parte de la *Leucaena*. Fraser *et al.* (1993), mencionan que los terneros que están en contacto con animales adultos y con forrajes “infectados”, estos empiezan más rápido a producir la población de microorganismos principalmente de protozoarios.

Yokoyama y Johnson (1993), mencionan también que para la población relativa de bacterias del rumen depende de varios factores, pero los más importantes son; la localización geográfica, la cual puede influir en las proporciones relativas entre las especies del rumen que ocupan el mismo nicho ecológico y el tipo de dieta, este último factor puede ser el más importante que influye sobre el número y proporciones relativas de las distintas especies que pueblan el rumen. Posiblemente como el uso del forraje de *Leucaena* para suplementación en la ganadería bovina en Costa Rica es nuevo, la presencia de esta planta no es lo suficiente como para haber creado que dentro de la población de los microorganismos del rumen se encuentre la bacteria utilizada para desdoblar la mimosina.

El consumo de leche en los tres tratamientos jugó un papel muy importante en la ganancia de peso, principalmente en los terneros *Leucaena*, pues como se pudo observar a medida que el consumo de leche disminuía, también la ganancia de peso tendía a disminuir en este tratamiento, esto concuerda con lo indica Leek (1999), el cual menciona que a medida que el ternero va creciendo y que la cantidad de leche va disminuyendo, esto va ocasionando que la cantidad de nutrientes requerida por el ternero sea mayor y que se necesiten de otros alimentos, ya sea las gramíneas o algunos suplementos para satisfacer estos requerimientos nutricionales y así poder tener un buen desarrollo.

En lo que respecta al contenido de MS, el contenido fue siempre mayor tanto para el material ofrecido como rechazado en los meses (febrero y marzo) de la época de seca (41,25%) comparado a los meses de la época de lluvia (27,43, 27,20 y 27,31% MS para abril, mayo y junio respectivamente) esta disminución en el contenido de MS en la época de lluvia se debe a factores climáticos (precipitación y temperatura) y por el estado fisiológico de la planta en los diferentes períodos, algo similar fueron los resultados encontrados por Malini *et al.* (1989), Cáceres y González (1998) y Palma *et al.* (1999) que

indican que en la época de seca fue donde se encontró el mayor contenido de MS (31,32%, 35,95% respectivamente).

Como era de esperar, el contenido de PC entre el material ofrecido y rechazado, fue siempre mayor para el material ofrecido (24,98 %), comparado al material rechazado (21,51%), este mismo comportamiento fueron reportados por Pérez *et al.* (2001), el cual encontraron un mayor contenido de PC para el material ofrecido y no para el rechazado (16,1% *versus* 13,2%, respectivamente), estos dos valores de contenido de PC en los dos materiales están dentro del rango (26,3%) encontrado por Mahecha *et al.* (1999). La diferencia encontrada de PC entre el material ofrecido y rechazado nos indica que los terneros tienen la capacidad de seleccionar el alimento con mayor nutrientes a pesar que estos sean ofrecidos en los comederos.

Con lo que respecta al contenido de PC a lo largo del ensayo, este fue muy similar entre los meses muestreados, lo cual indica que no hubo diferencias en el contenido de PC en cuanto a las diferentes épocas ($23,25 \pm 2,16\%$), esto concuerda con lo reportado por Torres *et al.* (2005), donde encontraron un promedio de 22,5% de PC en ambas épocas, pero no con lo reportado por Razz *et al.* (1992) y Faría (1996), los cuales indican que el contenido de PC se ve afectado por el estrés hídrico sufrido en la época seca, dando como resultado un bajo contenido de PC para esta época (21,07%) comparado al de la época de lluvia (25,96%), este mismo autor menciona que a medida que la planta envejece o madura, la calidad de la leucaena disminuye, esto se debe a la disminución en la proporción hojas y tallos y la lignificación de estas.

