

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

**Título de la tesis**

**Flujos de nutrientes y sus implicaciones para la sostenibilidad en sistemas silvopastoriles con y sin *Arachis pintoi* en Muy Muy, Nicaragua**

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


Álvaro José González Martínez

Turrialba, Costa Rica, 2007

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma 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 en Agroforestería Tropical***

**FIRMANTES:**



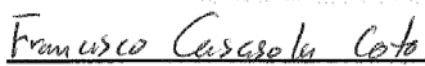
---

Andreas Nieuwenhuys, PhD.  
**Consejero Principal**



---

Muhammad Ibrahim A, PhD.  
**Miembro del Comité Consejero**




---

Francisco Casasola, MSc.  
**Miembro del Comité Consejero**



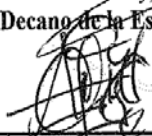
---

Amílcar Aguilar Carrillo, MSc.  
**Miembro del Comité Consejero**



---

Glenn Galloway, PhD.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Alvaro José González Martínez  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

**A Dios** por su infinita misericordia y por darme las fuerzas para concluir esta fase de mi vida.

**A mis padres Carmen Martínez y José González** por haberme dado la vida, por el amor tan grande que me han tenido siempre y por todos los sacrificios que han hecho por mí.

**A mi esposa Silvia Carolina** por su amor y su apoyo incondicional, a nuestros hijos **Carlos Roberto y Carmen María**.

**A mis hermanos y sobrinos**, espero que sigan adelante.

**A mí Nicaragua**, por un mañana mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a Dios por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas, y por orientarme por el buen camino.

A mi profesor consejero, Dr. Andreas Nieuwenhuyse, gracias por su apoyo, sugerencias y por todas las enseñanzas durante la maestría.

Mi profundo agradecimiento al Proyecto (CATIE-NORUEGA / PD 2002) por la beca que me dieron y por los recursos brindados para realizar esta investigación.

A la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería de Rivas-Nicaragua, por brindarme su apoyo para realización del estudio de la maestría.

A los productores (a) de la Comunidad El Bálsamo N°1: Egelcida Garzón, Domingo Álvarez y Leopoldo García, por su apoyo y participación activa en este trabajo, y por verme siempre como un miembro más de la familia.

Al equipo de trabajo del Proyecto (CATIE-NORUEGA / PD 2002) en Muy Muy, Nicaragua, por facilitar la fase de campo de esta investigación, especialmente a todas las personas que colaboraron durante la ejecución de las actividades de campo, a todos ellos muchas gracias.

A los miembros del comité: Dr. Muhammad Ibrahim, M.Sc. Francisco Casasola, M.Sc. Amílcar Aguilar por sus valiosas contribuciones en la realización de este trabajo.

A Gustavo López, Fernando Casanoves y Jhenny Salgado por su enorme apoyo en una de las partes importante de mi trabajo.

A mis amigos, especialmente a Bayardo Alemán y Henry Turcios por apoyarme en el momento más difícil de mí estadía acá y por motivarme a continuar.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació en Chinandega, Nicaragua, el 22 de septiembre de 1975. Se graduó con el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Agraria en 1999 en la Facultad de Desarrollo Rural. Ha trabajado como extensionista rural en la Escuela Radiofónica de Nicaragua, asistente técnico para empresas agrícolas privadas durante 3.5 años en la actualidad como docente universitario en la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería de Rivas, los últimos 5 años. Actualmente realiza una maestría en CATIE en Agroforestería Tropical.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO .....	VI
RESUMEN .....	IX
SUMMARY.....	XII
ÍNDICE DE CUADROS .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIX
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XXI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio .....	3
1.1.1 <i>Objetivo General</i> .....	3
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
2.1 Descripción del área de estudio .....	4
2.1.1 <i>Topografía</i> .....	5
2.1.2 <i>Geología y suelos</i> .....	5
2.1.3 <i>El clima</i> .....	5
2.1.4 <i>Actividades agropecuarias</i> .....	7
2.2 Criterios para la selección de los sistemas evaluados.....	8
2.2.1 <i>Criterios de selección de pasturas</i> .....	8
2.2.2 <i>Criterios de selección de áreas experimentales</i> .....	9
2.3 Muestreo y análisis de datos .....	22
2.3.1 <i>Producción de forraje (Biomasa) y composición botánica de la pastura</i> .....	22
2.3.2 <i>Estimación del forraje consumido</i> .....	24
2.3.3 <i>Determinación del período de ocupación y descanso de las pasturas</i> .....	26

2.3.4	<i>Estimación de la producción de leche durante el tiempo de ocupación</i> .....	26
2.3.5	<i>Estimación del aporte de nutrientes de las deposiciones de heces y orinas</i> .....	28
2.3.5.1	Deposición de heces (heces).....	28
2.3.5.2	Deposición de orinas .....	29
2.3.6	<i>Estimación de la deposición, producción y descomposición de hojarasca</i> .....	31
2.3.6.1	Método del marco de hierro (acumulado) .....	31
2.3.6.2	Método de bolsas descomposición .....	34
2.3.6.2.1	Descripción de los tratamientos: .....	36
2.3.6.2.2	Determinación de hojarasca remanente.....	39
2.3.7	<i>Análisis químico de las muestras</i> .....	40
2.3.7.1	Muestras del forraje disponible, hojarasca y heces .....	40
2.3.7.2	Muestras de orinas y leche .....	40
2.4	Diseño experimental .....	41
2.4.1	<i>Muestreo de disponibilidad de biomasa, consumo de biomasa producción de leche y composición química (Biomasa, leche y hojarasca)</i> .....	41
2.4.1.1	Producción de leche.....	42
2.4.1.2	Análisis químico de biomasa.....	42
2.4.1.3	Análisis químico de hojarasca.....	43
2.4.1.4	Deposición y análisis químico de heces y orinas .....	43
2.4.1.5	Bolsas de descomposición.....	44
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
3.1	Disponibilidad de biomasa forrajera.....	45
3.1.1	<i>Composición botánica de las pasturas</i> .....	50
3.2	Consumo de biomasa forrajera .....	53
3.3	Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra.....	58
3.4	Producción de leche en las pasturas evaluadas .....	62
3.5	Días de descanso y ocupación .....	65
3.6	Deposición de heces.....	68
3.7	Deposición de orinas.....	71
3.8	Deposición de hojarasca .....	80
3.9	Bolsas de descomposición .....	91
3.10	Estimación de aporte de nutrientes .....	103

3.10.1	<i>Concentración de nutrientes en biomasa forrajera (parte comestible y no comestible)</i> .....	103
3.10.2	<i>Concentración de nutrientes en hojarasca</i> .....	108
3.10.3	<i>Concentración de nutrientes en heces</i> .....	110
3.10.4	<i>Concentración de nutrientes en leche</i> .....	112
3.10.5	<i>Concentración de nutrientes en orinas</i> .....	112
3.10.6	<i>Flujos de nutrientes</i> .....	114
4	CONCLUSIONES y recomendaciones .....	126
	RECOMENDACIONES.....	129
5	BIBLIOGRAFÍA .....	130
	ANEXOS .....	138



**González Martínez, A.J. 2007.** Flujos de nutrientes y sus implicaciones para la sostenibilidad en sistemas silvopastoriles con y sin *Arachis pintoii* en Muy Muy, Nicaragua.

Palabras claves: Flujos de nutrientes, producción y consumo de biomasa forrajera, deposición y distribución de heces y orinas, producción de leche, deposición, producción y descomposición de hojarasca, pérdidas de nutrientes, pastos mejorados, pastos naturales, *Panicum máximum*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon nlemfuensis*, *Arachis pintoii*, *Paspalum cojugatum*.

## RESUMEN

Se estudió el ciclo de nutrientes en pasturas activas con una variable cobertura de árboles en pasturas mejoradas con y sin la leguminosa forrajera *Arachis pintoii* y en pasturas naturales como testigo. El estudio se realizó en 3 fincas privadas de la comunidad El Bálsamo en Muy Muy, Nicaragua de enero a julio del 2007. La altitud de la zona de estudio es 700 metros, la temperatura promedio 22°C y la precipitación anual unos 2000 mm. Las especies de pastos mejorados fueron *Panicum máximum* cv. Tanzania, *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, cada una de ellas con y sin *Arachis pintoii*, además de 3 pasturas con especies naturales como grama (*Paspalum notatum*). En cada pastura y en cada ciclo de pastoreo se evaluó la disponibilidad de biomasa forrajera, composición botánica, el consumo de la biomasa por el ganado, producción de leche, días de descanso y ocupación, carga animal, deposición y distribución de heces y orinas, además de deposición, producción y descomposición de hojarasca. Las pasturas mejoradas asociadas con maní forrajero producen mayor cantidad de biomasa forrajera que las pasturas mejoradas no asociadas (12 – 66%) estas, a su vez, producen más que las pasturas naturales (49 – 82%). Asimismo, esta mayor cantidad de forraje permite una mayor carga animal de estas pasturas y se traduce en una mayor producción de leche por hectárea. También la producción de leche por vaca por día tiende a aumentar, probablemente debido a la mayor calidad del forraje, la cual se refleja sobre todo en un mayor contenido de nitrógeno. Además, al ser bien manejadas las pasturas asociadas prácticamente no tienen malezas, ni se presenta suelo desnudo. Durante la época seca se reduce notablemente la disponibilidad de biomasa y como consecuencia se maneja

una menor carga animal en las pasturas. A su vez esto resulta en una menor producción de leche por hectárea y las vacas en producción presentan una notable pérdida de peso corporal.

El efecto de la sombra arbórea sobre la disponibilidad de biomasa forrajera es variable ya que en algunas pasturas es mayor y en otras menor o igual, probablemente influenciada por la heterogeneidad en la sombra presente (densa y rala), la influencia de sombra lateral y la presencia de áreas no frecuentadas por el ganado donde siempre había una alta disponibilidad de biomasa forrajera. El sobrepastoreo presente en algunos ciclos de pastoreo en las pasturas y en particular en las pasturas asociadas aumenta la cobertura del maní, reduce la cobertura del pasto y reduce la disponibilidad total de biomasa forrajera.

De los nutrientes ingeridos por el ganado, entre 4 y 8% sale de la pastura en forma de leche. En caso que el ganado permanece por varias horas fuera de la pastura para el ordeño y amamantamiento de los terneros, entre 20 y 40% de los nutrientes ingeridos se depositan fuera de la pastura en forma de heces y orines y el resto regresa a la pastura, Si la permanencia de las vacas a lo estrictamente necesario se reducirían las pérdidas en un 5-15% del total ingerido. Sin embargo, la distribución de los nutrientes regresados no es uniforme, sino parece estar asociada en primer lugar con la pendiente del terreno. También hay indicios que existe una relación con factores como confort, sentido de seguridad de los animales y disponibilidad de biomasa forrajera. El hecho de no encontrar una relación entre presencia de sombra arbórea y deposición de heces y orines probablemente esté relacionado con 2 factores: no todos los árboles en una pastura son preferidos por el ganado para descansar y el ganado busca la sombra para descansar solamente durante las horas más calientes del día y sobre todo en días soleados, mientras las heces y orinas son depositados durante las 24 horas de todos los días. En pasturas con pendientes homogéneas y menores al 25% y con una disponibilidad de forraje uniforme, las áreas más preferidas por el ganado en la pastura reciben una cantidad de heces y orines 1,5 a 2,5 veces mayor que las áreas menos favorecidas. Sin embargo, en pasturas con áreas con una pendiente promedio mayor al 25% pero con algunas zonas menos inclinados, que además tienen diferencias en zonas de sombra y disponibilidad de forraje, las áreas más favorecidas reciben hasta 7 veces más excrementos que las áreas menos favorecidas. El P y Ca son regresados a la pastura casi exclusivamente en forma de heces; también el Mg regresa a la pastura mayoritariamente en forma de heces. Aproximadamente el

80% del K consumido regresa a la pastura en forma de orines contra 20% en forma de heces, mientras para N entre 25 y 60% regresa en forma de heces y el resto en forma de orines.

En la época seca la hojarasca de los pastos se acumula debido a que la tasa de descomposición es menor que la tasa de producción de la hojarasca. La producción de hojarasca de pasto es de 6 a 28 veces más alta que la de maní, sin embargo, es posible que el método usado subestima la producción de hojarasca de maní por la muy rápida tasa de descomposición. La cantidad de N, P, Ca y Mg que regresa a la pastura a través de la caída de hojarasca es mayor que la cantidad de nutrientes consumida por el ganado. Por otra parte, en todas las pasturas la cantidad de K consumida por el ganado es mucho mayor que la cantidad que regresa al suelo con la hojarasca, debido a que aproximadamente el 90% del K contenido en la biomasa forrajera es redistribuida en la planta antes de que se caigan las hojas como hojarasca.

Se estima que las pérdidas de N de las pasturas no asociadas oscilan entre 4 y 35 Kg por ha durante el periodo de observación, lo cual a largo plazo compromete la sostenibilidad de las pasturas. Por otra parte, se estima que en las pasturas asociadas se acumula nitrógeno. Aunque las pérdidas de P de las pasturas son limitadas, la limitada cantidad de P presente en el suelo y la concentración de P en los lugares preferidos por el ganado para descansar hace suponer que a largo plazo también el P podría limitar la productividad de las pasturas. Por otra parte, las pérdidas observadas de K, Mg y Ca y las reservas medidas en el suelo indican que estos elementos no limitan la productividad de las pasturas.

**González Martínez, A.J. 2007.** Nutrient cycling and its implications for the sustainability of silvopastoral systems with and without *Arachis pintoii* in Muy Muy, Nicaragua.

Keywords: Nutrient cycling, production and consumption of forage biomass, deposition and distribution of cattle dung and urine, milk production, production and decomposition of grass and *Arachis pintoii* litter, improved pastures, natural pastures, *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon nlemfuensis*, *Arachis pintoii*, *Paspalum conjugatum*.

## SUMMARY

Nutrients cycling was studied in active pastures with a variable tree cover, planted with an improved (more productive) species, both with and without the forage legume *Arachis pintoii*, using non-improved pastures with native and naturalized grass species as a witness. The study was carried out in 3 privately owned farms in the “El Balsamo” community in Muy Muy, Nicaragua from January to July of the 2007. The study area is at an altitude of 700 meters above sea level and has a mean annual air temperature of 22°C and a mean annual precipitation of about 2000 mm. The improved pasture species were *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Cynodon nlemfuensis* and *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, each one of them planted with and without *Arachis pintoii*; natural species were mainly *Paspalum conjugatum*. In each pasture and in each grazing cycle the availability of forage biomass was evaluated, as well as botanical composition, biomass consumption by cattle, milk production, grazing and resting days, stocking rate, deposition and distribution of dung and urine, and production and decomposition of litter. The improved pastures associated with *Arachis pintoii* produced more forage biomass than the non associated improved pastures (12 – 66%); these, in turn, produced between 49 and 82% more than the natural pastures. The larger availability of forage permitted a higher stocking rate of these pastures and a higher milk production per hectare. Also the daily milk production per cow tended to increase, probably due to the higher of the cows’ diet, especially the higher nitrogen content. When well managed, the associated pastures practically did not have weeds, nor do they present patches of bare soil. During the dry period the forage availability is reduced notably and as consequence farmers reduce stocking rate. At the same time this results in a smaller milk production per hectare while lactating cows lose considerable body weight.

The observed effect of tree shade on the availability of forage biomass is variable since in some of the studied pastures availability is higher under shade and in others equal or lower. These results are probably influenced by the fact that shade varies in density, the presence of lateral shade and the presence of areas not frequently visited by the cattle where forage biomass availability is always high. Overgrazing occurred in some grazing cycles; in the associated pastures it increased the cover of *Arachis pintoii* and reduced the grass cover and the total availability of forage biomass.

Of the nutrients consumed by the cattle, between 4 and 8% leaves the pasture as milk. When the cows remain outside the pasture for several hours for milking and suckling the calves, between 20 and 40% of the consumed nutrients are lost from the pasture as dung and urine. On the other hand, if time spend outside the pastures is reduced to what is strictly necessary, these losses are reduced to 5-15% of the total consumed. In all cases, however, distribution of the returned nutrients is not uniform, but seems to be associated in the first place with slope. Also, data suggest that a relation exist with factors exists like comfort, sense of security of the animals and availability of forage biomass. The fact that no relation was found between presence of tree shade and the deposition of dung and urine can probably be related to 2 factors: not all the trees in a pasture are preferred by the cattle for resting and the cattle look for shade while resting only during the hottest hours of the day and above all on sunny days, while dung and urine is deposited during 24 hours, every day. In pastures with homogeneous slopes smaller than 25% and with uniform forage availability, the areas in the pasture most preferred by cattle receive a quantity of dung and urine 1.5 to 2.5 times greater that the less favored areas. On the other hand, in pastures with areas with slopes greater than 25% that also have some less steep zones and where furthermore differences in shade and forage availability area present, the most favored areas receive up to 7 times more excreta than the less favored areas. The P and Ca are returned to the pasture almost exclusively in dung while also Mg returns to the pasture mainly in dung. Approximately 80% of the K consumed returns to the pasture in urine against 20% in dung, while between 25 and 60% of the N is returned in dung and the rest in urine.

In the dry period pasture litter accumulates due to fact that the decomposition rate is less than the litter production. Grass litter production is 6 to 28 times higher than *Arachis pintoi* production although it is possible that the method used underestimates the *Arachis pintoi* litter production due to the very fast decomposition rate. The amount of N, P, Ca and Mg that returns to the pasture through litter fall is greater than the amount of nutrients consumed by the cattle. On the other hand, in all studied pastures the quantity of K consumed by the cattle is much higher than the amount that returns to the soil as litter, due to the fact that approximately the 90% of the K contained in the forage biomass is redistributed within the plant before the litter drops.

It is estimated that N losses in the non associated pastures vary between 4 and 35 Kg during the period of observation, which in the long-term compromises the sustainability of these pastures. It is estimated that associated pastures on the other hand, are enriched in N. Although the losses of P of the pastures are limited, the limited amount of P present in the soils of the studied pastures and the concentration of P in area preferred by cattle to rest, suggest that in the longer term P could limit the productivity of the pastures. On the other hand, observed losses of K, Mg and Ca and the reserves of these elements measured in the soil indicate that these elements do not limit the productivity of the pastures.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características físicas de los suelos de los potreros evaluados en Muy Muy, Nicaragua.....	14
Cuadro 2. Características químicas de los suelos de los potreros evaluados en Muy Muy, Nicaragua.....	15
Cuadro 3. Caracterización de de las especies arbóreas de los potreros evaluados de la finca: Santa Juana.....	18
Cuadro 4. Caracterización de de las especies arbóreas de los potreros evaluados de la finca: Santo Tomás.....	19
Cuadro 5. Caracterización de de las especies arbóreas de los potreros evaluados de la finca: Los Limones.....	20
Cuadro 6. Características de manejo de las pasturas seleccionadas en 3 fincas ganaderas de la zona alta del Municipio de Muy Muy.....	21
Cuadro 7. Materiales, tamaño de bolsa y cantidad de hojarasca utilizados en experimento de descomposición de hojarasca para la selección de materiales y cantidades.....	35
Cuadro 8. Disponibilidad de biomasa forrajera por ciclo en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás.....	45
Cuadro 9. Disponibilidad de biomasa forrajera por ciclo en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana.....	45
Cuadro 10. Disponibilidad de biomasa forrajera por ciclo en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones.....	46
Cuadro 11. Fuentes de variación y probabilidades (Disponibilidad de biomasa).....	49
Cuadro 12. Prueba de Duncan (Disponibilidad de biomasa).....	49
Cuadro 13. Composición botánica en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás .....	51
Cuadro 14. Composición botánica en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana.....	51
Cuadro 15. Composición botánica en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones.....	51
Cuadro 16. Estimación del consumo de biomasa forrajera (botanal y Método indirecto - PV) en las pasturas evaluadas: Finca Santo Tomás.....	54

Cuadro 17. Estimación del consumo de biomasa forrajera (botanal y Método indirecto - PV) en las pasturas evaluadas: Finca Santa Juana.....	54
Cuadro 18. Estimación del consumo de biomasa forrajera (botanal y Método indirecto - PV) en las pasturas evaluadas: Finca Los Limones.....	55
Cuadro 19. Peso promedio del ganado en abril y julio por finca.....	56
Cuadro 20. Alimentación suplementaria por finca.....	57
Cuadro 21. Fuentes de variación y probabilidades.....	57
Cuadro 22. Prueba de medias de Duncan (consumo).....	58
Cuadro 23. Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra en la pastura Toledo con maní.....	59
Cuadro 24. Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra en la pastura Toledo sin maní.....	59
Cuadro 25. Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra en la pastura natural: El Toronja.....	59
Cuadro 26. Cobertura de Toledo y maní con y sin cobertura arbórea.....	60
Cuadro 27. Producción de leche en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás.....	63
Cuadro 28. Producción de leche en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana (kg/ha).....	63
Cuadro 29. Producción de leche en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones (kg/ha).....	63
Cuadro 30. Fuentes de variación y probabilidades (Producción de leche).....	64
Cuadro 31. Días de descanso, ocupación y Carga animal en la finca Santo Tomás.....	66
Cuadro 32. Días de descanso, ocupación y Carga animal en la finca Santa Juana.....	66
Cuadro 33. Días de descanso, ocupación y Carga animal en la finca Los Limones.....	66
Cuadro 34. Deposición de heces en Kg. de material seco por hectárea en las pasturas estudiadas de la finca Santo Tomás.....	68
Cuadro 35. Deposición de heces en Kg. de material seco por hectárea en las pasturas estudiadas en las fincas Santa Juana y Los Limones.....	69
Cuadro 36. Peso promedio de las bostas en las pasturas estudiadas durante el período de evaluación.....	71
Cuadro 37. Deposición de orinas en las pasturas evaluadas de la finca Santo Tomás.....	72
Cuadro 38. Deposición de orinas en las pasturas evaluadas de las fincas Santa Juana y Los Limones.....	72



Cuadro 39. Peso promedio de las orinadas en las pasturas estudiadas durante el período de evaluación.....	73
Cuadro 40. Deposición de orina y heces en las pasturas evaluadas de las fincas Santo Tomás y Santa Juana.....	74
Cuadro 41. Deposición de orinas y heces en las pasturas evaluadas de la finca Los Limones	75
Cuadro 42. Correlación entre la posición de las bostas y la pendiente promedio del cuadrante, distancia a la sombra y distancia a la entrada.....	78
Cuadro 43. Correlación de la deposición de orinas con la pendiente de cuadrantes.....	79
Cuadro 44. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (K) estimada en la finca Santo Tomás.....	81
Cuadro 45. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (K) estimada en la finca Santa Juana.....	81
Cuadro 46. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (K) estimada en la finca Los Limones.....	82
Cuadro 47. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (K) estimada en la pastura Toledo con maní de la finca Los Limones.....	83
Cuadro 48. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (K) estimada en la pastura natural: El Toronja de la finca Los Limones.....	84
Cuadro 49. Producción de hojarasca observada durante el periodo de observacion <sup>1</sup> y anual extrapolada para las pasturas de la finca Los Limones.....	88
Cuadro50. Producción de hojarasca observada durante el periodo de observacion <sup>1</sup> y anual extrapolada para las pasturas de las fincas Santo Tomás y Santa Juana. ....	88
Cuadro 51. Peso inicial, porcentaje de descomposición y tasa de descomposición de hojarasca en la época seca (del 04 de marzo al 17 de mayo).....	91
Cuadro 52. Peso inicial, porcentaje de descomposición y tasa de descomposición de hojarasca en la época lluviosa (del 04 de junio al 13 de septiembre).....	91
Cuadro 53. Fuente de variación y probabilidades (Bolsas de descomposición).....	93
Cuadro 54. Comparación de estimación de constante de descomposición (2 métodos) en las 2 épocas.....	94
Cuadros 55. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados en la época lluviosa.....	94
Cuadro 56. Peso inicial, porcentaje de descomposición y tasa de descomposición de hojarasca en la época seca (del 15 de septiembre al 04 de noviembre).....	96

Cuadro 57 .Comparación del porcentaje de descomposición de la hojarasca del pasto con y sin la mezcla de la hojarasca del maní.....	97
Cuadro 58. Fuente de variación y probabilidades del porcentaje de descomposición.....	98
Cuadro 59. Pruebas de medias de LSD de Fisher para el porcentaje de descomposición de hojarasca .....	99
Cuadro 60. Concentraciones de nutrientes en la biomasa forrajera y diferencias estadísticas según la prueba de Fisher (todas las mediciones, tanto en la época seca y lluviosa)...	103
Cuadro 61. Fuente de variación y probabilidades para el contenido de nutrientes en la hojarasca.....	108
Cuadro 62. Promedio de las concentraciones de nutrientes en hojarasca de las especies estudiadas y diferencias estadísticas según la prueba de LDS Fisher.....	109
Cuadro 63. Fuentes de variación y probabilidades concentración de nutrientes de heces....	110
Cuadro 64. Concentración de nutrientes en heces en las pasturas estudiadas y diferencias estadísticas según la prueba LDS Fisher.....	111
Cuadro 65. Concentración de nutrientes promedio en la leche producida en las pasturas evaluadas.....	112
Cuadro 66. Concentración de nutrientes promedio en la deposición de orina en las pasturas evaluadas.....	113
Cuadro 67. Flujos de nutrientes en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás durante el período de evaluación (190 días).....	119
Cuadro 68. Flujos de nutrientes en las pasturas evaluadas en la Santa Juana durante el período de evaluación (180 días).....	120
Cuadro 69. Flujos de nutrientes en las pasturas evaluadas de la finca Los Limones durante el período de evaluación (167 días: TcM, 182 días: TsM, 173 días pasto natural .....	121
Cuadro 70. Nutrientes disponibles o presentes en los 30 cm. superiores dl suelo.....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Municipio de Muy Muy, Departamento de Matagalpa, Nicaragua.....	4
Figura 2. Distribución de la temperatura del Municipio de Muy Muy, Departamento de Matagalpa, Nicaragua.....	6
Figura 3. Distribución de la precipitación en la Comunidad El Bálsamo N° 1, zona alta, Muy Muy- Nicaragua de junio del 2004 a octubre del 2007.....	7
Figuras 4. Perfiles de suelos (calicatas) de 7 de las 9 pasturas evaluadas en el estudio 16 y 17	
Figura 5. Escalas reales (1-3) determinadas antes del pastoreo en la pastura Estrella con maní .....	21
Figura 6. Parte comestible y no comestible de la pastura Tanzania sin maní .....	23
Figura 7. Escalas reales (1-3) determinadas después del pastoreo en la pastura natural: El Arado .....	24
Figura 8. Condición de la pastura Tanzania sin maní antes y después pastoreo (Biomasa consumida).....	25
Figura 9. Distribución de los cuadrantes en la pastura Estrella sin maní.....	28
Figura 10. Conteo y toma de muestra de heces en la pastura Toledo con maní.....	28
Figura 11. Recolección y toma de muestra de heces en la pastura Tanzania sin maní.....	30
Figura 12. Conservación de muestras de orinas (refrigeración).....	31
Figura 13. Recolección de hojarasca en la pastura Tanzania sin maní.....	32
Figura 14. Evaluación de tres tipos de materiales y tamaño de bolsas de descomposición....	35
Figura 15. Parcela de bolsas de descomposición en la pastura Toledo con maní.....	36
Figura 16. Parcela de bolsas de descomposición en la pastura Toledo sin maní.....	37
Figura 17. Parcela de bolsas de descomposición en la pastura Toledo con maní.....	37
Figura 18. Parcela de bolsas de descomposición en la pastura Toledo sin maní.....	37
Figura 19. Proceso de extracción de la hojarasca remanente en bolsas de descomposición...	39
Figura 20. Porcentaje remanente de hojarasca en bolsas de descomposición durante los 70 días de incubación ubicadas en la época seca.....	100

Figuras 21 Precipitaciones registradas durante los 70 días de incubación de las bolsas de descomposición ubicadas en la época seca.....	100
Figura 22. Porcentaje remanente de hojarasca en bolsas de descomposición durante los 100 días de incubación ubicadas en la época lluviosa.....	101
Figuras 23. Precipitaciones registradas durante los 100 días de incubación de las bolsas de descomposición ubicadas en la época lluviosa.....	101
Figura 24 Porcentaje remanente de hojarasca en bolsas de descomposición durante los 50 días de incubación ubicadas en la época lluviosa.....	102
Figura 25 Precipitaciones registradas durante los 50 días de incubación de las bolsas de descomposición ubicadas en la época lluviosa.....	102
Figura 26 Contenido de nitrógeno en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas. ....	105
Figura 27. Contenido de fósforo en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas.....	106
Figura 28 Contenido de potasio en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas. ....	107
Figura 29. Contenido de magnesio en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas.....	107
Figura 30. Contenido de calcio en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas .....	108
Figura 31. Componentes generales del ciclo de nutrientes en pasturas (Adaptado de Joost 1996).....	115

## **LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS**

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

EIAG: Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería

MS: materia seca

Pp: Precipitación

Prof: profundidad

PN: Pastura natural

Kg: Kilogramo

cm: centímetro

mm: milímetro

# 1 INTRODUCCIÓN

En Centroamérica, se calcula que el área bajo pasturas se incrementó de 3,5 millones en 1950 a 13,5 millones de hectáreas en 1995, y el número de cabezas de ganado pasó de 4,2 millones a 9,6 millones durante el mismo período (Kaimowitz 1995). Es probable que en la mayoría de los países de la región, después de la conclusión del estudio mencionado, el área bajo pasturas y el hato se han aumentado aún más. La mayoría de las pasturas son manejadas en forma extensiva y su productividad es relativamente baja (IICA 1996).

Se estima que alrededor de la mitad de las pasturas presentan algún grado de degradación (Szott et al. 2000). La degradación de la pastura pueda ser definida como la reducción temporal o permanente de su capacidad productiva (Stocking y Murnaghan 2001).

La degradación es causada por varias razones o combinaciones de ellas, como por ejemplo: la introducción de especies forrajeras no adaptadas a las condiciones de una determinada región, el mal manejo de las pasturas (sobre todo el sobrepastoreo), la compactación del suelo, la erosión o la reducción de la fertilidad del suelo sin que se ajuste el manejo a esta reducción (Spain y Gualdrón, 1991; Giraldo y Bolívar, 1999). Esta situación reduce aún más la productividad de la ganadería en la región (Pezo e Ibrahim 1999).

La gran mayoría de las pasturas en Centroamérica contienen solamente gramíneas tropicales, las cuales se caracterizan por tener un bajo contenido de proteína cruda y una baja digestibilidad (Bolívar y Montenegro 2001). Además, estos forrajes frecuentemente son deficientes en muchos minerales esenciales para el ganado, las concentraciones de los mismos dependen de la interacción de varios factores, como el suelo, la especie de planta, el estado de madurez, el rendimiento, el manejo de la pastura y el clima (McDowell et al. 1984).

Las ganaderías especializadas en la región, para aumentar la productividad y poder satisfacer los requerimientos nutricionales del ganado, frecuentemente utilizan la fertilización química para incrementar la disponibilidad y calidad del pasto, además suplementan el ganado con concentrados.

Indudablemente, el uso de fertilizantes, sobre todo los nitrogenados, aumenta la producción de los pastos (e.g. Sánchez, 1976; Barcillos, 1986). Sin embargo, su uso no siempre es económicamente o logísticamente viable. Una alternativa para mejorar la productividad ganadera sin el uso de insumos externos de la finca es la incorporación de leguminosas forrajeras en las pasturas. Además de aportar un forraje rico en proteínas, éstas a través de la fijación de nitrógeno del aire incorporan parte de este nitrógeno en el suelo, y el pasto que esté creciendo cerca de las leguminosas se beneficiaría de esto. (e.g. Sánchez, 1976; Ibrahim, 1994) El efecto es como si el finquero estuviese aplicando constantemente cantidades pequeñas de fertilizantes nitrogenados a estas pasturas (Maclennan sf).

Sin embargo, a pesar de que existen muchos estudios sobre las ventajas de los asociados de pastos con leguminosas (p.e.: Hernández et al., 1995, Jansen et al., 1997), en Centroamérica la implementación a gran escala de asociados no se ha logrado, lo que contrasta con zonas de climas templados donde asociados de pastos con alfalfa y trébol son comunes. Entre otros factores, esto se debe a los limitados estudios sobre la adaptación y persistencia de muchas especies de leguminosas para muchas de las condiciones ambientales de la región, falta de una propaganda y seguimiento efectivo por parte de los servicios de extensión y falta de semillas e inoculantes (Ibrahim, 1994; 't Mannelje, 1997).

El efecto de la sombra de árboles en pasturas en zonas tropicales sobre el confort del ganado es indudablemente positivo (p.e. Pezo e Ibrahim 1998) , sin embargo, el efecto sobre productividad es menos claro (p.e. Norton et al., 1990) y la influencia de árboles en pasturas en los flujos de nutrientes es poco conocido.

Muchos procesos relacionados con la degradación de las pasturas no son completamente entendidos, entre ellos la relación entre nutrientes y productividad (Boddey et al., 1996; Oliveira et al., 2004). Por otra parte, flujos de nutrientes entre diferentes componentes del ecosistema silvopastoril (p.e. planta-animal-suelo) son difíciles de cuantificar (Haynes and Williams, 1993; Bellows, 2001) y datos de zonas tropicales son escasos.

En este estudio se pretende determinar algunos aspectos del ciclo de nutrientes en pasturas activas con una variable cobertura de árboles (sistemas silvopastoriles) de pasturas naturales y

mejoradas con y sin la leguminosa forrajera *Arachis pintoi*. Este a su vez nos permite conocer detalles de las posibles ventajas ambientales y productivas de los sistemas silvopastoriles asociados con leguminosas.

En un intento para recuperar pasturas degradadas con prácticas sostenibles y mejorar la calidad de vida de los pobladores y su entorno, el proyecto Pasturas Degradadas de CATIE Noruega investiga desde 2004 mediante un proceso de investigación participativa en fincas ganaderas el uso de asociados de pastos con la leguminosa *Arachis pintoi* en Muy Muy, Nicaragua. Estos asociados actualmente están en pleno uso por los productores y presentan un escenario adecuado para el estudio

## **1.1 Objetivos del estudio**

### ***1.1.1 Objetivo General***

Caracterizar parte de los flujos de nutrientes en diferentes sistemas silvopastoriles con y sin la leguminosa *Arachis pintoi* y estimar su relación con la degradación de pasturas.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

1. Determinar la producción de biomasa aérea, su consumo por el ganado y estimar cantidades de N, P, K, Ca y Mg en ellos en diferentes sistemas silvopastoriles con y sin la leguminosa *Arachis pintoi*
2. Comparar la producción de hojarasca y cantidad de N, P, K, Ca y Mg que se recicla a través de ella en diferentes sistemas silvopastoriles con y sin la leguminosa *Arachis pintoi*.
3. Estimar la degradación de hojarasca y la cantidad de N, P, K, Ca y Mg en diferentes sistemas silvopastoriles con dos métodos: bolsas de hojarasca y medición de la tasa de desaparición.
4. Determinar la cantidad de N, P, K, Ca y Mg que se recicla a través de la deposición de heces y orinas de ganado en diferentes sistemas silvopastoriles con y sin la leguminosa *Arachis pintoi*.



## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo entre noviembre 2006 y agosto del 2007 en tres fincas ganaderas de la comunidad de El Bálsamo N° 1 de la zona alta del Municipio de Muy Muy, del departamento de Matagalpa, Nicaragua. Matagalpa es uno de los departamentos más grandes de Nicaragua y se encuentra en la zona central del país; este limita al norte con Jinotega, al este con la Región Autónoma Atlántico Sur y Norte; al sur con los departamentos de Managua y Boaco y al Oeste con Estelí y León. En esta región la ganadería es una de las actividades principales desde hace 45 años. El municipio de Muy Muy se encuentra ubicado entre los 12° 50' y 12° 40' latitud norte y a los 85° 45' y 85° 30' longitud oeste y tiene un área de 394 km<sup>2</sup>. (CATIE-NORUEGA / PD 2002).



*Figura 1. Mapa de ubicación del Municipio de Muy, Muy, Departamento de Matagalpa, Nicaragua.*

### ***2.1.1 Topografía***

La topografía de Muy, Muy, se caracteriza por tener el 37 % de sus terrenos planos, el 45 % ondulado y el 18 % quebrados. La altitud que se alcanza en esta zona está entre los 220 y los 780 msnm. Entre los cerros más importantes del municipio se encuentran el Cerro del Caballo, Palo Alto, el Gusano, el Zompopo, Guasmure, Hato Nuevo, Taloliga, el Bálsamo, Compasagua, Cofradías, Coyotepe y Zanzíbar (Cruz y García 2002)

### ***2.1.2 Geología y suelos***

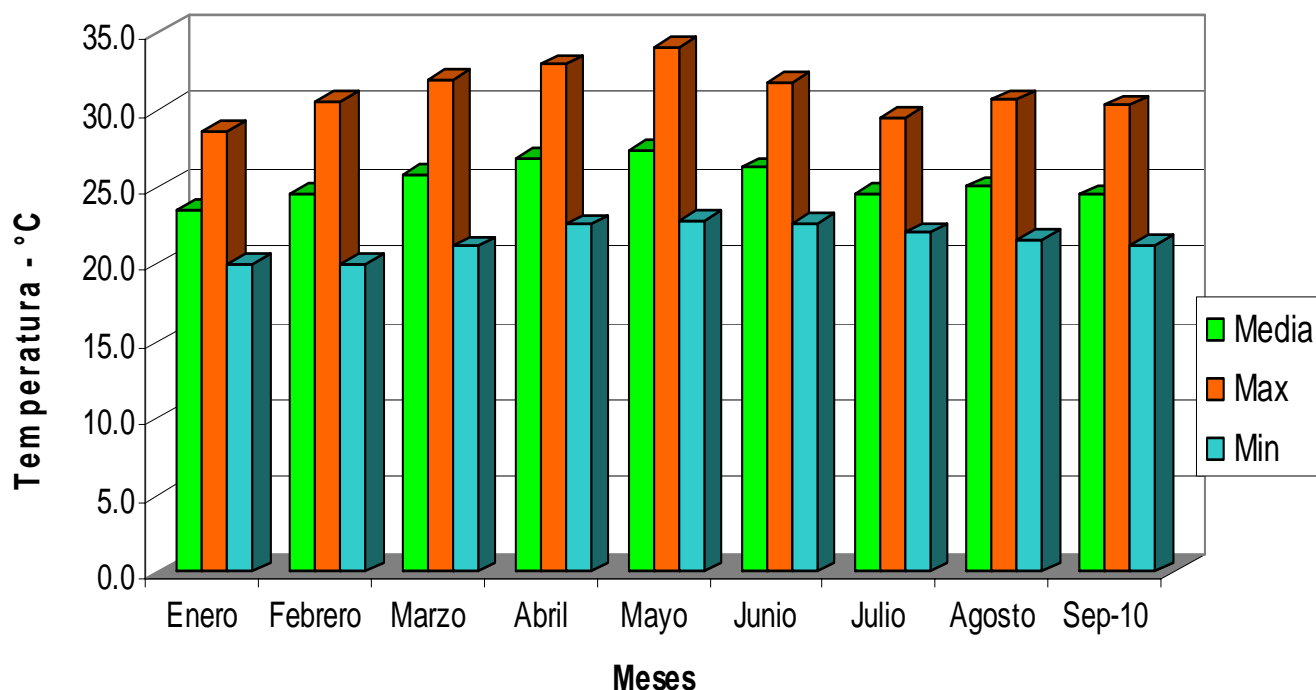
La mayor parte de la parte baja del Municipio está cubierta por tobas estratificadas del Terciario. En las partes bajas y más planas (pendientes hasta 10%) se han formado Vertisoles en las tobas, caracterizados por la presencia de amplias grietas durante la época seca y estructuras prismáticas, mientras en áreas más onduladas (asociados a un mejor drenaje) dominan los Inceptisoles, a veces con propiedades vérticas; además se encuentran Entisoles (suelos caracterizados por tener poca profundidad). En estos suelos predominan las texturas franco-arcillosas a arcillosas.

La zona alta, por encima de los 500 msnm está dominada por lavas del Terciario. En ellas se han formados Alfisoles moderadamente profundas con texturas arcillosas en el subsuelo (MIDESAP 1985, datos sin publicar del proyecto CATIE-Noruega).

### ***2.1.3 El clima***

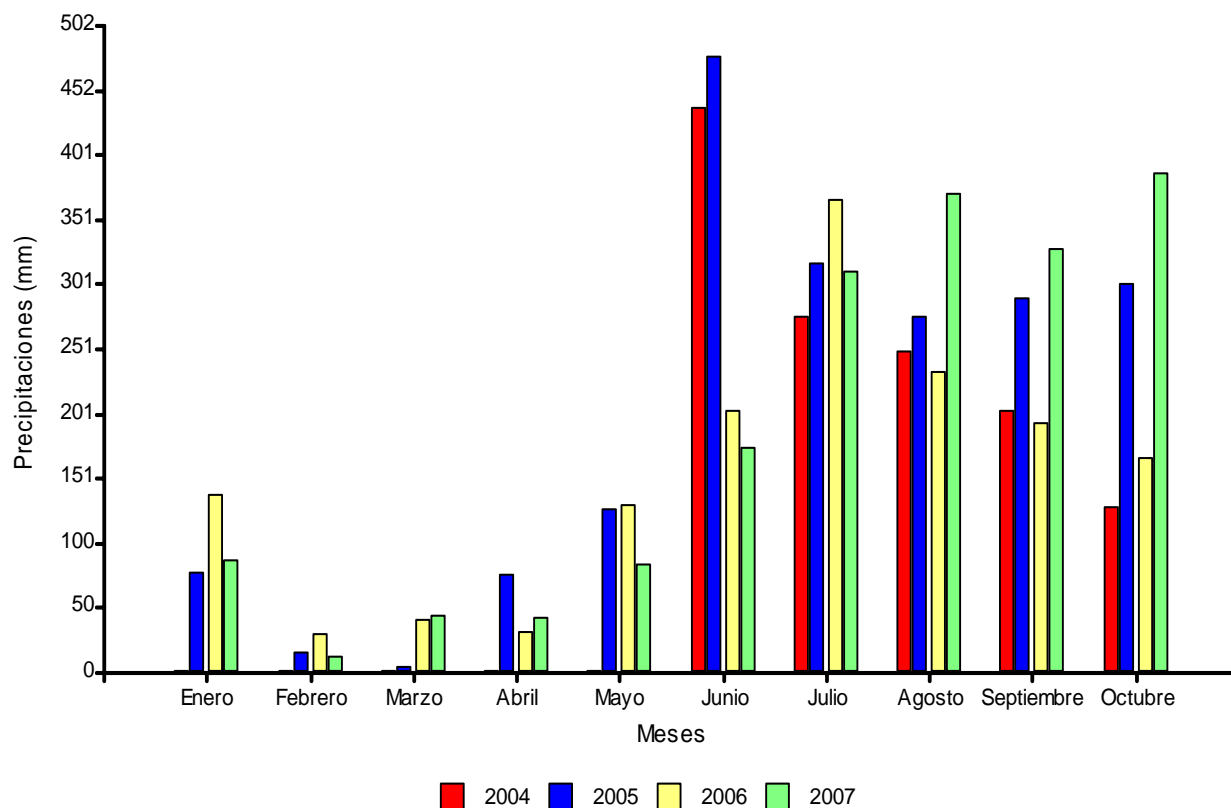
El clima de la zona del estudio se clasifica como trópico semi-húmedo en transición entre zona seca y húmeda. La precipitación anual en el pueblo de Muy, Muy, es de 1.576 mm al año (INETER, datos inéditos), presentándose una época de lluvias entre mayo-junio y noviembre-enero y una época seca entre febrero y abril, con cierta irregularidad en los regímenes de lluvias. Sin embargo, mediciones del proyecto CATIE-Noruega PD indican que la precipitación en la zona alta del Municipio es unos 300 a 400 mm mayor al valor citado, además, que la época lluviosa se extiende casi siempre hasta enero – febrero.

La temperatura del aire promedio de la zona es de 24.5° C a la altura del pueblo de Muy Muy (300 msnm) (INETER, datos inéditos)(figura 2). Si se asume que la temperatura promedia del aire se reduce en 0,56 °C por cada 100 metros de altitud, la temperatura promedia de la zona de estudio seria de 22,1°C.



*Figura 2 Distribución de la temperatura en el pueblo de Muy Muy de Enero a Septiembre del 2007 (INETER, Muy Muy)*

Durante el año de estudio la precipitación se ha comportado de manera irregular, con la entrada del invierno tardía y con pocas lluvias, de forma general se puede observar que las precipitaciones del 2007 son menores a la reportada en los años 2005 y 2006, por otra parte las mayor precipitación para el 2006 y 2007 se registró en el mes julio y en el año 2005 se registró en el mes de junio por los datos del año 2006 y 2007 la cantidad de lluvia precipitada fue muy alta lo que indica que pudo deberse algún fenómeno natural. Por otra parte de enero a abril las precipitaciones fueron menores a los 100 mm similar comportamiento se puede observar en las precipitaciones del año 2005 a diferencia del año 2006 se registro mayor precipitación en el mes de enero que fue superior a los 100 mm (figura 2).



*Figura 3. Distribución de la precipitación mensual desde junio 2004 – octubre 2007 en la comunidad El Bálsamo N°1 - Muy Muy, Nicaragua. (Datos sin publicar del proyecto CATIE-NORUEGA / PD 2002).*

#### **2.1.4 Actividades agropecuarias**

En 1998, imágenes de satélite LANDSAT indicaron que de la superficie total del municipio de Muy Muy, solamente el 10,5% estaba en bosques o tacotales. Por otro lado, el 77,6% de su superficie son pastizales naturales y el restante 11,8% es de uso agrícola, el cual es dedicado principalmente a los cultivos de maíz, frijoles y hortalizas. La principal actividad productiva y económica por muchas décadas es la ganadería vacuna de doble propósito, con alrededor de 25.000 cabezas. Se estima que esta actividad abarca el 50% de todas las actividades productivas que se implementan; otra actividad agropecuaria importante es la caficultura, la cual se desarrolla en las zonas altas del Municipio (arriba de los 400 msnm) (CATIE-NORUEGA / PD 2002).

El mayor problema de la ganadería en la zona son los bajos índices productivos y reproductivos, en parte debido a que el 88% de las pasturas se encuentran en estado avanzado de degradación (Pezo e Ibrahim 1999). La cobertura de especies herbáceas forrajeras en los potreros alcanza apenas un 55%, mientras que las no forrajeras alcanzan un 42% y el suelo desnudo no supera el 4%. Dentro de las especies forrajeras más importantes se encuentran las gramas (*Paspalum sp*), las cuales se presentan en 45% de los potreros; el jaragua (*Hyparrhenia rufa*) con un 11% de la cobertura y la *B. brizantha* con un 5%. En la mayoría de las fincas, sobre todo en la zona baja y media del municipio, también se hallan algunas especies de pasto de corte como el King grass (*Pennisetum hybridum*) y Pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*). Por otro lado, entre las malezas más predominantes que incidan en las fincas se encuentran Bauhinia monandra (15%), *Ageratum conyzoides* (10%), *Paspalum virgatum* (9%), *Senna sp* (8%), *Blechum pyramidatum* (7.6%), *Sida acuta* (6,8%), e *Hyptis sp* (6%) (CATIE-NORUEGA / PD 2006).

## **2.2 Criterios para la selección de los sistemas evaluados**

### **2.2.1 Criterios de selección de pasturas**

Los criterios utilizados para escoger los sistemas silvopastoriles estudiados fueron los siguientes:

- El interés de comparar sistemas contrastantes, por ello se eligió pasturas dominadas por gramíneas naturales, gramíneas mejoradas solas y gramíneas mejoradas asociadas con leguminosas forrajeras.
- Se escogieron pastos mejorados (*Panicum maximum*, cv. Tanzania, *Brachiaria brizantha*, cv. Toledo y *Cynodom nlemfuensis*), asociados y no asociados con la leguminosa *A. pintoii*, por ser pastos introducidos de alta productividad, más un testigo de un complejo de gramíneas naturales (*Paspalum spp* o grama) y naturalizadas (*Ischaemum ciliare* o retana), con buena cobertura de las especies de interés, que permitiera comparar el efecto del tipo de pasto o de la asociación sobre la producción y

calidad de la biomasa, la hojarasca y la deposición de heces y orinas y los flujos de nutrientes en estos sistemas.

- Además, se pretendía estudiar el efecto de la cobertura arbórea sobre algunos de los procesos estudiados. Por lo tanto, se seleccionó una de las fincas donde se encontró el escenario mencionado arriba (pasto mejorado solo, pasto mejorado asociado y pasto natural) por tener una alta cobertura arbórea en las 3 pasturas, de manera que se podía encontrar amplias zonas con y sin el efecto de la sombra arbórea.

### ***2.2.2 Criterios de selección de áreas experimentales***

Para la selección de los sitios de muestreo se consideró el grupo de 16 productores que establecieron pastos mejorados asociados y no asociados con *A. pintoii* en el año 2004 con el proyecto CATIE-NORUEGA / PD 2002. Se visitaron estas fincas, y se revisó en cada una de ellas lo siguiente:

- Pasturas con buena cobertura de las especies de interés, sin muchas malezas.
- Edad mínima de las pasturas 2 años, de manera que hayan sido utilizadas en forma rutinaria.
- Pasturas activas con cobertura arbórea representativa.
- La disposición de los productores para prestar su finca para trabajar de forma participativa durante el experimento.
- Una accesibilidad que permita visitas frecuentes.

Luego de revisar las 16 fincas se seleccionaron tres fincas que cumplieron con los criterios preestablecidos. Aunque no fue un criterio de selección, las 3 fincas se encuentran a poca distancia (menos que 1 Km.), todas en el poblado El Bálsamo 1, entre 730 y 750 metros sobre el nivel del mar.

La primer unidad fue la finca Santo Tomás tiene una extensión 20.6 ha, cuenta con 8 potreros destinados para el pastoreo de las vacas en ordeño más el área de la huerta en la cual

se realizan pastoreos después de la cosecha del cultivo de maíz, con las vacas en producción. Para el estudio se seleccionaron 3 potreros:

1: El primer potrero escogido en esta finca es Tanzania (*Panicum maximum*, Cv. *Tanzania*) asociado con maní forrajero (*Arachis pintoi*) con un área de 0.32 ha. Este potrero fue establecido en 2004, su uso anterior fue potrero de grama por lo menos durante unos 10 años. Se contabilizaron seis árboles en el potrero: 1 árbol disperso y 5 árboles en la cerca, para una densidad de 18 a 19 árboles por ha; el porcentaje de cobertura arbórea es de 3.5% (Cuadro 3).

2: El segundo potrero seleccionado es el Tanzania sin maní, con un área de 0.33 ha, se ubica a la par del primer potrero y fue igualmente establecido en 2004 en un potrero viejo de grama. En este potrero hay 2 árboles disperso y 5 árboles en la cerca para una densidad 21 árboles por ha; el área afectada por la sombra de estos árboles abarca un 5.2% del área total (Cuadro 3).

3: El último potrero escogido corresponde a una pastura natural tiene un área de 0.98 ha, con una diversidad de gramíneas entre las que destacan los géneros: *Paspalum*, *Cynodon*, *Digitaria*. Este potrero tiene más que 10 años de existir; la presencia de *Cynodon* podría indicar que anteriormente ha sido utilizado como huerta. En total se contaron 19 árboles para un estimado de 19 árboles por ha. 12 Árboles se ubican en forma dispersa en el potrero y 7 árboles están en las cercas. La cobertura aérea de los árboles abarca un 2.7% del área total (Cuadro 3).

La segunda finca escogida es la finca Santa Juana tiene un área de 10.1 ha, con 6 potreros destinados para las vacas en producción, sumándoles a estos por efecto de pastoreo las huertas (maíz). De estos apartos se seleccionaron 3:

1: El primer potrero seleccionado en esta finca correspondió a la pastura estrella (*Cynodon nlemfuensis*) asociado con maní forrajero (*Arachis pintoi*), establecida en 2004. Anteriormente se utilizaba esta área para cultivos y pastoreo en verano. Tiene un área de 0.32 ha, hay 4 árboles en el potrero y 5 en el cerco para una densidad de 28 árboles por ha, mientras que la cobertura arbórea es el 5.8% del potrero (Cuadro 4).

2: El segundo potrero escogido es el Estrella sin maní, igual que el potrero anterior establecido en 2004 en la misma huerta. Tiene un área de 0.29 ha y la cantidad de árboles en el potrero es de 14 de los cuales solamente 2 se encuentran dentro del potrero y 12 están ubicados en el cerco. La densidad de árboles es de 48 árboles por ha y la cobertura arbórea es de 9.9%(Cuadro 4).

3: El último potrero seleccionado en esta finca para el estudio corresponde a una pastura natural con variedad de gramíneas naturales, en su mayoría del género *Paspalum* pero no las denominadas gramas. Este potrero fue anteriormente utilizado como huerta y desde su abandono en 2004 es utilizado como potrero. Es importante destacar que el productor nunca estableció pasto en este potrero sino manejo la vegetación que nació en forma natural. Tiene un área de 0.87 ha. Solamente hay 1 árbol disperso en el potrero y 12 en el cerco para una densidad de 15 árboles por ha; la cobertura arbórea es de 2.3 %(Cuadro 4).

La tercera finca seleccionada es la finca Los Limones que tiene un área de 8.3 ha y posee 6 potreros que son utilizados para el pastoreo de las vacas en producción. Igual que en las fincas anteriores, sobre todo en el período seco se pastorea el ganado en las huertas (maíz). De los potreros se seleccionaron tres: dos con pasturas mejoradas (*Brachiaria brizantha* cv. Toledo) asociada y no asociada con *A. pintoii* y una pastura natural con una alta cobertura de grama (*Paspalum spp*) mezclada con retana (*Ischaemum ciliare*).

1: El primer potrero seleccionado es el Toledo con maní tiene un área de 0.27 ha. Anterior al establecimiento de la pastura fue utilizado para el cultivo de café. La cantidad de árboles en el potrero es de 11 para una densidad estimada de 41 árboles ha<sup>-1</sup> encontrándose 7 árboles dentro del potrero y 4 ubicados en el cerco, La cobertura arbórea es de 15.9% (Cuadro 5).

2: El segundo potrero escogido corresponde a Toledo sin maní posee un área de 0.31 ha, que fue establecido en el mismo área destinada al cultivo de café que el primer potrero. La cantidad de árboles en el potrero es de 13 para una densidad de 42 árboles por ha, de los cuáles 9 se encuentran dentro del potrero y 4 en el cerco. La cobertura de sombra generada por estos árboles es de 22.5%(Cuadro 5).



3: El último potrero seleccionado corresponde al Toronja es una pastura de por lo menos 10 años de edad de grama, tiene un área de 0.36 ha, la densidad de árboles en el potrero es de 22 para un estimado de 61 árboles ha-1, 15 árboles se encuentran dentro del potrero y 7 están ubicados en el cerco, la cobertura de sombra es de 32.9%(Cuadro 5).

Las pasturas seleccionadas se georeferenciaron con GPS (*Global Positioning System*), al igual que todos los árboles con *dap* mayores de 10 cm que se encontraron, aproximadamente con una precisión de 5 m o menos para la toma de cada uno de los puntos. De los árboles se tomó la siguiente información:

- Especie
- El diámetro del tronco a la altura del pecho (1,3 m), para lo cual se usó la cinta diamétrica o forcípula
- La altura del árbol (total y fuste) mediante el clinómetro *Suunto*
- El diámetro de copa con cinta métrica en dos direcciones perpendiculares

Posteriormente, en base al inventario se calculó la densidad de las árboles por hectárea y se calculó las áreas que están bajo la influencia directa (= perpendicular) de la copa.

### **Aspectos generales del suelo**

Para caracterizar el suelo de los potreros en cada una de las fincas se realizó una mini calicata de 60 x 60 x 60 cm, solamente en 2 de las 9 pasturas (Tanzania con y sin maní) se tomaron muestras de suelos con un barreno, (6 sub-muestras cada 4 cuadrantes); a una profundidad de 0-5 y 5 – 10 cm. Posteriormente se consolidó una muestras compuestas analizando algunos aspectos morfológicos y químicos, para el caso de las minicalicatas se evaluaron las características generales de cada perfil como: drenaje, pedregosidad, descripción de los horizontes presentes, profundidad efectiva, y luego de cada horizonte se determinaron los siguientes aspectos morfológicos y químicos: color, textura, estructura, porosidad, pH, contenido de materia orgánica, P, K, Ca y Mg.

Las pasturas estudiadas se caracterizan por estar ubicadas en una montaña compuesta por una colada de lava con pendientes entre 10 y 60%. Los suelos de estos sitios son homogéneos, con un drenaje entre bien y moderadamente bien drenado, con una pedregosidad superficial entre 0 y 5% y una profundidad efectiva que está entre 60 y 90 cm.

Como se observa en el cuadros 1 y 2, los suelos de los potreros donde se realizó la investigación presentan un pH de 6.0 a 6.4 al ser ligeramente ácidos tienen una buena condición, considerando que este rango de pH se da una mínima interferencia para la absorción de nutrientes. El contenido de calcio es medio a excepción de el potrero: Toledo con maní que es alto, en relación al contenido de Mg se encuentran en un nivel medio a alto, el contenido de K es de medio a alto con la excepción del potrero Toledo sin maní que tiene un nivel bajo, posiblemente por el uso agrícola que ha tenido en el pasado. Todas las pasturas seleccionadas tienen un bajo contenido del P en el suelo. Por otra parte el contenido de materia orgánica oscila entre rango de 3.5 y 10 % en el suelo y se considera alto, lo que favorece los procesos de absorción de nutrientes (Kass 1998) y la formación de agregados estables.

En general, las características indican que estos suelos tienen características físicas favorables para pasturas y una moderada a buena fertilidad (figura 4).

**Cuadro 1** Características físicas de los suelos de los potreros evaluados en Muy Muy, Nicaragua

Potrero	Pendiente (%)	Drenaje	Horizonte	Prof - (cm)	Presencia - grava (%)	Presencia - piedra (%)	Textura	Estructura	Porosidad
PN-El Toronja <sup>1</sup>	28	Moderadamente bien drenado	A	0-19	0	0	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Frecuentes 4-14 pulg. <sup>2</sup>
			B	19-60	0	0	Franco arcilloso	Bloques angulares	Frecuentes
TsM	31	Moderadamente bien drenado	A	0-9	0	0	Franco	Bloques subangulares	Pocos 1-3 pulg. <sup>2</sup>
			B1	9-45	0	5	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Muchos >14pulg. <sup>2</sup>
			B2	45-66	0	0	Arcilloso	Bloques angulares	Muchos
TcM	42	Moderadamente bien drenado	A	0-39	<2	0	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Frecuentes
			B1	39-65	<2	0	Arcilloso	Bloques angulares	Muchos
			B2	65-76	0	0	Arcilloso	Bloques angulares	Muchos
PN- El Pochote	26	Moderadamente bien drenado	A	0-10	1	0	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Frecuentes
			AB	10-23	1	0	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Frecuentes
			B	23-65	1	0	Franco arcilloso	Bloques angulares	Muchos
EsM	32	Moderadamente bien drenado	A	0-18	1	0	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Pocos
			B1	18-40	1	0	Arcilloso	Bloques angulares	Frecuentes
			B2	40-65	1	0	Arcilloso	Bloques angulares	Muchos
PN- El Arado	28	Bien drenado	A	0-19	15	0	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Frecuentes
			B	19-62	15	0	Arcilloso	Bloques subangulares	Frecuentes
			BC	62-73	15	0	Arcilloso	Bloques angulares	Muchos
EcM	41	Moderadamente bien drenado	A	0-9	0	<5	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Pocos
			AB	9-31	0	5	Franco arcilloso	Bolques granulares	Muchos
			B1	31-63	0	5	Arcilloso	Bloques angulares	Muchos
			B2	63-83	0	<5	Franco arcilloso	Bloques angulares	Muchos

<sup>1</sup> Por movimiento de tierra en áreas aledañas se encuentra una pulgada de material ajeno en la superficie

Cuadro 2. Características químicas de los suelos de los potreros evaluados en Muy Muy, Nicaragua

Método: Uso de mínimicalicata

Potrero	Horizonte	Prof	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	C.T.	N	MO	Arena	Limo	Arcilla	Textura
		(cm)	H <sub>2</sub> O	cmol(+)/kg			Mg/kg	%			%				
Finca: Los Limones															
Toledo con maní	<b>A</b>	<b>0-39</b>	6.2	0.07	25.8	9.7	0.73	1.4	3.6	0.35	6.2	26	37	37	Franco Arcilloso
	<b>B1</b>	<b>39-65</b>	6.2	0.14	25.5	13.7	0.05	0.1	0.7	0.08	1.2	19	22	60	Arcilloso
	<b>B2</b>	<b>65-76</b>	5.8	0.19	26.8	15.3	0.04	0.1	0.5	0.06	0.9	26	22	52	Arcilloso
Toledo sin maní	<b>A</b>	<b>0-9</b>	6.1	0.53	15.4	6.5	0.12	1.4	3.1	0.32	5.3	29	47	25	Franco
	<b>B1</b>	<b>9-45</b>	6.2	0.05	14.4	7.3	0.07	0.1	1.2	0.15	2.0	24	37	40	Franco Arcilloso
	<b>B2</b>	<b>45-66</b>	6.2	0.09	16.6	13.7	0.06	0.1	0.6	0.08	1.0	24	27	50	Arcilloso
Finca: Santa Juana															
PN <sup>-1</sup> -El Arado	<b>AP</b>	<b>0-19</b>	6.4	0.05	11.2	3.1	1.21	1.4	2.0	0.23	3.5	29	35	37	Franco Arcilloso
	<b>B</b>	<b>19-62</b>	6.4	0.05	11.1	3.7	0.76	1.6	0.8	0.10	1.3	19	27	55	Arcilloso
	<b>BC</b>	<b>62-73</b>	6.4	0.05	9.7	4.0	0.73	3.4	0.5	0.07	0.9	24	27	50	Arcilloso
Estrella con maní	<b>A</b>	<b>0-9</b>	6.2	0.07	12.5	3.5	0.50	7.2	3.4	0.35	5.9	29	37	35	Franco Arcilloso
	<b>AB</b>	<b>9-31</b>	6.2	0.05	11.1	2.9	0.50	4.0	2.0	0.25	3.4	21	35	45	Arcilloso
	<b>B1</b>	<b>31-63</b>	6.4	0.05	11.6	2.0	0.08	1.6	0.8	0.11	1.4	14	22	65	Arcilloso
	<b>B2</b>	<b>63-83</b>	6.6	0.05	12.7	1.8	0.05	3.2	0.5	0.07	0.9	21	27	52	Arcilloso
Estrella sin maní	<b>A</b>	<b>0-18</b>	6.2	0.06	15.9	6.5	0.77	2.5	3.0	0.30	5.1	31	35	35	Franco Arcilloso
	<b>B1</b>	<b>18-40</b>	6.1	0.06	15.6	6.3	0.42	0.1	1.3	0.16	2.2	19	25	57	Arcilloso
	<b>B2</b>	<b>40-65</b>	6.2	0.08	16.4	7.2	0.06	0.1	0.8	0.13	1.4	14	15	72	Arcilloso
Finca: Santo Tomás															
PN- EL Pochote	<b>A</b>	<b>0 -10</b>	6.4	0.08	12.9	6.6	1.13	8.9	4.8	0.49	8.3	39	40	22	Franco
	<b>AB</b>	<b>10 -23</b>	6.3	0.05	9.9	5.7	1.13	1.8	2.5	0.28	4.3	26	37	38	Franco Arcilloso
	<b>B</b>	<b>23 - 65</b>	6.2	0.05	12.6	8.4	1.01	0.3	1.3	0.15	2.2	9	19	73	Arcilloso

<sup>-1</sup>Pasto natural

Potrero	Cuadrantes	Prof	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	C.T.	N	MO	Arena	Limo	Arcilla	Textura
		(cm)	H <sub>2</sub> O	cmol(+)/kg			Mg/kg	%		%					
Finca: Santo Tomás															
Tanzania con maní	<b>1-4</b>	<b>0-5</b>	6.0	0.09	12.2	6.1	0.53	7.0	5.6	0.54	9.6	46	29	25	Franco
	<b>5-8</b>	<b>0-5</b>	6.0	0.10	13.0	6.5	0.72	4.0	6.1	0.58	10.5	48	32	20	Franco
	<b>9-12</b>	<b>0-5</b>	6.1	0.06	13.8	6.3	0.70	6.1	6.0	0.58	10.3	48	32	20	Franco
	<b>1-4</b>	<b>5-10</b>	5.9	0.10	10.7	4.3	0.33	2.6	4.2	0.45	7.3	38	32	30	Fr <sup>-1</sup> . arcilloso
	<b>5-8</b>	<b>5-10</b>	5.9	0.07	11.0	4.5	0.52	2.6	4.3	0.44	7.3	43	30	28	Fr. arcilloso
	<b>9-12</b>	<b>5-10</b>	6.0	0.06	12.1	4.4	0.43	2.9	4.3	0.46	7.4	41	37	23	Franco
Tanzania sin maní	<b>1-4</b>	<b>0-5</b>	5.9	0.06	12.8	5.3	0.88	6.8	5.4	0.54	9.4	48	32	20	Franco
	<b>5-8</b>	<b>0-5</b>	6.2	0.06	13.2	5.1	0.98	7.3	5.6	0.55	9.6	51	35	15	Franco
	<b>9-12</b>	<b>0-5</b>	6.1	0.06	13.9	5.3	1.09	7.9	5.7	0.58	9.8	46	32	23	Franco
	<b>1-4</b>	<b>5-10</b>	6.0	0.06	11.1	4.2	0.74	3.5	4.1	0.44	7.1	41	35	25	Franco
	<b>5-8</b>	<b>5-10</b>	6.0	0.06	11.4	4.2	0.72	3.0	4.0	0.41	6.8	43	35	23	Franco
	<b>9-12</b>	<b>5-10</b>	6.0	0.06	12.5	4.5	0.80	4.4	4.3	0.43	7.5	46	30	25	Franco

<sup>-1</sup>: Franco

Figuras 4 Perfiles de suelos (minicalicatas) de 7 de las 9 pasturas evaluadas en el estudio

Finca: Santo Tomás



Perfil, Pasto natural (Poch- PN)

**Finca: Santa Juana**



**Perfil, Estrella sin maní (EsM)**



**Perfil, Estrella con maní (EcM)**



**Perfil, Pasto natural (El Arado - PN)**

**Finca: Los Limones**



**Perfil, Toledo con maní (TcM)**



**Perfil, Toledo sin maní (TsM)**



**Perfil, Pasto natural (Tor - PN)**

Cuadro 3. Caracterización de de las especies arbóreas de los potreros evaluados de la finca: Santa Juana

Nombre común	Nombre científico	Total de árboles/ potrero					
		Estrella sin maní		Estrella con maní		Pasto natural	
		Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )	Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )	Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )
Jiñocuabo	<i>Brusera simaruba</i>	4	100.2	1	19.1	-	-
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	38.7	1	22.6	1	49.0
Aguacate	<i>Persea americana</i>	2	22.8	-	-	-	-
Laurel	<i>Cordia Alliodora</i>	3	28.4	3	7.1	11	124.6
Algodón	<i>Ochroma pyramidale</i>	1	40.0	-	-	-	-
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>	1	50.0	-	-	-	-
Palo tierra		1	10.4	1	11.1	-	-
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	-	-	1	34.2	-	-
Gavilán	<i>Albizia adinocephala</i>	-	-	1	3.1	-	-
Helequeme	<i>Eythrina berteriana</i>	-	-	1	28.3	-	-
Huevo de burro	No identificado	-	-	-	-	1	25.5
N° de árboles por potrero		2		4		1	
N° de árboles en cerco		12		5		12	
Cobertura arbórea total (m <sup>2</sup> )		290.3		183.9		199.1	
Área total del potrero (ha)		0.29		0.32		0.87	
Área total del potrero (m <sup>2</sup> )		2929.89		3154.36		8719.88	
Árboles/ha		47.8		28.5		14.9	
Cobertura / sombra total (%)		9.9		5.8		2.3	

Cuadro 4. Caracterización de de las especies arbóreas de los potreros evaluados de la finca: Santo Tomas

Nombre común	Nombre científico	Total de árboles/ potrero					
		Tanzania sin maní		Tanzania con maní		Pasto natural	
		Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )	Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )	Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )
Coyote	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	6	159.4	6	112.6	3	40.3
Eucalipto	<i>Eucalyptus cammandulensis</i>	1	10.8	-	-	-	-
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>	-	-	-	-	10	41.6
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	-	-	-	-	1	65.0
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	-	-	-	-	3	80.6
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	-	-	-	-	1	25.8
Chinche	No identificado	-	-	-	-	1	10.0
N° de árboles por potrero		2		1		12	
N° de árboles en cerco		5		5		7	
Cobertura arbórea total (m <sup>2</sup> )		170.2		112.5		262.6	
área total del potrero (ha)		0.33		0.32		0.98	
Área total del potrero (m <sup>2</sup> )		3272.85		3201.70		9768.68	
Árboles/ha		21.2		18.8		19.4	
Cobertura / sombra total (%)		5.2		3.5		2.7	



Cuadro 5. Caracterización de de las especies arbóreas de los potreros evaluados de la finca: Los Limones

Nombre común	Nombre científico	Total de árboles/ potrero					
		Toledo sin maní		Toledo con maní		Pasto natural	
		Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )	Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )	Árboles	Cob/sombra (m <sup>2</sup> )
Aguacate	<i>Persea americana</i>	3	160.8	3	44.1	1	9.4
Gavilán	<i>Albizia adinocephala</i>	1	15.6	-	-	1	23.8
Mango	<i>Manguifera indica</i>	1	28.6	-	-	-	-
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	3	37.0	1	4.8	-	-
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	76.6	1	8.0	-	-
Chaperno negro	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	1	23.8	1	4.9	1	325.8
Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>	1	21.8	-	-	-	-
Guaba	<i>Inga edulis</i>	1	130.0	2	175.4	3	127.6
Jiñocuabo	<i>Brusera simaruba</i>	-	-	1	37.0	-	-
Helequeme	<i>Erythrina berteroana</i>	-	-	1	13.0	-	-
Cacaguín	No identificado	-	-	1	11.3	-	-
Capirote	<i>Miconia argentea</i>	-	-	-	-	1	16.1
Coyote	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	-	-	-	-	5	185.9
Palo de tierra	No identificado	-	-	-	-	5	69.8
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	-	-	-	-	1	20.4
Nº de árboles por potrero		9		7		15	
Nº de árboles en cerco		4		4		7	
Cobertura arbórea total (m <sup>2</sup> )		494.1		298.6		835.8	
área total del potrero (ha)		0.31		0.27		0.36	
Área total del potrero (m <sup>2</sup> )		2194.07		1883.89		2544.43	
Árboles/ha		41.9		40.7		61.1	
Cobertura / sombra total (%)		22.5		15.9		32.9	

Cuadro 6. Características de manejo de las pasturas seleccionadas en 3 fincas ganaderas de la zona alta del Municipio de Muy Muy

Descripción	Finca Santo tomas	Finca Santa Juana	Finca Los Limones
Tamaño	Los potreros de esta finca oscilan entre 0.32 – 2.1 ha.	Los potreros de esta finca están entre 0.29 – 0.87 ha.	Los potreros de esta finca oscilan entre 0.19 – 0.25 ha.
Control de Malezas	Herbicidas y chapias	Chapias	Herbicidas y chapias
Fertilización	No se aplican fertilizantes o abonos	No se aplican fertilizantes o abonos	No se aplican fertilizantes o abonos
Período de ocupación	4 – 5 días de pastoreo en promedio.	Oscilan entre 3 – 4 días de pastoreo	5 – 6 días de pastoreo en promedio.
Período de descanso	42 - 43 días	Menos de 31 días	31-32 días
Valoración de la rotación.	Mantienen un buen sistema de rotación por que posee buen número de apartos acorde al número de animales de la finca.	Mantienen un sistema de rotación muy variado debido a que tienen pocos potreros.	Mantienen un regular sistema de rotación ya que no cuentan con el número de potreros adecuados.

## 2.3 Muestreo y análisis de datos

### 2.3.1 Producción de forraje (Biomasa) y composición botánica de la pastura

Para determinar la producción de biomasa de las pasturas evaluadas se utilizó el método de doble muestreo (botanal) realizándolo un día antes y un día después del pastoreo (Haydock y Shaw 1975; Tothill *et al.* 1992). Para ello, primero se recorrió cada potrero considerando atributos de la pastura como: altura y diámetro de la macolla, vigor, densidad de la pastura (relación tallo – hoja) y composición de especies herbáceas.



Posteriormente, se seleccionaron 3 escalas (productivas) de biomasa forrajera disponible para las gramíneas y en forma separada también para *A. pintoi*, considerando como escala 1 a sitios con niveles de menor producción y 3 para los sitios de mayor producción. Seguidamente, con la ayuda de cuadrantes de 75 x 75 cm (0.56 m<sup>2</sup>) para pastos de crecimiento macollador y 50 x 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>) para pastos de crecimiento rastrero, se tomaron 100 observaciones en cada apartado (muestras visuales), registrando por cada cuadrante la composición botánica y la clasificación de la escala 1 a 3. Además, se anotó la presencia de sombra en todas las observaciones con el objetivo de estimar la biomasa forrajera disponible con y sin cobertura arbórea.

Figura 5. Escalas reales (1-3) determinadas antes del pastoreo en la pastura Estrella con maní.

Para medir la cantidad de biomasa comestible presente en las pasturas, se tomaron tres muestras destructivas por cada clase de escala (3x3=9 muestras por pastura). La altura de corte de los pastos de crecimiento macollador como el *B. brizantha* cv. Toledo, *P. maximum* cv. Tanzania fue de 15 cm, en cambio, en *C. nlemfuensis* A. pintoi y *P. conjugatum* el corte se

realizó a 5 cm del suelo. Los cálculos de biomasa real se realizaron de manera individual por especie, para el caso de los pastos *B. brizantha*, *P. máximum* y *C. nlemfuensis*, se dividió la planta forrajera en dos partes: la parte que se asumió que el animal consume (hojas verdes y tallos verdes y flexibles “tiernos”) y la parte no consumido la cual corresponde a tallos y hojas secas. La separación se hizo manualmente. Los pastos naturales (*Paspalum spp* y otros) y *A. pintoi* no se separaron por la dificultad practica que presenta la separación. En su defecto se determinó la biomasa total antes y después de cada pastoreo.



Tanzania sin maní (parte comestible)

Tanzania sin maní (parte no comestible)

Figura 6. Parte comestible y no comestible en la pastura Tanzania sin maní

De las muestras destructivas que se tomaron en cada una de las escalas de calificación, se registró el peso fresco tanto del material no consumido como del material consumido. Luego se tomó una submuestra representativa de aproximadamente 200 g por tipo de material y por cada escala la cual se secó en un horno de construcción artesanal a 60 °C hasta alcanzar un peso constante y con base en este valor se determinó el peso seco total de cada muestra. Con las 3 mediciones de producción de materia seca de cada escala real y las 3 escalas visuales (100) se hizo una regresión para estimar la cantidad de forraje disponible en la pastura en kg ha<sup>-1</sup> (Tothill *et al.* 1992).

Para ello se usó la ecuación de regresión:

$$y = x + b(Mv - Mr)$$

Donde:

y= producción estimada de materia seca por (0.56 m<sup>2</sup> para pastos macollados y 0.25 m<sup>2</sup> forrajeras rastreras)

X= producción promedio en base seca de muestras reales de 1 a 3.

**Mv**= es el promedio de las muestras visuales (usando la escala de 1 a 3).

**Mr**= el promedio de los niveles en la escala real que va de 1 a 3; es decir, tiene el valor de 2.

**b**= coeficiente de regresión entre observaciones visuales y valores obtenidos para la cantidad de materia seca en las muestras reales tomadas

Por las diferencias en el manejo de cada pastura fue necesario coordinar con los productores el plan de rotación de cada pastura, respetando los criterios que cada productor utiliza en lo relacionado al manejo del pastoreo en cada pastura.

### ***2.3.2 Estimación del forraje consumido***

El forraje consumido se estimó en 2 formas: Primero, se restó la biomasa forrajera restante después de cada pastoreo en cada pastura de la biomasa forrajera disponible antes del pastoreo, usando las estimaciones obtenidos mediante botanal.



*Figura 7. Escalas reales (1-3) determinadas después del pastoreo en la pastura natural: El Arado*

El segundo método usado es indirecto: Se registró la duración y el número de animales que pastorearon en cada uno de los ciclos de pastoreo. En 2 momentos (marzo y junio), se determinó con una balanza portátil el peso vivo de cada uno de los animales presentes en cada finca. Asumiendo que un animal ingiere el 2,5% de su peso vivo en biomasa forrajera seca, esta información permitió estimar la cantidad de forraje ingerido, usando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{(CA)(TP)(PV)}{100}$$

100

Donde: **D:** Forraje consumido durante el ciclo de pastoreo

**CA:** Consumo por animal por día (%)

**TP:** Tiempo de pastoreo

**PV:** Carga animal (kg peso vivo)

Para determinar la producción de biomasa forrajera disponible (MS) por día se tomó en cuenta la última medición de la misma después del pastoreo del ciclo anterior, la medición de biomasa forrajera disponible en el potrero a pastorear antes que se introdujeran los animales. La diferencia entre ellos se dividió por el número de días de recuperación de la pastura, utilizando la siguiente fórmula:



$$PMsD = \frac{PMsPP - PMsCA}{DRP}$$

DRP

Donde:

**PMsD**= Producción de materia seca por día

**PMsPP**= Producción de materia seca antes del pastoreo

**PMsCA**= Producción de materia seca del ciclo anterior después del pastoreo (Residuo)

**DRP**= Días de recuperación de la pastura.

Teniendo las mediciones antes y después de cada pastoreo, se estimó la cantidad ingerida de las especies forrajeras ingerida en cada ciclo usando la fórmula:

Figura 8. Condición de la pastura Tanzania sin maní antes y después pastoreo (Biomasa consumida)

$$\mathbf{FIc} = \mathbf{PPo} + (\mathbf{PMsD} * \mathbf{DOP}) - \mathbf{PPR/c}$$

Donde: **FIc**= Forraje consumido por especie por ciclo, kg MS/ha  
**PMsD**= Producción de materia seca por día  
**DOP**= Días de ocupación de la pastura  
**PPo**= Producción de pasto ofrecido, Kg M.S/ha (antes del pastoreo)  
**PPR/c**= Producción de pasto rechazado del ciclo anterior kg MS/ha (después del pastoreo)

### ***2.3.3 Determinación del período de ocupación y descanso de las pasturas***

Para la determinación de los días de descanso y ocupación se registró en cada finca estudiada durante todo el período de estudio en cual potrero pastorearon las vacas en producción, registrando la fecha de entrada y salida de los animales a los potreros y el número de animales en cada pastoreo. También se registró las horas de pastoreo que pasaron potrero por día, según el manejo de cada productor.

Es importante destacar que uno de los indicadores que consideran los productores para decidir el tiempo que pasarán los animales en cada potrero es el rendimiento en la producción diaria de leche (“El balde”): Una vez que empieza a disminuir la producción es momento de cambiar de potrero sumado a esto la observación visual sobre la disponibilidad de forraje en cada potrero de la finca al momento de decrecer la producción. Esta forma de pastorear causa que muchas veces la rotación no siga un patrón fijo.

### ***2.3.4 Estimación de la producción de leche durante el tiempo de ocupación***

Con el fin de estimar la cantidad de nutrientes extraídos en la leche y además conocer más sobre la productividad de las pasturas estudiadas, con la ayuda de los productores se midió la producción de leche en kilogramos durante todo el tiempo de estudio de cada finca por vaca individual.

A cada uno de los productores se le entregó una balanza y un balde de aluminio, posteriormente se enseñó a cada productor el manejo de la balanza y el uso de los formatos donde se registró la producción de leche, anotando nombre de la vaca y el peso de la producción diaria. Además se brindó un seguimiento sistemático que permitió valorar la realización correcta de esta actividad y la obtención de información importante para poder interpretar los datos obtenidos como es la edad de cada vaca, su peso, raza y fecha de parto.

Considerando la velocidad de digestión de pasturas en el rumen de las vacas, la producción de leche de un determinado día está en función de la dieta del día anterior (Orskov, 1990). Por lo tanto, para efecto de determinar la producción de leche por ciclo de pastoreo en cada pastura se tomaron los datos de producción a partir del segundo día después de la entrada en una determinada pastura hasta un día después de salir de la misma.

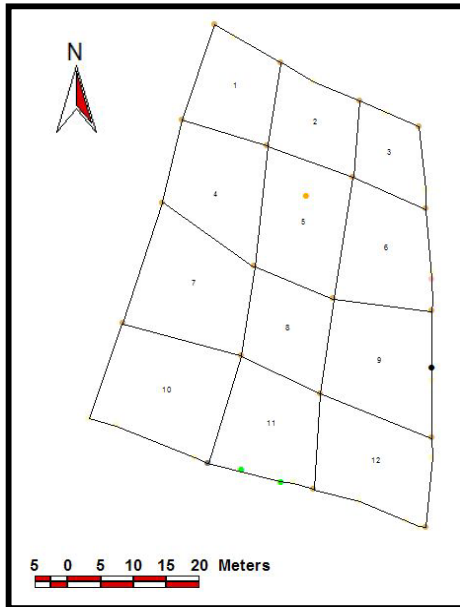
Con el objetivo de poder estimar la cantidad de nutrientes extraídos de la pastura en forma de leche, se tomó en el día medio del ciclo de pastoreo una muestra en cada uno de los pasturas evaluadas durante un ciclo de pastoreo. Para ello se trató que los días de lactancia de los animales que los cuales se tomó la muestra fuera aproximadamente homogénea, seleccionando 2 – 3 vacas por finca que tenían días de lactancias similares entre ellas, preferiblemente entre 75 y 120 días.

De cada vaca seleccionada se tomó una submuestra de aproximadamente de 200 – 250 cc de leche, que fueron guardadas en frascos plásticos limpios que además en el campo también fueron enjuagados con la misma leche. Seguidamente se llenó el frasco tratando que la muestra fuera libre de impureza que pudieran contaminar la misma, se selló con cinta adhesiva la botella para evitar perdida por derrame y con ello la contaminación, y se trasladaron las muestras en un termo con hielo para colocarla en refrigeración y luego analizarlas. Con las 2 o 3 muestras tomadas por día de los animales individuales se preparó una muestra consolidada en un nuevo frasco plástico con resistencia a temperatura bajas, se selló herméticamente con cinta adhesiva, se etiquetó con el nombre del potrero, fecha y el número de animales, se echó en doble bolsa plástica y finalmente se preservó en forma congelada hasta el día de su análisis.



## 2.3.5 Estimación del aporte de nutrientes de las deposiciones de heces y orinas

### 2.3.5.1 Deposición de heces (heces)



Para estimar la cantidad de nutrientes depositada en las pasturas en forma de heces y orina, se dividieron 7 de las 9 pasturas estudiadas en 12 cuadrantes, registrando además de cada cuadrante la topografía, tipo de sombra y los lugares preferidos por el ganado para descansar y rumiar (Ver ejemplo en figura 9, el resto en anexo). Solamente el potrero Toronja con pastura natural se dividió en 15 cuadrantes, debido a sus características irregulares en cuanto a la forma y topografía del mismo. En la periferia de cada potrero se marcó los límites de cada segmento para su fácil reconocimiento durante el trabajo de campo.

Figura 9. Distribución de los cuadrantes en la pastura Estrella sin maní



Después de cada ciclo de pastoreo, en cada cuadrante de la pastura se contó el número de bostas. Además, de cada bosta se registró el área que cubre, la pendiente, la distancia a la sombra más cercana y a la entrada del potrero. La pendiente se determinó con el método de nivel de cuerda, que consiste inicialmente en ubicar el punto más alto de la posición de la bosta posteriormente se nivela y mide tanto la longitud como la altura de la cuerda una vez nivela a partir de esto datos se determina la pendiente ( $\text{Pendiente} = \frac{\text{Altura}}{\text{Longitud}} * 100$ ). El área se determinó midiendo 2 o 3 diámetros de la bosta. Para determinar la cantidad total de heces depositada en kg de material seco, en cada pastoreo se determinó el peso fresco del 10 a 20% del total de las bostas.

Figura 10. Conteo y toma de muestra de heces, pastura Toledo con maní

Este trabajo siempre se realizó en la parte media del ciclo de pastoreo aproximadamente entre las 6 y 7 a.m. Para ello se recorrió el área del potrero y se seleccionaban las bostas más frescas que normalmente se encontraban en las partes donde descansaban los animales.

Se registró el peso fresco de cada bosta en Kg, los diámetros de las bostas para determinar posteriormente su área de cobertura, y se tomó una muestra de heces de cada una de las bostas muestreadas. La muestra se tomó de la parte media de la bosta, es decir se limpiaba la superficie de la bosta, para evitar que la muestra fuera contaminada por tierra u hojarasca. Estas bostas fueron marcadas con pequeñas estacas para evitar su conteo doble al final de cada ciclo de pastoreo.

Para el traslado de la muestra se utilizó bolsas plásticas y se etiquetó con el nombre de la pastura, fecha y número de la bosta. El traslado de la muestra del campo a la oficina del CATIE se realizó de forma inmediata para evitar alguna alteración de la misma por el manejo. Una vez en la oficina se tomó una submuestra de unos 200 g de cada bosta, la cual se secó en un horno de construcción artesanal a 60 °C hasta alcanzar un peso constante. Con base en este valor se determinó el peso seco de cada bosta muestreada. Conociendo el número de bostas y su peso promedio luego se calculó la cantidad de heces depositada en la pastura para cada ciclo de pastoreo.

Después de su pesaje, las muestras secas de cada bosta fueron unidas, uniformizadas, molidas y guardadas para su posterior análisis en el laboratorio del CATIE.

### **2.3.5.2 Deposición de orinas**

Para estimar la cantidad de nutrientes que se depositan en las pasturas a través de las orinadas, en cada ciclo de pastoreo en 7 de las 9 pasturas se realizaron observaciones visuales para determinar la frecuencia de las orinadas y su lugar de deposición durante el día y en forma menos frecuente, durante la noche. El volumen de las orinadas individuales solamente se pudo medir durante las observaciones nocturnas. No se realizaron observaciones en 2 de las pasturas naturales.

Durante cada ciclo de pastoreo, se intentó observar todos los animales en forma continua durante el día. En 2 de las 3 fincas estudiadas, los animales fueron observados desde aproximadamente los 7 a.m. hasta los 18 p.m. En la tercera finca, los animales fueron observados desde su entrada en las pasturas a la 13 p.m. hasta las 18 p.m.

Por no tener siempre suficientes observadoras locales, se logró observar al ganado durante aproximadamente 40 a 50% del tiempo total que estuvieron en las pasturas durante los días del ciclo. Además, se observó el ganado durante una noche completa de cada ciclo (de las 18 p.m. hasta las 6 a.m.). La noche de observación se programaba siempre alrededor de la mitad del ciclo.

De cada orinada observada se registró el número del cuadrante y la hora de la eyección de la orinada. Conjuntamente se anotó, información sobre el comportamiento animal, anotando el tiempo de inicio y final de cada actividad (Descanso de pie, descanso echada, consumo y el tiempo en que se aguaron los animales).



Durante el período de observación por la noche se realizó además la captura de muestras de orina usando un balde plástico. La captura no fue posible durante el día por el nerviosismo de los animales que les hace “cortar” la orinada. En la noche por otro lado no percatan el acercamiento del observador y terminan en forma normal la orinada. Es importante destacar que la deposición de orina casi siempre estuvo asociada al tiempo en el que los animales dejaban de descansar ya sea de pie o echada e iniciaban la actividad de consumo. Este comportamiento facilitaba a los observadores estar en un lugar cercana a la vaca cuando se esperaba la orinada. Una vez que se capturaba la orinada, se anotaba su peso en Kg.

*Figura 11. Recolección y toma de muestra de orinas en la pastura Tanzania sin maní*

Una muestra de unos 200 cc de orines de cada animal por noche fue guardada para su posterior análisis. Antes de introducir la muestra de campo en los frascos estos fueron lavados con la misma orina. Después del llenado fueron codificados, sellados con cinta adhesiva para evitar pérdida de gases, y guardadas en un termo con hielo. Una vez en la oficina, con todas las muestras se realizó un solo consolidado en un nuevo frasco plástico con resistencia a temperatura bajas.



Luego, el frasco fue sellado con cinta adhesiva, etiquetado con el nombre de la pastura, fecha, ciclo de pastoreo y el número de animales, y preservada en doble bolsa plástica en forma congelada para su posterior envío al laboratorio. Las muestras obtenidas se enviaron en un termo con abundante hielo al laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal de la EIAG – Rivas, Nicaragua.

*Figura 12. Conservación de muestras de orinas (refrigeración)*

### ***2.3.6 Estimación de la deposición, producción y descomposición de hojarasca***

#### **2.3.6.1 Método del marco de hierro (acumulado)**

Para estimar la producción de hojarasca en las pasturas se siguió el método descrito por Rezende *et al.*(1999). Básicamente, consiste en seleccionar parcelitas en la pastura en donde primero se recolecta la hojarasca existente en una fecha determinada ( $T = 0$ ). Luego, periódicamente se recolecta la hojarasca caída en la parcela para estimar la producción de hojarasca. En nuestro estudio se recolectó la hojarasca caída a los 7 y 14 días después de  $T = 0$ . Después, se abandonó la parcela para no afectar el crecimiento del pasto en la parcela por alteración del reciclaje de nutrientes, por alteración de la temperatura y humedad del suelo o por la manipulación excesiva de las plantas durante las recolectas. Para la siguiente toma de muestras se seleccionaron nuevas parcelas en las pasturas estudiadas.

En pasturas con pastos macolladas (Toledo y Tanzania, con y sin maní) se utilizó un marco de hierro de 0.75 x 0.75 m para demarcar las parcelas para la recolecta de hojarasca.