Para la digestibilidad de la MS se encontró que fue similar entre los meses que duro el ensayo ($53,72 \pm 3,96\%$), resultados similares fueron reportados Lourenço y Leme (1999) y Mahecha *et al.* (1999), donde indican que no existió diferencias en la digestibilidad a través del año (49,2 a 68,3% y $68,96 \pm 0,83\%$ respectivamente). Con lo que respecta a la digestibilidad de MS entre el material ofrecido y rechazado, existió una diferencia de 10,62%, siendo el material ofrecido el que tuvo una mayor digestibilidad. Realmente estos valores de digestibilidad tanto el material ofrecido y rechazado están dentro del rango

mencionado por Malini *et al.* (1989) y Flores *et al.* (1998), donde encontraron resultados muy parecidos $50,82 \pm 1,92\%$ y $51,1\%$ respectivamente.

El contenido de Mimosina dentro de los meses del ensayo fue muy similar para todos los meses ($4,78 \pm 1,22\%$), menor que lo reportado por Razz *et al.* (1992), el cual encontró un contenido promedio de $5,71\%$, este mismo autor encontró que entre mas corto sean los periodos de corte (35, 42 y 49 días) el contenido de mimosina es mayor ($6,40$, $4,96$ y $5,77\%$ respectivamente). Con lo que respecta al material ofrecido y rechazado, el contenido de Mimosina fue mayor para el ofrecido ($5,69\%$) *versus* rechazado ($3,87\%$), estos valores están dentro del rango fueron reportados por Razz *et al.* (1992), pero si fueron mayores por lo reportado por Akbar y Gupta (1984), García *et al.* (1996) y Marmol (1996) donde encontraron valores de $2,98 \pm 0,19\%$, $2,14\%$ y $3,25\%$ con un rango corto de variación.

La diferencia encontrada entre el material ofrecido y rechazado ($5,69$ y $3,87\%$ respectivamente) pudo ser ocasionado por el origen del material dentro de la planta, Krishnamurthy y Mune Gowda (1983), mencionan que el contenido de Mimosina varia de acuerdo a la parte de la planta y a su edad de esta, encontraron que el mayor contenido de Mimosina se encuentra en las puntas de los árboles ($8,84$ a $2,15\%$), seguido de las vainas ($5,42$ a $1,42\%$), las hojas presentaron un porcentaje de $4,95$ a $0,97\%$, los brotes ($3,83$ a $0,19\%$), hojas de la cubierta ($3,35$ a $0,22\%$), tallos tiernos ($2,03$ a $0,32\%$) y hojas maduras ($2,68$ a $0,15\%$).

En lo que respecta al comportamiento del contenido de Taninos a lo largo de los meses no presento diferencias ($1,30 \pm 0,27\%$), Akbar y Gupta (1984), encontró resultados similares en cuanto al contenido de Taninos ($1,25 \pm 0,32\%$).

La alta cantidad de Taninos condensados en diferentes especies de *Leucaena* (*L. trichandara*, *L. pallida*), son asociadas con pobre retenciones y digestibilidad de nitrógeno y baja digestibilidad de MS comparado a las especies que tienen baja cantidad de Taninos condensados (*L. leucocephala*), los cuales tienen una mejor retención y digestibilidad de nitrógeno (McNeill *et al.* 1998).

Con lo que respecta al contenido de Taninos entre el material ofrecido y rechazado, se encontró que hubo una diferencia de 0,36% (unidades porcentuales), siendo mayor el contenido para el material ofrecido (1,48%) que para el rechazado (1,12%). El contenido de Taninos en los alimentos es un factor que interviene en la digestibilidad de estos, presentando una mejor digestibilidad los que tienen menor contenido de taninos y no para los que tienen alto contenido.