Debido a la densa estructura de las pasturas rastreras como grama o estrella (con y sin maní), en las pasturas de estas especies se usó un marco de 0.5 x 0.5 m.



Para seleccionar los sitios de muestreo de hojarasca en las pasturas se consideró sitios con cobertura de los pastos (o asociados) prácticamente puros (sin malezas, otros pastos, o piedras). Se seleccionaron siempre 3 parcelas por fecha por pastura, con valores en las escalas utilizadas en Botanal de 2 para el pasto y 2 para el maní forrajero. Se esperaba que de esta manera se limite la variabilidad de los resultados para evitar la toma de un gran número de muestras por potrero. Para estudiar el efecto de la sombra de los árboles sobre la producción de hojarasca de los pastos y asociados, se seleccionaron los potreros Toledo sin maní, Toledo con maní y la pastura natural de la finca Los Limones por presentar mayor cobertura de sombra. En estas pasturas se tomaron tres muestras en la posición bajo sombra y 3 en pleno sol. La recolección de hojarasca de pastos se realizó en forma aproximadamente mensual de febrero a septiembre del 2007.

*Figura 13. Recolección de hojarasca en la pastura Tanzania sin maní.*

Por otra parte, alrededor de las parcelas, se limpió un área de 20 cm para evitar la entrada de hojarasca de zonas aledañas ya sea por arrastre, por pisoteo de los animales, erosión hídrica o por el viento. El material recolectado se eliminó.

Para este estudio se consideró como hojarasca de pastos todo el material senescente que no estuviera adherido a la planta, el cual se recolectó de cada cuadrante, eliminándole todas las impurezas como tierra. Posteriormente a la colecta se pesó y luego se secó toda o parte de la muestra (depende de la cantidad recolectada) a 60 °C hasta obtener un peso

constante, para calcular el porcentaje de materia seca (Rezende *et al.* 1999; Oliveira *et al.* 2004; Boddey *et al.* 2004).

Posteriormente, se analizaron en forma mensual las muestras para estimar el flujo de nutrientes que regresan al suelo por esta vía (Norgrove y Hauser 2000; Schroth 2002). Las muestras de las 3 repeticiones por potrero que se recolectaron a los 7 y 14 días, después de su pesaje en forma individual, se juntaron, se molieron y se enviaron al laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal del CATIE.

Para estimar la tasa de descomposición se utilizó una función exponencial sencilla que asume una sola constante de la descomposición (K), con la siguiente expresión se pudo calcular la tasa de la descomposición de hojarasca: (Rezende *et al.* 1999; Boddey *et al.* 2004).

$$K = (\ln (HE + HDx) - \ln (HEx))/t$$

Donde :

**K** : constante de descomposición.

**HE** : hojarasca existente en día cero.

**HDx** : hojarasca depositada en los distintos periodos (entre 28 y 35).

**HEx** : hojarasca existente en el nuevo periodo.

**t** : tiempo (días entre observaciones).

De modo de ejemplo, cuando se estima un K de 0,030 g g<sup>-1</sup> por día, esto que significa que aproximadamente 3% de la hojarasca existente se descompone cada día, lo cual equivale una vida media de 23 días.

Tasas altas de la descomposición de hojarasca de pasto encontradas en el estudio de Rezende *et al.* (1999) llevaron al interés de estimar la hojarasca depositada en períodos cortos. Los autores mencionados estimaron que en *Brachiaria humidicola* en Brazil en un periodo de 14 días cantidades significativas de hojarasca se habrían descompuesto o desaparecido. En su estudio una ecuación fue desarrollada para corregir para esta pérdida de hojarasca depositada.

Sin embargo, para aplicarlo se asume una cantidad de hojarasca existente aproximadamente constante durante el año, lo cual no es el caso en Muy Muy (Sandoval, 2006), razón por la cual se monitoreó la cantidad de hojarasca depositada cada 7 días.

### **2.3.6.2 Método de bolsas descomposición**

Con el objetivo de comparar las estimaciones de las tasas de descomposición de hojarasca obtenidas con el método descrito en el párrafo anterior, se realizaron tres experimentos con bolsas de descomposición, el método tradicionalmente usado para estimar las tasas de descomposición.

Por razones de tiempo y costos, los experimentos solamente se realizaron en 2 de las 9 pasturas: Toledo asociado con maní y Toledo solo (no asociado). Se colocó una serie de bolsas en marzo para medir la descomposición durante la época seca y otra al inicio de junio para conocer la misma en época de lluvias. Además, se evaluó el efecto de la sombra sobre la descomposición, por lo tanto, en los 2 potreros seleccionados se colocaron bolsas tanto en sombra como a pleno sol. El área de los potreros donde se colocaron las bolsas se protegió con cercas temporales para evitar el daño de los animales. El pasto en estos encierros fue cortado durante los ciclos de pastoreo a una altura similar a la pastura pastoreada para no cambiar el microclima en el cual se llevó a cabo la descomposición.

Es importante señalar que estas pasturas presentan diferencias en lo relacionado al porcentaje de pendiente y cobertura arbórea, sin embargo, los encierros fueron ubicados en pendientes comparables (de 25 – 30 % en caso de encierros sin sombra y 30 - 40% en caso de encierros con sombra) y la especie que proporcionó sombra a los encierros en ambas pasturas fue la misma (*Inga spp*). Por otra parte, se observó que en los encierros en ambas pasturas existió un efecto de proyección de sombra de otros árboles en los alrededores del encierro, siendo menos marcados en la pastura Toledo sin maní, por tener menos cobertura arbórea.



Tela de mosquitero



Malla plástica

Sarán

Antes de colocar los primeras bolsas en el campo se evaluaron tres materiales para fabricar bolsas y tres tamaños con tres cantidades diferentes de hojarasca por cada material y por cada tamaño para seleccionar el mejor material disponible en el mercado Nicaragüense, además de un tamaño de bolsa y cantidad de hojarasca adecuada (Cuadro 7). Para definir tamaño de las bolsas y la cantidad de hojarasca a colocarse se consideraron los datos preliminares de producción de hojarasca obtenidos con el método descrito en (inciso 2.3.1.1) en las pasturas de Toledo sin maní y Toledo con maní. Además, se compararon estos datos con los datos sobre producción de hojarasca de Sandoval (2006).

*Figura 14. Evaluación de tres tipos de materiales y tamaño de bolsas de descomposición*

*Cuadro 7. Materiales, tamaño de bolsa y cantidad de hojarasca utilizados en experimento de selección de materiales y cantidades*

Material	Tamaño del entramado (mm)	Tamaño de la bolsa (cm)	Cantidad de hojarasca gr/cm <sup>2</sup>	Nº bolsas
Malla plástica	1 x 1	14 x 14	0.03	9
		15 x 20	0.06	9
		20 x 25	0.09	9
Tela de mosquitero	2 x 2	14 x 14	0.03	12
		15 x 20	0.06	12
		20 x 25	0.09	11
Sarán	3 x 2	14 x 14	0.03	12
		15 x 20	0.06	10
		20 x 25	0.09	10

Las recolectas se realizaron a los 9, 23 y 37 días. Se determinó la cantidad de hojarasca remanente (% descomposición) como variable de respuesta, considerando que el mejor



material es aquella que permite mayor % de descomposición. Por otro lado, también se consideró la cantidad de tierra adherida a las bolsas, considerando que el mejor material es aquel con menor adhesión de tierra.

Una vez obtenidos los resultados del ensayo se seleccionó como mejor material el sarán con rejilla de 3 x 2 mm por que permitió un mejor contacto de la hojarasca (dentro de la bolsa) con la superficie del suelo y además se observó que evitó las pérdidas de partículas gruesas del material vegetal como producto de la descomposición. Esta rejilla además admite cierta penetración de la macrofauna, lo cual simula mejor las condiciones reales de campo bajo las cuales ocurre la descomposición. Las dimensiones de las bolsas seleccionadas fueron 15 por 15 cm. por la facilidad con que se colocan estas bolsas pequeñas en el suelo de la pastura. Bolsas grandes presentaban frecuentemente problemas con partes de la bolsa levantada, además, su colocación entre las macollas del pasto resultó ser mas difícil. En cada una de las bolsas de descomposición se colocó una cantidad similar encontrada en el campo durante la recolecta de hojarasca con el marco de 0.56 m<sup>2</sup>, determinando la cantidad en gramos de hojarasca por cm<sup>2</sup> de las especies estudiadas (gramínea + *Arachis pintoi* y gramínea) que correspondió a 0.002 g/cm<sup>2</sup>.

Una vez seleccionado el material y tamaño de las bolsas y la cantidad de hojarasca a colocarse en cada bolsa, se colocó la primera tanda de 100 bolsas en verano el día 08 de marzo del 2007. Los tratamientos se detallan a continuación.

#### 2.3.6.2.1 Descripción de los tratamientos:



- 1- Toledo con maní (asociados)- con sombra
- 2- Toledo con maní (asociados) – sin sombra
- 3- Sin cobertura arbórea

Figura 15. Parcela de bolsas de descomposición en la pastura Toledo con maní



- 4- Toledo sin maní con sombra
- 5- Toledo sin maní sin sombra
- 6- Con cobertura arbórea

*Figura 16 Parcela de bolsas de descomposición en la pastura Toledo sin maní*

Las recolectas de 5 bolsas por tratamiento se realizaron a los 14, 28, 42, 56 y 70 días después de haberse colocado las bolsas en el campo.

La segunda tanda de 200 bolsas se ubicó en la época de invierno como se muestra a continuación:



- 1- Toledo con maní (juntos)- con sombra (40 bolsas)
- 2- Toledo con maní (juntos) – a pleno sol (40 bolsas)
- 3- Maní con sombra (20 bolsas)
- 4- Maní a pleno sol (20 bolsas)
- 5- Con cobertura arbórea

*Figura 17. Parcelas de bolsas de descomposición en la pastura Toledo con maní*



- 6- Toledo sin maní con sombra (40 bolsas)
- 7- Toledo sin maní a pleno sol (40 bolsas)
- 8- Sin cobertura arbórea

*Figura 18. Parcelas de bolsas de descomposición en la pastura Toledo sin maní*

Las 5 bolsas (repeticiones) de cada tratamiento se recolectaron a los 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 y 100 días después de haberse colocado en campo, a excepción de los tratamientos Maní con y sin sombra maní que se recolectaron 2 a 3 bolsas en cada momento. La menor

cantidad de bolsas con hojarasca de maní se debe a la escasez de este tipo de hojarasca recolectada en el momento de colocación.

La preparación de las muestras de hojarasca que se colocaron en las bolsas se realizó de la siguiente manera: inicialmente la hojarasca que se usó para las bolsas de descomposición de la primera tanda se recolectó de otros potreros que no fueron los potreros donde se ubicaron los tratamientos. En cambio, para la segunda tanda se recolectó la hojarasca en las mismas pasturas donde se ubicaron los tratamientos (por separado), esta se secó y mantuvo separada debidamente identificada (etiquetada). La hojarasca del pasto Toledo se recolectó entre las macollas del pasto, recolectando únicamente hojarasca seca pero adherida a la planta, evitando recolectar la hojarasca del suelo que tiene un estado más avanzado y heterogéneo de descomposición. Se recolectaron tanto hojas como tallos. En el caso de *Arachis pintoii* se recolectó la hojarasca después del pastoreo, porque el pisoteo del ganado generalmente produce algo de hojarasca y permitió obtener las cantidades necesarias.

Una vez recolectada la hojarasca, se separaron tallos y hojas, tanto del pasto como del maní, se limpió de terrones y otro material vegetal y se mantuvo separada la hojarasca por pastura. (Toledo con y sin maní).

Los tallos y hojas del pasto se cortaron en pedazos de 7 – 10 cm de largo, mientras los tallos del maní fueron cortados en pedazos de 5 cm. Esta diferencia permite diferenciar por un cierto tiempo entre tallos del pasto y del maní al momento observar los componentes en las bolsas recolectadas. Para determinar el porcentaje de humedad del material colocado en las bolsas se seco una muestra de 50 – 100 gr de la hojarasca de cada componente para determinar el peso seco. Este material no fue utilizado en las bolsas, sino descartado.

En la pastura asociada, la hojarasca que se colocó en una misma bolsa fue tanto hojarasca de maní como del pasto Toledo, en las proporciones con que se encontró en el campo, incluyendo tanto hojas como tallos. La hojarasca se distribuyó cuidadosamente en toda el área de la bolsa procurando que no quedara comprimido el material para facilitar la descomposición y simular el estado en que quedan naturalmente en la superficie del suelo después de su caída.

### 2.3.6.2.2 *Determinación de hojarasca remanente*



Después que su recolecta en las fechas predeterminadas, se llevaron las bolsas a la oficina del CATIE en Muy Muy, donde se eliminaron los agregados del suelo de la hojarasca lavándola cuidadosamente: Primero se lavó la bolsa de descomposición sellada. Luego se sacó el material remanente de la bolsa y se enjuagó en un tamiz de 5 mm. El material menor a 5 mm se desechó, porque la mayor parte de este material estaba en un grado mucho más avanzado de descomposición que el material >5 mm, además, generalmente estaba mezclado con mucha tierra. Se realizó una prueba de comprobación al material menor a 5 mm introduciéndolo en agua, después se sacó el material que flote (considerado hojarasca) y se le determinó el peso seco en gramos, al igual que al material que no flotaba y que se consideró como materia orgánica o suelo. El resultado de esta prueba fue que material menor a 5mm contenía un porcentaje muy baja (1 – 2%) de material que flotaba, indicando que el error de no incluirlo como hojarasca es muy baja y que se hubiera contaminado un error mucha más grande al incluirlo.

*Figura 19. Proceso de extracción de la hojarasca remanente en bolsas de descomposición*

La hojarasca remanente se secó en el horno a una temperatura de 65°C hasta alcanzar un peso constante.

Se realizó un análisis químico a la hojarasca por componente utilizada para llenar las bolsas de descomposición (T0), como también a la hojarasca remanente obtenidas en cada momento de la recolección de las bolsas, esto se realizó con el objetivo de estimar la cantidad de nutrientes que regresan al suelo por esta vía (liberados) (Norgrove y Hauser 2000; Schroth 2002). Por razones de costo, se homogenizaron y posteriormente se molieron las muestras de

las 5 repeticiones por tratamiento (después de su pesaje en forma individual) y se enviaron al laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal del CATIE.

El porcentaje de suelo que posiblemente haya contaminado las bolsas fue estimado a través de la medición de ceniza de las muestras mediante incineración de muestras a 600°C en el laboratorio del CATIE. Se compararon estos contenidos con el contenido de ceniza que se determinó en una muestra de hojarasca recolectada para llenar las bolsas.

### **2.3.7 Análisis químico de las muestras**

#### **2.3.7.1 Muestras del forraje disponible, hojarasca y heces**

Para la determinar el contenido de los macro nutrientes (N, P, K, Mg y Ca), las muestras guardadas fueron molidas en su totalidad para lograr su homogenización, y luego se prepararon submuestras de unos 60 gr de material seco para el envío al laboratorio. En el caso de muestras pequeñas, se enviaron sin moler solamente se picó en trozos pequeños para que fueron molidas en el laboratorio de suelos con molinos que desperdician menos material.

La determinación por medio de análisis químicos del contenido en la biomasa de los principales nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) se hizo siguiendo los protocolos estándares del laboratorio del CATIE.

El contenido total de N y C se determinó por combustión con autoanalizador. El contenido de P en la biomasa se determinó con el método de digestión húmeda con una mezcla de ácidos nitro-perclórico 5:1, realizando la lectura por colorimetría (Henríquez *et al.* 1995). La concentración de Ca, Mg y K en la biomasa se determinó con el método de absorción atómica y espectrometría (Thomas y Asakawa 1993). El análisis de cenizas por incineración del material a 550 °C por 8 horas.

#### **2.3.7.2 Muestras de orinas y leche**

Las muestras de orines y leche fueron analizadas en el laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal de la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería de Rivas, Nicaragua para

la medición de N,P,K, Ca y Mg, utilizando los siguientes métodos. En orina y leche se analizó para calcular el N total a través del método de Kjeldhal. El contenido de P se determinó con el método de digestión húmeda con mezcla de ácidos nitro-perclórico, 5:1, realizando la lectura por colorimetría (Henríquez *et al.* 1995). La concentración de Ca, Mg, K en las bostas se determinó con el método de absorción atómica y espectrometría (Thomas y Asakawa 1993).

## 2.4 Diseño experimental

### 2.4.1 Muestreo de disponibilidad de biomasa, consumo de biomasa producción de leche y composición química (Biomasa, leche y hojarasca)

Para el monitoreo de la disponibilidad de biomasa forrajera, consumo de biomasa, producción de leche y análisis químicos se empleó un diseño de bloque completamente aleatorizados (fincas) con tres repeticiones y con mediciones en el tiempo. Se realizó un ANOVA para medidas repetidas en el tiempo bajo un diseño en parcelas divididas, donde los tratamientos están en la parcela principal y el tiempo en las subparcelas.

Modelos estadísticos:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + T_j + \varepsilon_{ij} + C_k + CT_{jk} + b_1(X_{1i} - \bar{X}_1) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$F_i$  = Efecto de la i-ésima finca

$T_j$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error debido a tratamiento

$C_k$  = Efecto del i-ésimo ciclo

$CT_{jk}$  = Interacción tratamiento x ciclo

$b_1(X_{1i} - \bar{X}_1)$  = Covariable días de descanso

$\varepsilon_{ijk}$  = Error debido a ciclo

#### 2.4.1.1 Producción de leche

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{k(i)} + C_j + CT_{ij} + b_1(X_{1i} - \bar{X}_1) + b_2(X_{2i} - \bar{X}_2) + \varepsilon_{k(ij)}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{k(i)}$  = Error debido a tratamiento

$C_j$  = Efecto del j-ésimo ciclo

$CT_{ij}$  = Interacción tratamiento x ciclo

$b_1(X_{1i} - \bar{X}_1)$  = Covariable días de lactancia

$b_2(X_{2i} - \bar{X}_2)$  = Covariable días de ocupación

$\varepsilon_{k(ij)}$  = Error debido a ciclo

#### 2.4.1.2 Análisis químico de biomasa

$$Y_{ij} = \mu + F_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$F_i$  = Efecto de la i-ésima finca (bloque)

$T_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento

$E_k$  = Efecto de la k-ésima especie

$\varepsilon_{ij}$  = Error

### 2.4.1.3 Análisis químico de hojarasca

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + \mathcal{E}_{ij}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$E_j$  = Efecto de la j-ésima especie

$\mathcal{E}_{ij}$  = Error

### 2.4.1.4 Deposición y análisis químico de heces y orinas

Para el muestreo de la deposición de heces se realizó un análisis de correlación entre la distribución de las heces con la de pendiente, con la distancia a sombra más cercana y con la distancia a la entrada de los potreros. Debido a las dificultades metodológicas de medir la deposición de orines, para esta variable solamente fue posible considerar la pendiente promedio de los cuadrantes.

Para el análisis químico de la orina y heces se empleó un diseño de bloque completamente aleatorizados (fincas) con tres repeticiones y con mediciones en el tiempo. Se realizó un ANOVA para medidas repetidas en el tiempo bajo un diseño en parcelas divididas, donde los tratamientos están en la parcela principal y el tiempo en las subparcelas. El modelo estadístico es:

#### Análisis químico orina

$$Y_{ij} = \mu + F_i + T_j + \mathcal{E}_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta



$\mu$  = Media general

$F_i$  = Efecto de la i-ésima finca (bloque)

$T_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento

$\mathcal{E}_{ij}$  = Error

#### **Análisis químico heces**

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + \mathcal{E}_{ij}$$

Donde:

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$E_j$  = Efecto de la j-ésima época

$\mathcal{E}_{ij}$  = Error aleatorio supuestamente distribuido normal

#### **2.4.1.5 Bolsas de descomposición**

Los tratamientos evaluados surgieron de la combinación de tres factores, para pasto se evaluaron dos niveles (*B. brizantha* sin *A. pintoii* y *B. brizantha* con *A. pintoii*), el segundo factor considerado fue la época (época seca y época lluviosa) y el último factor fue la sombra (con sombra y sin sombra) en la cual cada uno de los tratamientos del primer factor se evaluó con y sin cobertura de sombra.

Para el muestreo de las bolsas de descomposición en lo relacionado a la tasa de descomposición se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el modelo lineal simple y cuadrático.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Disponibilidad de biomasa forrajera

En los cuadros 1, 2 y 3 se presentan para las 9 pasturas estudiadas los datos de biomasa forrajera disponible, medido un día antes de la entrada del ganado en cada ciclo de pastoreo observado. Las observaciones abarcan un período de aproximadamente 6 meses de continuas observaciones, tanto en la época seca como lluviosa.

*Cuadro 8. Disponibilidad de biomasa forrajera un día antes de la entrada del ganado en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás.*

Ciclo	Biomasa disponible (kg MS.ha <sup>-1</sup> )							
	Tanzania con maní				Tanzania sin maní		Pasto Natural: El Pochote	
	Período	Tanzania	Maní	Total	Período	Tanzania	Período	Pastos
1	25/01 - 19/03	2070	490	2560	19/01 - 15/03	1740	11/02 - 04/04	1420
2	26/03 - 07/05	2000	480	2480	20/03 - 03/05	2110	08/04 - 19/05	1560
3	11/05 - 19/06	4730	450	5180	08/05 - 14/06	3330	22/05 - 06/07	2180
4	26/06 - 29/07	6500	600	7100	20/06 - 24/07	3210	11/07 - 03/08	1810
Total		15300	2020	17320		10390		6970
Promedio por ciclo		3830	510	4330		2600		1740

*Cuadro 9. Disponibilidad de biomasa forrajera un día antes de la entrada del ganado en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana*

Ciclo	Biomasa disponible (kg MS.ha <sup>-1</sup> )							
	Estrella con maní				Estrella sin maní		Pasto natural: El Arado	
	Período	Estrella	Maní	Total	Período	Estrella	Período	Pastos
1	17/01 - 23/02	1350	980	2330	20/01 - 27/02	2010	No se observó	
2	28/02 - 11/04	2180	760	2940	02/03 - 15/04	2490	11/03 - 23/04	680
3	16/04 - 19/05	1090	840	1930	19/04 - 21/05	1470	29/04 - 06/06	890
4	22/05 - 20/06	1410	920	2330	24/05 - 23/06	1230	12/06 - 01/07	890
5	25/06 - 12/07	1190	770	1960	26/06 - 16/07	1440	07/07 - 18/07	1360
Total		7220	4270	11490		8640		3820
Promedio por ciclo		1440	850	2298		1730		950

*Cuadro 10 Disponibilidad de biomasa forrajera un día antes de la entrada del ganado en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones.*

Ciclo	Biomasa disponible (kg MS.ha <sup>-1</sup> )							
	Toledo con maní				Toledo sin maní		Pasto natural: La Toronja	
	Período	Toledo	Maní	Total	Período	Toledo	Período	Pastos
1	04/02 - 06/03	1220	1040	2260	24/01 - 28/02	1630	07/02 - 12/03	1050
2	10/03 - 25/04	1390	1100	2490	06/03 - 05/04	2990	19/03– 19/04	1700
3	No se pastoreó				12/04 - 16/05	1670	26/04– 22/05	980
4	02/05 - 15/06	1470	1240	2710	23/05 - 21/06	3110	29/05– 26/06	1170
5	21/06 -16/07	1980	870	2850	27/06 - 20/07	2080	03/07–24/07	1480
Total		6060	4250	10310		11480		6380
Promedio por ciclo		1520	1060	2580		2300		1300

Los datos muestran dos claras tendencias:

1: En las 3 fincas las pasturas mejoradas (con y sin maní) producen entre un 49 a 149% más forraje que las pasturas naturales. Esto demuestra que el potencial productivo de las especies mejoradas es mayor que el de las especies nativas y naturalizadas, por lo menos en las condiciones donde estas especies encuentran condiciones adecuadas para su crecimiento, lo cual aparentemente es el caso en las pasturas estudiadas.

2: En 2 de las 3 fincas, en cada uno de los ciclos, la biomasa forrajera de las pasturas asociadas con el maní forrajero es mayor que la de las pasturas mejoradas solas. Solamente en la finca Los Limones la tendencia está menos clara: la pastura asociada en algunos ciclos de pastoreo produce más forraje que la pastura mejorada sola, en otros menos. Además, el número de ciclos no es igual debido a un descanso que dio el productor a la pastura asociada. Por otra parte, la cobertura de la sombra arbórea (directa y proyectada) es mayor en la pastura asociada y las pendientes son más pronunciadas, lo cual puede tener una influencia negativa sobre la disponibilidad de forraje.

Esta segunda tendencia indica que el maní, además de favorecer el crecimiento del pasto con el cual se encuentra asociado por aumentar la cantidad de nitrógeno disponible y por reducir la presencia de malezas ya que ocupa los espacios abiertos en las pasturas, también constituye un aporte significativo en la disponibilidad forrajera, El aporte promedio de *A. pintoii* durante los seis meses de evaluación varía entre 13% del total de la biomasa forrajera de la pastura en caso del asocio con *P. maximum* Cv. Tanzania y alrededor del 40% en las otras 2 pasturas asociadas (Cuadro 1). En parte las diferencias se deben a las características del crecimiento de los pastos (rastrero vs macollador), en parte también a las características de cada pastura como la presencia de sombra y en parte a diferencias en el manejo de las mismas.

Como consecuencia del estrés hídrico (Person e Ison, 1987), la disponibilidad de biomasa forrajera generalmente es menor en la época seca, alcanzándose los menores valores en marzo y abril. Sin embargo, en ambas pasturas de Estrella, y en la pastura de Toledo sin maní y en la pastura natural de la finca Los Limones esta tendencia no esta tan clara. En caso de las ultimas 2 pasturas, posiblemente se explica porque entre 14 de marzo y 6 de abril se registraron precipitaciones atípicas para la época que sumaron en total 76 mm, periodo que coincidió con el período de recuperación de estas pasturas, permitiendo un aumento en el crecimiento de la pastura. En las demás pasturas su ciclo de pastoreo en relación a la producción de biomasa se vio poco influenciada por estas precipitaciones.

La menor disponibilidad de biomasa forrajera en la época de lluvias en las pasturas de Estrella se debió a que en la finca Santa Juana en la época seca se disponen de las áreas de cultivos (huertas) para pastorear, aliviando la carga animal de todas las pasturas de la finca. Al iniciarse las lluvias, las huertas son excluidas del pastoreo. Esto se traduce en una mayor carga animal para las pasturas y períodos cortos de recuperación, ver también inciso 3.5 y Cuadros 9 y 32.

Generalmente, pastos de porte alto como la Tanzania (*P. máxima*) y el Toledo (*B. brizantha*) presentan más dificultades para que el maní se establezca, que con una especie rastrera abierta como el pasto Estrella (*C. nlemfuensis*). Cuentan los productores que el maní en la finca Santa Juana ha tendido una cobertura alta desde la siembra, mientras en las otras fincas recién el tercer año logró alcanzar una cobertura significativa. La presencia de sombra

favorece el crecimiento del maní, como se observa en el Toledo con maní. En los lugares más sombreados de esta pastura la cobertura del maní es mucho mayor en los lugares con poca sombra, por último el sobrepastoreo aumenta la cobertura de maní como ya se mencionó anteriormente, al existir una alta selectividad de los animales por las gramíneas y establecerse una relación del tipo compensatorio entre el pasto y el maní favorece a este último en su cobertura. Según el productor, en la finca Santa Juana la situación de sobrepastoreo descrita arriba se presenta cada año, lo cual probablemente haya favorecido la alta cobertura del maní.

Todos estos datos indican claramente que el manejar de forma adecuada la relación días de descanso y ocupación son elementos importantes que permiten obtener una mayor productividad de biomasa forrajera de las pasturas asociadas.

Entre las especies mejoradas, la pastura de *P. maximum* cv. Tanzania asociada con *A. pintoii*, es la especie que presenta mayor disponibilidad de biomasa en los 6 meses de estudio, con un rango que oscila entre 2680 y 7100 kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>. Es importante destacar que esta pastura presenta pendientes menores comparados con las otras pasturas estudiadas con excepción del pastura de *P. maximum* sin maní, que tiene condiciones similares. Aunque los suelos son similares a los de las demás pasturas, la ausencia de pendientes pronunciadas permite al ganado de consumir uniformemente el forraje disponible, causa poco desperdicio y facilita el manejo, favoreciendo de alguna manera la disponibilidad de biomasa forrajera.

Por otra parte, si asumimos que la disponibilidad de biomasa forrajera anual es aproximadamente 2 veces los valores reportados en cuadro 1, 2 y 3, las pasturas evaluadas presentan valores similares a lo encontrado en la literatura. Por ejemplo la productividad de biomasa reportada para *P. maximum* es (830 – 2500 kg MS ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>), *C. nlemfuensis* ( 1660 - 2500 kg MS ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup> con niveles de fertilización) y *B. brizantha* varía entre 660 – 1660 kg MS ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>) en climas tropicales, Peters *et al.* 2003. Es importante recalcar que muchas veces en la literatura no se especifica como exactamente se mide la biomasa forrajera disponible: en este estudio se dividió el material cortado en una parte comestible (tallos tiernos y hojas verdes) y otra parte no comestible (tallos maduros y hojas secas).

Por otro parte, Lobo y Díaz (2001) reportaron que la productividad de biomasa aérea de *P. conjugatum* fue de 1537 kg ha<sup>-1</sup>; que es un poco más alto que el valor promedio de las 3 pasturas naturales de las tres fincas que es de 1320 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, el pasto natural de la finca Santo Tomas tiene un disponibilidad promedio mayor, posiblemente por la mayor diversidad de especies naturales, algunas de ellas con mayor crecimiento que el *P. conjugatum*. En cambio, la pastura natural El Arado tiene la menor disponibilidad promedio de biomasa forrajera, en parte por la mayor cobertura de malezas en esta pastura.

Se realizó el análisis de la varianza de acuerdo al modelo descrito en el inciso (2.4.1) y se transformaron los datos de producción de biomasa a raíz cuadrada, esto debido a coeficientes de variación altos (>20) en ambas variables. Las probabilidades para cada fuente de variación en cada variable se presentan en el siguiente cuadro.

*Cuadro 11. Fuentes de variación y probabilidades en la disponibilidad de biomasa forrajera*

Fuente de variación:	Disponibilidad de Biomasa (p=)
Finca	0.0220
Tratamiento (tipo de pastura: mejorada asociada, mejorada y natural)	<b>0.0054</b>
Ciclo	0.5350
Ciclo*Tratamiento	0.9340
Días descanso	0.5969

Como lo muestra el cuadro 11, solamente se encontraron diferencias estadísticas para los tratamiento (p=0.0054). En el cuadro 12 se detallan estas diferencias.

*Cuadro 12. Prueba de Duncan para la disponibilidad de biomasa*

Tratamiento	Disponibilidad de Biomasa
Pastos Mejorados con maní	3020 a
Pastos Mejorados sin maní	2180 b
Pastos Naturales	1320 c

*Letras distintas indican diferencias significativas (p=0.05)*

Al hacer la comparación entre los tratamientos, se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 12), se puede observar que los pastos mejorados

asociados con el maní presentan la mayor disponibilidad de biomasa que las pasturas mejoradas no asociadas y los pastos naturales, a su vez los pastos mejorados sin maní es mayor que los pastos naturales.

### ***3.1.1 Composición botánica de las pasturas***

En los cuadros 13, 14 y 15 se indica la composición botánica de las pasturas un día antes de la entrada del ganado en cada ciclo de pastoreo observado.

Cuadro 13. Composición botánica en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás 1 día antes del pastoreo.

Ciclo <sup>1</sup>	Tanzania con maní, cobertura aérea (%)					Tanzania sin maní, cobertura aérea (%)				PN <sup>2</sup> : El Pochote, cobertura aérea (%)			
	Tanzania	Maní	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	suelo desnudo	Tanzania	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	suelo desnudo	Pasto	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	Suelo desnudo
1	41	40	7	2	10	67	4	13	17	61	21	4	15
2	36	45	4	1	14	65	7	15	13	71	15	2	12
3	43	42	6	2	7	73	7	9	11	71	25	2	1
4	40	51	5	1	3	63	7	20	10	73	17	2	7
<b>X</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>67</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>69</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>9</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

<sup>2</sup> Pasto natural

Cuadro 14. Composición botánica en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana 1 día antes del pastoreo.

Ciclo <sup>1</sup>	Estrella con maní, cobertura aérea (%)					Estrella sin maní, cobertura aérea (%)				PN <sup>2</sup> : El Arado, cobertura aérea (%)			
	Estrella	Maní	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	suelo desnudo	Estrella	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	suelo desnudo	Pasto	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	Suelo desnudo
1	44	42	3	1	11	68	10	5	17	Ciclo no observado			
2	40	46	3	1	10	66	13	3	18	60	23	2	15
3	39	39	1	1	20	62	12	2	23	63	16	3	18
4	43	49	3	0	4	57	18	4	22	67	19	0	15
5	37	50	3	1	10	55	21	2	22	54	18	1	26
<b>X</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>62</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>61</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>18</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

Cuadro 15. Composición botánica en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones 1 día antes del pastoreo.

Ciclo <sup>1</sup>	Toledo con maní, cobertura aérea (%)					Toledo sin maní, cobertura aérea (%)				PN <sup>2</sup> : El Toronja, cobertura aérea (%)			
	Toledo	Maní	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	suelo desnudo	Toledo	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	suelo desnudo	Pasto	Hojas anchas	Otros pastos y Ciperáceas	Suelo desnudo
1	32	62	6	0	1	62	8	9	21	88	2	1	8
2	39	56	4	1	1	63	6	12	19	75	2	17	5
3	No hubo pastoreo					65	6	10	19	82	1	5	11
4	40	51	5	0	4	73	4	6	16	78	2	16	4
5	41	52	3	0	3	60	9	14	17	82	2	13	3
<b>X</b>	<b>38</b>	<b>55</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>65</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>81</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>6</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3



En general, los datos de la composición botánica indican que las 9 pasturas estudiadas tienen una cobertura forrajera alta y una cobertura de suelo casi completa, aun durante la época seca. A su vez, estos datos demuestran que el manejo de las pasturas en general ha sido adecuado. Por otra parte, también se observa el efecto del maní sobre la presencia de plantas forrajeras no deseadas: en las 3 pasturas asociadas la cobertura de hojas anchas, otros pastos y ciperáceas y suelo desnudo siempre es menor que en las demás pasturas.

En las fincas Santo Tomas y Los Limones la composición botánica de las pasturas se mantuvo bastante estable durante todo el período de observación. Solamente se observan algunas pequeñas variaciones que probablemente son consecuencia del cambio de la época seca a la época de lluvias: la cobertura de suelo desnudo disminuye con la entrada de las lluvias, mientras la cobertura de maní y otros pastos aumentan. La única excepción se da en la pastura de Toledo con maní, donde el maní se redujo de 56 a 62 % en la época seca hasta 52% en la época lluviosa. Este es el resultado del largo descanso que se dio a esta pastura después del segundo ciclo de pastoreo, cuando el productor consideró que el pasto Toledo necesitaba recuperarse mejor.

Por otra parte, la composición botánica de las pasturas de la finca Santa Juana muestra claramente el efecto del sobrepastoreo a través de la reducción de los periodos de descanso, que sufrieron las pasturas en esta finca en la época lluviosa, (ver inciso 3.5). En las 3 pasturas aumentó la cobertura de suelo desnudo, cuando por efecto de la época se esperaría una reducción de la misma. Otros indicadores del sobrepastoreo son el aumento en la cobertura de hojas anchas en la pastura de Estrella sin maní, y el aumento de la cobertura de maní en combinación con la reducción en la cobertura de Estrella en la pastura de Estrella con maní.

Esta última observación confirma lo explicado en la disponibilidad de biomasa sobre el efecto de la carga animal en la pastura asociada, donde se debe considerar el período de descanso y pastoreo en lo relacionado a las diversas interacciones de la asociación y al comportamiento de los animales en la selección de las especies con preferencias hacia las gramíneas (Spain y Pereira, 1985).

Por último, es importante señalar que las 3 pasturas naturales muestran diferencias importantes en su composición botánica. La pastura El Toronja tiene la cobertura más alta de gramíneas, en su gran mayoría de las especies grama (*Paspalum conjugatum*) y retana (*Ischaemum indicum*), ambas especies bien consumida por el ganado. La proporción de gramíneas en la pastura El Pochote presenta una diversidad de especies de pastos naturales: grama (*Paspalum conjugatum*), pero también se observa mucho pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) y una especie (*Panicum sp*) poco consumida. Además, posee mayor cobertura de hojas anchas que no son consumidas por los animales. Por último, la composición botánica del pasto natural El Arado presenta una diversidad de gramíneas naturales, la mayoría de ellas poco consumidas por el ganado.

### **3.2 Consumo de biomasa forrajera**

En los cuadros 16, 17 y 18 se presentan 2 estimaciones de la biomasa forrajera consumida en las 9 pasturas evaluadas en cada uno de los ciclos de pastoreo. En el método directo, se restó la estimación de la biomasa forrajera disponible obtenida con botanal un día después del pastoreo del valor obtenido 1 día antes del pastoreo. La estimación del consumo con el método indirecto, se base en el pesaje de cada animal utilizado en los pastoreos y el registro de los animales usados en cada pastoreo y la duración del mismo. Luego se estima el consumo asumiendo que un animal consume diariamente el 2.5% de su peso vivo de biomasa forrajera seca.

Cada uno de estos métodos presentan algunos problemas: usando botanal, un problema es que la estimación del consumo incluye pérdidas de forraje por ensuciamiento y aplastamiento. Sobre todo cuando hay forraje abundante es probable que el método sobreestima el consumo. Asimismo, el uso de Botanal después de un pastoreo no es fácil porque la pastura ha sido muy alterada (aplastamiento, etc) por el pastoreo, dificultando la estimación de las escalas.

Por otra parte, no siempre el animal ingiere el 2,5% de su peso vivo en materia seca forrajera. Cuando la disponibilidad es baja, es poco probable que el ganado encuentre

suficiente forraje, entonces ingiere menos y posiblemente hasta pierde peso. Cuando hay forraje abundante, es posible que consume más que el 2,5%. En este sentido para la estimación del flujo de nutrientes se tomó como criterio lo siguiente: al existir una menor disponibilidad y consumo determinado con el botanal se consideró este resultado, en cambio si la disponibilidad y consumo con botanal fue alto se consideró el 3% del consumo a base a peso vivo.

*Cuadro 16. Estimación del consumo y pérdida por efecto del pastoreo de la biomasa forrajera usando botanal y un método indirecto asumiendo un consume del 2,5% del peso vivo de los animales en las pasturas evaluadas de la finca Santo Tomas.*

Ciclo <sup>1</sup>	Tanzania con maní			Tanzania sin maní		Pasto natural El Pochote	
	Botanal (Kg/ha)		2.5%pv (kg/ha)	Botanal (Kg/ha)	2.5% pv (kg/ha)	Botanal (Kg/ha)	2.5% pv (kg/ha)
	Tanzania	Maní					
1	470	330	1010	640	781	640	196
2	1450	170	756	1050	986	6	165
3	3820	220	1752	2500	1428	360	383
4	6030	280	1289	2930	1009	310	338
Promedio	<b>2940</b>	<b>250</b>	<b>1202</b>	<b>1780</b>	<b>1051</b>	<b>330</b>	<b>271</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

<sup>2</sup> Peso vivo total registrado durante el ciclo de pastoreo en kg/ha

*Cuadro 17. Estimación del consumo y pérdida por efecto del pastoreo de la biomasa forrajera usando Botanal y un método indirecto asumiendo un consume del 2,5% del peso vivo de los animales en las pasturas evaluadas de la finca Santa Juana.*

Ciclo <sup>1</sup>	Estrella con maní			Estrella sin maní		Pasto natural El Arado	
	Botanal (Kg/ha)		2.5% pv (kg/ha)	Botanal (Kg/ha)	2.5% pv (kg/ha)	Botanal (Kg/ha)	2.5% pv (kg/ha)
	Estrella	Maní					
1	580	240	569	1030	442	Ciclo no observado	
2	1710	280	811	2050	655	70	367
3	340	860	331	820	356	580	299
4	790	470	884	710	713	10	400
5	790	130	884	1250	543	1180	310
Promedio	<b>840</b>	<b>400</b>	<b>556</b>	<b>1170</b>	<b>542</b>	<b>460</b>	<b>343</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

*Cuadro 18. Estimación del consumo y pérdida por efecto del pastoreo de la biomasa forrajera usando Botanal y un método indirecto asumiendo un consume del 2,5% del peso vivo de los animales en las pasturas evaluadas de la finca Los Limones.*

Ciclo <sup>1</sup>	Toledo con maní			Toledo sin maní		Pasto natural El Toronja	
	Botanal (Kg/ha)		2.5% pv (kg/ha)	Botanal (Kg/ha)	2.5% pv (kg/ha)	Botanal (Kg/ha)	2.5% pv (kg/ha)
	Toledo	Maní					
1	790	570	394	1400	533	1340	583
2	920	640	935	2450	803	760	692
3	No se pastoreó			1010	803	210	692
4	580	730	824	2810	708	730	732
5	1460	440	591	800	507	800	547
Promedio	<b>940</b>	<b>600</b>	<b>686</b>	<b>1700</b>	<b>671</b>	<b>770</b>	<b>649</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

Los datos presentados sugieren que los problemas mencionados han ocurrido en las pasturas estudiadas. Sin embargo, de forma general se pueden observar algunas tendencias:

En las tres fincas las estimaciones obtenidas con los dos métodos indican un mayor consumo de forraje en las pasturadas mejoradas (con y sin maní) que en las pasturas naturales. Además los datos en la mayoría de los ciclos demuestran un mayor consumo en las pasturas asociadas con maní forrajero que en las pasturas mejoradas solas. Todos estos resultados son consistentes con los datos de disponibilidad de biomasa y carga animal (ver inciso 3.1 y 3.5).

Al comparar las dos estimaciones, en las tres fincas el consumo estimado en las pasturas mejoradas (con y sin maní) con Botanal es mayor que el consumo estimado con el método indirecto. Esto indica que la alta disponibilidad de biomasa en estas pasturas probablemente permitió a los animales ser más selectivo y que el ganado muy probablemente pudo satisfacer sus necesidades alimenticias, y que una parte del consumo estimado con Botanal probablemente es pérdida de forraje por pisoteo y ensuciamiento

En cambio, en las pasturas naturales y sobre todo en la época seca se observa que el consumo estimado con Botanal frecuentemente fue más bajo que el consumo estimado en base al peso vivo total durante cada ciclo. En parte se debe probablemente, como se explicó anteriormente al hecho que estas pasturas en las fincas Santo Thomas y sobre todo Santa Juana están cubiertos por varias especies de pastos naturales que no todos son bien consumidos por el ganado. Por lo tanto, no se estimó bien la disponibilidad de forraje. Por otra parte, también es probable (tal como demuestran los datos de la pastura natural en la finca Los Limones) que la disponibilidad de forraje no fue suficiente para satisfacer las necesidades del ganado y por lo tanto este sufrió hambre. El bajo peso de los animales en Abril comparado con Julio indica que este ha ocurrido (Cuadro 19). En este sentido, también es importante señalar que durante el tiempo crítico de la época seca los productores complementan la alimentación usando tallos de chagüites (*Musa spp*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como se indica en Cuadro 13. Igualmente, se observó en los meses más secos que el ganado consumió hojas de arboles, específicamente coyote, madero negro y jiñocuabo, algo no incluido en la estimación del consumo.

*Cuadro 19. Peso promedio del ganado utilizado en los ciclos de pastoreo en abril y julio por finca.*

Fecha de pesaje	Finca: Santo Tomás		Finca: Santa Juana		Finca: Los Limones	
	Nº/animales	Peso vivo ( Kg)	Nº/animales	Peso vivo ( Kg)	Nº/animales	Peso vivo (Kg)
18/04/07	9	360	8	426	3	402
27/07/07	7	412	9	473	5	438
Diferencia	Kg	52		47		36
	%	13		10		8

Cuadro 20. Alimentación suplementaria en la época seca por finca.

Finca	Período	D/Sp <sup>-1</sup>	Descripción de la suplementación
Santo Tomas	16 – 20/03	5	Únicamente se proporcionó tuza (hojas secas que cubren la mazorca) de maíz, esta finca no dispone de recursos para suplementar en la época seca, lo que explica el poco tiempo de suplementación.
Santa Juana	25/04 – 12/05	16	La suplementación consistió en proporcionar caña de azúcar picada, el productor priorizaba la suplementación cuando el ganado pastaba en pasturas con baja disponibilidad de biomasa forrajera, y se les brindaba tanto en la pastura como en el corral. A pesar de disponer de este recurso el área de cultivo de caña es poco para la cantidad de animales en producción.
Los Limones	19/03 – 26/04	31	Se suplementó con caña de azúcar y tallos de chagüite, a pesar de disponer del recurso el productor dispuso suplementar en las pasturas con baja disponibilidad de biomasa una vez que realizaba la observación en la pastura y observaba la producción diaria de leche. En las pasturas con menos disponibilidad de biomasa suplementaba con caña de azúcar ya sea por la mañana o bien al medio día y por la noche suplementaba con tallos de chagüite, en el resto de las pasturas con mejor condición la suplementación solo se hacía por la noche.