Flores *et al.* (1999), encontraron que a mayor cantidad de taninos en el forraje, este tenía una menor digestibilidad, como es el caso entre *Calliandra* y *Gliricidia*, en el cual *Calliandra* tuvo un mayor contenido de Taninos (18,5 g kg⁻¹) pero una menor digestibilidad (30,2%), totalmente diferente a *Gliricidia* que tuvo un menor contenido de taninos (1,8 g kg⁻¹) pero si una mejor digestibilidad (62,1%).

La presencia de Taninos en los alimentos puede ser beneficioso o perjudicial sobre la digestibilidad, absorción de nutrientes, concentración de amoníaco y la presencia de ácidos grasos volátiles (AGV), Osakwe y Steingass (2006), encontraron que en ovejas alimentadas con el 25% y 50% con *Leucaena* tenían un mejor aprovechamiento de la digestibilidad de la materia orgánica, la concentración de amoníaco y presencia de AGV que los ovinos que no recibieron la suplementación (control). Con lo que respecta al mejor aprovechamiento entre los ovinos que tuvieron suplementación (25 y 50%), mencionan que tuvieron un mejor aprovechamiento del 25% pues los que tuvieron una suplementación del 50% tuvieron problemas con la concentración de amoníaco ruminal y el pH, esto pudo ser ocasionado por la inhibición causada de Mimosina y Taninos sobre los microorganismos ruminales que degradan la proteína.

Realmente los Taninos son un metabolito secundario de mucha importancia en los forrajes y por consiguiente en la alimentación animal, como se puede observar la presencia de Taninos en los forrajes es muy importante, pues este compuesto secundario tiene la capacidad de ser beneficioso (protección de proteína en el rumen) o perjudicial (disminución de la digestibilidad y la degradabilidad de proteína por los microbios

ruminales), lo cual pudo ser en este ensayo, una limitante en el aprovechamiento de la leucaena por parte de los terneros que fueron suplementados.

La disponibilidad y calidad del pasto *Brachiaria* fue muy variada dentro de los meses del ensayo. En lo que respecta a la disponibilidad se encontró que para los meses de lluvia (mayo y junio) $2.595,90 \pm 544,34$ kg MS ha⁻¹, fue mayor comparado a los meses de época seca $1.999,40 \pm 418,53$ kg MS ha⁻¹ (febrero, marzo y abril), resultados similares fueron encontrados por Cuadrado *et al.* (2004), donde reportan que la producción de MS fue mayor para la época de lluvia (3.534, 3.192, 2.684 kg MS ha⁻¹) comparado a la época de seca (1.184, 950, 710 kg MS ha⁻¹).

El contenido de MS fue diferente al comportamiento de la disponibilidad, se encontró el mayor contenido para los meses de época seca ($33,75 \pm 4,64\%$) y no para los meses de lluvia ($23,70 \pm 1,84\%$). En lo que respecta al contenido de PC en ambas épocas fue diferente, se encontró un mayor contenido para la lluvia ($13,32 \pm 0,26\%$) y no para la seca ($12,03 \pm 1,44\%$). La DIVMS también varió en las épocas, siendo la seca la que presentó una mayor digestibilidad que la época de lluvia.

En lo que respecta al análisis financiero, se encontró que el sistema que presentó una mayor rentabilidad fue el uso de Concentrado, este comportamiento se debe a que estos terneros tuvieron un mayor aprovechamiento de este suplemento que los terneros Leucaena y Control. Este comportamiento fue debido al no desarrollo completo del sistema y aparato digestivo por su temprana edad de los terneros. En lo que respecta a los terneros Control este sistema fue más rentable que el uso de Leucaena, pero fue menos rentable que el uso de Concentrado.

8.5 *CONCLUSIONES*

Como se pudo observar la mejor respuesta animal se dio para los terneros Concentrado comparado a los terneros Leucaena y Control, es importante señalar que este bajo comportamiento en la ganancia de peso en los terneros Leucaena se debió por la temprana edad de los terneros (2-3 meses), por la presencia del aminoácido Mimosina y por la ausencia de la bacteria específica para desdoblar la Mimosina en sustancias no tóxicas, lo cual ocasionó un bajo consumo de Leucaena a pesar de que fue ofrecida con melaza.