<sup>-1</sup>Días de suplementación

Debido al efecto adicional de los días que se suplementaron durante el tiempo antes mencionados fue considerado al momento de estimar los flujos de nutrientes cada pastura.

Se realizó el análisis de la varianza de acuerdo al modelo descrito en inciso 3.1 y se transformaron los datos de consumo a raíz cuadrada, esto debido a coeficientes de variación es altos (>20). Las probabilidades de la fuente de variación se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 21. Fuentes de variación y probabilidades en la estimación del consumo del ganado.

Fuente de variación	Consumo (p=)
Finca	0.1463
Tratamiento (tipo de pastura: mejorada asociada, mejorada y natural)	<b>0.0122</b>
Ciclo	0.2652
Ciclo*Tratamientos	0.7049
Días descanso	0.2538

Como lo muestra el cuadro 21, en el consumo solamente se encontraron diferencias estadísticas para los tratamientos (0.0122). De acuerdo a las medias de comparación de Duncan (Cuadro 15), los tratamientos “pasturas mejoradas con maní” y “pasturas mejoradas sin maní” son iguales, pero difieren del tratamiento “pasturas naturales”.

*Cuadro 22. Prueba de medias de Duncan sobre el consumo de biomasa forrajera.*

Tratamiento	Consumo
Paturas mejoradas con maní	1704 a
Pasturas mejoradas sin maní	1335 a
Pasturas naturales	413 b

### **3.3 Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra**

En los cuadros 23, 24 y 25 se presentan, solamente para las 3 pasturas de la finca Los Limones, los datos de biomasa forrajera disponible en las condiciones bajo y fuera de la cobertura de las copas de los arboles presentes, determinada con Botanal un día antes de la entrada del ganado en cada ciclo de pastoreo observado (ver también inciso 3.1, donde se presentan los promedios ponderados para toda la pastura).

Cuadro 23. Disponibilidad de biomasa forrajera un día antes de la entrada del ganado con y sin sombra en la pastura Toledo con maní

Especie	Condición	Biomasa disponible (kg MS.ha <sup>-1</sup> ) por ciclo					Promedio (kg/ha)
		1	2	3	4	5	
		04/02 – 06/03	10/03 – 25/04	No se pastoreó	02/05 – 15/06	21/06 – 16/07	
Toledo	Con sombra <sup>1</sup>	750	2250		1500	2120	1660
Toledo	Sin sombra	600	1230		1330	1900	1270
Maní	Con sombra <sup>1</sup>	950	1240		1210	930	1080
Maní	Sin sombra	970	1250	1210	930	1060	

<sup>1</sup> La cobertura sombra en la pastura es de 23%, especies con mayor cobertura: *Inga edulis*, *Persea americana* y *Guazuma ulmifolia*

Cuadro 24. Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra en la pastura Toledo sin maní.

Especie	Condición	Biomasa disponible (kg MS.ha <sup>-1</sup> ) por ciclo					Promedio (kg/ha)
		1	2	3	4	5	
		24/01 – 28/02	06/03 - 05/04	12/04 – 16/05	23/05 – 21/06	27/06 – 20/07	
Toledo	Con sombra <sup>1</sup>	860	1940	1210	1560	1580	1430
Toledo	Sin sombra	1100	1990	1180	1380	1980	1530

<sup>1</sup> La cobertura sombra en la pastura es de 16%, especies con mayor cobertura: *Inga edulis* y *Persea americana*

Cuadro 25. Disponibilidad de biomasa forrajera con y sin sombra en la pastura natural El Toronja.

Especie	Condición	Biomasa disponible (kg MS.ha <sup>-1</sup> ) por ciclo					Promedio (kg/ha)
		1	2	3	4	5	
		07/02 – 12/03	19/03 – 19/04	26/04 – 22/05	29/05 – 26/06	03/07 – 24/07	
Gramma	Con sombra <sup>1</sup>	350	560	300	420	590	440
Gramma	Sin sombra	320	560	310	420	590	440

<sup>1</sup> La cobertura sombra en la pastura es de 33%, especies de mayor cobertura: *Lonchocarpus minimiflorus*, *Inga edulis* y *Platymiscium dimorphandrum*



Para las 3 pasturas, los datos indican lo siguiente:

1: En promedio, durante el periodo de estudio la biomasa forrajera disponible total de la pastura Toledo con maní bajo cobertura arbórea produce un 30% más que en la condición sin cobertura arbórea (Cuadro 23). La mayor disponibilidad del pasto Toledo bajo la cobertura arbórea, se debe a que el maní forrajero en todos los ciclos presentó valores similares con y sin cobertura arbórea.

2: En la pastura Toledo sin maní en 3 de 5 ciclos presentó mayor disponibilidad de biomasa forrajera en la condición sin cobertura. El promedio la disponibilidad sin cobertura es un 7% más. La cobertura del Toledo no muestra diferencias importantes en las 2 condiciones.

3: En la pastura natural, que presenta el mayor porcentaje de cobertura sombra de las 3 pasturas, se observa que en cada uno de los ciclos de pastoreo que la disponibilidad de biomasa bajo cobertura arbórea es muy similar a la disponibilidad en lugares sin cobertura arbórea. Sin embargo, se observó una clara diferencia en el comportamiento de las especies del pasto natural: la grama (*Paspalum conjugatum*) crece bien bajo la copa y los arboles y fuera de ellos, mientras que la retana solamente se observó en sitios sin cobertura arbórea.

Las tendencias observadas coinciden de manera parcial con otros estudios publicados, en parte no. Otros estudios han encontrado que *Paspalum conjugatum* es tolerante a la sombra y la Retana. Tanto el pasto Toledo como maní forrajero han sido clasificados como moderadamente tolerante a la sombra. Los datos de cobertura de la pastura Toledo con maní confirman que hay poca diferencia entre ambas especies, ver cuadro 26.

Cuadro 26. Cobertura de Toledo y maní con y sin cobertura sombra.

Ciclo	Periodo	Toledo con maní, cobertura en %			
		Con sombra		Sin sombra	
		Toledo	Maní	Toledo	Maní
1	04/02 - 06/03	34	57	29	67
2	10/03 - 25/04	42	48	39	58
3	No se pastoreó				
4	02/05 - 15/06	42	51	42	53
5	21/06 - 16/07	41	52	43	55

Por otra parte, los datos de la disponibilidad de biomasa forrajera del presente estudio indican que *A. pintoi* es tolerante a la sombra, sin embargo, los datos de Toledo de las 2 pasturas son contradictorios: Los datos de la pastura Toledo sin maní indican que Toledo crece mejor sin cobertura arbórea mientras los datos de la pastura Toledo con maní indican lo contrario. Por otra parte, en la literatura se reporta que pastos pueden producir mejor en sombra que en pleno sol, pero solamente en un suelo pobre en nitrógeno (Wilson y Ludlow 1991, citado por Pezo e Ibrahim 1999). Este no es el caso en la pastura Toledo con maní. Para explicar las diferencias, probablemente se debe tomar en cuenta las diferencias en terreno, el comportamiento animal y las diferencias en sombra entre las 2 pasturas.

La pastura Toledo sin maní tiene una cobertura arbórea de 16% y es poco afectada la sombra de arboles en pasturas aledañas. Por otra parte, la sombra de la mayoría de los arboles en esta pastura es rala con la excepción de un árbol de mango (*Manguifera indica*). Esta pastura es relativamente homogénea en su topografía y no hay áreas donde el ganado no consume. En cambio, la pastura Toledo con maní tiene una cobertura arbórea del 23%, sin embargo, es además la parte noroeste y noreste de esta pastura son fuertemente influenciadas por la sombra de árboles en la pastura Toledo sin maní y un cafetal aledaño. Además, la sombra del árbol más grande de la pastura (*Inga edulis*) es densa. Por otra parte, en esta pastura en la sombra hay 2 zonas (ver mapa anexo 9) donde el ganado por la pendiente prácticamente no consume, pero si se incluyó en las observaciones del Botanal. Por último, la parte con sombra en su mayoría es poco frecuentada por el ganado por estar con mayor pendiente y porque el ganado aparentemente prefiere estar en el terreno más abierto: durante los ciclos de pastoreo, se observó siempre que el ganado los primeros días del ciclo casi no consumía en la parte con sombra, solamente al final del ciclo consumieron un poco.

Los 3 factores causan que por un lado se incluyeran observaciones visuales de Botanal hechas en las partes no visitadas por el ganado y donde consecuentemente siempre se observa mucho pasto. Por otra parte, el limitado consumo en el área con sombra por la preferencia del ganado de estar en zonas más abiertas, hace que las zonas abiertas con poco sombra sean sobrepastoreadas, comprometiendo su recuperación. En resumen, es posible que la mayor disponibilidad del pasto Toledo observado bajo la cobertura arbórea sea consecuencia del comportamiento del ganado y no de un mayor crecimiento.

### **3.4 Producción de leche en las pasturas evaluadas**

En los cuadros 27, 28 y 29 se presentan los datos de la producción de leche registrada en las pasturas evaluadas durante el periodo de estudio por finca.

Cuadro 27. Producción de leche en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomás.

Ciclo <sup>1</sup>	Tanzania con maní				Tanzania sin maní				Pasto natural: El Pochote			
	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod. kg/vaca/día	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día
1	6.2	110	530	4.6	6	108	289	3.9	7	112	80.1	3.7
2	9	120	360	4.3	9	116	485	4.4	8	134	61.2	3.7
3	8	167	811	5.4	8	162	623	5.1	7	144	164	5.7
4	7	166	592	5.4	7	162	479	5.6	7	171	146	5.1
<b>Promedio</b>	<b>6.7</b>	<b>156</b>	<b>587</b>	<b>4.7</b>	<b>7.5</b>	<b>152</b>	<b>422</b>	<b>4.4</b>	<b>7.3</b>	<b>140</b>	<b>113</b>	<b>4.6</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

Cuadro 28. Producción de leche en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana.

Ciclo <sup>1</sup>	Estrella con maní				Estrella sin maní				Pasto natural: El Arado			
	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod. kg/vaca/día	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día
1	3	160	165	4.3	3	163	77	3.8	Ciclo no observado			
2	5	134	298	4.7	5	137	226	4.4	5	146	100	4.3
3	4	144	108	4.2	4	146	99	3.6	4	163	99	4.3
4	4	176	230	4.5	4	179	182	4.4	4	188	90	3.9
5	3	142	166	4.4	3	145	70	3.4	3	148	54	3.9
<b>Promedio</b>	<b>3.7</b>	<b>146</b>	<b>196</b>	<b>4.6</b>	<b>3.7</b>	<b>149</b>	<b>133</b>	<b>4.0</b>	<b>3.7</b>	<b>158</b>	<b>83</b>	<b>4.3</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

Cuadro 29. Producción de leche en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones.

Ciclo <sup>1</sup>	Toledo con maní				Toledo sin maní				Pasto natural: El Toronja			
	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día	Nº vacas	Días Lact	Prod. total (kg/ha/ciclo)	Prod.kg/vaca/día
1	2	232	164	2.6	2	212	129	2.4	2	226	116	2.5
2	No había vacas en producción				2	253	118	2.2	2	259	82	1.7
3	2	282	138	2.6	2	288	121	2.2	2	294	114	2.4
4	1	134	79	3.7	1	138	65	3.6	1	143	81	3.4
<b>Promedio</b>	<b>2.0</b>	<b>240</b>	<b>128</b>	<b>3.0</b>	<b>1.8</b>	<b>222</b>	<b>108</b>	<b>2.6</b>	<b>2.0</b>	<b>248</b>	<b>91</b>	<b>2.2</b>

<sup>1</sup> Las fechas de los ciclos son los mismos que las mencionadas en los cuadros 1, 2 y 3

Los datos indican que en las 3 fincas la producción de leche por hectárea es mayor entre un 19 a 419% en las pasturas mejoradas asociadas y no con *A. Pintoi*, comparadas con las pasturas naturales, por otra parte se puede observar que las pasturas mejoradas asociadas con *A. pintoi* son mayores que las pasturas mejoradas no asociadas (Cuadro 19, 20 y 21). Estos resultados muestran la misma tendencia con los obtenidos por González *et al.* (1996) que evaluaron *B. decumbens* con y sin asociación de leguminosas. Los datos de producción de leche coinciden con los resultados de biomasa forrajera (ver inciso 3.1), en el sentido de que mayor disponibilidad de forraje se traduce en una mayor producción de leche por hectárea.

Por otra parte, también se observa que en las 2 fincas más productivas la producción de leche por vaca por día es mayor que en las pasturas no asociadas y naturales. En la finca Los Limones no se observa esta tendencia, sin embargo, esto probablemente se explica por la muy baja productividad de las 2 vacas en producción en esta finca y el hecho que una de estas vacas tenía más que 1 año de lactancia.

Al hacer la comparación entre tratamientos considerando la producción de leche por vaca por día no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos: pasturas mejoradas asociadas con *A. pintoi*, pasturas mejoradas no asociadas y pasturas naturales (Cuadro 30). Sin embargo, se puede observar que en la finca Santo Tomas se presentó una interacción tratamiento por ciclo, es decir, la producción de leche como respuesta de los tratamientos depende del ciclo (tiempo). En esta misma finca, pero también en la finca Santa Juana, la covariable “días de ocupación” presentó efecto sobre la variable respuesta. Para la finca Los Limones ningún componente del modelo presentó significancia estadística, probablemente por las mismas razones ya explicadas anteriormente.

*Cuadro 30. Fuentes de variación y probabilidades para la producción de leche por vaca por día*

Fuente de Variación	Santo Tomas (p=ó<)	Santa Juana (p=ó<)	Los Limones (p=)
Tratamiento	0.9187	0.9898	0.6895
Ciclo	0.9368	0.0689	0.6137
Ciclo*Trat	<b>&lt;0.0001</b>	0.2244	0.4215
Días Lactancia	0.8091	0.3770	0.8159
Días Ocupación	<b>0.0190</b>	<b>0.0040</b>	0.6595

### **3.5 Días de descanso y ocupación**

En los cuadros 31, 32 y 33 se presentan los datos de los ciclos de pastoreo registrados durante el periodo de estudio por finca.

Cuadro 31. Días de descanso, ocupación y Carga animal en la finca Santo Tomas

Ciclo	Tanzania con maní				Tanzania sin maní				Pasto natural: El Pochote			
	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim
1	25/01 - 19/03	54	6	1.7	19/01-15/03	56	4	1.3	11/02-04/04	53	3	0.4
2	26/03 - 07/05	44	3	1.6	20/03-03/05	45	4	2.0	08/04-19/05	42	2	0.4
3	11/05 - 19/06	40	6	3.8	08/05-14/06	38	5	3.3	22/05-06/07	46	4	0.8
4	26/06 - 29/07	34	5	3.3	20/06-24/07	35	4	2.6	11/07-03/08	24	4	1.2
X		<b>43.0</b>	<b>5</b>	<b>2.6</b>		<b>43.5</b>	<b>4.3</b>	<b>2.3</b>		<b>41.3</b>	<b>3.3</b>	<b>0.7</b>

Cuadro 32. Días de descanso, ocupación y Carga animal en la finca Santa Juana

Ciclo	Estrella con maní				Estrella sin maní				Pasto natural: El Arado			
	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim
1	17/01 - 23/02	38	4	1.4	20/01-27/02	39	2	0.8	Ciclo no observado			
2	28/02 - 11/04	43	4	1.7	02/03-15/04	45	3	1.4	11/03 - 23/04	44	5	0.7
3	16/04 - 19/05	34	2	0.9	19/04-21/05	33	2	1.0	29/04 - 06/06	39	5	0.7
4	22/05 - 20/06	30	4	2.6	24/05-23/06	31	3	2.1	12/06 - 01/07	20	5	0.9
5	25/06 - 12/07	18	4	4.0	26/06-16/07	20	2	2.5	07/07 - 18/07	12	4	1.9
X		<b>32.6</b>	<b>3.6</b>	<b>2.1</b>		<b>33.6</b>	<b>2.4</b>	<b>1.6</b>		<b>28.8</b>	<b>4.8</b>	<b>1.1</b>

Cuadro 33. Días de descanso y Carga animal en la finca Los limones

Ciclo	Toledo con maní				Toledo sin maní				Pasto natural: El Toronja			
	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim	Período	Días Descans	Días Ocupac	Carga Anim
1	04/02 - 06/03	31	3	1.1	24/01 - 28/02	36	5	1.3	07/02 - 12/03	34	6	1.5
2	10/03 - 25/04	47	6	1.7	06/03 - 05/04	31	6	2.2	19/03 - 19/04	32	6	1.9
3	No se pastoreó				12/04 - 16/05	35	6	2.0	26/04 - 22/05	27	6	2.1
4	02/05 - 15/06	45	5	1.6	23/05 - 21/06	30	5	2.0	29/05 - 26/06	29	6	2.1
5	21/06 - 16/07	26	4	2.0	27/06 - 20/07	24	4	1.8	03/07 - 24/07	22	5	2.1
X		<b>37.3</b>	<b>4.5</b>	<b>1.6</b>		<b>30.6</b>	<b>5.2</b>	<b>1.9</b>		<b>28.6</b>	<b>5.8</b>	<b>1.9</b>

Como se puede observar en los cuadros 31, 32 y 33 la carga animal y los días de ocupación y descanso son altamente variables en todas las pasturas estudiadas. Esto es probablemente la realidad en la mayoría de las fincas de la región, donde manejan la rotación de potreros “al ojo”, es decir, tomando en cuenta día a día la producción de leche y el estado de todas las pasturas de la finca.

Sin embargo, es posible detectar algunas tendencias: En las fincas Santo Tomás y Santa Juana se observa una menor carga animal de las pasturas mejoradas (con y sin maní) en la época seca comparada con la época lluviosa. Sin embargo, en la finca Santo Tomas la duplicación (aproximada) de la carga animal no afectó la disponibilidad de forraje (Cuadro 31), ni la estabilidad de la pastura como se observa en los datos de la composición botánica (Cuadro 13) lo que indica que la carga usada se correspondió con la disponibilidad de la biomasa forrajera. Por otra parte, en la finca Santa Juana el aumento de la carga animal en las pasturas de Estrella con y sin maní en la época lluviosa que se dio sobre todo por la reducción en días de descanso, si afectó en forma negativa las pasturas. Como ya se explico en el inciso 3.5 al final de julio ambas pasturas mostraban síntomas de degradación por sobrepastoreo, con una reducción en el porcentaje de gramíneas e incremento en el porcentaje de maní y suelo desnudo (pastura con maní) y un incremento en cobertura de malezas y suelos desnudo en la pastura de Estrella sin maní. En estas 2 fincas es menor la carga animal en las pasturas naturales, como es de esperar dada la menor disponibilidad de forraje (Cuadro 9 y 10).

Por otra parte, en la finca Los Limones las diferencias entre las pasturas son menos claras, incluso, la pastura natural se maneja con una carga animal parecida a las pasturas mejoradas. Tomando en cuenta la menor disponibilidad de biomasa en la pastura comparada con las pasturas mejoradas (Cuadro 10), esto implicaría que los animales no satisfagan sus necesidades alimenticias en esta pastura. Un indicador que esto puede ser en el caso de la menor producción de leche (Cuadro 29) en este potrero, sin embargo, otro indicador que podría indicar si lo supuesto es correcto, el peso de los animales, no se determinó. En esta finca no se observan diferencias entre la pastura mejorada con y sin maní, porque el productor decidió pastorear menos la pastura asociada con el fin de estimular la cobertura del pasto Toledo.



### 3.6 Deposición de heces

Por razones de tiempo, la deposición de heces fue monitoreada solamente en 7 de las 9 pasturas estudiadas, no se realizaron observaciones en las pasturas naturales en las finca Santo Tomas y Santa Juana. En los cuadros 34 y 35 se presentan los datos de deposición de heces durante cada ciclo. Las observaciones al igual que las variables anteriores abarcan un período de 6 meses de continuas observaciones, tanto en la época seca como lluviosa.

Es importante señalar que el ganado durante cada ciclo defecó más que la cantidad observada en las pasturas estudiadas, ya que durante unas horas cada día permanecen fuera de las pasturas para ser ordeñado o para aguar. Se refiere con más detalle a este hecho en el inciso 3.10.6 donde se discuten los flujos de nutrientes.

*Cuadro 34. Deposición de heces expresada en de material seca por hectárea en las pasturas estudiadas de la finca Santo Thomas*

Ciclo	Tanzania con maní		Tanzania sin maní	
	Período	Kg/MS/ha	Período	Kg/MS/ha
1	25/01-19/03	349	19/01-15/03	193
2	26/03-07/05	228	20/03-03/05	372
3	11/05-19/06	485	08/05-24/06	484
4	26/06-29/07	478	20/06-24/07	368
<b>Total</b>		<b>1541</b>		<b>1416</b>
<b>Kg/Ms/vaca/día (17 hrs)</b>		<b>3.1</b>		<b>3.3</b>
<b>Heces/vaca/ día (17 hrs)</b>		<b>7.1</b>		<b>7.6</b>

Cuadro 35. Deposición de heces expresada en materia seca por hectárea en las pasturas estudiadas de las fincas Santa Juana y Los Limones

Ciclo	Estrella con maní		Estrella sin maní		Toledo con maní		Toledo sin maní		Pasto natural: El Toronja	
	Período	Kg/Ms/ha	Período	Kg/Ms/ha	Período	Kg/Ms/ha	Período	Kg/Ms/ha	Período	Kg/Ms/ha
21	18/01-22/02	122	21/01-27/02	96	04/02-06/03	123	24/01-28/02	147	07/02-12/03	108
22	28/02-11/04	195	02/03-16/04	225	10/03-25/04	346	06/03-05/04	177	19/03-19/04	151
33	16/04-19/05	111	19/04-22/05	124	No se pastoreó		12/04-16/05	166	26/04-22/05	124
44	23/05-20/06	224	24/05-23/06	320	02/05-15/06	240	23/05-21/06	238	29/05-26/06	193
5	25/06-12/07	185	26/06-16/07	268	21/06-16/07	179	27/06-20/07	179	03/07-24/07	136
<b>Total</b>		<b>838</b>		<b>1033</b>		<b>889</b>		<b>906</b>		<b>711</b>
		<b>2.7</b>		<b>4.5</b>		<b>3.1</b>		<b>2.5</b>		<b>2.1</b>
		<b>7.9</b>		<b>8.6</b>		<b>10.0</b>		<b>7.3</b>		<b>5.5</b>

<sup>-1</sup>22 – 23 horas de pastoreo por día

Los datos muestran que en las pasturas mejoradas (con y sin maní) de las tres fincas la deposición de heces es mayor comparada con la deposición en la pastura natural. Esto es de esperar ya que los datos de biomasa forrajera disponible y carga animal muestran un uso más intensivo de estas pasturas: mientras más consume el ganado, más forraje digerido regresa a la pastura en forma de heces. Además se observa que la deposición de heces en las pasturas de Tanzania con y sin maní forrajero es mayor que en las demás pasturas, a pesar que la duración del pastoreo es menor que en las demás pasturas (17 horas como promedio comparado con 22 o 23 horas en las otras pasturas), lo cual confirma de nuevo la alta productividad de estas pasturas. La única pastura que no sigue las tendencias indicadas por disponibilidad de forraje, carga animal y estimación de consumo es la pastura Estrella sin maní, que presenta una deposición de heces mayor que la que se esperaría con base en los datos mencionados. Este dato es difícil de explicar, posiblemente por cosas fortuitas se incluyeron hay un número alto de bostas muy grandes que influenciaron el promedio pero que en realidad en bostas compuestas por 2 defecaciones.

Por otra parte, es importante tomar en cuenta que no todas las bostas depositadas en una pastura provienen del forraje consumido en la misma pastura. El primer día del pastoreo las bostas depositadas son producto del forraje ingerido el día anterior en otra pastura. Asimismo, el forraje ingerido el último día del pastoreo se deposita en otra pastura el día siguiente. Esto podría haber influenciado la cantidad y la calidad de heces depositada en las pasturas estudiadas. Por ejemplo, en la finca Santa Juana el productor normalmente pastorea como promedio dos días y siempre usa primero la pastura mejorada asociada y inmediatamente después la pastura mejorada sin maní. Por lo tanto, una buena parte de las bostas depositadas en la pastura Estrella sin maní contienen el forraje digerido de la pasturas Estrella con maní.

En la tabla 36 se presentan los datos de los pesos de las bostas por pastura. Aunque no hay diferencias estadísticas entre las pasturas debido a la gran variabilidad en el peso de las bostas, se observa que en las pasturas de Tanzania el peso promedio es mayor que en las 3 pasturas de la finca Los Limones, aun cuando los animales en promedio son más pesados en esta última (ver Cuadro 19). Por otra parte, los datos de la finca Santa Juana que tiene en promedio los animales más pesados son contradictorios, ya que en la pastura estrella sin maní

los pesos son muy altos mientras en la pastura estrella con maní el peso promedio es apenas el 65% de este valor (ver también comentarios arriba).

*Cuadro 36. Peso promedio de las bostas (heces) en las pasturas estudiadas durante todo el período de evaluación.*

Pastura	Área cubierta por bostas (%)	Número de bostas pesadas	Peso (en Kg de materia seca)		
			Mínimo	Máximo	Promedio
Tanzania sin maní	1,60	61	0.16	0.89	0.43
Tanzania con maní	2,61	62	0.12	0.98	0.44
Estrella sin maní	1,51	60	0.16	1.16	0.52
Estrella con maní	1,78	69	0.14	0.63	0.34
Toledo sin maní	1,66	65	0.14	1.21	0.35
Toledo con maní	1,66	47	0.17	0.74	0.31
Pastura natural El Toronja	1,46	68	0.12	1.17	0.38

### **3.7 Deposición de orinas**

La deposición de orinas se evaluó en las mismas 7 pasturas que la deposición de heces. Se observó a los animales durante 40 a 50% del tiempo total de pastoreo en cada uno de los ciclos, incluyendo 1 noche de observación por ciclo. Durante todo el tiempo de observación, se anotó la frecuencia y la distribución de las orinadas en la pasturas, mientras solamente durante la noche se logró medir el peso de las orinadas. La deposición total por ciclo se estimó combinando estos datos, (ver inciso 2.4.1.4). En el cuadro 25 se muestran los datos de deposición de orinas expresadas en Kg de orines por hectárea por ciclo.

Al igual que en el caso de la deposición de heces, es importante recordar que la duración total de cada ciclo de pastoreo es mayor que el tiempo total durante lo cual los animales estuvieron en la pastura ya que hay ciertas horas de cada día que el ganado permanece fuera de la pastura para ser ordeñadas o para aguar.

Cuadro 37. Deposición de orinas en las pasturas evaluadas de la finca Santo Tomas

Ciclo	Tanzania con maní		Tanzania sin maní	
	Período	Kg/ha	Período	Kg/ha
1	25/01-19/03	858	19/01-15/03	607
2	26/03-07/05	833	20/03-03/05	1038
3	11/05-19/06	1978	08/05-24/06	1509
4	26/06-29/07	1645	20/06-24/07	1016
<b>Total</b>		<b>5314</b>		<b>4170</b>

Cuadro 38. Deposición de orinas en las pasturas evaluadas de las fincas Santa Juana y Los Limones

Ciclo	Estrella con maní		Estrella sin maní		Toledo con maní		Toledo sin maní		Pasto natural El Toronja	
	Período	Kg/ha	Período	Kg/ha	Período	Kg/ha	Período	Kg/ha	Período	Kg/ha
1	18/01-22/02	544	21/01-27/02	204	04/02-06/03	508	24/01-28/02	481	07/02-12/03	731
2	28/02-11/04	1177	02/03-16/04	691	10/03-25/04	1556	07/03-05/04	1123	19/03-19/04	911
3	16/04-19/05	423	19/04-22/05	388	No se pastoreó		12/04-16/05	958	26/04-22/05	717
4	23/05-20/06	1555	24/05-23/06	996	02/05-15/06	926	23/05-21/06	714	30/05-26/06	1020
5	25/06-12/07	1283	27/06-16/07	461	21/06-16/07	1153	27/06-20/07	707	03/07-24/07	686
Total		<b>4982</b>		<b>2740</b>		<b>4143</b>		<b>3984</b>		<b>4065</b>

Datos del cuadro 37 y 38 indican que aproximadamente la cantidad de orines depositada en las pasturas parece tener relación con los datos de biomasa disponible, carga animal y consumo estimado. Sin embargo, las pasturas de Estrella con maní escapa de esta tendencia. Como ya se explicó anteriormente, esta pastura es la única con una fuente permanente de agua, lo cual posiblemente explica la relativamente alta cantidad de orines depositada en esta pastura.

En cuadro 39 se presentan los datos de los pesos de las orinadas por pastura. Se observa que existe una variación importante entre el peso mínimo y máximo en cada pastura. Por otra parte, los promedios de las pasturas varían sobre todo en función del peso de los animales, como es de esperar (Cuadro 12). No se observan diferencias claras entre las diferentes pasturas en cada finca, con la excepción del peso de orines en la finca Santa Juana, donde el peso promedio de estrella con maní es muy superior al peso en la pastura estrella sin maní. Posiblemente esto se debe a la presencia de una fuente de agua permanente en esta pastura.

*Cuadro 39. Peso promedio de las orinadas depositadas (noche) en las pasturas estudiadas durante todo el período de evaluación.*

Pastura	Numero de orinadas pesadas	Peso (Kg.)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Tanzania sin maní	99	0.3	4.7	1.69
Tanzania con maní	87	0.3	3.3	1.79
Estrella sin maní	47	0.4	4.5	1.83
Estrella con maní	46	0.5	5.1	2.13
Toledo sin maní	24	0.5	4.1	1.47
Toledo con maní	30	0.3	3.5	1.56
Pastura natural El Toronja	26	0.3	3.7	1.52

### **Distribución espacial de heces y orines**

En todas las pasturas se observó que la distribución de las deposición de heces y orines es heterogénea, por lo que se monitoreó en las 7 pasturas estudiadas la deposición de ambas en cuadrantes (ver inciso 2.4.1.4) En los cuadros 40 y 41 se presentan los datos de la distribución espacial de las heces y las orines en las pasturas estudiadas.

Cuadro 40. Deposición de orina y heces en las pasturas evaluadas en a finca Santo Tomas y Santa Juana

Cuadrante	Tanzania con maní			Tanzania sin maní			Estrella con maní			Estrella sin maní		
	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )
1	16	0,54	0.14	16	0,51	0.10	41	<b>0,71</b>	<b>0.12</b>	50	<b>0,40</b>	0.13
2	18	<b>0,64</b>	0.12	19	<b>0,61</b>	0.10	45	<b>0,73</b>	<b>0.11</b>	50	0,26	0.05
3	17	<b>0,40</b>	0.18	15	<b>0,34</b>	0.16	54	0,47	0.10	47	0,17	<b>0.04</b>
4	15	0,52	0.17	16	0,41	<b>0.09</b>	44	0,50	0.07	36	0,36	0.06
5	13	0,45	0.19	13	0,34	0.20	46	<b>0,28</b>	<b>0.05</b>	32	<b>0,12</b>	0.08
6	13	0,49	0.14	18	0,39	0.16	45	0,35	0.08	20	<b>0,49</b>	<b>0.28</b>
7	15	<b>0,61</b>	<b>0.21</b>	13	0,48	<b>0.15</b>	39	<b>0,27</b>	<b>0.05</b>	32	0,30	0.07
8	18	<b>0,43</b>	0.13	17	0,36	0.17	40	0,52	0.10	25	0,26	0.15
9	12	0,59	<b>0.21</b>	13	0,35	0.14	39	0,59	0.09	16	0,34	<b>0.23</b>
10	16	0,60	0.17	13	<b>0,24</b>	<b>0.23</b>	34	0,45	0.08	31	0,32	0.05
11	15	0,53	<b>0.10</b>	9	<b>0,50</b>	<b>0.08</b>	40	0,44	0.06	28	<b>0,16</b>	0.05
12	19	0,55	<b>0.11</b>	9	0,41	0.13	27	0,62	0.07	23	0,17	<b>0.04</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.53</b>	<b>0.15</b>		<b>0.42</b>	<b>0.14</b>		<b>0.50</b>	<b>0.08</b>		<b>0.27</b>	<b>0.10</b>
<b>Relación<sup>1</sup></b>		<b>1.51</b>	<b>2.00</b>		<b>1.91</b>	<b>2.53</b>		<b>2.62</b>	<b>2.30</b>		<b>3.18</b>	<b>6.38</b>

<sup>1</sup>Relación entre la cantidad de heces y orines depositada en los 2 cuadrantes donde más se deposita y la cantidad depositada en los 2 donde menos se deposita.

Cuadro 41. Deposición de orinas y heces en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones

Cuadrante	Toledo con maní			Toledo sin maní			Pasto natural: El Toronja		
	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )	% pendiente	Orina (Kg/m <sup>2</sup> )	Heces (Kg/m <sup>2</sup> )
1	33	<b>1,48</b>	<b>0.21</b>	26	<b>1,10</b>	<b>0.22</b>	31	0,37	0.05
2	38	<b>0,58</b>	0.07	38	<b>0,69</b>	0.08	32	0,33	<b>0.02</b>
3	31	0,53	<b>0.23</b>	26	0,61	<b>0.20</b>	34	0,30	0.06
4	39	0,45	0.06	36	0,41	0.08	30	0,27	0.03
5	43	0,38	0.07	26	0,59	0.12	19	0,39	<b>0.14</b>
6	52	0,31	0.07	31	0,41	0.09	22	0,23	0.06
7	46	<b>0,20</b>	0.06	25	0,46	0.09	22	<b>0,46</b>	0.11
8	57	0,24	0.06	35	0,29	0.06	23	0,37	0.03
9	26	0,26	0.05	24	0,46	0.08	30	0,34	0.06
10	53	<b>0,24</b>	<b>0.03</b>	38	0,28	0.06	25	0,31	0.04
11	28	0,49	0.08	32	<b>0,21</b>	<b>0.05</b>	30	0,22	<b>0.01</b>
12	54	0,27	<b>0.03</b>	32	<b>0,18</b>	<b>0.05</b>	28	0,38	0.02
13	No existe este cuadrante en esta pastura			No existe este cuadrante en esta pastura			33	<b>0,89</b>	<b>0.13</b>
14	No existe este cuadrante en esta pastura			No existe este cuadrante en esta pastura			39	<b>0,19</b>	0.04
15	No existe este cuadrante en esta pastura			No existe este cuadrante en esta pastura			40	<b>0,17</b>	No se consideró
<b>Promedio</b>		<b>0.46</b>	<b>0.09</b>		<b>0.42</b>	<b>0.09</b>		<b>0.42</b>	<b>0.07</b>
<b>Relación<sup>1</sup></b>		<b>4.68</b>	<b>7.50</b>		<b>4.59</b>	<b>4.20</b>		<b>3.75</b>	<b>9.00</b>

<sup>1</sup> Relación entre la cantidad de heces y orines depositada en los 2 cuadrantes donde más se deposita y la cantidad depositada en los 2 donde menos se deposita.



Los datos muestran que en cada pastura existen sitios o cuadrantes (como se indica en los cuadros 40 y 41) donde los animales depositan más o menos excrementos que el promedio esperado por pastura. Se observó que en todas las pasturas estudiadas, tanto en el día como en la noche, el ganado descansa preferiblemente en lugares relativamente planos y con buena visibilidad, probablemente por el relativo confort y sentido de seguridad (Borrelli y Oliva 2001). Es importante señalar que después del descanso los animales, antes de moverse, casi siempre (como si fuera una regla fisiológica) primero defecan en el mismo lugar. Además, algunas veces lo hacen echadas. Esto que indica que la deposición de heces está asociado más a la actividad de descanso que de consumo, algo también reportado en la literatura (Bellows, 2001). Posteriormente, en un tiempo variable, orinan, pero muchas veces después de moverse o mientras están pastoreando. Esto explica en parte por qué la distribución de heces y orinas se concentra en ciertos sitios, pero no siempre en los mismos.

Por otra parte, también la disponibilidad de forraje influye en la frecuencia con que los animales se encuentran durante más tiempo en algunos lugares (cuadrantes) de la pastura. Asimismo, por encima de un cierto porcentaje de pendiente los animales tienden a frecuentar menos estos sitios ya que la movilización y el pastoreo se dificulta: tienen que caminar según las curvas de nivel (Borrelli y Oliva 2001).

Por último, sobre todo las pasturas de Estrella y Toledo hay cuadrantes donde en cada ciclo se observó una menor disponibilidad de biomasa debido a condiciones como pendiente y sombra. En estos cuadrantes es de esperar que los animales pastoreen durante menos tiempo que en cuadrantes con mayor disponibilidad de forraje.

Si se compara la relación entre la cantidad de heces y orines depositada en los 2 cuadrantes donde más se deposita y la cantidad depositada en los 2 donde menos se deposita (Cuadro 40 y 41), es fácil de observar en cuales pasturas la distribución de heces y orines es más o menos homogénea.

Las pasturas donde existe poca variación en las pendientes y donde la disponibilidad forrajera pareciera estar más homogénea son las 2 pasturas de Tanzania. En estas pasturas, la diferencia entre los cuadrantes donde más se depositan los excrementos es menos que 2.

Por otra parte, en la pastura Toledo con maní la distribución es muy poco homogénea ya que los 2 cuadrantes más favorecidos por la deposición de heces y orines reciben entre 5 y 7 veces más excrementos que los 2 cuadrantes menos favorecidos. Este potrero tiene una topografía irregular con algunas pendientes muy fuertes, incluso, existen 2 pequeñas aéreas en los cuadrantes 9, 10, 11 y 12 (que representan aproximadamente un 50% de sus áreas) donde el ganado prácticamente no consume. Por último, la topografía de la pastura probablemente cause algún efecto de “inseguridad” entre los animales, de los cuadrantes 7 al 12 más que 60% de sus áreas se encuentran en un “hoyo” rodeado por sombra, donde los animales no les gusta pastorear a pesar de tener una oferta forrajera razonable (ver anexo 10).

Por otra parte, también se debe tomar en cuenta que los cuadrantes no fueron diseñados estrictamente con base en pendiente, lo cual hubiera permitido un mejor análisis de la correlación entre pendiente y deposición de heces y orines. Por ejemplo, una vez iniciadas las observaciones, se notó que el ganado en la pastura estrella con maní descansa preferiblemente en un pequeño área plana dentro del cuadrante 8. Sin embargo, esta área apenas cubre un 35% del total del cuadrante, cuya pendiente en promedio es 40% pero en el área específica oscila entre 11 – 25%.

Aunque por razones de tiempo no fue posible determinar la disponibilidad de forraje por cuadrante, si se logró medir la pendiente de cada cuadrante y la distancia de cada bosta a la sombra más cercana y a la entrada de la pastura para poder realizar un análisis de correlación entre la distribución de las heces y los factores mencionados. Las probabilidades para cada fuente de variación se presentan en el cuadro 29.

*Cuadro 42. Correlación entre la posición de las bostas y la pendiente promedio del cuadrante, distancia a la sombra y distancia a la entrada.*

Pastura	Pendiente cuadrante (%)		Distancia a sombra (m)		Distancia a entrada (m)	
	r	p	r	p	r	p
Tanzania con maní	-0.1467	8.1E-07	0.0068	0.8207	-0.0954	0.0014
Tanzania sin maní	0.1371	6.3E-06	-0.0507	0.0958	0.1114	0.0002
Estrella con maní	0.2428	6.8E-12	-0.0695	0.0529	-0.2574	0.0000
Estrella sin maní	-0.3261	0.0000	-0.2520	7.0E-10	0.2676	5.3E-11
Toledo con maní	-0.4133	0.0000	0.1183	0.0098	-0.4363	0.0000
Toledo sin maní	-0.2638	1.7E-10	-0.0534	0.2035	-0.2187	1.4E-07
Toronja - PN	-0.1352	0.0018	0.0536	0.2185	-0.0714	0.1013

De acuerdo al análisis de correlación, se puede observar que la distribución de heces esta correlacionada negativamente con la pendiente de los cuadrantes en las pasturas Tanzania con maní, Estrella sin maní, Toledo con y sin maní y la pastura natural, es decir, que a menor pendiente mayor es la cantidad de bostas. Esto sugiere que la deposición de heces tiene una relación con el confort que buscan los animales para descansar o con la mayor disponibilidad de forraje en lugares con menos pendiente, lo que tiene sus repercusiones en una distribución heterogénea de los nutrientes (cuadros 40 y 41).

En cambio, en las pasturas Tanzania sin maní y Estrella con maní la distribución de heces presenta una correlación positiva con la pendiente de los potrero. Este resultado parece contradecir lo mencionado arriba, sin embargo, es importante destacar que en la pastura Estrella con maní dentro de algunos cuadrantes que en promedio tienen una pendiente fuerte, se encuentran pequeñas áreas más planas que son preferidos por los animales para descansar, de ahí su relación con la deposición de heces.

En relación a la distancia a la sombra se puede observar en el análisis de correlación que la distribución de heces en la mayoría de las pasturas no está correlacionado con esta variable. Sin embargo, en la pastura estrella sin maní presenta una correlación negativa debido a que en el lugar preferido para descansar hay sombra. Por otra parte, en la pastura Toledo con maní existe una correlación positiva porque el lugar preferido para descansar está desprovisto de sombra.

Por otra parte, en el análisis de correlación considerando la distancia a la entrada a las pasturas se observa que la distribución de heces presenta una correlación negativa en algunas pasturas y positiva en otras. Esto indica que el lugar de la deposición de heces no es determinada por la distancia a la entrada, sino por la ubicación de los lugares preferidos por los animales para descansar y por la disponibilidad de forraje.

El análisis estadístico (Cuadro 37) indica que las pasturas mejoradas asociadas con maní de las tres fincas la deposición de orinas es mayor que la las pasturas mejoradas sin asocio de maní y la pastura natural. Básicamente, los datos siguen la misma tendencia que los datos de disponibilidad de biomasa, carga animal y deposición de heces. También se puede observar que la deposición de orinas en la pastura de Tanzania con maní es mayor que las demás pasturas, a pesar que el tiempo de pastoreo del ganado en la pastura es más bajo (17 horas como promedio) que en las pasturas de otras especies, confirmando la alta productividad de esta pastura.

*Cuadro43. Correlación de la deposición de orinas con la pendiente de cuadrantes*

Pasturas	Pendiente del cuadrante	
	R	P
Tanzania con maní	0.0706	0.8273
Tanzania sin maní	0.6596	0.0196
Estrella con maní	0.2879	0.3642
Estrella sin maní	-0.4240	0.1695
Toledo con maní	-0.4189	0.1753
Toledo sin maní	-0.2520	0.4295
Toronja - PN	0.0382	0.8924

Al igual que la deposición de heces, se revisó si la deposición de orines en las pasturas está relacionada con la pendiente del terreno. En el cuadro 43 se presenta el análisis de correlación, se encontró que la cantidad de orinadas esta correlacionada positivamente con el porcentaje de pendiente ( $p= 0.0196$ ) solamente en la pastura Tanzania sin maní. En cambio para las demás pasturas en estudio no se halló una relación entre el número de orinadas y la pendiente de potrero. Esto indica que el resultado del análisis en la pasturas Tanzania sin maní puede ser fortuita y no tener mucha importancia, ya que en esta pastura las pendientes están en

un rango limitado (de 9 al 19%) que no afecta casi la movilización del ganado y por lo tanto no se esperaría encontrar una correlación. A su vez, el análisis sugiere que la distribución de las orinadas no está asociada a lugares preferidos para descansar por los animales (confort) como es el caso con la deposición de heces (inciso 3.6) sino que esto ocurre en diferentes partes del terreno mientras los animales se alimentan o pastorean en el potrero.

### **3.8 Deposición de hojarasca**

Por razones de tiempo, la recolección de hojarasca existente y producida con el método de recolección periódica en el campo usando marcos se realizó en 7 de las 9 pasturas evaluadas, mientras solamente en las tres pasturas de la finca Los Limones se evaluó el efecto de la sombra arbórea sobre la existencia, producción y descomposición de hojarasca (cuadros 44 al 48).

Cuadro 44. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (k) estimada en la finca Santo Tomas.

Fecha <sup>1</sup>	Tanzania sin maní.			Tanzania con maní					
	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	K <sup>3</sup> (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	Tanzania		Maní		K <sup>3</sup> (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	
				Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Tanzania	Maní
14/02/07	205	6.0	-0.013	210	6.3	3	0.3	0.006	0.001
21/03/07	654	8.7	0.012	353	10.1	14	0.6	0.007	0.042
25/04/07	627	14.1	0.024	556	10.9	8	0.3	0.016	0.031
01/06/07	470	7.9	0.007	524	9.7	6	0.2	0.000	0.054
05/07/07	579	8.4	0.024	879	11.4	2	0.1	0.029	0.015
16/08/07	339	4.7	-0.001	403	3.9	4	0.2	0.024	0.060
20/09/07	524	6.2	ND <sup>2</sup>	229	2.3	1	0.1	ND <sup>2</sup>	ND <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>485</b>	<b>8.0</b>	<b>0.009</b>	<b>451</b>	<b>7.8</b>	<b>5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.014</b>	<b>0.034</b>

<sup>1</sup> Fecha de la recolecta de la hojarasca existente

<sup>2</sup> No determinado

<sup>3</sup> Constante de descomposición

**NOTA:** todos los valores fueron recalculados a un contenido de ceniza del 10% (hojas) y 4% (tallos)

Cuadro 45. Hojarasca existente, hojarasca producida y taza de descomposición (k) estimada en la finca Santa Juana

Fecha <sup>1</sup>	Estrella sin maní.			Estrella con maní					
	Estrella			Estrella		Maní		K <sup>3</sup> (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	
	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	K <sup>3</sup> (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Estrella	Maní
14/02/07	159	4.7	0.011	108	3.6	3	0.5	0.028	0.030
21/03/07	223	5.4	0.014	86	5.2	7	1.2	0.018	0.039
25/04/07	254	5.1	0.004	144	3.3	12	0.5	0.012	0.021
01/06/07	379	6.2	0.031	169	5.2	15	0.7	0.033	0.061
05/07/07	200	6.0	ND <sup>2</sup>	111	6.2	5	1.2	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>
<b>Promedio</b>	<b>243</b>	<b>5.5</b>	<b>0.015</b>	<b>124</b>	<b>4.7</b>	<b>8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.023</b>	<b>0.038</b>

<sup>1</sup> Fecha de la recolecta de la hojarasca existente

<sup>2</sup> No determinado

<sup>3</sup> Constante de descomposición

**NOTA:** todos los valores fueron recalculados a un contenido de ceniza del 10% (hojas) y 4% (tallos)

Cuadro 46. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (k) estimada en la pastura Toledo sin maní de la finca Los Limones

Fecha <sup>1</sup>	Toledo sin maní.					
	Con sombra			Sin sombra		
	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	K <sup>2</sup> - (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	K <sup>2</sup> - (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )
14/02/07	190	4.4	0.027	148	6.4	0.010
21/03/07	135	4.3	0.020	264	6.8	0.009
25/04/07	141	3.0	0.005	369	9.1	0.023
01/06/07	207	5.0	0.017	305	4.7	0.019
05/07/07	211	5.5	-0.001	241	6.5	0.027
16/08/07	473	2.1	0.019	165	4.0	-0.008
13/09/07	311	3.7	No determinado	348	5.2	No determinado
<b>Promedio</b>	<b>238</b>	<b>4.0</b>	<b>0.015</b>	<b>263</b>	<b>6.1</b>	<b>0.013</b>

<sup>1</sup> Fecha de la recolecta de la hojarasca existente

<sup>2</sup> Constante de descomposición

**NOTA:** todos los valores fueron recalculados a un contenido de ceniza del 10% (hojas) y 4% (tallos)

Cuadro 47 .Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (k) estimada en la pastura Toledo con maní de la finca Los Limones.

Fecha <sup>1</sup>	Toledo con maní.											
	Con sombra						Sin sombra					
	Toledo		Maní		K <sup>3</sup> - (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )		Toledo		Maní		K <sup>3</sup> - (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	
	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Exist. (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Toledo	Maní	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	Toledo	Maní
14/02/07	154	3.1	5	0.1	0.034	0.040	153	6.3	5	0.2	0.029	0.031
21/03/07	79	2.0	2	0.1	0.019	0.059	135	4.3	4	0.3	0.016	0.036
25/04/07	78	4.7	1	0.4	0.025	0.057	161	6.2	4	0.7	0.024	0.044
01/06/07	99	3.2	2	0.2	0.015	0.080	159	7.1	6	0.4	0.019	0.049
05/07/07	124	2.6	1	0.1	-0.012	-0.033	214	6.5	3	0.3	0.020	0.014
16/08/07	404	2.5	11	0.3	0.043	0.051	208	2.4	8	0.2	0.007	0.037
13/09/07	142	4.2	3	0.9	ND <sup>2</sup>	ND <sup>2</sup>	225	3.0	3	0.8	ND <sup>2</sup>	ND <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>154</b>	<b>3.2</b>	<b>4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.021</b>	<b>0,042</b>	<b>179</b>	<b>5.1</b>	<b>5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.019</b>	<b>0.035</b>

<sup>1</sup> Fecha de la recolecta de la hojarasca existente

<sup>2</sup> No determinado

<sup>3</sup> Constante de descomposición

**NOTA:** todos los valores fueron recalculados a un contenido de ceniza del 10% (hojas) y 4% (tallos)



Cuadro 48. Hojarasca existente, hojarasca producida y tasa de descomposición (k) estimada en la pastura natural: El Toronja de la finca Los Limones

Fecha <sup>1</sup>	Pastura natural: El Toronja					
	Con sombra			Sin sombra		
	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	K <sup>2</sup> - (g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	Existente (g/m <sup>2</sup> )	Depositada (g/m <sup>2</sup> /día)	K <sup>2</sup> -(g.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )
14/02/07	17	1.3	-0.006	47	2.1	0.005
21/03/07	77	2.3	0.012	104	3.2	0.008
25/04/07	105	4.8	0.025	163	5.8	0.032
01/06/07	112	4.6	0.063	115	5.4	0.018
05/07/07	32	2.7	0.024	164	5.4	0.043
16/08/07	71	1.4	0.030	51	2.2	0.021
13/09/07	54	2.0	No determinado	62	1.9	No determinado
<b>Promedio</b>	<b>67</b>	<b>2.7</b>	<b>0.025</b>	<b>101</b>	<b>3.7</b>	<b>0.021</b>

<sup>1</sup> Fecha de la recolecta de la hojarasca existente

<sup>2</sup> Constante de descomposición

**NOTA:** todos los valores fueron recalculados a un contenido de ceniza del 10%

Al interpretar los datos, se debe tomar en cuenta que la producción de hojarasca en una pastura activa depende de varios factores:

1: La productividad de la pastura: si todos los demás factores son iguales, un sistema altamente productivo en equilibrio produce más hojarasca que un sistema menos productivo.

2: La fisiología de las plantas forrajeras: cada componente de la planta tiene su longevidad o “vida útil”. Datos de Muy Muy (S. Ospina, C.P) indican que la longevidad de una hoja de *Brachiaria brizantha* es por lo menos 1 mes, mientras la de grama (*Paspalum notatum*) es de 15 – 25 días. Por otra parte, las hojas de *Arachis pintoii* tienen una vida útil de por lo menos 15 días, pero se requieren un estudio más detallado para definir la longevidad de las hojas de esta especie.

3: La disponibilidad de agua y la presencia de plagas y enfermedades influyen fuertemente la producción de hojarasca: cuando hay escasez de agua la vida útil de las hojas se reduce ya que la planta deja caer rápidamente las hojas más viejas y redistribuye la poca agua disponible a las hojas más jóvenes. Cuando se presentan plagas y/o enfermedades, la vida útil de las plantas se ve comprometida y la producción de hojarasca aumenta.

4: El pastoreo del ganado tiene un efecto sobre la producción de hojarasca. En una pastura recién pastoreada, es común encontrar partes de las plantas arrancadas, sobre todo tallos duros que no son consumidos. Por otra parte, cuando aumenta la carga animal, se reduce la producción de hojarasca porque el mayor consumo no permite la caída de hojas por vejez (Boddey *et al*, 2004).

Al final de la época seca y al inicio de la época lluviosa se registró una mayor cantidad de hojarasca existente en las pasturas de Tanzania, Estrella sin maní y en la pastura natural, así como una mayor producción de hojarasca diaria que antes y después de esta época (Cuadros 37 al 41). Es importante señalar que en los meses de junio y julio también se presentaron altos valores, posiblemente por las relativamente pocas lluvias en junio (ver figura 3) y por la alta producción de biomasa (ver tabla 8, 9 y 10). La acumulación de hojarasca durante el periodo más seco ocurre por la alta producción de hojarasca y porque la actividad de la microfauna y organismos descomponedores se hace más lenta, debido a que no tienen las condiciones de

humedad que ellas necesitan para desarrollarse adecuadamente (Solórzano et al. 1998). Una vez establecida la época lluviosa se observó una disminución en la cantidad de hojarasca existente en estas pasturas, como es de esperarse cuando la humedad favorece los procesos de descomposición. Generalmente, también la producción de hojarasca se reduce porque las plantas ya no producen hojarasca por estrés hídrico, sino la regulan por procesos fisiológicos y es además influenciada por el consumo del ganado. En las otras pasturas esta tendencia es menos clara, posiblemente por la alta variabilidad en las mediciones.

No se observan claras diferencias en la producción diaria total (pasto más maní) de hojarasca entre las 3 pasturas asociadas con maní y las del pasto mejorado solo. Sin embargo, siempre la cantidad de hojarasca de maní existente es muy baja, lo cual podría explicarse porque:

1: La velocidad de la descomposición de hojarasca de maní es muy alta. Los experimentos con las bolsas de descomposición demuestran la rápida descomposición (ver inciso 3.9), lo cual concuerda con los estudios publicados en la literatura (Oliveira et al., 2002).

2: La producción de hojarasca de maní es muy baja por una alta longevidad de las hojas y tallos. Para confirmar este supuesto se necesitan realizar más estudios.

3: El consumo del ganado no permite la producción de hojarasca. Aunque el ganado consume bien el maní forrajero, los datos de consumo estimado (Cuadros 16, 17 y 18) indican que en las 3 pasturas asociadas estudiadas la cantidad de maní remanente después de cada pastoreo es significativa y probablemente suficiente para permitir el envejecimiento de las hojas.

Por otra parte, llama la atención la cantidad de hojarasca de maní existente y producida ligeramente mayor en la pastura Estrella con maní comparada con las pasturas asociadas de Tanzania y Toledo. Por ser un pasto rastrero, el acceso del ganado al maní es menor, lo cual posiblemente se traduce en un menor consumo y una mayor producción de hojarasca de maní.

Por otra parte, la cantidad de hojarasca del pasto existente en las pasturas asociadas son menores que en las pasturas no asociadas, aun cuando la cantidad de hojarasca producida diariamente es similar. Esto podría explicarse por una descomposición más rápida de la hojarasca debido a la presencia del maní, tanto por condiciones de cobertura más favorables (más cobertura, más humedad) como por el mayor contenido de nitrógeno en el sistema (menor relación C/N). Los valores más altos del (k) indican que efectivamente la descomposición es mayor en las pasturas asociadas.

Para estimar la cantidad de hojarasca producida durante 1 año, se sumó la cantidad producido durante el período de observación y se extrapolo esta cantidad usando los valores obtenidos al inicio de la época seca y durante la época de lluvias. Para estimar los valores para los meses faltantes, no se utilizaron los datos de los meses marzo a junio, porque son claramente influenciados por la escasez de agua y por lo tanto no son representativos para el periodo del año no observado.

Los valores obtenidos muestran una tendencia similar a los valores de biomasa disponible en cuanto a las especies: Tanzania produce la mayor cantidad de hojarasca, Toledo y Estrella producen cantidades similares y la grama la menor cantidad. Sin embargo, los datos también indican una diferencia importante: las pasturas mejoradas sin maní producen una cantidad ligeramente mayor de hojarasca que las pasturas asociadas con maní, a pesar que las pasturas asociadas presentan una mayor cantidad de biomasa disponible. Probablemente 2 factores pueden explicar lo observado:

1. El mayor consumo de la biomasa disponible por el ganado (cuadros 16 – 18 y 31 – 33) tiene como consecuencia que menos de la biomasa se convierta en hojarasca.

2. La descomposición de hojarasca de maní es tan rápida que entre 2 recolectas una parte significativa de la misma desaparece, razón por la cual el método usado subestima la producción de hojarasca en las pasturas asociadas.

Cuadro 49. Producción de hojarasca estimada durante el periodo de observación<sup>1</sup> y estimación anual extrapolada para las pasturas de la finca Los Limones.

Pastura	Producción de hojarasca (10 <sup>3</sup> Kg.ha <sup>-1</sup> )							
	Con sombra				Sin sombra			
	Toledo		Maní		Toledo		Maní	
	Durante el período de observación	Anual (extrapolada)	Durante el período de observación	Anual (extrapolada)	Durante el período de observación	Anual (extrapolada)	Durante el período de observación	Anual (extrapolada)
Toledo con maní	7.1	11.0	0.6	0.9	12.3	19.6	0.8	1.3
Toledo sin maní	9.4	15.1	No hay maní		14.3	21.5	No hay maní	
Pasto natural	6.6	10.0	No hay maní		9.3	14.4	No hay maní	

<sup>1</sup> Período de observación: 1 de febrero al 30 de septiembre del 2007

Cuadro 50. Producción de hojarasca estimada durante el periodo de observación<sup>1</sup> y la estimación anual extrapolada para las pasturas de las fincas Santo Thomas y Santa Juana.

Pastura	Producción de hojarasca (10 <sup>3</sup> Kg.ha <sup>-1</sup> )			
	Pasto		Maní	
	Durante el período de observación	Anual (extrapolada)	Durante el período de observación	Anual (extrapolada)
Tanzania con maní	19.7	29.6	0.6	0.9
Tanzania sin maní	19.1	28.1	No hay maní	
Estrella con maní	6.9	16.7	1.2	2.6
Estrella sin maní	8.4	20.0	No hay maní	

<sup>1</sup> Período de observación para pasturas de Tanzania: 1 de febrero al 30 de septiembre del 2007

<sup>1</sup> Período de observación para pasturas de Estrella: 1 de febrero al 31 de julio del 2007

### Efecto de la sombra arbórea sobre la producción de hojarasca

En los cuadros 46, 47 y 48 se puede observar que en la condición sin sombra la cantidad de hojarasca existente y la producción diaria de hojarasca es mayor en (Cuadros 52) en las 3 pasturas estudiadas. Una mayor cantidad de hojarasca existente y una mayor producción de la misma en pleno sol podrían explicarse de 3 maneras:

- la producción de biomasa forrajera y por ende la producción de hojarasca en pleno sol es mayor que bajo sombra. Los datos de biomasa disponible (cuadro 25 - 26) indican que este es el caso en la pastura de Toledo sin maní, pero no así en la pastura Toledo con maní ni en la pastura natural. Sin embargo, como se explicó en el inciso 3.3 la menor producción en pleno sol en la pastura de Toledo con maní podría estar relacionado con la heterogeneidad del terreno de esta pastura y la reacción del ganado al mismo.

- Posiblemente la longevidad de las plantas forrajeras es mayor bajo sombra, reduciendo la producción de hojarasca

- Posiblemente la mayor humedad y diferencias en el contenido de nitrógeno (inciso 3.10.2) y eventualmente otros componentes (Giraldo et al.1995; Ribaski y Menezes 2002) estimulan una descomposición más rápida lo cual explicaría en parte la menor cantidad de hojarasca existente.

### **Estimación de la tasa de descomposición**

Es importante destacar que el método usado requiere de mucho trabajo de campo, razón por la cual se limitó el número de repeticiones a 3 por pastura por fecha, mientras en la literatura algunos autores han usado hasta 10 repeticiones (de Rezende et al., 1999; Boddey et al, 2004). Esta variabilidad podría haber influenciado el resultado de algunas estimaciones, sobre todo en pastos macolladores, que son más variable en su cobertura que pastos rastreros. Por ejemplo, en la pastura de Tanzania sin maní la baja cantidad de hojarasca existente encontrada en el muestreo de agosto comparado con el muestreo de septiembre podría ser consecuencia las pocas repeticiones, pero tiene como consecuencia una estimación del (k) prácticamente cero, lo cual es muy poco probable

en estos meses con mucha humedad. Por otra parte, también es posible que los datos son reales y relacionados con aplastamiento (no aprovechamiento) por parte del ganado.

En general, se observa que por la presencia de más humedad, las tasas de descomposición en la época lluviosa fueron superiores a las encontradas en la época seca (Cuadro 39, 40, 41 y 42), resultado similar al encontrado por Thomas y Asawaka (1993), en un estudio de descomposición de hojarasca de pastos tropicales y leguminosos.

Por otra parte se puede observar que para todo el periodo de observación las pasturas donde se registra una mayor rapidez en las tasas de descomposición fueron las pasturas naturales bajo la condición con y sin sombra ( $k=0.025$  y  $0.021 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ), Estrella con maní ( $k=0.023 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) y toledo con maní bajo la condición de sombra ( $k=0.021 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) lo indica que el 2.1% se pierde por día, el valor obtenido para el caso del Toledo con y sin maní en las dos condiciones es similar al reportado por Sandoval (2006) y por Boddey *et al.* (2004).

Como ya se señaló anteriormente, en las pasturas asociadas se estimaron mayores valores de tasas de descomposición que en la época seca, probablemente por la presencia del maní que reduce la relación C:N y promueve la descomposición de la hojarasca. En este sentido se puede observar que la hojarasca de maní se descompone más rápida que los pastos tanto en la época seca como lluviosa con valores promedios de  $k$  entre  $0.034$  a  $0.042 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ .

Por otra parte, se puede observar que la tasa promedio de descomposición de la hojarasca es mayor en la condición con sombra que sin sombra (Cuadro 46, 47 y 48). Se podría pensar que la diferencia se presenta porque por debajo de los árboles la temperatura es menor y hay más humedad en el suelo. Al aumentar la disponibilidad de agua en el suelo en suelos bajo sombra se estimula la actividad biológica del suelo, favoreciendo la descomposición y mineralización de nutrientes en comparación con las áreas no sombreadas de la pastura. Esto resulta en una menor cantidad de hojarasca existente bajo la condición con sombra (Carvalho *et al.* 2000).

### 3.9 Bolsas de descomposición

Para comparar los resultados de la producción y descomposición de hojarasca obtenidos con el método de recolecta periódica usando marcos, se colocaron 2 series de bolsas de descomposición, la primera en la época seca y la segunda en la época lluviosa. Por razones de tiempo solamente se realizó este experimento en las pasturas de Toledo con y sin maní. Sin embargo, para estudiar el efecto de la sombra arbórea sobre la descomposición se colocaron bolsas en parcelas bajo sombra y otras en pleno sol. En los cuadros 51 y 52 se presentan los datos de la descomposición de hojarasca. Por otra parte, en la época seca no se colocaron bolsas solamente con hojarasca de maní por no tener suficiente material.

*Cuadro 51. Peso inicial, porcentaje de descomposición y tasa de descomposición de hojarasca en la época seca (del 08 de marzo al 17 de mayo)*

Tratamientos	Condición	Días de incubación						K
		0	14	28	42	56	70	
		Peso inicial (gr)	% descomposición					
Toledo con maní	Con sombra	4.52	4.8	9.3	10.6	13.2	11.8	0.006
Toledo con maní	Sin sombra	4.41	5.1	9.6	16.6	18.9	15.8	0.010
Toledo sin maní	Con sombra	4.52	4.5	4.9	7.5	7.9	7.0	0.002
Toledo sin maní	Sin sombra	4.42	4.2	5.3	8.6	9.1	11.7	0.006

*Cuadro 52. Peso inicial, porcentaje de descomposición y tasa de descomposición de hojarasca en la época lluviosa (del 04 de junio al 13 de septiembre)*

Tratamientos	Condición	Días de incubación									K
		0	5	10	20	30	40	60	80	100	
		Peso inicial (gr)	% Descomposición								
TcM <sup>-1</sup>	Con sombra	4.50	10.3	13.9	22.0	26.0	39.7	43.1	53.8	65.4	0.025
TcM	Sin sombra	4.50	9.0	12.2	23.2	26.5	36.1	41.6	56.7	72.8	0.029
Maní	Con sombra	4.47	20.5	27.4	38.7	49.7	60.7	71.5	82.9	93.4	0.057
Maní	Sin sombra	4.48	20.5	27.9	38.1	38.2	58.1	82.1	88.5	93.4	0.058
TsM <sup>-2</sup>	Con sombra	4.50	5.9	9.6	14.4	19.7	23.8	42.5	45.7	64.2	0.027
TsM	Sin sombra	4.52	4.9	7.5	10.1	14.4	24.1	33.1	44.3	57.5	0.025

<sup>-1</sup>Toledo con maní

<sup>-2</sup>Toledo sin maní



Se puede observar que el porcentaje de descomposición en la época seca es menor que la lluviosa, como era de esperar tomando en cuenta que la descomposición está relacionada con temperatura y humedad (Fassbender 1993; Lehman *et al.* 1995). La ausencia de humedad en la época seca no permite el rápido desarrollo de colonias de microorganismo descomponedores (Trofymow *et al.* 2002). Sin embargo, es importante notar que la descomposición es activa aun en la época seca. Aparentemente la humedad residual en la hojarasca y el suelo, el sereno y los aguaceros esporádicos permiten una descomposición limitada. Como se observa en las figuras 20 - 25, al inicio del periodo de incubación la descomposición, probablemente favorecida por los aguaceros durante este periodo procedió más rápido que al final cuando el tiempo era prácticamente seco. Sin embargo, también es posible que al inicio del periodo se descompongan los componentes menos recalcitrantes independientemente de la humedad.

Por otra parte, la mezcla de hojarasca de pasto y maní presenta una descomposición más rápida durante todo el periodo de observación en la época seca, sin embargo los diferentes porcentajes de tallos y hojas colocadas en las bolsas, así como la ausencia de bolsas con exclusivamente hojarasca de maní forrajero no permiten un análisis completo tal como propone Wardle *et al.* (1997).

De las muestras colocadas en la época lluviosa las bolsas con solamente maní presentaron la mayor descomposición: aproximadamente 3 veces más rápida que hojarasca de pasto en los primeros 10-30 días de descomposición, y un 50% más después de 100 días. Al igual que en la época seca, en la época lluviosa se observa una mayor descomposición de hojarasca mezclada de maní con pasto comparada con pasto solo durante aproximadamente los primeros 50 días de incubación, mientras al final las diferencias tienden a ser menores. Sin embargo, igualmente no se puede estimar correctamente el efecto complementario de agregar hojarasca de maní a la hojarasca del pasto por las diferentes relaciones de hojas y tallos usados.

Sin embargo, la tendencia encontrada indica que la mezcla de 2 tipos de hojarasca tienda a descomponer más rápidamente que los datos de los componentes individuales sugieren, algo también encontrado en la literatura (Wardle *et al.* 1997). Esto tiene importantes consecuencias para los flujos de nutrientes en las pasturas. En pasturas la descomposición de hojarasca es una fuente importante de nutrientes para el rebrote de las especies después de un pastoreo. La mayor

velocidad de descomposición libera mayor cantidad de nutrientes que pueden ser adsorbidos por el pasto, favoreciendo la recuperación de la pastura.

### **Análisis estadísticos.**

Como es de esperar, se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $<0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados y en el tiempo de incubación en ambas épocas (Cuadro 54). Por otra parte, al considerar el efecto de la cobertura arbórea solamente se encontraron diferencias significativas en la época seca ( $p=0.0006$ ) (Cuadro 53).

Durante la época seca tanto el tratamiento Toledo con maní como sin maní bajo la cobertura arbórea (con sombra) presentan una menor tasa descomposición que en la condición sin cobertura (Cuadro 51, Figura 20 y 21). En cambio, en la época lluviosa los tratamientos no presentaron diferencias en la velocidad de descomposición significativas.

*Cuadro 53. Fuentes de variación y probabilidades para el porcentaje de descomposición de hojarasca.*

Fuente de variación	Época lluviosa ( $p=$ ó $<$ )	Época seca ( $p=$ ó $<$ )
Tratamiento	<b><math>&lt;0.0001</math></b>	<b><math>&lt;0.0001</math></b>
Condición	0.2333	<b>0.0006</b>
Día	<b><math>&lt;0.0001</math></b>	<b><math>&lt;0.0001</math></b>
Tratamiento * Condición	<b>0.0259</b>	0.1820
Trat.*Condición*Día	0.1355	0.1151

### **Estimación de la tasa de descomposición (k)**

Las bolsas que se incubaron por un período de 70 días durante la época seca presentan una tendencia no muy clara al comparar el peso inicial (ordenada al origen) con el peso obtenido en cada período de incubación (Cuadro 51), probablemente debido a la irregular humedad presente en las pasturas durante esta época (figura 20 y 21).

Al momento de analizar los datos, ninguno de los dos modelos utilizados (lineal simple y cuadrático) arrojaba valores de  $R^2$  aceptables (entre 0.279 y 0.592). Por ende ninguno de los modelos fueron apropiados en cuanto a la explicación lógica de los estos resultados y por consiguiente la potencia para predecir la descomposición en el tiempo fue baja. Por esta razón se realizó la estimación de la constante  $K$  a través de un grafico de dispersión usando los valores en el tiempo cero y los obtenidos al final del período como peso remanente (Cuadro 54).

*Cuadro 54. Comparación de estimación de constante de descomposición (2 métodos) en las 2 épocas*

Pastura	Bolsas de descomposición		Recolección de hojarasca – parcelas	
	Período	(k)	Período	(k)
<i>época seca</i>				
Toledo con maní - sombra	8 de marzo al 17 de mayo	0.006	14 de febrero al 1 de junio	0.026
Toledo con maní – sol		0.008		0.023
Toledo sin maní - sombra		0.004		0.017
Toledo sin maní - sol		0.004		0.014
<i>época lluviosa</i>				
Toledo con maní - sombra	4 de junio al 12 de septiembre	0.025	1 de junio al 16 de agosto	0.015
Toledo con maní – sol		0.029		0.015
Toledo sin maní - sombra		0.027		0.012
Toledo sin maní - sol		0.025		0.013
Maní forrajero – sombra		0.057		0.034
Maní forrajero - sol		0.058		0.034

*Cuadro 55. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados en la época lluviosa*

Tratamientos	Condición	Const.	P	Día	p	Día^2	p
Maní	Sin sombra	3.891	<0.0001	-0.058	<0.0001	2.1E-04	0.0183
Maní	Con sombra	3.788	<0.0001	-0.057	<0.0001	2.2E-04	0.0008
Toledo con maní	Con sombra	4.051	<0.0001	-0.025	<0.0001	-	-
Toledo con maní	Sin sombra	4.168	<0.0001	-0.029	<0.0001	-	-
Toledo sin maní	Sin sombra	4.500	<0.0001	-0.025	<0.0001	-	-
Toledo sin maní	Con sombra	4.389	<0.0001	-0.027	<0.0001	-	-

Se puede observar que Maní bajo la condición con y sin sombra los valores de  $p$  muestra que los coeficientes de regresión son significativos ( $p < 0,0001$ ). El ajuste cuadrático de la variable

día es significativo ( $p= 0.008$  y  $0.0183$  respectivamente), por tanto la ecuación de regresión queda expresada de la siguiente forma:

$$Y_{\text{Maní sin sombra/inv}} = 3.891 - 0.058 * \text{día} + 0.00021 * \text{día}^2$$

$$Y_{\text{Maní con sombra/inv}} = 3.788 - 0.057 * \text{día} + 0.00022 * \text{día}^2$$

Como puede verse en el cuadro de análisis de varianza en los tratamientos de maní con y sin sombra, los valores de  $p$  para el ajuste cuadrático de la regresora día son significativos ( $p= 0.0008$  y  $0.0183$ ), por esto se debe incluir el ajuste cuadrático.

En los demás tratamientos de acuerdo al análisis de varianza se puede observar que existe relación lineal significativa entre el día y el peso remanente ( $p<0.0001$ ) y como los coeficientes de regresión son significativos ( $p<0,0001$ ), las ecuaciones de regresión quedan expresadas de la siguiente forma:

$$Y_{\text{TcM sin sombra/inv}} = 4.168 - 0.029 * \text{día}$$

$$Y_{\text{TcM con sombra/inv}} = 4.051 - 0.025 * \text{día}$$

$$Y_{\text{TzM sin sombra/inv}} = 4.5 - 0.025 * \text{día}$$

$$Y_{\text{TzM con sombra/inv}} = 4.389 - 0.027 * \text{día}$$

### **Tercer experimento con bolsas de descomposición.**

Con el objetivo de estimar el efecto complementario de agregar hojarasca de maní a la hojarasca de pasto, que permitiera además sustentar los resultados y tendencias encontradas en la primera y segunda tanda de bolsas, se hizo un tercer experimento con bolsas de descomposición. Esta vez se colocaron 90 bolsas con 6 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento. Solamente se colocaron bolsas a pleno sol y la recolecta se hizo a los 15, 30 y 50 días. En el cuadro 58 se presentan los tratamientos y los datos de la descomposición de la hojarasca.

Cuadro 56. *Peso inicial, porcentaje de descomposición y tasa de descomposición (K) de hojarasca en la época seca (del 15 de septiembre al 04 de noviembre)*

Tratamientos	Pastura donde se colocaron las bolsas	Pastura donde se recolectó la hojarasca	Días de incubación						
			0	15		30		50	
			Peso inicial (gr)	% descom	K	% descom	K	% descom	K
Pasto Toledo (0.90 gramos) y maní forrajero (5.10 gramos)	Toledo con maní	Toledo con maní	6.01	22.0	0.082	37.8	0.062	53.2	0.064
Pasto Toledo	Toledo con maní	Toledo con maní	5.96	6.6	0.026	26.4	0.055	40.1	0.047
Maní forrajero	Toledo con maní	Toledo con maní	6.01	57.2	0.229	85.8	0.172	90.4	0.108
Pasto Toledo	Toledo con maní	Toledo sin maní	5.37	5.8	0.020	25.8	0.046	42.0	0.045
Pasto Toledo	Toledo sin maní	Toledo sin maní	5.36	15.3	0.054	31.5	0.057	34.5	0.036
Pasto Toledo	Toledo sin maní	Toledo con maní	6.00	15.2	0.060	29.6	0.054	45.0	0.053

De acuerdo a los datos encontrados se puede observar lo siguiente:

Al comparar los resultados de la segunda tanda (cuadro 54) y tercera tanda (cuadro 56) a los 30 días de incubación, se puede observar que en la tercera tanda el porcentaje de descomposición son mayores en todo los tratamientos. En el caso de maní se registró un 42% más de hojarasca descompuesta, probablemente esto se deba a las condiciones de alta humedad (gráfica 24 y 25).

Al igual que la primera evaluación realizada en la época lluviosa (segunda tanda) las bolsas con solamente hojarasca de maní, el porcentaje y la tasa de descomposición aproximadamente fue 3 veces mayor que solamente la hojarasca de pasto en los primeros 15 y 30 días. Menos del 20 % de descomposición ocurrió después de los 30 días (Cuadro 56 y 58). Así mismo, se puede observar que la hojarasca de pasto mezclado con maní fue ligeramente superior comparada con la de pasto solo en los dos escenarios (parcelitas) (Cuadro 56), no se nota una clara diferencia del efecto del lugar (parcelitas), por lo que el efecto diferencial se deba probablemente al enriquecimiento de la hojarasca del pasto por el hecho de estar asociado con el maní.

*Cuadro 57. Comparación del porcentaje de descomposición de la hojarasca del pasto con y sin la mezcla de la hojarasca del maní.*

Tratamiento	Días/ incubación	% de descomposición	
		Con la hojarasca de maní (campo)	Sin la hojarasca de maní <sup>1</sup> en la mezcla.
Toledo mezclado con maní	15	22.0	13.4
	30	37.8	34.6
	50	53.2	48.0

<sup>1</sup>Descomposición esperada con el cálculo según Wardle *et al.* 1997 VS descomposición estimada en las bolsas (incubación)

Al estimar el efecto complementario de agregar hojarasca de maní a la hojarasca del pasto con el método propuesto por Wardle *et al.* (1997), se puede observar lo siguiente (cuadro 57).

La descomposición observada de la mezcla de hojarasca con maní en una proporción parecida a la observada en los datos de producción de hojarasca (cuadro 46) ocurre más rápida que

se podría esperar de los datos de los componentes individuales, lo cual indica que la mezcla de estos 2 tipos de hojarasca estimula la descomposición. Posiblemente esto se debe a que la mezcla crea un ambiente que estimula la actividad de los microorganismos o diversifica la población de microorganismos presentes, lo cual resulta en una descomposición más rápida. Por otra parte el mayor efecto de mezcla en relación al porcentaje de descomposición ocurrió en los primeros 15 días de incubación, sin embargo a los 30 y 50 días si se observa una diferencia pero menos marcado. Probablemente esto se deba a que para esta fecha ya se ha dado la mayor descomposición del maní (86%) (Cuadro 56) y quedan solamente partes más recalcitrantes.

*Cuadro 58. Probabilidades fuente de variación del porcentaje de descomposición*

Fuente de variación	Probabilidad
Tratamientos	<0.0001
Día	<0.0001
Tratamiento * Día	0.1229

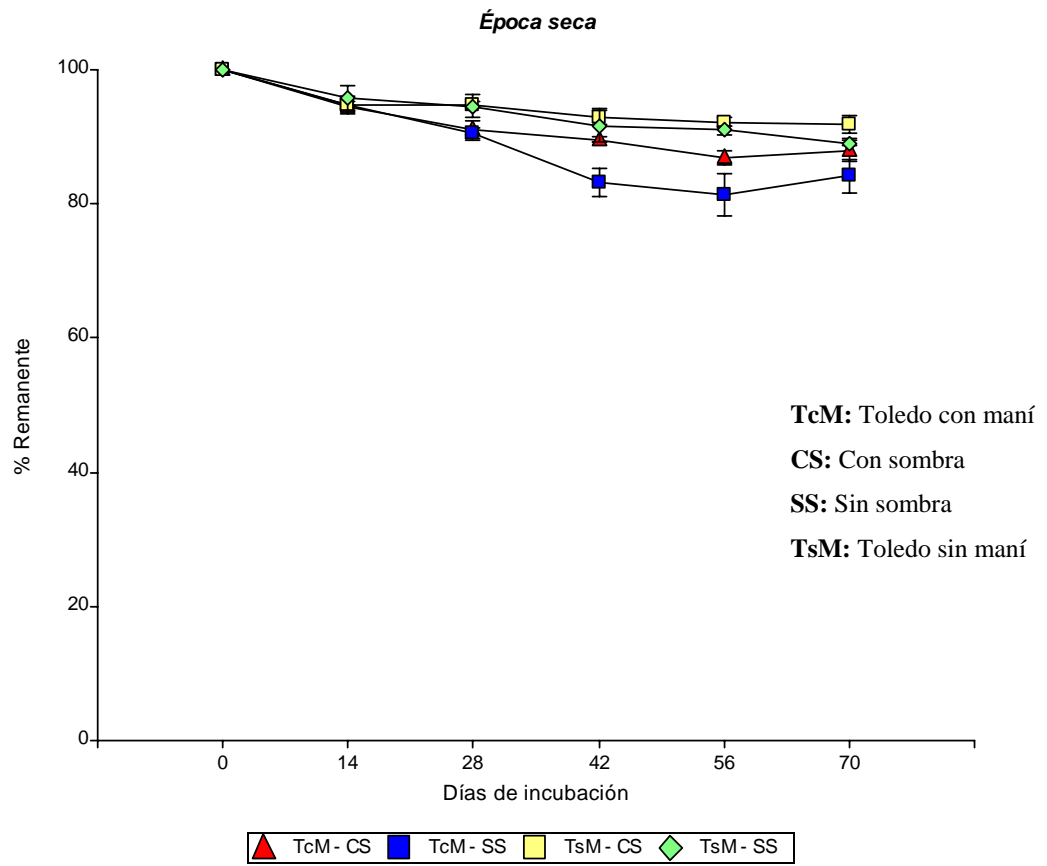
Como es de esperar, se encontraron diferencias estadísticas significativas (<0.0001) entre los tratamientos evaluados y en el tiempo de incubación (Cuadro 57). Por otra parte, al considerar el efecto de la interacción del tratamiento por día no se encontraron diferencias significativas ( $p=0.1229$ ).

Cuadro 59. Pruebas de medias de LDS Fisher para el porcentaje de descomposición de hojarasca.

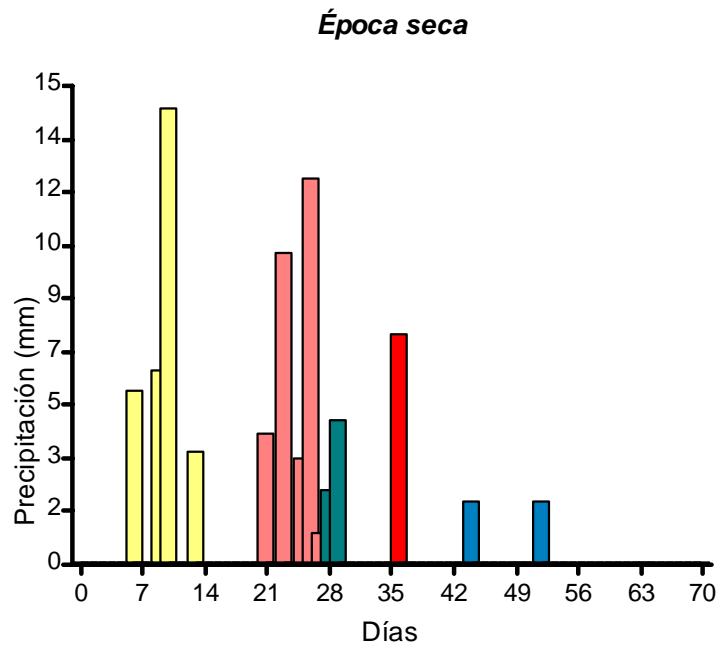
Tratamientos	Pastura donde se colocaron las bolsas	Pastura donde se recolectó la hojarasca	Medias LSD Fisher
Pasto Toledo (0.90 gramos) y maní forrajero (5.10 gramos)	Toledo con maní	Toledo con maní	35.35 b
Pasto Toledo	Toledo con maní	Toledo con maní	24.38 a
Maní forrajero	Toledo con maní	Toledo con maní	77.79 c
Pasto Toledo	Toledo con maní	Toledo sin maní	24.53 a
Pasto Toledo	Toledo sin maní	Toledo sin maní	27.09 a
Pasto Toledo	Toledo sin maní	Toledo con maní	29.92 ab

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

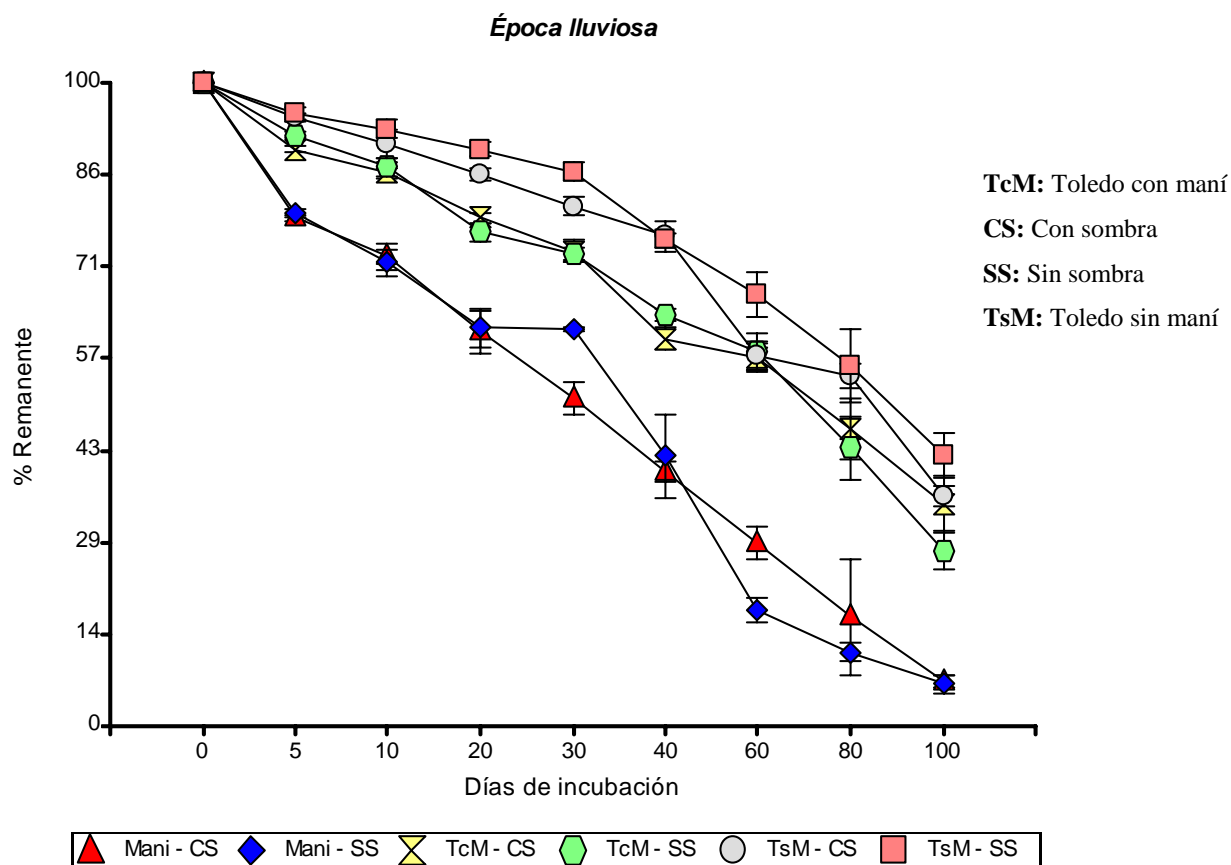




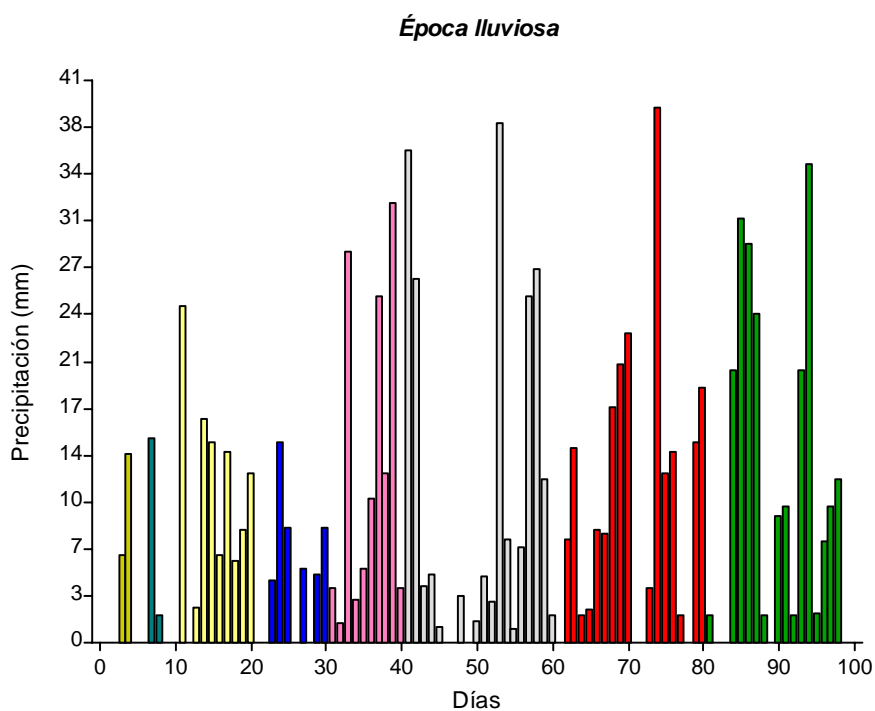
Figuras 20. % remanente de hojarasca en bolsas de descomposición durante 70 días de incubación ubicadas en la época seca.



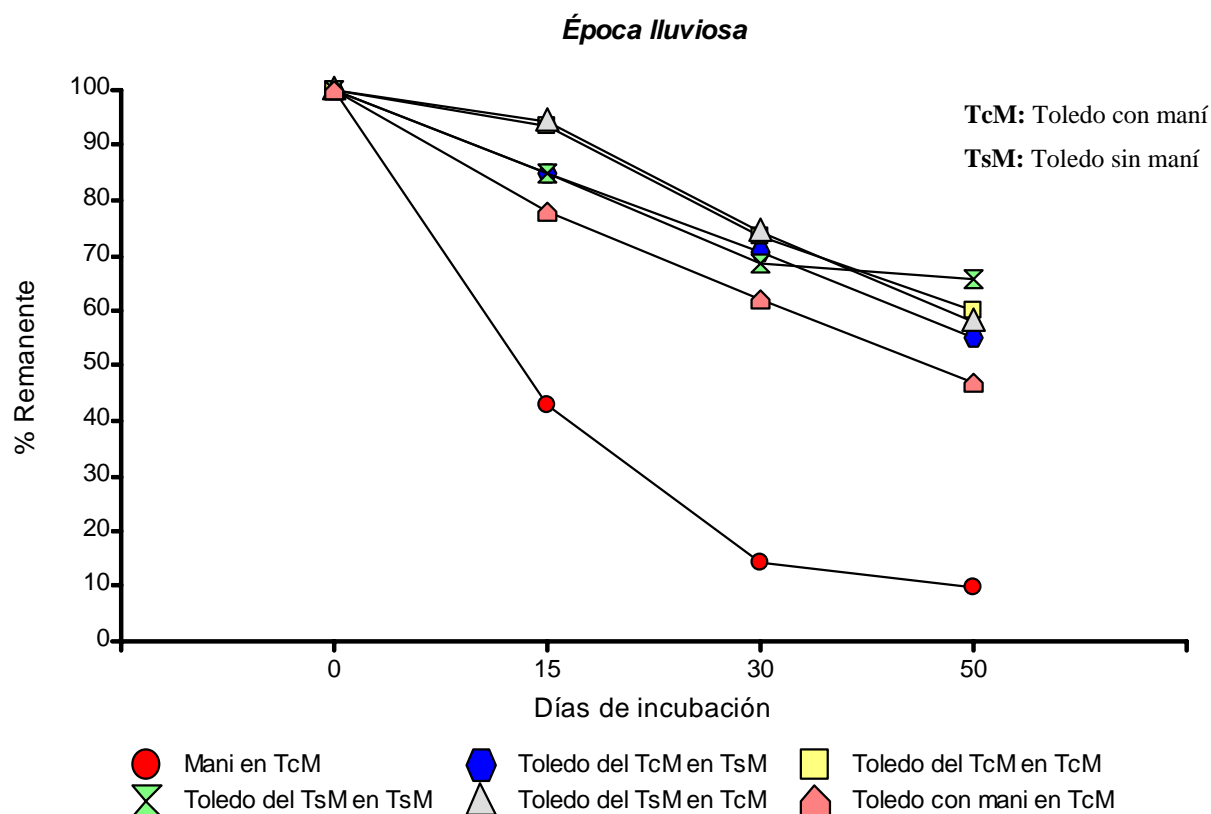
Figuras 21. Precipitaciones registradas durante los 70 días de incubación de las bolsas de descomposición ubicadas en la época seca.