Posiblemente si los terneros hubieran estado con una edad mayor (3-4 meses) o vieran tenido contacto con animales que presentaran en su flora microbiana ruminal la presencia de la bacteria específica para desdoblar la Mimosina o contacto con animales que estuvieran consumiendo Leucaena, estos hubieran presentado un mejor aprovechamiento de los nutrientes de Leucaena.

Una mayor fase de acostumbramiento al uso de follaje de Leucaena en los terneros en lactancia puede ser una opción viable para que poco a poco vayan adquiriendo los microorganismos adecuados para la utilización de este follaje.

La utilización de la Leucaena como suplemento estratégico puede ser una opción viable en terneros en lactancia siempre y cuando estos tengan una edad mayor de los tres meses, para así poder aprovechar de mejor manera los nutrientes aportados por este forraje.

El buen manejo de los terneros en lactancia restringida y el pastoreo en potreros con buena disponibilidad y calidad de pasto es una alternativa viable para tener ganancias de peso aceptables y destetar terneros de mejor peso.

Para la parte económica se encontró que el mejor sistema de alimentación fue el uso de Concentrado, pues este presentó la mayor productividad animal y por lo consiguiente una mayor utilidad. Para el caso de los terneros que fueron suplementados con Leucaena estos por problemas de consumo del follaje no tuvieron una buena productividad animal lo cual ocasionó que no fuera una opción viable productiva y económicamente. En lo que

respecta a los terneros Control se encontró que los ingresos de venta de carne fueron similares a los de Leucaena, pero al restarle los costos de suplementación a los terneros Leucaena estos presentaron un menor ingreso neto comparado a los terneros Control. Con respecto a lo anterior podemos decir que la mejor suplementación para el desarrollo de terneros en lactancia y obtener un mejor peso al destete es el uso de Concentrados comerciales.

8.6 BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, PCF, Cárdenas, JVM, Santos, FJS. 2001. Efecto de la suplementación con *Leucaena leucocephala* sobre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo. (en línea) *Livestock Research for Rural Development* (13) 4 2001. Consultado 19 de oct 2006. Disponible en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/4/agui134.htm>
- Akbar, MA; Gupta, PC. 1984. Nutrient composition of different cultivars of *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports* 10: 14-15.
- Cáceres, O; González, E. 1998. Valor nutritivo de follaje de árboles y arbustos tropicales. IV. *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes* 21:265-270.
- Castillo, E; Ruiz, T; Febles, G; Crespo G; Galindo, J; Chongo, B; Hernández JL. 2000. Efecto de la inclusión de leucaena en el 100% del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39:309-313.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1991. *Leucaena (Leucaena leucocephala): especies de árbol de uso múltiple en América Central*. CATIE. Turrialba, CR. 52 P. (Colección de Guías Silviculturales).
- Camero, AR. 1996. El desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. *In Seminario Internacional: Sistemas Silvopastoriles: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva* (1996, Valledupar, Neiva y Villavicencio, C) Memoria. Turrialba, CR. 15: 30.
- Clavero, TC. 1996. Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Maracaibo, V. Centro de Transferencia de tecnología en pastos y forrajes. La Universidad del Zulia. 153 p.
- Faría, MJ. 1996. Evaluación de accesiones de *Leucaena leucocephala* a pastoreo en el bosque seco tropical. II Valor nutritivo.
- Faría-Mármol, J; Morillo, DE. 1997. *Leucaena*; cultivo y utilización en la ganadería tropical. Maracaibo, V. CORPOZULIA-FONAIAP-LUZ (CORFONLUZ). 152 p.
- Flores, OI; Bolívar, DMA; Botero, JA; Ibrahim ,MA. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico (en línea) *Livestock Research for Rural*