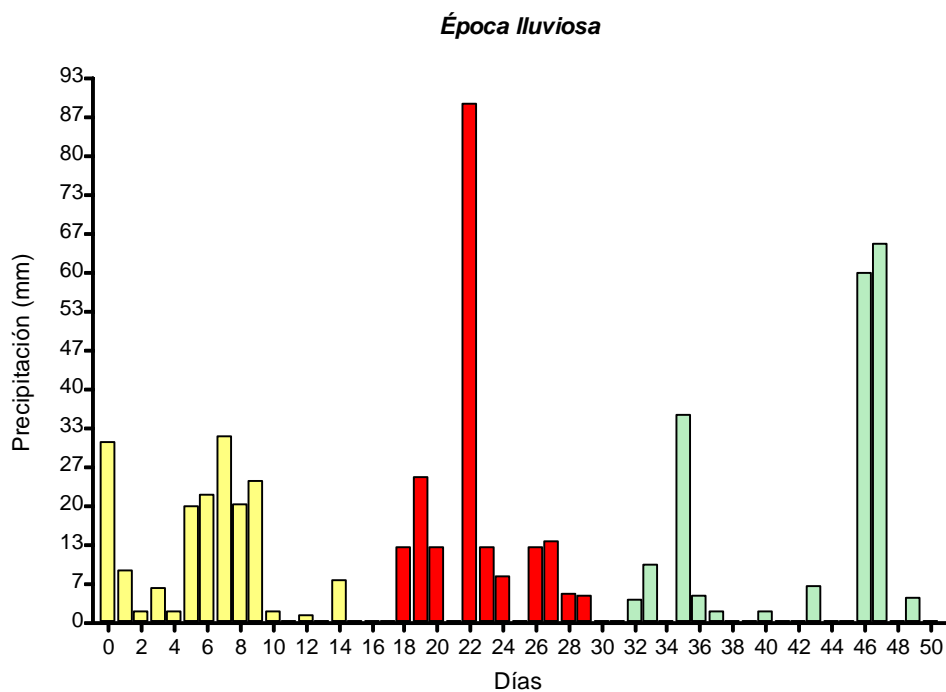
Figuras 22. % remanente de hojarasca en bolsas de descomposición durante 100 días de incubación ubicadas en la época lluviosa.



Figuras 23. Precipitaciones registradas durante los 100 días de incubación de las bolsas de descomposición ubicadas en la época lluviosa.



Figuras 24. % remanente de hojarasca en bolsas de descomposición durante 50 días de incubación de las bolsas de descomposición colocadas durante septiembre y octubre del 2007.



Figuras 25. Precipitaciones registradas durante los 50 días de incubación de las bolsas de descomposición colocadas durante septiembre y octubre del 2007.

### 3.10 Estimación de aporte de nutrientes

#### 3.10.1 Concentración de nutrientes en biomasa forrajera (parte comestible y no comestible)

Los promedios de los contenidos de nutrientes en la parte comestible y no comestible de la biomasa obtenida en las parcelas cosechados para Botanal se presentan en el cuadro 60. Se realizó un análisis de varianza en las concentraciones de nutrientes para todas las pasturas y se encontraron diferencias estadísticas significativas en el contenido de N, Ca, Mg y K de la parte comestible y la parte no comestible. ( $P < 0.0001$ ). En el cuadro 48 se presentan los promedios y las diferencias estadísticas encontradas con la prueba de LSD – Fisher.

Cuadro 60. Concentraciones de nutrientes en la biomasa forrajera y diferencias estadísticas según la prueba de Fisher (todas las mediciones, tanto en la época seca y lluviosa)

<b>Biomasa forrajera – parte comestible</b>					
<b>Especie</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Mg (%)</b>
Tanzania con maní	1.43 def	0.22 defgh	2.23 defg	0.57 e	0.31 gh
Tanzania sin maní	1.21 cd	0.29 ijk	2.11 defg	0.55 e	0.30 gh
Estrella con maní	1.76 fg	0.32 k	1.92 cde	0.51 cde	0.17 bc
Estrella sin maní	1.42 def	0.28 ijk	1.69 cd	0.48 bcde	0.14 ab
Toledo con maní	1.56 defg	0.26 hijk	2.49efgh	0.41 abcd	0.21 cde
Toledo sin maní	1.38 de	0.23 efghi	2.25 defgh	0.37 ab	0.22 de
Natural El Pochote	1.81 g	0.25 ghij	2.03 cdef	0.35 a	0.30 gh
Natural El Arado	1.59 defg	0.30 jk	2.48 efgh	0.45 abcde	0.29 ch
Natural E Toronja	1.51 defg	0.20 cdefgh	1.47 bc	0.38 abc	0.28 g
Maní - TzcM	3.27 h	0.20 cdefgh	2.40 efgh	1.72 h	0.43 ij
Maní - EcM	3.13 h	0.26 hijk	2.21 defg	1.88 i	0.46 j
Maní – TcM	3.22 h	0.23 efgh	2.66 gh	1.72 h	0.40 i
<b>Biomasa forrajera – parte no comestible</b>					
Tanzania con maní	0.52 a	0.14 ab	0.60 a	0.46 abcde	0.30 gh
Tanzania sin maní	0.55 a	0.19 bcdef	0.55 a	0.49 bcde	0.28 fg
Estrella con maní	0.82 ab	0.19 bcdeg	0.95 ab	0.41 abcd	0.12 a
Estrella sin maní	0.77 a	0.19 bcde	0.88 a	0.41 abcd	0.11 a
Toledo con maní	0.63 a	0.12 a	0.79 a	0.41 abcd	0.18 bcd
Toledo sin maní	0.55 a	0.12 a	0.50 a	0.34 a	0.17 bc
Natural El Pochote	1.21 bcd	0.16 abcd	0.96 ab	0.49 bcde	0.29 g

<b>Especie</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Mg (%)</b>
Natural El Arado	0.82 abc	0.17 abcd	0.85 a	0.50 bcde	0.29 gh
Natural El Toronja	1.20 bcd	0.14 ab	0.71 a	0.54 de	0.29 gh
Maní - TzcM	1.73 efg	0.15 abc	2.80 h	1.32 f	0.34 h
Maní – EcM	1.48 defg	0.25 fghij	1.93 cde	1.56 g	0.29 gh
Maní – TcM	1.60 defg	0.19 bcdefg	2.53 fgh	1.42 f	0.24 ef

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

Al comparar la concentración de los nutrientes en la parte comestible de la biomasa forrajera se nota que las pasturas asociadas con maní tienen una mayor concentración de N, K y Ca que la pasturas no asociadas (Cuadro 60). Estos datos indican que la calidad del pasto asociado en términos de nutrientes es mayor que el pasto que crece sin maní. Probablemente el mayor contenido de N en los pastos asociados, gracias a la mayor disponibilidad de N en el sistema por la presencia del maní, no solamente permite un mayor crecimiento (inciso 3.1) pero también una mayor absorción de otros nutrientes.

Por otra parte, al hacer una comparación general entre las especies, el maní al ser una leguminosa, presenta una mayor concentración de nitrógeno comparada con las demás especies que son gramíneas, pero también tiene un mayor contenido de Ca y un contenido ligeramente mayor de Mg y K. Por otra parte, las concentraciones de P son similares (Cuadro 60).

Las diferencias entre las especies de pastos no son tan evidentes, probablemente porque las muestras fueron tomadas en diferentes épocas y además la edad del material cosechado es variable. Un ejemplo es la mayor concentración de Ca en las muestras de Tanzania comparado con los demás pastos, lo cual probablemente se debe a la mayor edad del pasto al momento de realizar el muestreo. Por otra parte, también se observan algunas diferencias que probablemente son características de las especies: Estrella tiene una menor concentración de Mg que Toledo, mientras Tanzania y el pasto natural presentan las mayores concentraciones. El pasto Estrella también tiende a tener menores concentraciones de K que las demás especies.

Por último, es importante señalar que los contenidos de nutrientes de las pasturas naturales no son menores que las pasturas mejoradas, más bien, en cuanto a nitrógeno tienden a ser mayores. Esto contradice una creencia popular entre productores y técnicos que las pasturas naturales son “de mala calidad”.

Al comparar las concentraciones de nutrientes de la biomasa forrajera de la parte comestible y la parte no comestible, se puede observar que las concentraciones de los nutrientes son más altos en la parte comestible, que es lo que se esperaría por que las plantas fisiológicamente destinan la mayor concentración de nutrientes al crecimiento de tejidos, aunque es menos claro en las concentraciones de Mg y Ca. Los mayores valores de todos los nutrientes los presenta de la parte no comestible de la biomasa del maní, seguido de la pasturas naturales aunque con una tendencia menos clara para las concentraciones de fósforo (Cuadro 60). Esto probablemente se deba a que la biomasa clasificada como “no comestible” tanto del maní como de la pastura natural es menos lignificado (tallos) que la biomasa de las pasturas mejoradas que poseen tallos muy maduros y lignificado.

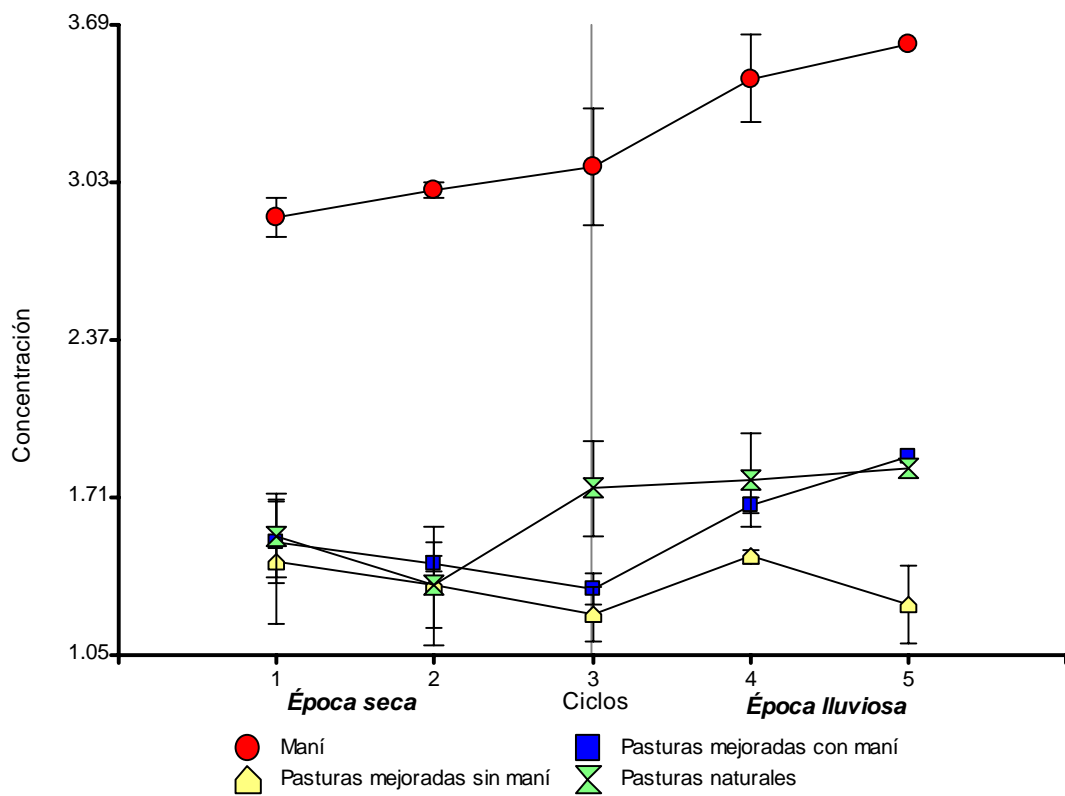


Gráfico 26. Contenido de nitrógeno en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas.

Para los elementos N, P y K se puede observar una tendencia (gráficos 27, 28 y 29) que la concentración de nutrientes en la parte comestible de la biomasa es mayor en la época lluviosa que

en la época seca. Probablemente se deba a que existe una mayor cantidad de nutrientes disponibles en el suelo en esta época por la rápida descomposición de la hojarasca existente y de los heces depositados durante la época seca (Bolívar *et al.* 1999). Por otra parte, la edad promedio del material cosechado disminuye en la época lluviosa (ver inciso 3.5) lo cual también favorece los mayores contenidos de los elementos mencionados. En caso de potasio, que es el elemento que generalmente se mineraliza primero de la materia orgánica en descomposición, se observa que en el último ciclo de la época lluviosa las concentraciones tienden a bajar, sugiriendo que el flujo que se presenta al inicio de época lluviosa (Sánchez, 1977), ya pasó su máxima concentración.

En el caso de Mg y sobre todo Ca no se observa esta tendencia (gráficos 30 y 31), más bien, en caso de Ca la concentración en la época lluviosa es menor que en la época seca. Estos datos confirman que el material cosechado en la época lluviosa es de menor edad y además podría indicar que la disponibilidad de Ca y Mg siempre es alta y no depende tanto de la descomposición de materia orgánica, sino proviene del equilibrio de los minerales con la solución del suelo.

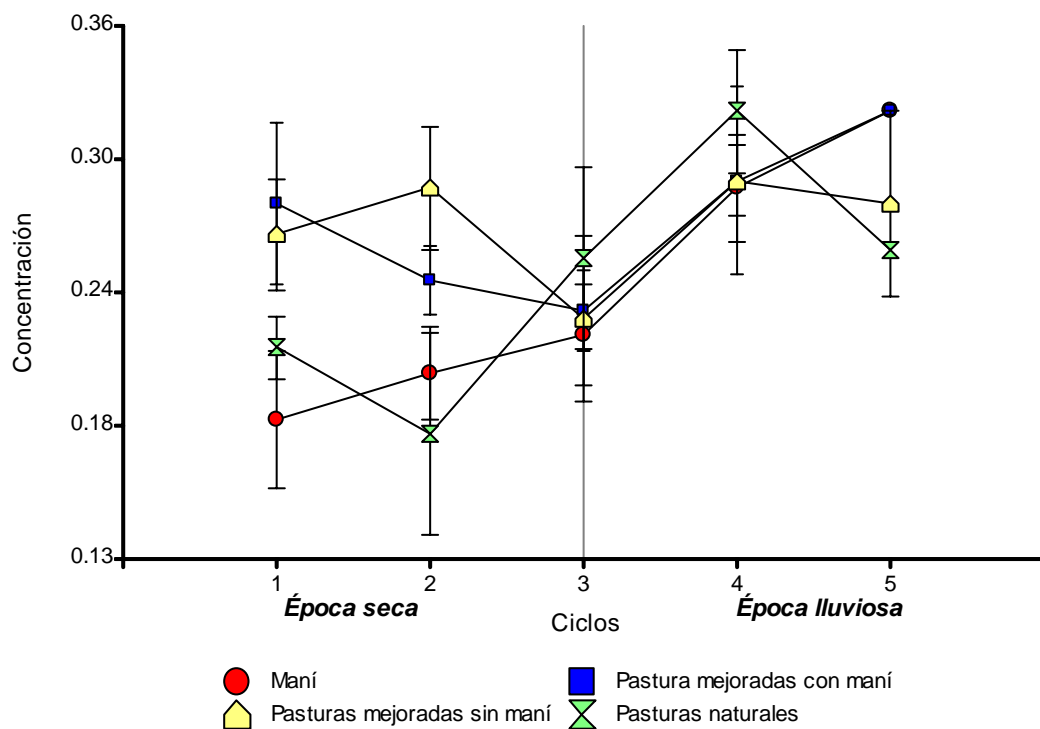


Gráfico 27. Contenido de fósforo en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas

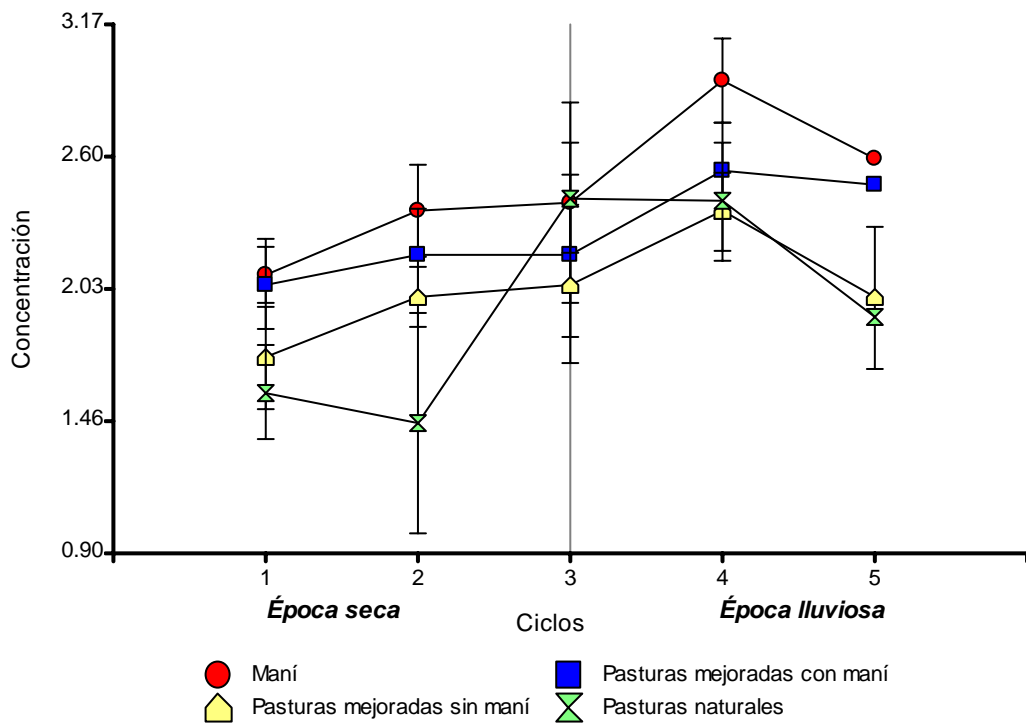


Gráfico 28. Contenido de potasio en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas.

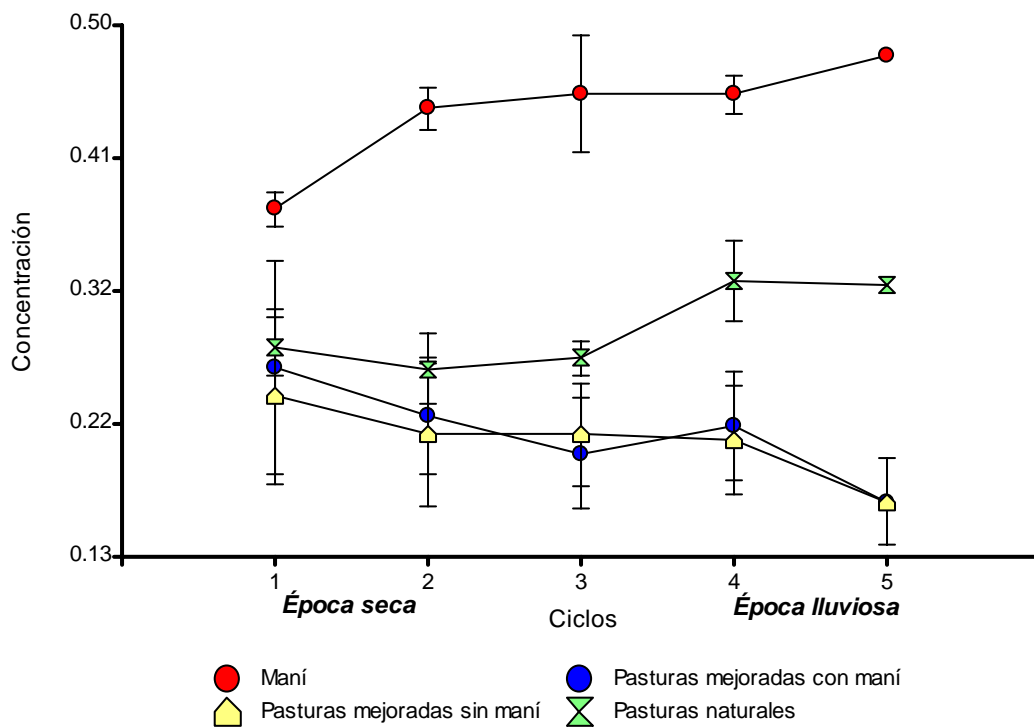


Gráfico 29. Contenido de magnesio en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas



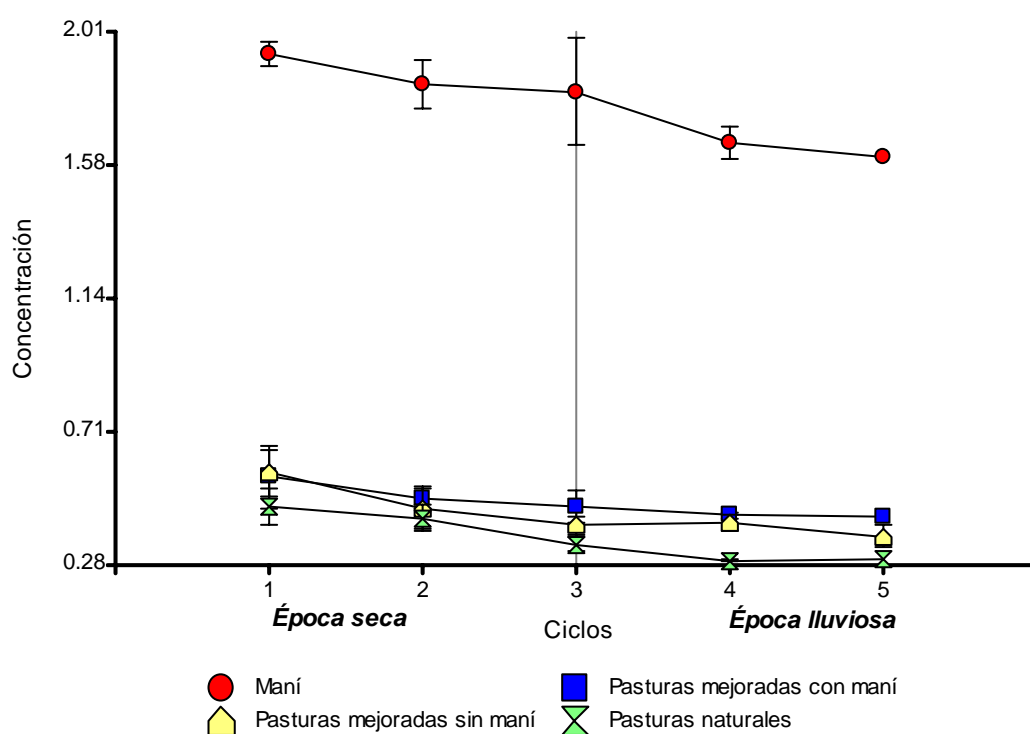


Gráfico 30. Contenido de calcio en la biomasa comestible forrajera disponible en las pasturas evaluadas.

### 3.10.2 Concentración de nutrientes en hojarasca

Las muestras de la hojarasca producida durante los 14 días de recolecta en cada ciclo de observación en las 7 pasturas evaluadas fueron analizadas en el laboratorio del CATIE por su contenido de nutrientes. Se calcularon las concentraciones ponderados de los nutrientes en los tallos y hojas, que fueron pesados y analizadas en forma separada y se realizó un análisis de la varianza considerando el efecto de la época, el efecto de la parte de la planta (tallo y hoja) y la especie. Las probabilidades para cada fuente de variación en cada variable se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 61. Fuentes de variación y probabilidades en concentración de nutrientes en hojarasca

FV	N	P	K	Ca	Mg
Época	0.4274	0.3388	<0.0001	<b>0.0407</b>	<b>0.0014</b>
Parte - planta	<0.0001	<0.0001	0.0998	<0.0001	<0.0001
Especie <sup>-1</sup>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Especie *época	<b>0.0287</b>	<b>0.0011</b>	<0.0001	0.4287	0.5698

<sup>-1</sup> Pasturas evaluadas, para el caso de las pasturas asociadas se separó la hojarasca del pasto y la leguminosa.

Para el factor época únicamente se detectaron diferencias para K, Ca y Mg, por otra parte, para el factor parte de la planta (tallos y hojas) existen diferencias estadísticas significativas para N, P, Ca y Mg. Para especie todos los elementos analizados presentan diferencias estadísticas significativas, además se encontraron efectos de la interacción especie por época para N, P y K, lo que sugiere que la concentración de estos elementos depende de la época (Cuadro 61). El cuadro 62 presenta los valores promedios de los nutrientes estudiados y diferencias estadísticas para las especies estudiadas.

*Cuadro 62. Promedio de las concentraciones de nutrientes en hojarasca de las especies estudiadas y diferencias estadísticas según la prueba de LDS Fisher*

<b>Especie</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Mg (%)</b>
Tanzania con maní	0.70 a	0.12 cdef	0.23 a	0.51 ab	0.25 c
Tanzania sin maní	0.65 a	0.13 def	0.22 a	0.49 a	0.25 c
Estrella con maní	0.98 cd	0.12 bcde	0.25 a	0.65 ab	0.17 b
Estrella sin maní	0.79 ab	0.10 abc	0.22 a	0.49 a	0.12 a
Toledo con maní – sol	0.84 abc	0.11 bcd	0.34 a	0.62 ab	0.19 b
Toledo sin maní – sol	0.65 a	0.08 a	0.22 a	0.45 a	0.19 b
Pasto natural – sol	0.97 bcd	0.13 cdef	0.18 a	0.82 b	0.37 de
Toledo con maní – sombra	0.99 cd	0.10 bcd	0.37 a	0.56 ab	0.18 b
Toledo sin maní – sombra	0.80 abc	0.10 ab	0.26 a	0.48 a	0.19 b
Pasto natural – sombra	1.24 d	0.13 cdef	0.25 a	0.83 b	0.36 de
Maní – Tanzania	2.17 f	0.15 fg	0.79 bc	2.18 c	0.39 e
Maní – Estrella	1.95 ef	0.17 g	1.02 d	2.09 c	0.35 de
Maní – Toledo – sol	1.87 e	0.15 efg	0.70 b	2.30 c	0.37 de
Maní – Toledo - sombra	1.88 e	0.17 g	0.99 cd	2.07 c	0.32 d

Cuando se comparen las concentraciones medidas en la biomasa disponible, se observa que para los elementos N, P, K y Mg las concentraciones en la hojarasca son mucho más bajas que en la biomasa en pie. Esto significa que las plantas antes de dejar caer la hojarasca redistribuyen una parte significativa de sus nutrientes internamente, mejorando de esta manera la eficiencia del uso de nutrientes. Por otra parte, las concentraciones de Ca se mantienen en un nivel parecido al

observado en la biomasa en pie, lo cual se debe a reducida movilidad de este elemento que se encuentra en las partes estructurales de las plantas.

Al igual que en la biomasa en pie, las concentraciones de N y Ca en la hojarasca de maní son claramente mayores que en las gramíneas, mientras que K y Mg presentan concentraciones ligeramente mayores y P no muestra diferencias.

Por otra parte, también se observan las mayores concentraciones de nitrógeno en la hojarasca del pasto mejorado asociado versus el mismo pasto no asociado y un mayor contenido de N en las muestras de hojarasca tomadas bajo sombra arbórea comparada con pleno sol.

### 3.10.3 Concentración de nutrientes en heces

Las muestras tomadas de las bostas depositadas en cada pastura en cada ciclo de pastoreo fueron analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE por su contenido de nutrientes. Se realizó un análisis de varianza en la concentración de nutrientes de las heces entre los tratamientos: pasturas mejoradas con y sin maní forrajero y pastura natural (cuadro 61).

*Cuadro 63. Fuentes de variación y probabilidades para concentración de nutrientes de heces*

FV	N	P	K	Ca	Mg
Tratamiento	<b>0.0005</b>	0.0235	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>

Al hacer las comparaciones en la concentración de nutrientes se encontraron diferencias para todos los elementos en los tratamientos, con la excepción de P. El siguiente cuadro muestra los promedios y las diferencias estadísticas para los nutrientes estudiados.

Cuadro 64. Concentración de nutrientes en heces en las pasturas estudiadas y diferencias estadísticas según la prueba LDS Fisher

<b>Pastura</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Mg (%)</b>
Tanzania con maní	1.49 a	0.33 a	0.58 a	1.40 bc	0.55 c
Tanzania sin maní	1.53 a	0.42 a	0.73 a	1.15 ab	0.49 bc
Estrella con maní	1.78 b	0.56 a	1.00 b	1.82 de	0.44 b
Estrella sin maní	1.53 a	0.60 a	1.05 bc	1.56 cd	0.34 a
Toledo con maní	1.87 b	0.46 a	0.76 a	1.97 e	0.57 c
Toledo sin maní	1.51 a	0.58 a	1.24 c	1.01 a	0.42 ab
Pasto natural El Toronja	1.56 a	0.36 a	1.01 b	1.07 a	0.46 b
<i>Reportados en literatura</i>	<i>2.0 – 2.8</i>	<i>0.4 – 1.4</i>	<i>Sin datos</i>	<i>1.2 – 2.5</i>	<i>0.3 – 0.8</i>

Las heces provenientes de las pasturas de Toledo y Estrella con maní tienen concentraciones de nitrógeno relativamente altas, lo cual posiblemente es una consecuencia del mayor consumo de nitrógeno en estas pasturas, pero también puede ser fortuita, ya que Haynes y Williams (1993) indican que el contenido de nitrógeno en heces es independiente del contenido de nitrógeno en la dieta.

Por otra parte, la pastura asociada de Tanzania muestra la concentración de N más baja de todas las pasturas, pero prácticamente igual que en la pastura de Tanzania no asociada, lo cual confirmaría lo reportado en la literatura. Sin embargo, también es posible que el consumo relativamente reducido de maní en la pastura de Tanzania comparado con las pasturas asociadas de Toledo y Estrella (ver cuadros 16 al 18), además el relativo bajo contenido de N en la Tanzania comparado con Toledo y Estrella (cuadro 62) podría explicar porque los heces provenientes de la pasturas asociadas no muestran diferencias con la pasturas no asociadas.

En las pasturas asociadas las heces tienden a tener concentraciones más altas de Ca y Mg, y menores concentraciones de P que en las pasturas no asociadas. Estas diferencias reflejan las diferencias de la dieta del ganado, ya que la concentración de P es baja en maní comparado con los pastos, mientras maní tiene mayores concentraciones de Ca y Mg. Los 3 elementos son retornados en su gran mayoría en forma de heces (Haynes y Williams, 1993). Las diferencias en K son posiblemente fortuitas ya que la gran mayoría de K regresa a la pastura en forma de orines

### 3.10.4 Concentración de nutrientes en leche

En cuadro 63 se presentan las concentraciones de las nutrientes medidas en las muestras de leche en el laboratorio de EIAG en Rivas, además de valores promedios mencionados en la literatura. Llamen la atención los valores muy bajos de Ca, Mg y K encontrados en el laboratorio, que posiblemente son consecuencia de un problema analítico. En general, no se observan tendencias muy claras, lo cual es de acuerdo con la literatura (Walstra y Jenness 1984) donde se menciona que la concentración de nutrientes en leche no varía mucho con la dieta, sino con la fase de la lactancia, la cantidad de leche producida y entre vacas individuales.

Cuadro 65. Concentración de nutrientes promedio en la leche producida en las pasturas evaluadas

Pastura	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Tanzania con maní	0.41	0.065	0.05	0.018	0.008
Tanzania sin maní	0.46	0.077	0.06	0.013	0.006
Estrella con maní	0.45	0.069	0.05	0.014	0.006
Estrella sin maní	0.48	0.060	0.04	0.025	0.009
Toledo con maní	0.40	0.068	0.06	0.016	0.004
Toledo sin maní	0.32	0.062	0.05	0.018	0.006
Pasto natural: El Toronja	0.40	0.058	0.05	0.029	0.010
Literatura:	0,40-0,55	0,066	0,15	0,12	0,013

Walstra y Jenness 1984.

### 3.10.5 Concentración de nutrientes en orinas

En cuadro 66 se presentan las concentraciones de los nutrientes estudiadas, medidas en las muestras de orines en el laboratorio de EIAG en Rivas. Debido al limitado número de muestras no se realizaron análisis estadísticos.

Cuadro 66. Concentración de nutrientes promedio en la deposición de orina en las pasturas evaluadas

Pastura	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Tanzania con maní	0.48	0.003	1.10	0.014	0.025
Tanzania sin maní	0.44	0.003	1.20	0.014	0.025
Estrella con maní	0.68	0.002	1.00	0.020	0.030
Estrella sin maní	0.86	0.002	1.31	0.028	0.029
Toledo con maní	0.63	0.002	1.01	0.013	0.025
Toledo sin maní	0.50	0.000	1.38	0.012	0.025
Pasto natural El Toronja	0.87	0.001	1.16	0.060	0.027
Reportadas en literatura	0.8 – 1.5	“mínimos”	0.6 – 1.1	<0.1	<0.1

De forma general se observa que las concentraciones de K, P, Ca y Mg presentan concentraciones similares a las reportas en la literatura (Haynes y Williams 1993; Bellows 2001), mientras N en las pasturas tiene concentraciones bajas, lo cual indicaría que la dieta del ganado es baja en N.

Por otra parte, en las pasturas asociadas de Tanzania y Toledo se observan mayores valores de nitrógeno en la orina que en las pasturas no asociadas, tal como se esperaba con base en la literatura (Haynes y Williams 1993) por el mayor consumo de nitrógeno. Sin embargo, no se observa esta tendencia en las pasturas de Estrella, algo difícilmente explicable si no fuera por posibles errores en el laboratorio, o por la escasez de agua en la pastura no asociada comparada con la asociada, lo cual podría haber causada una dilución de las concentraciones en la pastura asociada, algo indicado también por las mayores concentraciones de K.

Por otra parte, las concentraciones de potasio siempre fueron mayores en las pasturas no asociadas comparadas con las pasturas asociadas, igualmente algo difícil de explicar tomando en cuenta la mayor concentración de K en los pastos asociados comparado con los no asociados y la mayor concentración de maní comparado con los pastos (cuadro 61).

### **3.10.6 Flujos de nutrientes**

Para estimar los flujos de nutrientes a través de los procesos estudiados en las pasturas, se multiplicaron las mediciones o estimaciones de la (bio)masa involucrada en cada proceso con las concentraciones de los nutrientes medidos en las muestras de cada ciclo enviados al laboratorio, ver cuadros (67, 68 y 69). En el caso de la deposición de orines y leche, por la reducida cantidad de muestras obtenidas y por las dudas sobre la calidad de los análisis, se multiplicó la cantidad determinada en cada ciclo con las concentraciones *promedias* de los nutrientes medidas en los ciclos. En caso de las concentraciones de Ca, Mg y K en la leche se utilizaron los valores mencionados en la literatura por las sospechas de problemas con la medición en el laboratorio. Los flujos estimados en cada proceso en cada ciclo observado se presentan en el anexo...

Para estimar los flujos de nutrientes a través de la deposición de heces y orines se consideró tanto la cantidad de heces y orines que se midió en cada ciclo como las cantidades estimadas depositadas fuera de las pasturas. Estas se estimaron a partir de la cantidad medida y el tiempo real de pastoreo, determinando así la cantidad de heces u orines depositada por hora, la cual se extrapoló a días completo (24 horas). De esta manera se determinó que en la finca Santo Tomás el ganado permanece 29% del tiempo total de cada ciclo de pastoreo fuera de la pastura y por lo tanto se estimó que también el 29% de los heces y orines son depositados fuera de las pasturas. De la misma manera se estimó que en la finca Santa Juana se depositan el 5% de las heces y orines fuera de la pastura en el caso de la Estrella con maní y 9% en caso de Estrella sin maní, mientras en la finca Los Limones se depositan cerca del 7% de los excrementos fuera de las pasturas.

Los flujos estimados tienen varias imprecisiones:

1. Las estimaciones de biomasa ingerida pueden ser una fuente de error importante, ya que las estimaciones obtenidas con Botanal y con el método indirecto no siempre coinciden (cuadros 16 a 18).
2. Para estimar el consumo de maní y pasto en las pasturas asociadas, solamente se pueden usar las estimaciones obtenidos con Botanal, las cuales a veces muestran variaciones importantes. A su vez, las estimaciones de consumo tienen una implicación importante para

la estimación de la cantidad de nutrientes ingerido, sobre todo en caso de N y Ca porque tienen concentraciones muy diferentes en los pastos y el maní.

3. El limitado número de muestras de orines y leche enviadas al laboratorio y la alta variabilidad de las concentraciones de nutrientes en ellas reportada en la literatura (Haynes y Williams, 1993) podría haber limitado la precisión con que se estimaron los flujos de nutrientes en estos procesos. Asimismo, la falta de consistencia en los datos del laboratorio (contrario a las muestras analizadas en el laboratorio del CATIE indican que es posible que ha ocurrido algún error en el manejo de las muestras o en los análisis en el laboratorio en Rivas.
4. Se ha asumido que la cantidad de heces y orines depositadas fuera de la pastura es proporcional con el tiempo que el ganado permanece fuera de las pasturas, algo que no fue corroborado en el campo.
5. Existe una pequeña pérdida de nutrientes por la cantidad de leche que toman los terneros y que no fue medido.

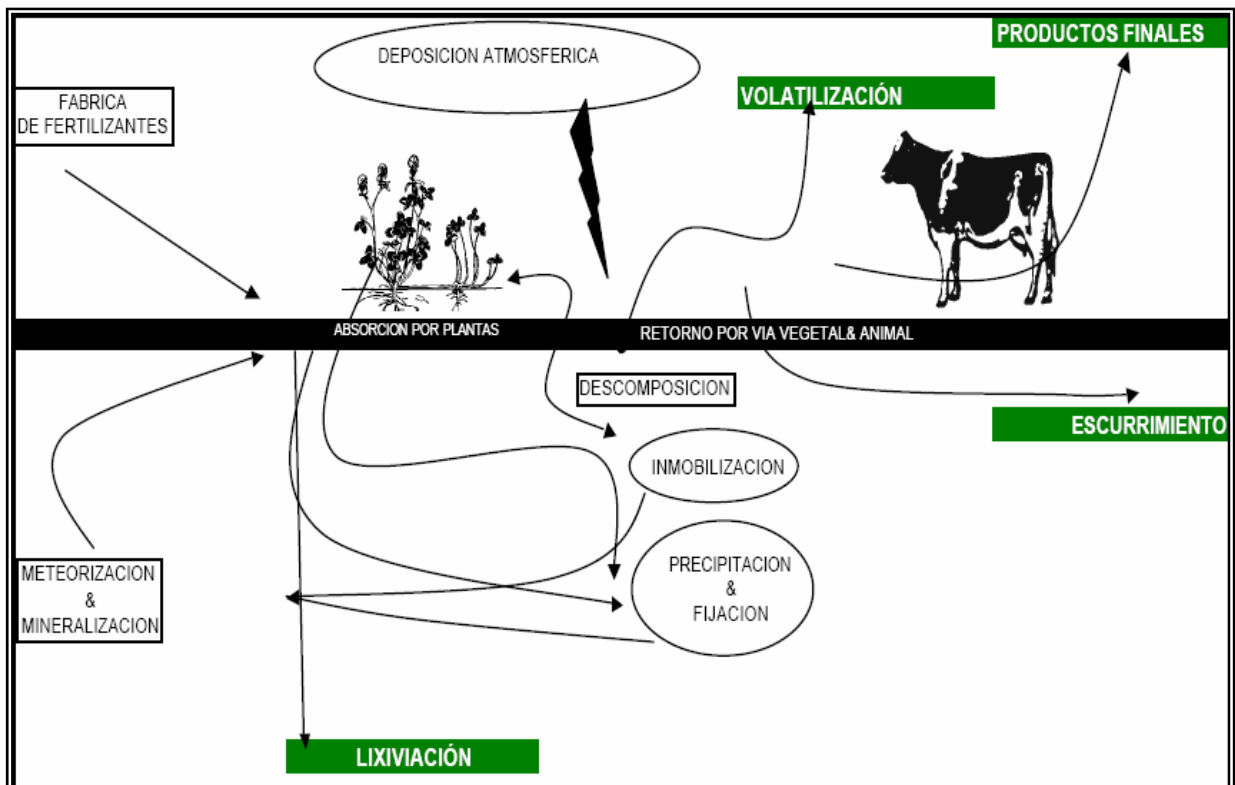


Figura 31. Componentes generales del ciclo de nutrientes en pasturas (Adaptado de Joost 1996).



Por otra parte, como se puede observar en la figura 32, en un ecosistema de una pastura activa hay varios procesos más a través de los cuales fluyen cantidades importantes de nutrientes, pero que no fueron estudiados. Sin embargo, con base en información disponible en la literatura se ha intentado estimar su magnitud, tal como se detalla a continuación.

1. Volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco. La volatilización de amoníaco es favorecido por altas temperaturas y una alta pH, razón por la cual es una pérdida de nitrógeno importante en climas tropicales y subtropicales en las manchas de orines depositadas en las pasturas. En cambio, como el nitrógeno en heces esta en forma orgánica, las pérdidas a través de este proceso son muy reducidos. Una rápida incorporación de la orina en el suelo a través de la lluvia limita las perdidas, mientras que prolongados periodos secos las favorecen. Por esta razón se asume que las pérdidas de N debido a este proceso durante el periodo de estudio han sido importantes. Vallis *et al.* (1985) y Vallis y Gardener (1984) midieron pérdidas de 16 a 46% en climas tropicales, con los valores más altos durante la época seca. Por otra parte, en el clima tropical de Itabela, Brasil, Ferreira *et al.* (1995 y 2000) midieron pérdidas debido a la volatilización de amoníaco y al lavado de nitrógeno de manchas de orines entre 24 y 77%. Los mismos autores reportan perdidas mínimas de nitrógeno de heces entre 2 y 8%.

Considerando la información disponible en la literatura y las condiciones del área de estudio, se estima que la perdida de nitrógeno por volatilización de amoníaco de las manchas de orines fue de 30 a 40% del total depositado durante el periodo es estudio.

2. Denitrificación. La pérdida de nitrógeno en forma de  $N_2$  o  $N_2O$  (denitrificación) solamente pueda ocurrir cuando existen condiciones anaeróbicas en el suelo, lo cual probablemente pocas veces es el caso en las capas superiores de los suelos de las pasturas estudiadas, razón por la cual se asume que no hay pérdidas significativas por este proceso.

3. Lavado de nutrientes. El lavado de nutrientes depende de la concentración de cada nutriente, la absorción por la vegetación, la adsorción del mismo en el suelo, la porosidad del suelo y el clima. Como se observa en la figura 3, la precipitación en la zona de estudio durante el periodo de estudio fue bajo, solamente en julio se produjo un exceso de humedad que posiblemente haya lavado nutrientes por debajo de la zona de donde se encuentran las raíces de las plantas forrajeras.

Por otra parte, la porosidad de los suelos estudiados es variable en el horizonte superior de los suelos y alta en los horizontes inferiores (cuadro 1). Esto hace suponer que la infiltración de orines a través de los (macro) poros es rápida, lo cual podría favorecer el lavado de nutrientes, sobre todo de nitrógeno que es débilmente adsorbido por el suelo.

Tomando en cuenta lo anterior, se estima que durante el periodo de estudio las pérdidas por lavado han sido un 10-20% del nitrógeno contenido en orines, un 5-10% del potasio contenido en orines y un 5% del nitrógeno contenido en heces.

Se asume que no se presentaron pérdidas de P, Ca y Mg de heces y orines porque en su mayoría estos elementos son regresados en a la pastura en forma de heces en forma poca soluble (Haynes y Williams, 1993) y además estos elementos son fuertemente adsorbidos por el suelo.

4. Deposición atmosférica. En zonas a menos de 40 Km. del mar, la influencia de aerosoles de sal marino puede aportar cantidades de 10 a 40 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de Mg, K y Ca (Bruynzeel, 1983; Gerrits, 1995), pero la distancia de 200 Km. de Muy Muy al mar hace poco probable que el aporte sea más que 5 a 10 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. Los autores mencionados además indican que la deposición de P generalmente es menor que 0.2 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. En los cálculos se ha usado 5 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en caso de K, Ca y Mg, y 0.1 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en caso de P. En caso de nitrógeno, generalmente se asume que la cantidad que se deposita está relacionada con la presencia de descargas eléctricas en la atmósfera. En otros estudios se mencionan valores hasta 15 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, pero se ha asumido que en Muy Muy es de 5 a 10 Kg. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

5: Importación de nutrientes a través de insumos externos. En sistemas ganaderas que usan insumos externos como la sal mineral, subproductos o fuentes de forraje producidos en la misma finca pero fuera de las pasturas (como pastos de corte o caña de azúcar), existe una importación de nutrientes. Sin embargo, en las pasturas estudiadas esta importación de nutrientes es muy limitada ya que el uso de sal mineral es mínimo y el uso de otras fuentes de comida se limita a los mencionados en el cuadro 20. Solamente en la finca Los Limones exista una pequeña importación de nutrientes de los vástagos de plátano que se usaron como suplemento durante el mes de abril, ver cuadro 67. Se estimó la cantidad con base en concentraciones encontradas en la literatura (Bertsch, 2003) y la cantidad estimada en el campo (9 Kg. MS.dia<sup>-1</sup>).

6: Fijación de N por microorganismos. En las pasturas asociadas las bacterias del genero Rhizobium fijan nitrógeno atmosférica. Aunque no se ha medido en forma directa, se podría estimar que por cada 1000 Kg de materia seca de la leguminosa producida, la fijación ha sido 25 Kg de nitrógeno (Sánchez, 1976).

Cuadro 67. Flujos de nutrientes en las pasturas evaluadas en la finca Santo Tomas durante el periodo de evaluación (190 días)

Variables	Tanzania con maní, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>					Tanzania sin maní, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Biomasa consumida	88.3	11.0	132.6	35.5	16.4	51.9	12.3	94.7	19.9	11.8
Producción de leche	9.4	1.5	3.4	2.8	0.3	8.6	1.4	2.8	2.3	0.2
Deposición de heces en las pasturas	23.3	5.4	8.9	21.6	8.7	21.5	6.2	10.6	15.7	7.2
Deposición de heces fuera de las pasturas	9.5	2.2	3.6	8.8	3.6	8.8	2.5	4.3	6.4	2.9
Deposición de orinas en las pasturas	25.7	0.0	58.3	0.8	1.4	18.5	0.0	50.1	0.6	1.1
Deposición de orinas fuera de las pasturas	10.7	0.0	24.4	0.3	0.6	7.6	0.0	20.6	0.2	0.4
Balance (debería ser 0) (consumo – leche – heces- orines)	9.7	1.9	34.0	1.2	1.8	-13.1	2.2	6.3	-5.3	0.0
Perdidas de la pastura	-3.3	-3.6	-32.2	-6.9	+0.5	-30.4	-3.8	-27.7	-3.9	+1.5
Deposición de hojarasca de Tanzania	132.4	22.7	47.5	95.7	45.4	113.0	22.8	43.4	86.5	41.4
Deposición de hojarasca de maní	13.5	0.9	5.3	13.9	2.5	0	0	0	0	0
Volatilización	9.0	0	0	0	0	6.5	0	0	0	0
Lavado (lixiviación)	5.0	0	5.8	0	0	3.9	0	5.0	0	0
Deposición atmosférica	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0
Importación en subproductos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fijación simbiótica por Rhizobium <sup>1</sup>	35.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> Asumiendo que la producción de materia seca fue consumo más hojarasca producida.

Cuadro 68. Flujos de nutrientes en las pasturas evaluadas en la finca Santa Juana durante el periodo de evaluación (180 días)

Variables	Estrella con maní, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>					Estrella sin maní, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Biomasa consumida	71.5	10.9	72.8	30.9	8.7	41.8	8.1	49.2	14.0	4.1
Producción de leche	4.4	0.7	1.5	1.2	0.1	3.1	0.4	1.0	0.8	0.1
Deposición de heces en las pasturas	15.1	5.0	8.4	15.0	3.9	16.0	6.5	11.0	15.4	3.6
Deposición de heces fuera de las pasturas	0.8	0.3	0.4	0.8	0.2	1.6	0.6	1.1	1.5	0.4
Deposición de orinas en las pasturas	33.9	0.1	49.9	1.0	1.5	23.5	0.0	35.8	0.8	0.8
Deposición de orinas fuera de las pasturas	1.7	0.0	2.6	0.1	0.1	2.4	0.0	3.7	0.1	0.1
Balance (debería ser 0) (consumo – leche – heces- orines)	15.6	4.8	10.0	12.8	2.9	-4.8	0.6	-3.4	-4.6	-0.9
Perdidas de la pastura	+43.8	-0.9	-4.5	+2.9	+4.6	-14.6	-0.9	-4.4	+2.6	+4.4
Deposición de hojarasca de Estrella	82.5	10.2	22.3	53.4	13.8	75.1	9.8	23.2	44.5	11.2
Deposición de hojarasca de maní	28.0	2.4	13.9	29.8	5.0	0	0	0	0	0
Volatilización	11.9	0	0	0	0	8.2	0	0	0	0
Lavado (lixiviación)	5.8	0	5.0	0	0	4.3	0	3.6	0	0
Deposición atmosférica	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0
Importación en subproductos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fijación simbiótica por Rhizobium <sup>1</sup>	63.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> Asumiendo que la producción de materia seca fue la suma de consumo más hojarasca producida.

Cuadro 69. Flujos de nutrientes en las pasturas evaluadas en la finca Los Limones durante el periodo de evaluación (167 días: TCM, 182 días: TSM, 173 días: natural).

Variables	Toledo con maní, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>					Toledo sin maní, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>					Pasto natural El Toronja, flujos de nutrientes en Kg. ha <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Biomasa consumida	67.8	7.8	80.4	28.9	8.9	52.5	9.0	86.0	13.9	8.4	45.6	6.2	41.5	11.7	8.8
Producción de leche	1.5	0.3	0.6	0.5	0.0	1.4	0.3	0.6	0.5	0.1	1.6	0.2	0.6	0.5	0.1
Deposición de heces en las pasturas	16.4	4.0	6.7	18.4	5.1	13.8	5.3	11.3	9.3	3.8	10.9	4.1	8.9	7.3	3.0
Deposición de heces fuera de las pasturas	1.2	0.3	0.5	1.4	0.4	1.0	0.4	0.9	0.7	0.3	0.8	0.3	0.7	0.5	0.2
Deposición de orinas en las pasturas	26.0	0.0	41.7	0.6	1.2	19.7	0.0	54.8	0.5	1.0	40.2	0.0	47.3	2.5	1.1
Deposición de orinas fuera de las pasturas	1.8	0.0	2.8	0.0	0.1	1.7	0.0	4.7	0.0	0.1	3.2	0.0	3.8	0.2	0.1
Balance (debería ser 0) (consumo – leche – heces- orines)	20.9	3.2	28.1	8.0	2.1	14.9	3.0	13.7	2.9	3.1	-11.1	1.6	-19.8	0.7	4.3
Perdidas de la pastura	+35.4	-0.4	+0.7	+3.8	+4.6	-9.3	-0.5	-2.9	+4.0	+4.6	-20.9	-0.3	-1.0	+4.5	+4.7
Deposición de hojarasca del pasto	87.4	11.2	37.2	63.9	19.4	79.6	10.6	32.2	52.0	22.1	72.9	9.4	15.4	58.3	27.4
Deposición de hojarasca de maní	13.9	1.0	6.3	16.0	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volatilización	9.1	0	0	0	0	6.9	0	0	0	0	14.1	0	0	0	0
Lavado (lixiviación)	4.7	0	4.2	0	0	3.7	0	5.5	0	0	6.6	0	4.7	0	0
Deposición atmosférica	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.1	5.0	5.0	5.0
Importación en subproductos	0.4	0.1	3.8	0.7	0.1	0.4	0.1	3.8	0.7	0.1	0.4	0.1	3.8	0.7	0.1
Fijación simbiótica por Rhizobium <sup>1</sup>	48.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De los datos presentados en los cuadros 67 al 69 se puede observar lo siguiente:

- En las pasturas activas estudiadas las cantidades de N, Ca y Mg que regresan al suelo a través de la caída de hojarasca son mayores a la cantidad de estos nutrientes consumidos por el ganado, mientras las cantidades de fósforo son parecidos o mayores. Por otra parte, el flujo de potasio a través de hojarasca siempre es mucho menor que la cantidad consumida, debido a la efectiva redistribución en las plantas, demostrando la alta movilidad del elemento.

- Las estimaciones de los flujos de nutrientes son consistentes con los datos de disponibilidad de biomasa y carga animal. En las pasturas más productivas los flujos son mayores.

- En las pasturas asociadas, los flujos de nitrógeno son mayores que indica el nitrógeno fijado por la leguminosa aumenta también las cantidades de nitrógeno en los demás flujos; esta misma tendencia la encontró Brockman y Wolton (1963) en pasturas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*).

- La cantidad de nutrientes en la producción de leche de las pasturas varía sobre todo en función de la producción; en consecuencia los mayores flujos se observan en la finca Santo Tomas y los menores en la finca Los Limones. Sin embargo, las cantidades de nutrientes extraídos en forma de leche son reducidas.

- La práctica de mantener los animales en los lugares de ordeño por más tiempo que estrictamente necesario conlleva a pérdidas significativas de nutrientes de las pasturas como demuestran los datos de la finca Santa Thomas.

- La fuerte concentración de P, Ca y Mg en heces y la deposición poco uniforme de heces en pasturas irregulares en cuanto a pendiente y posiblemente sombra y áreas seguras, concentra el regreso a la pastura de P, Ca y Mg consumido por el ganado en los áreas preferidos para descansar. Como consecuencia, aumenta la heterogeneidad del crecimiento de la pastura.

Si se toman en cuenta también los procesos estimados (ver cuadros 65 al 67), se puede observar que:

- Las pérdidas más importantes de nitrógeno de la pastura se presentan por volatilización de amoníaco y lavado de orines, siempre y cuando el ganado no permanece por periodos largos fuera de la pastura donde obtiene su comida.

- La fijación de nitrógeno por el maní compensa la perdidas de nitrógeno en las pasturas y hasta permite una acumulación del mismo, sin embargo, la distribución de las heces y orines concentra la acumulación de nitrógeno en aéreas preferidas por el ganado.

### **De donde vienen los nutrientes**

Los datos presentados en los cuadros 67 al 69 indican que el manejo actual de las pasturas no asociadas estudiadas causa pérdidas de nutrientes. Una pregunta importante es si estas pérdidas pueden ser soportadas por el agro ecosistema o si estas pérdidas a mediano o largo plazo degradan las pasturas. Para responder la pregunta, se debe revisar de donde vienen los nutrientes.

En caso de P, K, Ca y Mg, la fuente principal en Muy Muy es el suelo ya que, como se explicó anteriormente, la importación de nutrientes a través de la precipitación es limitada, mientras el uso de insumos externos en las pasturas estudiados es reducido. Con base en los datos de suelos presentados en cuadro 70 se ha estimado la cantidad de nutrientes disponibles (P, K, Ca y Mg) y presentes (N) en los suelos de las pasturas estudiados:

*Cuadro 70. Nutrientes disponibles o presentes en los 30 cm. superiores del suelo*

Pasturas	Nutrientes disponibles				Nutrientes presentes
	P	K	Ca	Mg	N
Tanzania con maní	6	423	13994	3489	10660
Tanzania sin maní	7	550	14154	3345	10510
Estrella con maní	16	624	14768	2371	9000
Estrella sin maní	4	721	19836	4835	7140
Toledo con maní	4	897	32508	7333	11025
Toledo sin maní	2	107	18832	5414	6500



Cuando se comparan las cantidades disponibles en el suelo con los valores de las pérdidas estimadas (cuadros 67 a 69) resulta claro que las pérdidas de Ca y Mg son insignificantes y no comprometen la sostenibilidad de las pasturas.

En caso de K, con la excepción de la pastura Toledo sin maní, las cantidades disponibles en el suelo en el momento de la medición son bastante mayores que la cantidad que se estima como pérdida durante el período de estudio. Además, se debe tomar en cuenta que el potasio medido como disponible se encuentra en equilibrio con potasio no intercambiable y en minerales del suelo. Por lo tanto, una parte del K extraído del ecosistema será reemplazado gradualmente por este K poco disponible. Como consecuencia, se estima que es poco probable que las cantidades de K extraídas del sistema reduzcan la productividad de las pasturas estudiadas.

Por otra parte, se observa que la cantidad de P disponible en el suelo es muy reducida y apenas cubre las necesidades inmediatas de la pastura (Cuadro 67 a 69). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que al que K, el P disponible se encuentra en equilibrio con el P adsorbido en los óxidos de Fe y Al del suelo, con el P en minerales y el P en la materia orgánica. Por lo tanto, la reserva de P en el suelo es mucho mayor que el P disponible. Además, muchas plantas tienen mecanismos para adquirir suficiente P aun cuando este escaso, como por ejemplo con la ayuda de micorrizas (Bellows, 2001). Por otra parte, la cantidad de P disponible medido en los suelos estudiados es interpretada como muy baja, aun más cuando se toma en cuenta que pH de los suelos se encuentra en el rango óptimo para promover la disponibilidad de P. Entonces, se estima que es probable que las pasturas tengan ciertas dificultades para satisfacer sus necesidades de P y que la extracción por el uso actual a mediano y largo plazo podría comprometer la sostenibilidad de las pasturas.

En caso de nitrógeno, aunque la materia orgánica de los suelos incluye grandes cantidades de nitrógeno, en las pasturas no fertilizadas estudiadas la disponibilidad depende sobre todo de un efectivo reciclaje de nitrógeno a través de hojarasca, heces y orines, la deposición de nitrógeno atmosférico y la posible fijación de nitrógeno a través de microorganismos (tantos simbióticos como *Rhizobium* como libres como *Azotobacter*) que transfieren parte de este nitrógeno directamente al pasto.

Como se indica en los cuadros 67 al 69, entre 76 y 153 Kg N.ha-1.año-1 regresa al suelo a través de la caída de hojarasca aérea. Una parte de este nitrógeno se libera y pueda ser absorbida por las plantas, mientras que el resto queda incorporado en la materia orgánica del suelo. También una parte del nitrógeno contenido en los componentes de la materia orgánica del suelo (con edad desconocida) se libera y puede ser absorbida por las plantas. Es imposible saber cuánto del nitrógeno absorbido viene de la hojarasca fresca y cuanto de la MO del suelo, porque los métodos usados no pueden determinar estas cantidades, simplemente miden la velocidad de desaparición (visible), no la completa mineralización.

Es importante destacar que la cantidad de MO de los suelos estudiados aparente es estable: datos no publicados de J. Arauz indican que en abril 2004 la cantidad de Carbono los primeros 5 cm de las pasturas de Tanzania (con y sin maní) fue 5.6% y de 5 a 10 cm fue de 4.1% (promedios de 5 muestras).

En junio 2007, para las mismas profundidades, estas cantidades fueron 5.9% y 4.3% en la pastura Tanzania con maní, y 5.6% y 4.1% en la pastura Tanzania sin maní (Cuadro 1). Estos datos implican que no es realista esperar que hay un flujo de N adicional de la materia orgánica del suelo al pasto, entonces los cuadros 67 al 69 resumen los procesos en el sistema. Resulta claro entonces que las pasturas no asociadas gradualmente están perdiendo nitrógeno, mientras las asociadas están en equilibrio o ganan nitrógeno. Es de esperar entonces que la productividad de las pasturas no asociadas gradualmente se disminuye mientras las asociadas pueden mantener su productividad, siempre y cuando se manejan correctamente.

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1- Las pasturas mejoradas asociadas con maní forrajero producen una mayor cantidad de biomasa forrajera que las pasturas mejoradas no asociadas. Estas, a su vez, producen más que las pasturas naturales. Asimismo, esta mayor cantidad de forraje permite una mayor carga animal de estas pasturas y se traduce en una mayor producción de leche por hectárea.
- 2- Además de una mayor producción de leche por hectárea debido a la mayor disponibilidad de biomasa forrajera, en las pasturas asociadas la producción de leche por vaca por día tiende a aumentar, probablemente debido a la mayor calidad del forraje, la cual se refleja sobre todo en un mayor contenido de nitrógeno.
- 3- Las pasturas asociadas con maní forrajero bien manejadas prácticamente no tienen malezas ni se presenta suelo desnudo.
- 4- Durante la época seca se reduce notablemente la disponibilidad de biomasa. Como consecuencia, los productores manejan sus pasturas con una menor carga animal lo cual resulta en una menor producción de leche por hectárea. Además, las vacas en producción presentan una notable pérdida de peso corporal.
- 5- Los datos del estudio indican resultados variables en cuanto a la disponibilidad de biomasa forrajera bajo sombra o sin sombra arbórea: Bajo sombra, la pastura asociada tenía una disponibilidad mayor, la pastura natural tenía una disponibilidad similar y la pastura mejorada no asociada tenía una disponibilidad menor bajo sombra. Sin embargo, la heterogeneidad en la sombra presente (densa y rala), la influencia de sombra lateral (cercas vivas y árboles de potreros aledaños) y la presencia de áreas no frecuentadas por el ganado donde siempre había una alta disponibilidad de biomasa forrajera dificultan la interpretación de los datos.

- 6- Las pasturas mejoradas asociadas requieren de un manejo adecuado y flexible que permitan mantener un buen balance entre las gramíneas y el *Arachis pintoii*. El sobrepastoreo tiene como resultado un aumento en la cobertura del maní y una reducción en la cobertura del pasto y la producción de biomasa forrajera.
- 7- Fósforo y Ca son regresados a la pastura casi exclusivamente en forma de heces; además también Mg regresa a la pastura mayoritariamente en forma de heces.
- 8- Aproximadamente el 80% del potasio consumido regresa a la pastura sobre todo en forma de orines contra 20% en forma de heces, mientras que para nitrógeno entre el 55-75% regresa en forma de orines.
- 9- La distribución de heces y orines no es uniforme en ninguna de las pasturas estudiadas y en primer lugar parece estar asociada con la pendiente del terreno, aunque también hay indicaciones que existe una relación con factores como confort, sentido de seguridad de los animales y disponibilidad de biomasa forrajera.
- 10-El hecho de no encontrar una relación entre presencia de sombra arbórea y deposición de heces y orines tal vez esté relacionado con 2 factores: no todos los árboles en una pastura son preferidos por el ganado para descansar y el ganado busca la sombra para descansar solamente durante las horas más calientes del día, solamente durante días soleados.
- 11-En pasturas con pendientes homogéneas menores al 25% y con una disponibilidad de forraje uniforme, las áreas más preferidos por el ganado reciben una cantidad de heces y orines 1,5 a 2,5 veces mayor que las áreas menos favorecidos. En pasturas con áreas con pendientes bajas y otros áreas con pendientes pronunciadas, que además tienen diferencias en zonas de sombra y disponibilidad de forraje las áreas favorecidos reciben hasta 7 veces más excrementos que las áreas menos favorecidos.
- 12-El pastoreo del ganado tiene un efecto sobre la producción de hojarasca tanto en pasturas asociadas con leguminosas como monocultivos: la producción de hojarasca disminuye en la medida que se incremente la carga animal.

- 13-En la época seca se presenta una acumulación de hojarasca de los pastos debido a la baja tasa de descomposición que es menor que la tasa de producción de la hojarasca.
- 14-La cantidad de hojarasca producida de maní es muy baja comparada con el pasto asociado, sin embargo, es posible que el método usado subestima la producción por la muy alta tasa de descomposición.
- 15-La cantidad de N, P, Ca y Mg que regresa a la pastura a través de la caída de hojarasca en las pasturas estudiadas es mayor que la cantidad consumida por el ganado.
- 16-En cambio, en todas las pasturas la cantidad de K consumida por el ganado es mucho mayor que la cantidad que regresa al suelo con la hojarasca, debido a que aproximadamente el 90% del potasio contenido en la biomasa forrajera es redistribuida en la planta antes de que se caigan las hojas como hojarasca.
- 17-Junto con las pérdidas de nutrientes causadas por la producción de leche, la práctica de mantener durante unas 6 horas las vacas cerca del corral de ordeño para amantar los terneros conlleva a pérdidas de nutrientes entre 20 y 40% del total ingerido. Si la permanencia de las vacas es lo estrictamente necesario las pérdidas se reducen al 5-15% del total ingerido.

## RECOMENDACIONES

- 1- Para obtener mejores estimaciones de la disponibilidad de biomasa y el consumo de la misma se debería incluir escalas intermedias, por ejemplo 1.5, 2. 5 y 3.5, considerando siempre los criterios relación tallos / hojas, altura y diámetro de macollas etc.
- 2- Para tener una mejor información sobre la variabilidad temporal de la hojarasca de las pasturas heterogéneas es necesario ampliar tanto el número de parcelitas como la toma de datos en campo.
- 3- Para tener una mejor información sobre el efecto del asocio del *Arachis* con el pasto, se debería estandarizar cada una de las fases del proceso que permita estimar satisfactoriamente la constante de descomposición K, considerando siempre el factor de hojarasca en la(s) pasturas.
- 4- Para poder comparar métodos usados para evaluar la descomposición de hojarasca, se debe ejecutar paralelamente en un mismo tiempo.
- 5- Para tener mejor información sobre la distribución de las heces y orinas en las pasturas se debería definir los cuadrantes en función de las características (Ejemplo: porcentaje de pendiente, porcentaje y tipo de sombra, etc.) de cada sitio dentro de la pastura, además es necesario estudiar en cada cuadrante la disponibilidad de biomasa.
- 6- Por la alta variabilidad encontrado en las cantidades de hojarasca existente y depositada en las pasturas se recomienda usar esta metodología sobre todo en pasturas que muestran un crecimiento y consumo uniforme. Además, la precisión de los resultados probablemente mejora cuando se utiliza un mínimo de 5 repeticiones por pasturas cada fecha de muestreo.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- Barcellos, A. 1986. Recuracao de pastagens degradadas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA – CPAC). 38 p.
- Bellows, B. 2001. Nutrient cycling in the pastures: livestock systems guide (en línea). Consultado 25 oct. 2005. ATTRA, California, US. Disponible en: <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/nutrientcycling.pdf>
- Bernal, E, J. 2003. Pastos y Forrajes Tropicales: Producción y Manejo. 4ta. edición. Colombia. 689 p.
- Boddey, RM; Rao, IM y Thomas, RJ. 1996. Nutrient cycling and environmental impact of Brachiaria pastures. In: Miles, JW; Maass, BL y do Valle, CB.eds. Brachiaria: The Biology, Agronomy and Improvement. Pp 72 – 86. Publication 259, CIAT, Cali, Colombia.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo. San José, CR, ACCS. 307 p.
- Boddey, RM; Macedo, R; Tarré, RM; Ferreira, E; Oliveira, OC. Rezende, C; Cantauritti, RB; Pereira, JM; Alves, BJ; Urquiada, S. 2004. Nitrogen cycling in Brachiaria Pastures: the key to understanding the process of pasture decline. Agriculture, Ecosystems and Environment 103:389-403.
- Bolívar, D; Ibrahim, M; Kass, D. 1999. Características químicas de un suelo ácido y composición mineral de *Brachiaria humidicola* bajo un sistema Silvopastoril con *Acacia mangium*. Agroforestería en las Américas.
- Borreli, P; Oliva, G. 2001. Efectos de los animales sobre los pastizales. Cap. 4 pp 99 – 128. In. Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral. Borreli P; Oliva G. Ed. INTA Reg. Pat. Sur 269 p.

Brockman, JS; Wolton, KM. 1963. Biological fixation and grassland production in the United Kingdom. *In* Cowling, DW. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 296: 1082, The Nitrogen Cycle (Jan, 1982) p 397 – 404 (en línea). Consultado 28 nov. 2007. Disponible en [http://links.jstor.org/sici?sici=0080-4622\(19820127\)296%3A1082%3C397%3ABNFAGP%3E2.0.CO%3B2-H](http://links.jstor.org/sici?sici=0080-4622(19820127)296%3A1082%3C397%3ABNFAGP%3E2.0.CO%3B2-H).

Bruynzeel, L.A. 1983. Hydrological and biogeochemical aspects of man-made forests in south-central Java, Indonesia. Dissertation VU Amsterdam, Final report, vol. 9, Nuffic Serayu Valley project, ITC/GUA/VU/1, The Hague, The Netherlands.

Carvalho, M. Xavier, DF; Alvim, MJ. 2000. Uso de leguminosas arbóreas en la recuperación y sustentabilidad de pasturas cultivadas (en línea). Archivos de documentos de la FAO. EMBRAPA 16 p. Consultado el 2 noviembre 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6342S/X6342S00.HTM>

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2006. Caracterización de las fincas en las áreas de Muy Muy *In* CATUE. ed. Taller Pasturas en sistemas silvopastoriles de Centro América: bases de conocimiento para su manejo (2006, Turrialba, CR). Memoria. Turrialba, CR. p. 12-13.

\_\_\_\_\_(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/ NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación y el Desarrollo). 2002. Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para las pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, CR. 28 p.

Cruz Gámez, L; García, MA. 2002. Análisis de riesgos y plan municipal de reducción de desastres. AMUNIC-COSUDE. Muy Muy, NI. 92 p.

Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CR, CATIE. 491 p.



Ferreira, E; Alves, BJR; Boddey, RM. 1995b. Perdas de N derivados de fezes bovinas depositadas na superficie do solo. In: Proceedings of the XXXII Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, July 17 – 21, p. 109 – 110.

\_\_\_\_\_; Lopes, W; Mota, RSS; Tarré, RM; Macedo, R; de Oliveira, OC; Alves, BJR; Urquiaga, S; Boddey, RM. 2000b. Ciclagem de nitrogenio das fezes bovinas no período seco. Em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. Prain. Fl, localizada no ecossistema cerrado em Santo Antonio de Goiás, Goiás. In: Proceedings of the XIII Teuniao Brasileira de Manejo e Conservacao do solo e da Agua, Ilhéus, Bahia, Brazil, August 6 – 11, 1 disco compacto, 8 mm.

Gerrits, S. 1995. Effects of landuse and weathering on available nutrients in volcanic ash soils of Costa Rica. A comparative study. Thesis PhD. Institute of Earth Sciences State University of Utrecht.

Giraldo; Botero, J; Saldarriaga, J; David, P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región atlántica de Colombia. *Agroforestería en las Américas*: 8:14-19.

Giraldo; Bolívar Vergara, D. 1999. Evaluación de un Sistema Silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en Clima Frío de Colombia. In Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible (1er/1999, Cali, Colombia). 1999. Memorias (en línea). Cali, CO. CIPAV. s.p. Consultado el 23 de abril de 2005. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias.htm>

González, MS; Van Heurk, LM; Romero, F; Pezo, DA; Argel, PJ. 1996. Producción de leche en pasturas de Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* solo y asociado con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*). *Pasturas Trop.* 18(1): 2 – 12.

Haydock, KP; Shaw, NH. 1975. The comparative method for estimating dry matter yield pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandary* 15:169-171.

- Haynes, R.J. & Williams, P.H. (1993). Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy* **49**, 119-199.
- Hernández, M., Argel, P.J., Ibrahim, M.A. and Mannetje, L. 't, 1995. Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands* **29**, 134 -141.
- Henríquez, C; Bertsch, F; Salas, R. 1995. Fertilidad de suelos: manual de laboratorio. Asociación de Costarricense de Ciencia y Suelo. San José, CR. 64 p.
- Humphreys, L.R. 1991. Tropical pasture utilization. Cambridge University, New York, U.S.A. 202 p.
- Ibrahim, M.A. (1994). Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Doctoral Thesis Agricultural University Wageningen*, 129 pp.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR. 1996. IICA Política Agrícola. Acta verbal. San José, CR. 227 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2004 Artículo metereológico: vientos alisios (en línea). Consultado el 20 de nov. 2006. Managua, NI.  
 Disponible en:[http://www.ineter.gob.ni/ Direcciones/ meteorologia/ Boletines/ Boletin%20Climatico/ Boletin%20Climatico%202004/ Diciembre/ articulo %20 meteorologico. htm](http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Boletines/Boletin%20Climatico/Boletin%20Climatico%202004/Diciembre/articulo_%20meteorologico.htm)
- Joost, RE. 1996. Nutrient cycling in forage system. *In* Proceedings “Nutrient Cycling in Forage System”. Joost, RE. and Craig, AR. ed. Potash and Phosphate Institute (PPI) – FAR. Pp 1-11.
- Kaimowitz, D. 1995. Livestock and deforestation in Central America in the 80s and 90s: A policy perspective. EPTD. IICA.

- Kass, D. 1998. Fertilidad de suelos. Ed. J Nuñez Solís. San José, CR, EUNED. 272 p.
- Lehmann, J; Schroth, G; Zech, W. 1995. Decomposition and nutrient release from leaves, twigs and roots of three alley-cropped tree legumes in central Togo. *Agroforestry Systems* 29:21-26.
- Lobo, MV; Solano J, JA. 1997. Especies forrajeras liberadas en Costa Rica. Programa de Desarrollo Ganadero y Salud animal, Costa Rica. 69 p.
- MacLennan, S. sf. Pastos y leguminosas en el pacífico Central de Costa Rica. Proyecto de reforestación en fincas Ganaderas MAG/MINAE/ODA, Costa Rica. 35 p.
- McDowell, LR; Conrad, JH; Ellis, GL; Loosli, JK. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal Centro Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, Gainesville y La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. 90 p.
- Mannetje, L. (1997). Potential and prospects of legume-based pastures in the tropics. *Tropical Grasslands* 31: 81-94.
- MIDESAP (Ministerio de desarrollo agropecuario y reforma agraria: dirección general de ingeniería y fomento agropecuario). 1985. Estudios de suelos del área del proyecto lechero héroes de Pancasan, Managua, NIC. Dirección de estudios de base de suelos y aguas, departamento de suelos. 240 p.
- Norgrove, L; Hauser, S. 2000. Leaf properties, litter fall, and nutrient inputs of *Terminalia ivorensis* at different tree stand densities in a tropical timber-food crop multistrata systems. *Canadian Journal of Forest Research* 30:1400-1409.
- Norton, B W; Wilson, H M; Shelton and Hill, K D. 1990. The effect of shade on forage quality . In Shelton and Stur, W W. eds. Forages for Plantation Crops, proceedings of a workshop, Sanur Bali, Indonesia 27 – 29 June.

- Oliveira, OC; Oliveira, IP; Alves, BJR; Urquiaga, S; Boddey, RM. 2004. Chemical and biological indicators of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 103:289-300.
- Orskov, ER. 1990. Alimentación de los rumiantes, principios y práctica. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. 119 p.
- Person, CJ; Ison, RL. 1987. *Agronomy of grassland systems*. New York, US. Cambridge. 169 p.
- Peters, M; Franco, LH; Schmidt, A; Hincapié, B. 2003. Especies forrajeras de doble propósito: opciones para productores de Centroamérica. Cali, CO. CIAT, BMZ, CTZ. 114 p.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles: Módulo de enseñanza agroforestal* N° 2. 2da edición. Turrialba, CR. CATIE/GTZ. 275 p.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. *Sistemas silvopastoriles: Módulo de enseñanza agroforestal* N° 2. Turrialba, CR. CATIE/GTZ. 275 p.
- Rezende, CP; Cantarutti, RB; Braga, JM; Gomide, JA; Pereira, JM; Ferreira, E; Tarré, R; Macedo, R; Alves, BJR; Urquiaga, S; Cadisch, G; Giller, KE; Boddey, RM: 1999. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54:99-112.
- Ribaski, J; Meneses, E. 2002. Disponibilidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. *Agroforestería en las Américas* 9(33-34):8-18.
- Sandoval, I.2006. La producción de hojarasca de dos especies arbóreas y dos gramíneas y su aporte potencial al reciclaje de nutrientes en pasturas en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 120 p.

Sanchez, P.A. 1976. Properties and management of soil in the tropics, John Wiley, New York.

Schroth, G. 2002. Descomposición and nutrient supply from biomass. *In* Schroth, G; Sinclair, FL. eds. Trees, crops and soil fertility: Concepts and methods. Wallingford, Oxon, UK. CABI Publishing. p. 131-159.

Spain, JM; Pereira, JM. 1985. Sistemas de manejo flexible para evaluar germoplasma bajo pastoreo: Una propuesta. *In* Lascano, C; Pizarro, E (eds). Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Red Internacional de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Cali, CO. 292 p.

\_\_\_\_\_; Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pastures. *In* Lascano, C; E; Spain. eds. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Memorias de la VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Veracruz, México, noviembre 1988. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 269 – 283.

Stocking, M; Murnaghan, N. 2001. Handbook for the field assessment of land degradation. Earthscan Publications Ltd. Londres

Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land use in Central America. Turrialba, Costa Rica. 71p.

Thomas, RJ; Asakawa NM. 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology and Biochemistry* 25(10): 1351-1361.

Tothill, JC; Hargreaves, JNG; Jones, RM; McDonald, CK. 1992. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. Queensland, Australia, CSIRO. 23 p.

Trofymow, JA; Moore, T; Titus, B; Prescott, C; Morrison, T; Siltanen, M; Smith, S; Fyles, J; Wein, R; Camire, C; Duschene, L; Kozak, L; Kranabetter, M; Visser, S. 2002. Rates of

litter decomposition over 6 years in Canadian forests: influence of litter quality and climate.  
Canadian Journal of Forest Research 32:789-804.

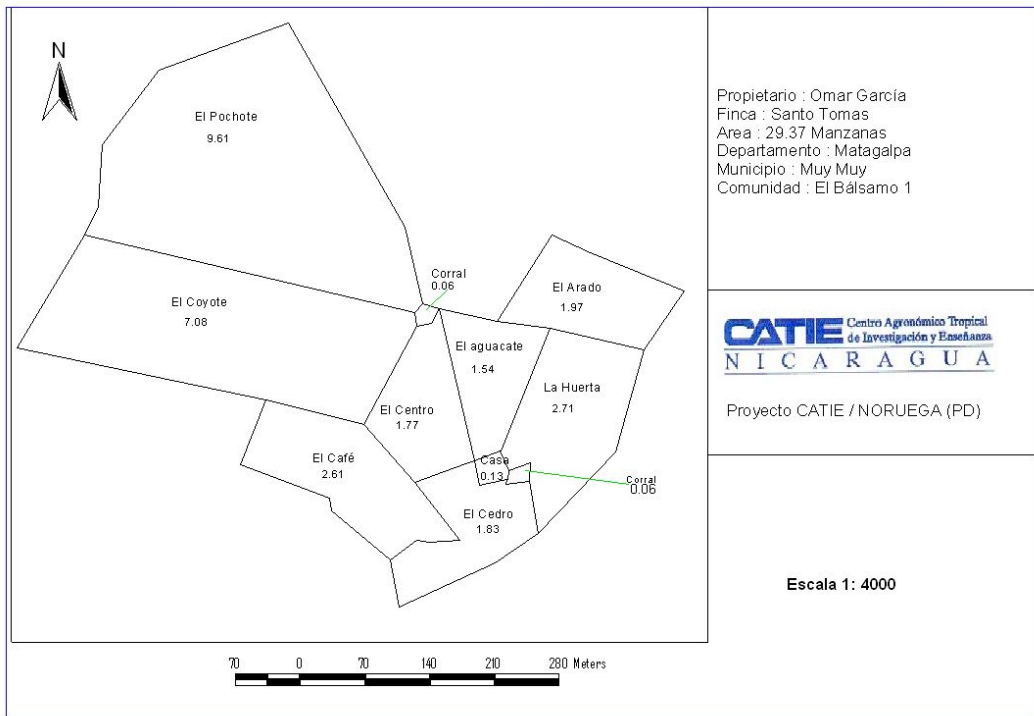
Vallis I, and Gardener C.J. 1984. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 24, 522 – 528.

\_\_\_\_\_, Peake, D.C.I; Jones, R.K; and McCown, R.L. 1985. Aust. J. Agric. Res. 36, 809 – 817.

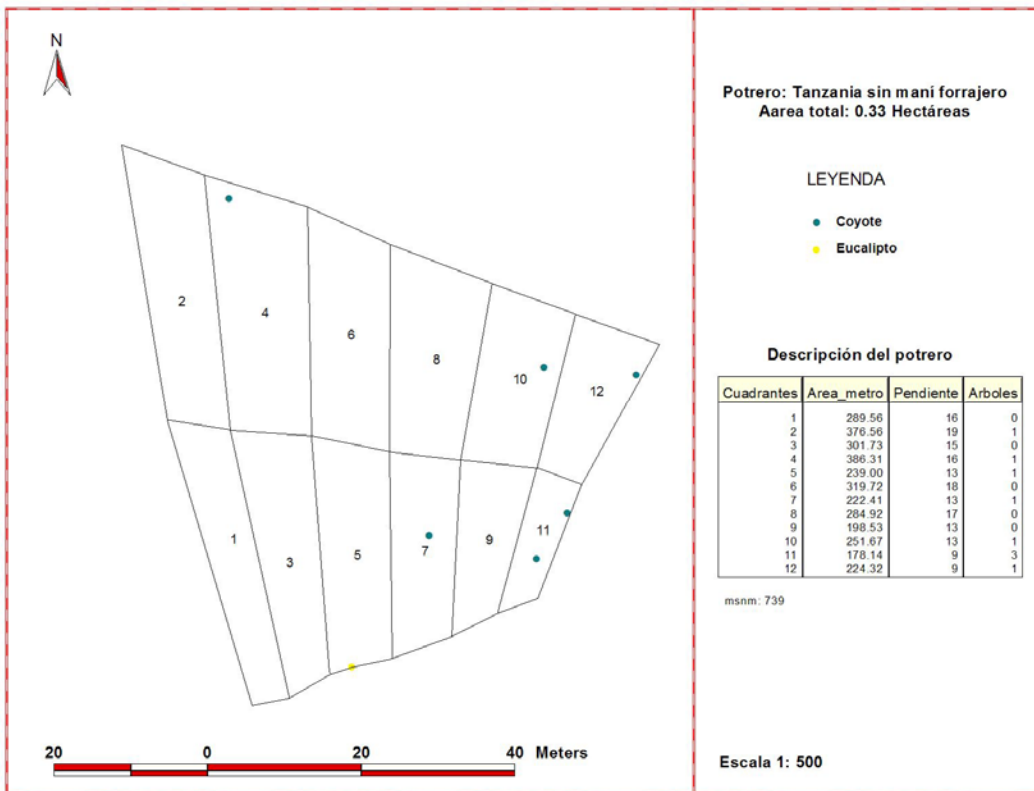
Walstra, P; Jenness, R. 1984. Dairy Chemistry & Physics, Wiley.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Mapa de la Finca Santo Tomás

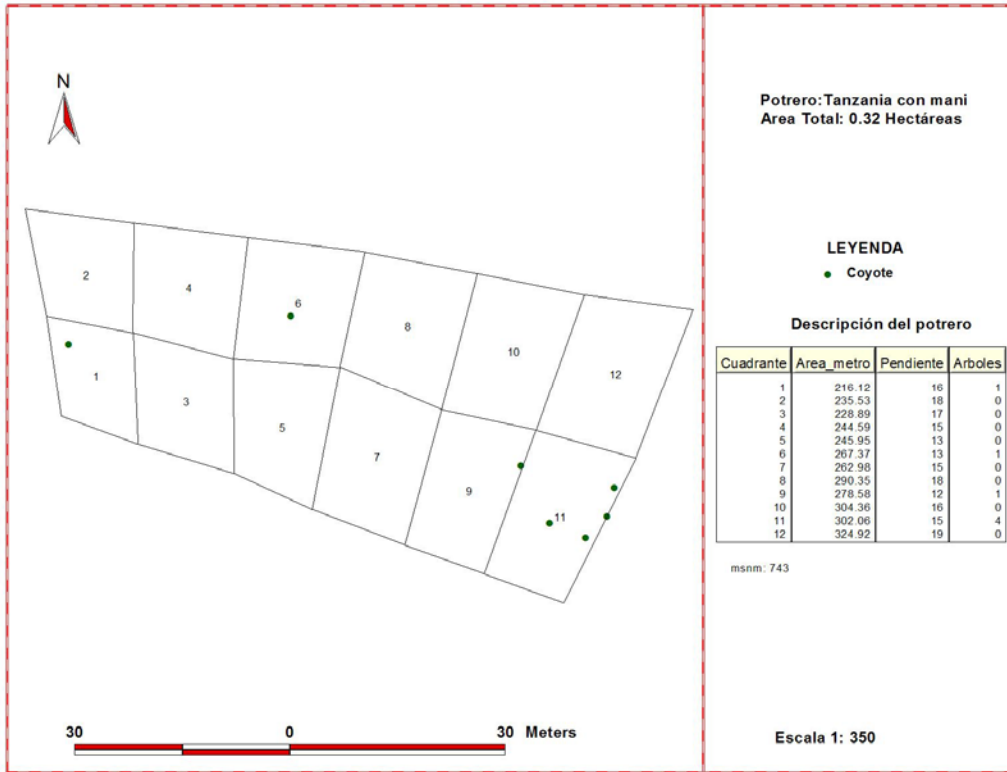


Anexo 2. Mapa de la pastura Tanzania sin maní

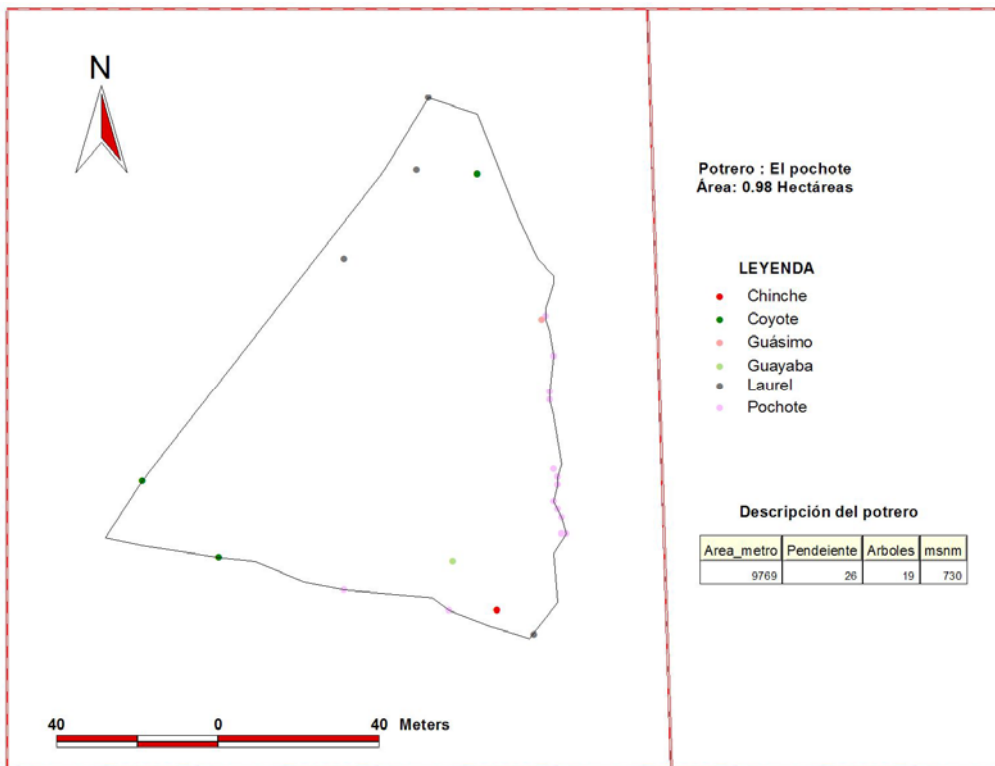




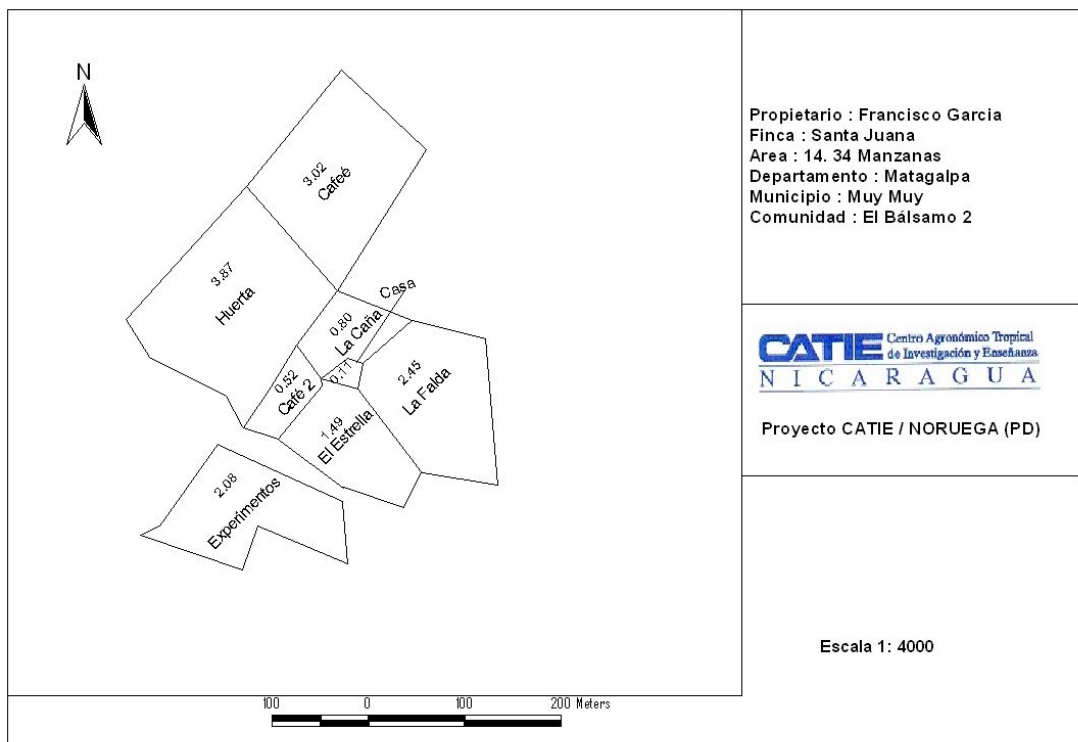
Anexo 3. Mapa de la pastura Tanzania con maní