- Development 10(1). Consultado el 22 de sep. Disponible en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/1/cali101.htm>
- Flores, O; Ibrahim, M; Kass, D; Andrade, H. 1999. El efecto de los taninos de especies leñosas forrajeras sobre la utilización de nitrógeno por bovinos. *Agroforestería en las Américas* 6(23): 42-44.
- Fraser, CM; Bergeron, JA; Mays, A; Aiello, SE (eds). 1993. El manual Merck de veterinaria. Un manual de diagnóstico, tratamiento, prevención y control de las enfermedades para el veterinario. 4 ed. Barcelona, E. MERCK & CO., Inc, OCEANO/CENTRUM. 3112 p.
- García, GW; Ferguson, TU; Neckles, FA; Archibald, KAE. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. *Animal Feed Science Technology* 60: 29-41.
- Garzón, BQ; Castro, VA; Pulgarín, BPP. 2007. Comportamiento de los pesos vivos en la recría de terneros 901 en la granja Guayabal durante el 2005 (en línea) *Revista electrónica de Veterinaria (REDVET)*. Consultado 22 de sep. 2007. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507.html>
- Krishnamurthy, K and Mune Gowda, MK. 1983. Mimosine concentrations in leucaena cultivars. *Leucaena; Research Reports* 4:27-28.
- Leek, BF. 1999. Digestión en el estómago de los rumiantes. *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. Ed. MJ, Swenson; WO, Reece. 5 ed. México, D.F. Editorial LIMUSA, S.A de C.V. 800 p.
- Lourenço , AJ; Leme, PR. 1999. Desempeño animal en pastizales de *Brachiaria brizantha* asociado a bancos de proteína o suplemento alimenticio (en línea) Consultado el 23 de oct. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Joao.htm>
- Mahecha, P; Rosales, M; Vicente, DM; Hernando, MC; José, ME; Uribe, F. 1999. Evaluación del forraje y los animales a través del año, en un sistema silvopastoril conformado por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*, en el Valle del Cauca, Colombia (en línea). Consultado el 5 de mar. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Mahecha1.htm>
- Malini, BP; Vaidehi, MP; Mune Gowda, MK. 1989. Chemical composition of *Leucaena* species. *Leucaena; Research Reports* 10: 33.

- McNeill, DM; Osborne, N; Komolong, MK; Nankervis, D. 1998. Condensed Tannins in the genus *Leucaena* and their nutritional significance for ruminants.
- Ørskov, ER. 1990. Alimentación de los rumiantes. Principios y práctica. Trad. MV Ramis. Zaragoza, E. Editorial Acribia, S.A. 119 p.
- Osakwe, II; Steingass, H. 2006. Ruminal fermentation and nutrient digestion in West African Dwarf (WAD) sheep fed *Leucaena leucocephala* supplemental diets. *Agroforestry Systems* 67: 129-133.
- Palma, JM; Aguirre, M; Cárdenas, C; Moya, A. 1999. Valor nutritivo de tres leguminosas arbóreas en el trópico seco de México. *Pastos y Forrajes* 22:57-63.
- Razz, R; González, R; Faria, J; Esparza, D; Faria, N. 1992. Efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación sobre el valor nutritivo de la *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit.
- Reed, DJ; Horvath, JP; Allen, SM; Van Soest, JP. 1985. Gravimetric Determination of soluble Phenolics Including Tannins from leaves by precipitation with Trivalent Ytterbium. *Journal Science Food Agric.* 36:255-261.
- SAS Institute. 2006. Cary. NC. SAS Institute. 9 Version. Statistics and graphics guide.
- Sánchez, MA; Burges, JC; Brizuela, MA; Romera, A; Santini FJ. 2004. Suplementación de terneros lactantes en sistemas de cría con parición otoñal (en línea). XXVII Congreso Argentino de Producción Animal. Tandil, 2004. Consultado 1 oct. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/27a/sanchez.htm>
- Saucedo, G; Álvarez, FJ; Arriaga, A; Jiménez, N. 1981. *Leucaena leucocephala* como fuente proteica para becerros lactantes criados en sistemas de amamantamiento restringido. *Producción Animal Tropical* 5:252-255.
- Tesorero, M; Combellas, J. 2003. Suplementación de becerros de destete temprano con *Gliricidia sepium* y concentrado. *Zootecnia Tropical* 21 (2):119-131.
- Torres, AR; Chacón, E; Armas, S; Espinoza, F. 2005. Efecto de los patrones de siembra sobre la producción de proteína cruda en bancos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Zootecnia Tropical* 23(1): 27-38.
- Uribe, AFC; Mercado de Duque, M; Ramírez, NG; Rodríguez, QPA. 1998. Principales avances en investigación y desarrollo tecnológico por sistemas de producción pecuaria. Santafé de Bogotá, D.C. Corpoica. 143 p.

- Vela, AJ; Sandy, ZA; Lascano, CE. 1999. Efecto de la alimentación suplementaria y el amamantamiento restringido en el rendimiento del ternero y la producción de la vaca. *Pasturas Tropicales* 21(3):8-13.
- Yokoyama, MT; Johnson, KA. 1993. Microbiología del rumen e intestino. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Ed. CD, Church. Zaragoza, E. Editorial ACRIBIA, S.A. 641 p.

9 CONCLUSIONES GENERALES

La utilización de follaje de *Leucaena* es una alternativa viable para mejorar la productividad animal principalmente en la época de seca que es cuando se presenta la menor productividad animal y también para disminuir el uso de insumos externos para la suplementación (Concentrados y/o Pollinaza).

Los altos costos de los insumos externos para la suplementación, hacen que el uso de la *Leucaena* sea una alternativa económicamente viable para el productor.

La presencia de la *Leucaena* en asocio con gramíneas no solo aumenta la productividad animal, la disponibilidad y calidad de la gramínea, sino que también hace que exista una mejor sostenibilidad del sistema.

La utilización de árboles forrajeros en la alimentación animal puede ser una alternativa viable para la obtención de una producción animal amigable con el ambiente, pues como se sabe una de las principales limitantes para obtener este sello es la alimentación con insumos proveniente de cultivos orgánicos.

10 RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que con el uso de Leucaena se puede llegar a obtener una alimentación animal saludable y así poder llegar a la producción orgánica animal, es por eso que se recomienda seguir investigando más a fondo el uso de Leucaena sobre la productividad animal, la calidad de carne y su efecto sobre la salud humana.

Seguir realizando investigaciones sobre el uso de Leucaena como suplementación en terneros en lactancia en los últimos meses de destete para ver el efecto del uso de follaje de Leucaena. Es importante mencionar también que para evitar algún tipo de intoxicación clínica o subclínica se recomienda dejar un periodo de adaptación 20 días e ir ofreciendo cantidades mínimas de Leucaena y de manera gradual irle subiendo la cantidad ofrecida.

Desarrollar investigaciones sobre el uso de árboles forrajeros para la alimentación de los rumiantes para llegar a una producción animal orgánica.

Investigar sobre el uso de Taninos presentes en la Leucaena como controladores biológicos o en combinación de desparasitantes químicos para el control de parásitos y así disminuir el uso en exceso de estos químicos, disminuir el impacto ambiental y evitar la resistencia parasitaria.

Realizar investigaciones sobre nuevos socios y arreglos de Leucaena con otras especies de anuales y perennes, para así mejorar la productividad animal, ambiental y diversificar la producción de las fincas, como por ejemplo establecer árboles de Leucaena dentro de huertas frutales asociadas con pasto Estrella y pastoreados con ovinos.

Tomar en cuenta las externalidades positivas en los análisis financieros para tener mayor información sobre la rentabilidad de los sistemas silvopastoriles y los beneficios ambientales que se obtienen con estos sistemas.