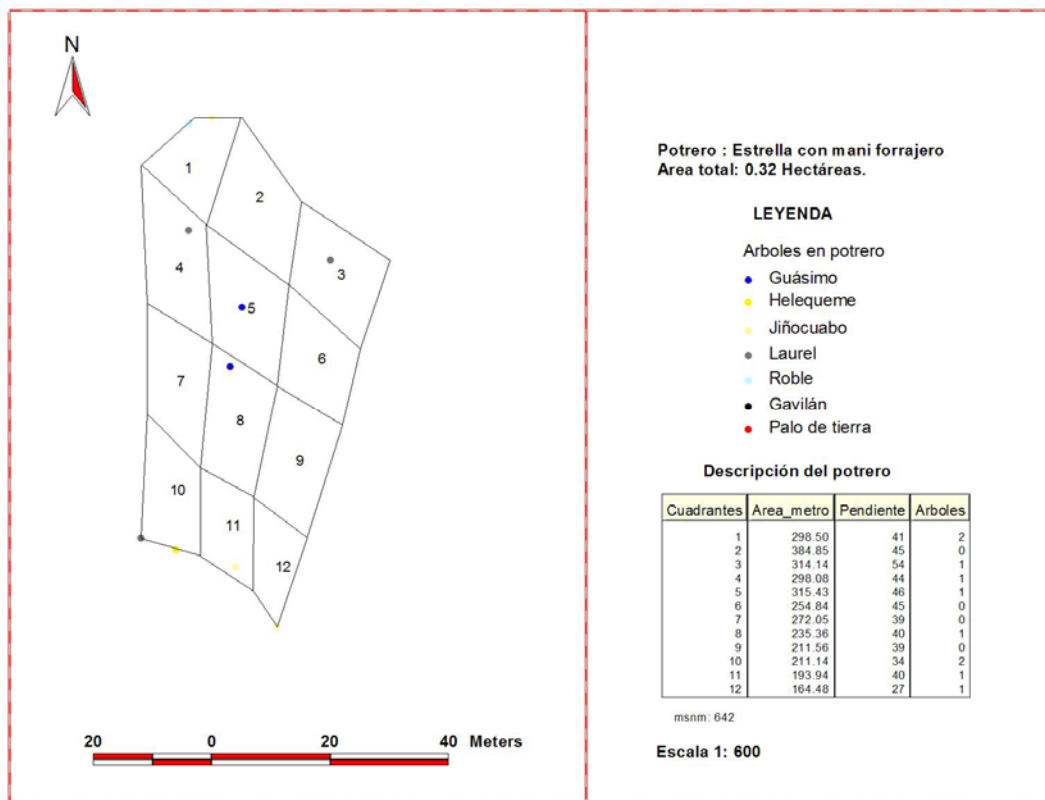
Anexo 4. Mapa de la pastura Tanzania con maní



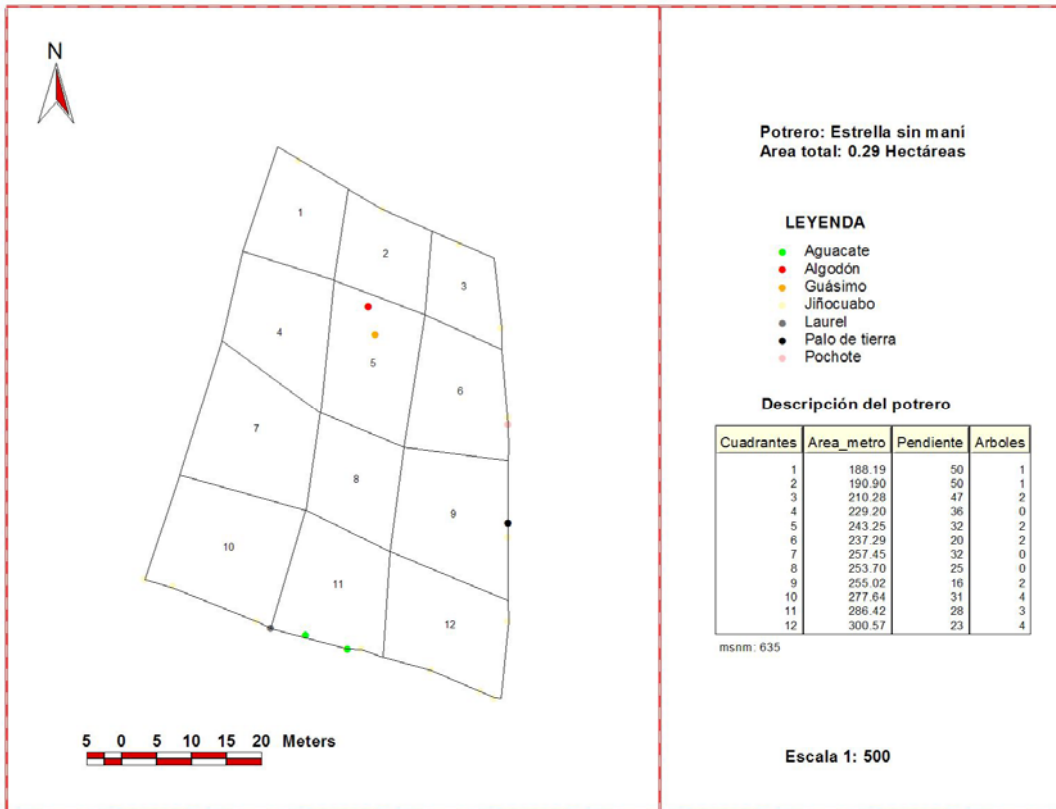
Anexo 5. Mapa de la Finca Santa Juana



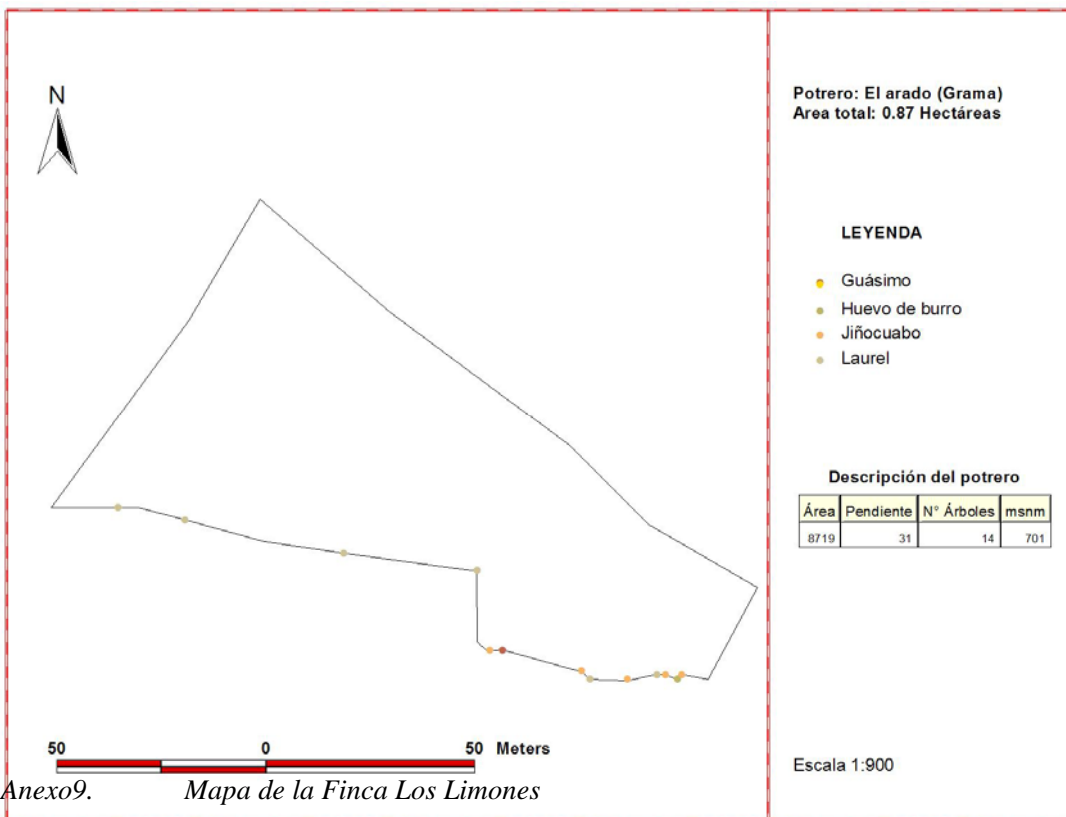
Anexo 6. Mapa de la pastura Estrella con mani



Anexo 7. Mapa de la pastura Estrella sin mani

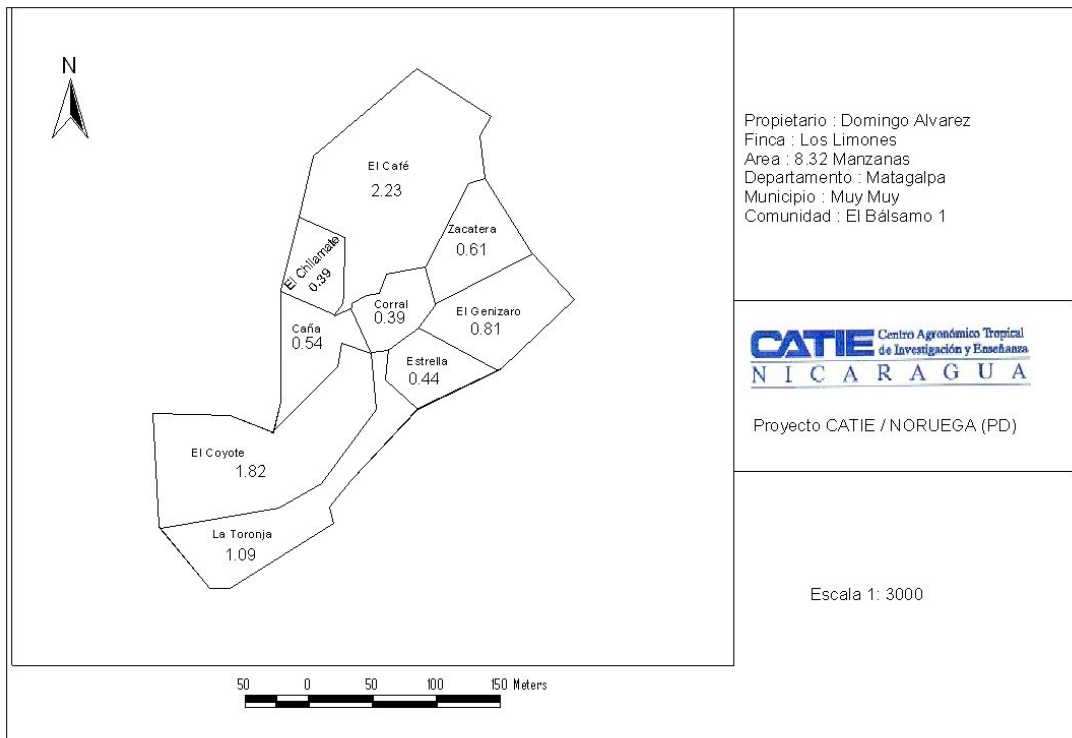


Anexo 8. Mapa de la pastura natural: EL Arado

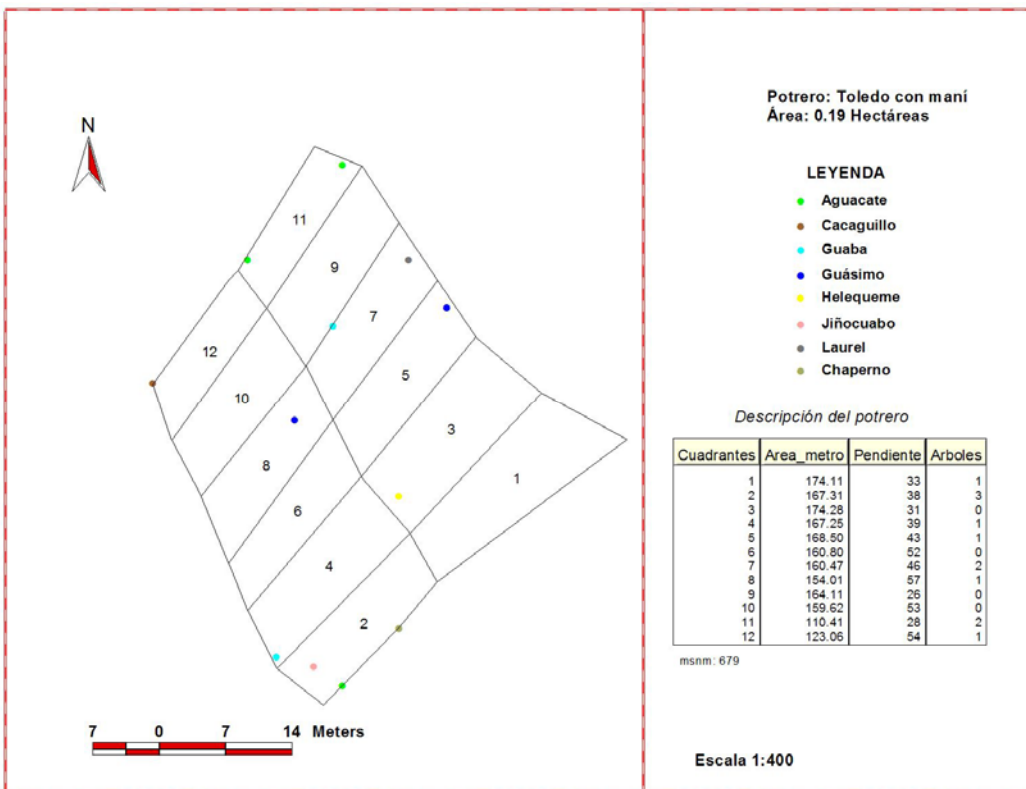


Anexo 9. Mapa de la Finca Los Limones

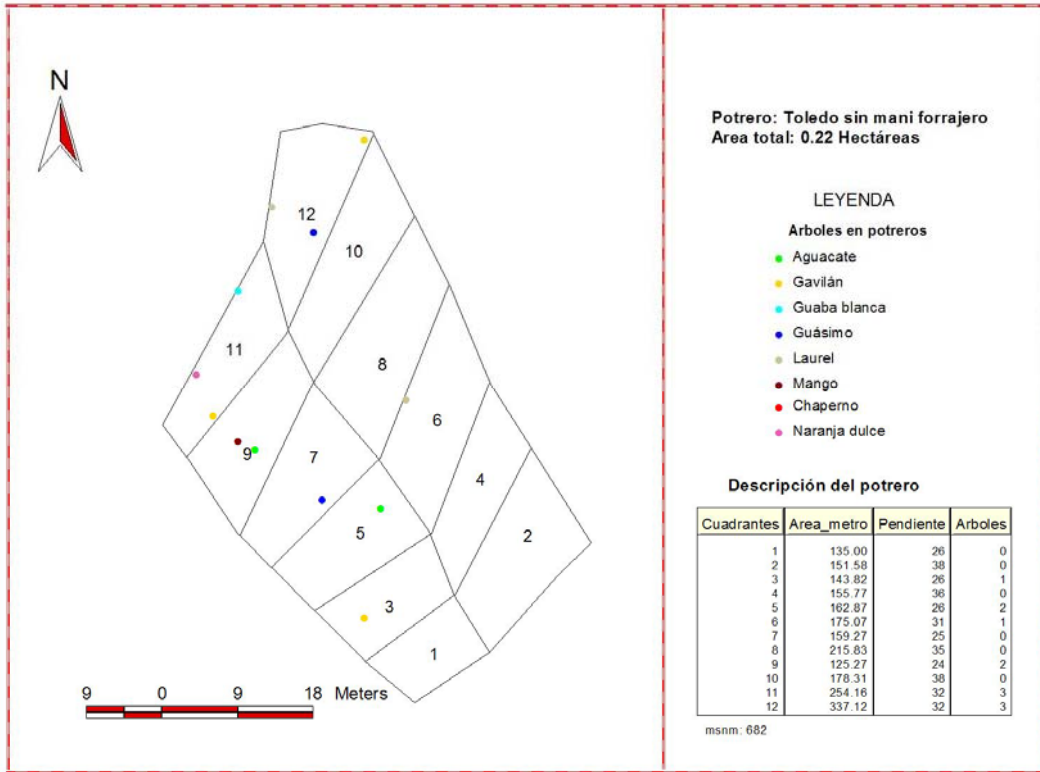
Anexo 9. Mapa de la Finca Los Limones



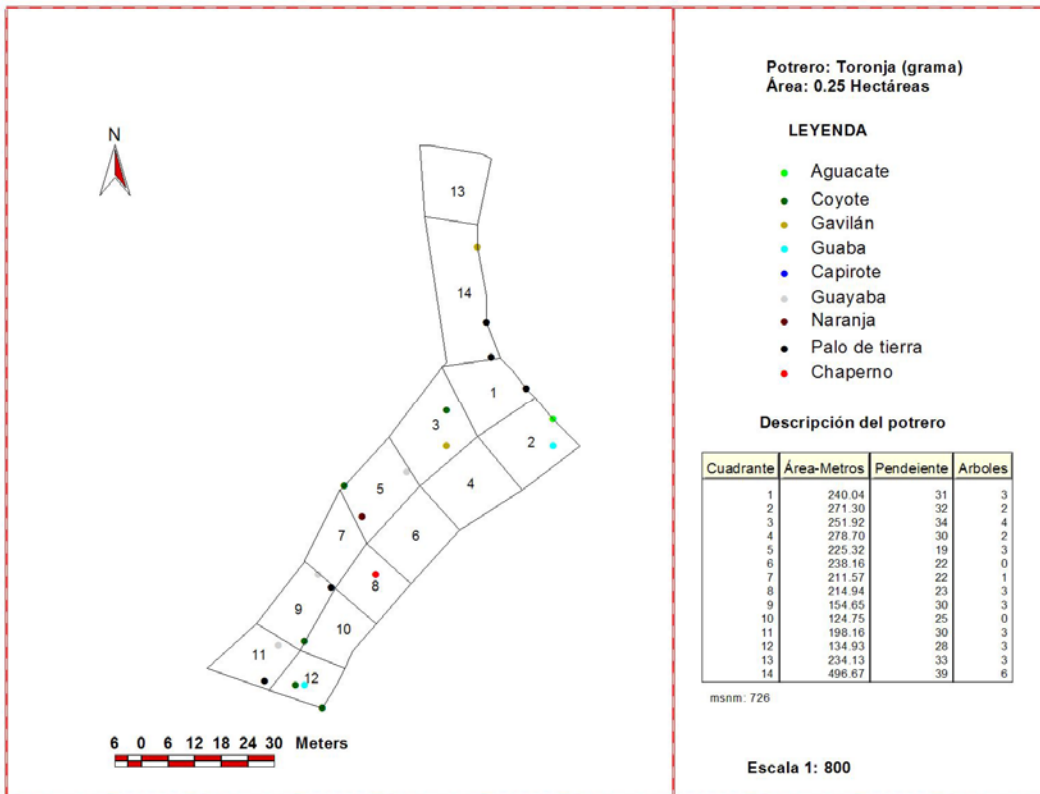
Anexo 10. Mapa de la pastura Toledo con maní



Anexo 11. Mapa de la pastura Toledo sin maní



Anexo 12. Mapa de la pastura natural: El Toronja



Anexo 13. Concentración de nutrientes (%) en heces de las pasturas evaluadas en la Finca Santo Tomás

Pastura	Ciclo	Fecha	N	P	K	Ca	Mg	C
Tanzania sin maní	1	19/03/2007	1.61	0.35	0.66	1.40	0.41	39.62
	2	08/05/2007	1.56	0.29	0.62	1.25	0.46	40.70
	3	19/06/2007	1.57	0.51	0.84	1.00	0.57	38.96
	4	29/07/2007	1.36	0.53	0.80	0.95	0.51	37.40
Tanzania con maní	1	23/03/2007	1.30	0.27	0.46	1.81	0.53	38.49
	2	10/05/2007	1.53	0.26	0.65	1.16	0.50	42.10
	3	24/06/2007	1.55	0.38	0.58	1.18	0.58	38.10
	4	02/08/2007	1.59	0.41	0.62	1.43	0.60	38.73

Anexo 14. Concentración de nutrientes (%) en heces de las pasturas evaluadas en la Finca Santa Juana

Pastura	Ciclo	Fecha	N	P	K	Ca	Mg	C
Estrella sin maní	1	01/03/2007	1.59	0.63	1.20	1.94	0.33	41.89
	2	18/04/2007	1.46	0.53	1.04	1.35	0.36	43.08
	3	24/05/2007	1.41	0.40	0.87	1.61	0.30	43.48
	4	27/06/2007	1.54	0.72	1.19	1.43	0.33	40.53
	5	19/07/2007	1.66	0.72	0.96	1.45	0.38	39.15
Estrella con maní	1	27/02/2007	1.64	0.46	1.00	1.98	0.37	42.22
	2	15/04/2007	1.86	0.43	0.89	1.69	0.49	42.57
	3	22/05/2007	1.63	0.30	0.97	1.76	0.34	42.91
	4	23/06/2007	1.86	0.67	1.08	1.58	0.52	40.97
	5	17/07/2007	1.91	0.95	1.06	2.07	0.49	39.12

Anexo 15. Concentración de nutrientes (%) en heces de las pasturas evaluadas en la Finca Los Limones

Pastura	Ciclo	Fecha	N	P	K	Ca	Mg	C
Toledo sin maní	1	06/03/2007	1.44	0.58	1.17	0.99	0.37	39.85
	2	13/04/2007	1.75	0.60	1.18	0.99	0.40	40.79
	3	21/05/2007	1.36	0.47	0.97	1.02	0.40	41.21
	4	26/06/2007	1.50	0.61	1.25	1.14	0.48	39.54
	5	24/07/2007	1.51	0.62	1.63	0.91	0.43	39.07
Toledo con maní	1	09/03/2007	1.74	0.40	0.74	1.50	0.46	39.71
	2	01/05/2007	1.80	0.39	0.72	2.43	0.60	42.38
	3	20/06/2007	1.86	0.54	0.79	1.95	0.55	42.00
	4	20/07/2007	2.07	0.49	0.79	2.00	0.68	41.45
Pasto natural: El Toronja	1	17/03/2007	1.46	0.31	1.11	0.97	0.37	39.85
	2	25/04/2007	1.58	0.35	0.90	1.25	0.51	39.64
	3	26/05/2007	1.70	0.25	0.79	1.25	0.47	41.01
	4	29/06/2007	1.62	0.37	1.00	1.02	0.49	39.89
	5	27/07/2007	1.42	0.51	1.25	0.85	0.45	39.75

Anexo 16. Concentración de nutrientes (%) en la biomasa forrajera (parte comestible y no comestible) de las pasturas evaluadas en la Finca Santo Tomás

Pastura	Especie	Ciclo	Fecha	Parte_planta	Edad/ rebrote	N	P	K	Ca	Mg	C
Tanzania con maní	Maní	1	19/03/07	Parte comestible	55	2.74	0.13	1.92	1.88	0.39	43.97
		1	19/03/07	Parte no comestible	55	1.73	0.08	1.75	1.32	0.30	43.72
		2	07/05/07	Parte comestible	43	3.02	0.17	2.16	1.94	0.47	44.77
		2	07/05/07	Parte no comestible	43	1.57	0.11	1.96	1.37	0.31	43.62
		3	19/06/07	Parte comestible	40	3.52	0.25	2.91	1.57	0.44	45.18
		3	19/06/07	Parte no comestible	40	1.57	0.17	3.43	1.32	0.36	43.49
		4	29/07/07	Parte comestible	33	3.17	0.25	3.29	1.62	0.44	43.89
		4	29/07/07	Parte no comestible	33	1.58	0.19	3.41	1.46	0.34	42.58
Tanzania con maní	Tanzania	1	19/03/07	Parte comestible	55	1.18	0.24	2.04	0.71	0.41	40.59
		1	19/03/07	Parte no comestible	55	0.36	0.15	0.59	0.39	0.33	42.57
		2	07/05/07	Parte comestible	43	1.38	0.25	2.38	0.55	0.30	43.31
		2	07/05/07	Parte no comestible	43	0.43	0.15	0.44	0.49	0.36	40.68
		3	19/06/07	Parte comestible	40	1.40	0.20	2.57	0.47	0.28	42.55
		3	19/06/07	Parte no comestible	40	0.50	0.14	0.33	0.46	0.28	42.25
		4	29/07/07	Parte comestible	33	1.70	0.21	2.78	0.46	0.29	41.65
		4	29/07/07	Parte no comestible	33	0.64	0.13	1.07	0.53	0.26	40.90
Tanzania sin maní	Tanzania	1	15/03/07	Parte comestible	57	1.03	0.30	1.64	0.70	0.34	40.26
		1	15/03/07	Parte no comestible	57	0.43	0.17	0.34	0.54	0.27	39.26
		2	03/05/07	Parte comestible	45	1.01	0.34	2.04	0.56	0.31	42.19
		2	03/05/07	Parte no comestible	45	0.49	0.22	0.37	0.48	0.29	41.14
		3	14/06/07	Parte comestible	38	1.45	0.30	2.69	0.41	0.27	42.41
		3	14/06/07	Parte no comestible	38	0.47	0.21	0.33	0.46	0.32	41.18
		4	24/07/07	Parte comestible	35	1.45	0.28	2.38	0.45	0.28	40.93
		4	24/07/07	Parte no comestible	35	0.65	0.19	1.02	0.53	0.25	39.77

Pasto natural: El Pochote	Varios	1	04/04/07	Parte comestible	52	1.87	0.20	1.78	0.37	0.31	43.18
		1	04/04/07	Parte no comestible	52	1.32	0.13	0.37	0.50	0.30	40.76
		2	19/05/07	Parte comestible	42	1.49	0.21	1.73	0.32	0.30	43.69
		2	19/05/07	Parte no comestible	42	0.94	0.15	0.72	0.47	0.31	42.84
		3	06/07/07	Parte comestible	46	2.15	0.31	2.84	0.33	0.27	43.74
		3	06/07/07	Parte no comestible	46	1.38	0.17	1.47	0.46	0.19	43.42
		4	03/08/07	Parte comestible <sup>-1</sup>	23	1.70	0.31	2.41	0.29	0.38	43.16
		4	03/08/07	Parte no comestible <sup>-2</sup>	23	1.18	0.19	1.26	0.53	0.35	43.19

<sup>-1</sup>Hojas verdes y tallos tiernos (flexibles)

<sup>-2</sup>Hojas secas y tallos maduros

*Anexo17. Concentración de nutrientes (%) en la biomasa forrajera (parte comestible y no comestible) de las pasturas evaluadas en la Finca Santa Juana*

Pastura	Especie	Ciclo	Fecha	Parte_planta	Edad/ rebrote	N	P	K	Ca	Mg	C
Estrella con maní	Estrella	1	febrero	Parte comestible	38	1.72	0.35	1.72	0.62	0.17	43.22
		1	febrero	Parte no comestible	38	0.93	0.21	0.79	0.45	0.12	42.95
		2	11/04/07	Parte comestible	43	1.42	0.27	1.78	0.50	0.16	43.16
		2	11/04/07	Parte no comestible	43	0.69	0.20	0.87	0.43	0.11	43.89
		3	19/05/07	Parte comestible	34	1.19	0.24	1.48	0.56	0.17	44.04
		3	19/05/07	Parte no comestible	34	0.56	0.22	1.08	0.40	0.13	45.13
		4	20/06/07	Parte comestible	29	1.61	0.34	2.13	0.43	0.16	44.13
		4	20/06/07	Parte no comestible	29	0.82	0.17	0.76	0.45	0.13	44.00
		5	12/07/07	Parte comestible	19	2.88	0.38	2.48	0.44	0.17	43.66
5	12/07/07	Parte no comestible	19	1.09	0.17	1.24	0.32	0.11	43.53		
Estrella con maní	Maní	1	febrero	Parte comestible	38	2.90	0.23	2.03	2.01	0.38	43.98
		1	febrero	Parte no comestible	38	1.46	0.24	1.72	1.58	0.23	43.03
		2	11/04/07	Parte comestible	43	3.05	0.24	2.18	1.89	0.44	44.53
		2	11/04/07	Parte no comestible	43	1.28	0.19	1.90	1.65	0.31	42.95



Estrella con maní	Maní	3	19/05/07	Parte comestible	34	2.67	0.18	1.55	2.15	0.53	45.22
		3	19/05/07	Parte no comestible	34	1.57	0.16	1.65	1.63	0.32	43.27
		4	20/06/07	Parte comestible	29	3.44	0.33	2.70	1.75	0.48	44.92
		4	20/06/07	Parte no comestible	29	1.48	0.29	2.00	1.65	0.26	44.60
		5	12/07/07	Parte comestible	19	3.61	0.32	2.59	1.60	0.48	43.81
		5	12/07/07	Parte no comestible	19	1.60	0.36	2.40	1.31	0.33	42.41
Estrella sin Maní		1	febrero	Parte comestible	39	1.37	0.28	1.41	0.60	0.13	42.69
		1	febrero	Parte no comestible	39	0.99	0.22	0.91	0.51	0.13	42.81
		2	16/04/07	Parte comestible	45	1.63	0.26	1.76	0.51	0.14	43.25
		2	16/04/07	Parte no comestible	45	0.85	0.18	1.03	0.44	0.12	42.03
		3	22/05/07	Parte comestible	33	1.14	0.21	1.54	0.46	0.15	43.97
		3	22/05/07	Parte no comestible	33	0.59	0.19	0.96	0.35	0.10	44.49
		4	23/06/07	Parte comestible	31	1.52	0.32	2.07	0.44	0.15	43.61
		4	23/06/07	Parte no comestible	31	0.78	0.18	0.78	0.40	0.11	43.75
		5	16/07/07	Parte comestible	20	1.42	0.32	1.69	0.41	0.14	43.37
5	16/07/07	Parte no comestible	20	0.66	0.17	0.73	0.35	0.10	44.77		
Pasto natural: El Arado	Varios	1	24/04/07	Parte comestible	40	1.36	0.25	2.06	0.64	0.30	41.52
		1	24/04/07	Parte no comestible	40	0.43	0.13	0.55	0.45	0.24	41.74
		2	06/06/07	Parte comestible	39	1.97	0.29	2.58	0.52	0.29	42.75
		2	06/06/07	Parte no comestible	39	0.83	0.16	0.38	0.54	0.29	40.09
		3	03/07/07	Parte comestible	20	1.54	0.28	2.41	0.32	0.29	42.21
		3	03/07/07	Parte no comestible	20	1.06	0.19	1.40	0.49	0.32	41.79
		4	18/07/07	Parte comestible <sup>-1</sup>	12	1.50	0.37	2.85	0.30	0.29	42.11
		4	18/07/07	Parte no comestible <sup>-2</sup>	12	0.96	0.18	1.08	0.52	0.31	40.90

<sup>-1</sup>Hojas verdes y tallos tiernos (flexibles)

<sup>-2</sup>Hojas secas y tallos maduros

Anexo 18. Concentración de nutrientes (%) en la biomasa forrajera (parte comestible y no comestible) de las pasturas evaluadas en la Finca Los Limones

Tratamiento	Especie	Ciclo	Fecha	parte_planta	Edad rebrote	N	P	K	Ca	Mg	C
Pasto natural: El Toronja	Gramma	1	12/03/07	Parte comestible	33	1.15	0.19	1.14	0.45	0.28	42.38
		2	19/04/07	Parte comestible	32	0.87	0.10	0.31	0.47	0.27	41.18
		2	19/04/07	Parte no comestible	32	1.65	0.23	1.54	0.38	0.27	42.68
		3	22/05/07	Parte comestible	27	1.56	0.18	2.02	0.40	0.25	44.03
		3	22/05/07	Parte no comestible	27	0.91	0.08	0.37	0.57	0.27	42.62
		4	26/06/07	Parte comestible	29	2.15	0.28	1.97	0.30	0.30	44.08
		4	26/06/07	Parte no comestible	29	1.04	0.10	0.36	0.60	0.29	42.11
		5	24/07/07	Parte comestible	22	1.83	0.26	1.91	0.30	0.32	43.10
Toledo con maní	Maní	5	24/07/07	Parte no comestible	22	1.18	0.14	0.57	0.61	0.33	41.80
		1	marzo	Parte no comestible	30	3.02	0.20	2.33	1.91	0.35	43.09
		1	marzo	Parte no comestible	30	1.41	0.16	2.27	1.46	0.18	42.60
		2	25/04/07	Parte no comestible	47	2.94	0.21	2.76	1.68	0.42	45.00
		2	25/04/07	Parte no comestible	47	1.79	0.15	2.28	1.27	0.23	43.73
		3	15/06/07	Parte no comestible	45	3.10	0.24	2.75	1.72	0.39	45.61
		3	15/06/07	Parte no comestible	45	1.45	0.19	2.48	1.51	0.24	44.26
		4	16/07/07	Parte no comestible	26	3.80	0.28	2.80	1.57	0.44	45.42
Toledo con maní	Toledo	4	16/07/07	Parte no comestible	26	1.75	0.27	3.10	1.42	0.29	43.48
		1	marzo	Parte comestible	30	1.66	0.25	2.39	0.37	0.21	43.01
		1	marzo	Parte no comestible	30	0.68	0.15	1.18	0.27	0.17	42.57
		2	25/04/07	Parte comestible	47	1.49	0.22	2.37	0.44	0.23	43.57
		2	25/04/07	Parte no comestible	47	0.59	0.12	0.88	0.43	0.19	42.51
		3	15/06/07	Parte comestible	45	1.38	0.26	2.48	0.38	0.16	43.65
		3	15/06/07	Parte no comestible	45	0.62	0.12	0.57	0.48	0.18	42.58
		4	16/07/07	Parte comestible	26	1.72	0.32	2.71	0.44	0.22	43.18
Toledo sin maní	Toledo	4	16/07/07	Parte no comestible	26	0.61	0.10	0.54	0.47	0.17	42.91
		1	febrero	Parte comestible	35	1.92	0.22	2.16	0.44	0.26	42.49
		1	febrero	Parte no comestible	35	0.94	0.15	0.76	0.34	0.18	41.50

Toledo sin maní	Toledo	2	05/04/07	Parte comestible	30	1.38	0.26	2.20	0.33	0.20	42.93
		2	05/04/07	Parte no comestible	30	0.42	0.12	0.47	0.30	0.14	42.20
		3	16/05/07	Parte comestible	35	1.08	0.18	1.93	0.36	0.23	43.59
		3	16/05/07	Parte no comestible	35	0.49	0.12	0.60	0.35	0.20	42.56
		4	21/06/07	Parte comestible	29	1.42	0.27	2.65	0.37	0.21	43.93
		4	21/06/07	Parte no comestible	29	0.42	0.12	0.35	0.32	0.15	44.89
		5	20/07/07	Parte comestible	24	1.10	0.24	2.30	0.34	0.20	42.91
		5	20/07/07	Parte no comestible	24	0.50	0.11	0.30	0.39	0.17	41.61

Anexo 19. Concentración de nutrientes (%) en la hojarasca de las pasturas evaluadas en la Finca Los Limones

Tratamiento	Especie	Condición	Ciclo	Fecha	Parte_planta	Ca	Mg	K	P	N	C	Cenizas
Toledo con maní	Maní	Sin sombra	1	febrero	Hojas	1.49	0.40	0.68	0.19	2.25	39.58	20.33
			2	27/03/07	Hojas	2.44	0.45	0.73	0.14	2.15	40.12	
			3	Abril y mayo	Tallos	1.37	0.21	1.15	0.16	1.55	41.95	
			3	01/05/07	Hojas	2.49	0.43	1.35	0.15	2.52	41.40	
			4	06-07	Tallos	2.17	0.23	0.24	0.14	1.34	43.17	
			4	06-07	Hojas	2.90	0.39	0.53	0.13	1.87	40.08	
			5	07-07	Tallos	1.49	0.23	0.14	0.08	1.18	36.95	
Toledo con maní	Maní	Con sombra	5	07-07	Hojas	2.61	0.42	0.29	0.11	1.48	33.35	
			3	01/05/07	Hojas	2.16	0.39	1.49	0.17	2.53	42.12	
			3	01/05/07	Tallos	1.01	0.23	1.93	0.18	1.39	42.72	
			4	06-07	Tallos	1.13	0.17	0.29	0.10	1.13	43.72	
			4	06-07	Hojas	2.87	0.38	0.60	0.15	2.28	41.30	
			5	27/03y18/07-07	Tallos	1.39	0.18	0.48	0.14	1.20	39.10	
Toledo con maní	Toledo	Sin sombra	5	11y 18-07-07	Hojas	2.50	0.38	0.45	0.15	1.83	31.77	
			1	febrero	Hojas	0.64	0.19	0.40	0.11	0.99	40.13	17.20
			1	febrero	Tallos	0.46	0.12	0.34	0.09	0.80	43.94	10.19
			2	27/03/07	Hojas	0.63	0.21	0.34	0.09	0.87	39.32	

Toledo con maní	Toledo	Sin sombra	2	27/03/07	Tallos	0.39	0.14	0.30	0.07	0.63	43.69	
			3	01/05/07	Hojas	0.72	0.21	0.59	0.13	1.02	41.01	
			3	01/05/07	Tallos	0.50	0.15	0.42	0.11	0.86	43.05	
			4	07y14-06-07	Tallos	0.43	0.14	0.24	0.08	0.69	43.57	
			4	07y14-06-07	Hojas	0.81	0.23	0.30	0.11	0.97	39.59	
			5	11y 18-07-07	Tallos	0.45	0.17	0.20	0.14	0.59	42.81	
			5	11y 18-07-07	Hojas	0.68	0.21	0.20	0.11	0.78	39.46	
Toledo con maní	Toledo	Con sombra	1	febrero	Hojas	0.52	0.17	0.40	0.11	0.96	40.79	16.74
			1	febrero	Tallos	0.38	0.12	0.33	0.11	0.80	44.10	10.62
			2	27/03/07	Hojas	0.56	0.18	0.41	0.12	1.08	40.63	
			2	27/03/07	Tallos	0.35	0.10	0.31	0.08	0.78	45.04	
			3	01/05/07	Hojas	0.53	0.20	0.69	0.12	1.08	40.13	
			3	01/05/07	Tallos	0.40	0.15	0.44	0.11	0.97	42.87	
			4	07y14-06-07	Tallos	0.56	0.15	0.32	0.09	1.07	44.38	
			4	07y14-06-07	Hojas	0.78	0.22	0.35	0.12	1.33	40.69	
			5	11y 18-07-07	Tallos	0.39	0.15	0.21	0.07	0.61	42.95	
5	11y 18-07-07	Hojas	0.66	0.20	0.24	0.11	0.97	40.04				
Toledo sin maní	Toledo	Sin sombra	1	febrero	Hojas	0.60	0.21	0.31	0.08	0.81	38.47	19.93
			1	febrero	Tallos	0.24	0.11	0.23	0.06	0.49	44.52	8.20
			2	27/03/07	Hojas	0.55	0.20	0.25	0.09	0.82	38.93	
			2	27/03/07	Tallos	0.22	0.10	0.19	0.06	0.46	44.90	
			3	01/05/07	Hojas	0.53	0.27	0.39	0.12	0.83	39.83	
			3	05/05/07	Tallos	0.23	0.10	0.30	0.08	0.57	45.43	
			4	07y14-06-07	Tallos	0.28	0.13	0.14	0.06	0.52	43.55	
			4	07y14-06-07	Hojas	0.61	0.23	0.15	0.09	0.83	37.07	
			5	11y 18-07-07	Tallos	0.24	0.12	0.14	0.06	0.43	44.00	
5	11y 18-07-07	Hojas	0.55	0.22	0.15	0.08	0.61	36.86				
Toledo sin maní	Toledo	Con sombra	1	febrero	Hojas	0.55	0.19	0.43	0.08	1.04	40.52	16.53
			1	febrero	Tallos	0.37	0.13	0.26	0.07	0.80	44.55	10.48
			2	27/03/07	Hojas	0.53	0.20	0.33	0.09	1.05	39.96	
			2	27/03/07	Tallos	0.26	0.12	0.29	0.06	0.63	44.29	

Toledo sin maní	Toledo	Con sombra	3	01/05/07	Hojas	0.50	0.20	0.37	0.09	0.92	40.17	
			3	01/05/07	Tallos	0.29	0.14	0.31	0.07	0.70	42.85	
			4	07y14-06-07	Tallos	0.28	0.13	0.15	0.06	0.61	44.73	
			4	07y14-06-07	Hojas	0.60	0.25	0.21	0.10	0.90	38.71	
			5	11y 18-07-07	Tallos	0.20	0.13	0.10	0.07	0.48	44.85	
			5	11y 18-07-07	Hojas	0.75	0.28	0.15	0.22	0.69	37.46	
Pasto natural: EL Toronja	Gramma	Sin sombra	1	febrero	Hojas y tallos	0.79	0.30	0.17	0.12	0.89	32.75	31.36
			2	27/03/07	Hojas y tallos	0.66	0.29	0.13	0.09	0.85	37.47	
			3	01/05/07	Hojas y tallos	0.57	0.29	0.24	0.12	0.86	39.56	
			4	07y14-06-07	Hojas y tallos	0.73	0.38	0.19	0.11	1.08	33.57	
			5	11y 18-07-07	Hojas y tallos	0.64	0.29	0.13	0.10	0.91	32.95	
Pasto natural: EL Toronja	Gramma	Con sombra	1	febrero	Hojas y tallos	0.79	0.30	0.25	0.13	1.28	34.32	29.30
			2	27/03/07	Hojas y tallos	0.64	0.29	0.23	0.11	1.11	35.50	
			3	01/05/07	Hojas y tallos	0.65	0.27	0.31	0.11	1.10	38.91	
			4	07y14-06-07	Hojas y tallos	0.67	0.34	0.20	0.10	1.13	37.22	
			5	11y 18-07-07	Hojas y tallos	0.70	0.31	0.18	0.11	1.08	29.74	

Anexo 20. Concentración de nutrientes (%) en la hojarasca de las pasturas evaluadas en la Finca Santo Tomás

Tratamiento	Especie	Ciclo	Fecha	Parte_planta	Ca	Mg	K	P	N	C	Cenizas
Tanzania con maní	Maní	1	febrero	Hojas	2.18	0.43	0.74	0.17	2.23	42.34	14.13
		2	28/03/07	Hojas	2.32	0.37	0.75	0.12	2.38	43.53	
		3	02/05/07	Hojas	2.62	0.44	1.09	0.13	2.26	42.59	
		3	Abril y mayo	Tallos	1.22	0.21	1.01	0.11	1.36	42.83	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Tallos	1.72	0.35	0.98	0.15	2.05	42.32	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Hojas	2.33	0.45	0.55	0.18	2.29	38.84	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Hojas	2.18	0.38	0.49	0.14	1.77	34.60	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Tallos	1.57	0.28	0.20	0.11	2.12	44.09	
Tanzania con maní	Tanzania	1	febrero	Tallos	0.46	0.20	0.21	0.10	0.71	42.36	13.14
		1	febrero	Hojas	0.64	0.23	0.27	0.12	0.92	39.48	17.90
		2	28/03/07	Hojas	0.61	0.27	0.37	0.14	0.70	39.84	
		2	28/03/07	Tallos	0.25	0.20	0.31	0.10	0.42	43.87	
		3	02/05/07	Hojas	0.56	0.19	0.40	0.11	0.97	40.63	
		3	02/05/07	Tallos	0.27	0.22	0.24	0.11	0.51	44.04	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Tallos	0.36	0.24	0.14	0.08	0.55	43.23	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Hojas	0.60	0.33	0.15	0.13	0.80	39.16	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Hojas	0.55	0.25	0.15	0.14	0.74	38.65	
5	12 y 19 - 07 - 07	Tallos	0.34	0.21	0.15	0.12	0.57	42.55			
Tanzania sin maní	Tanzania	1	febrero	Tallos	0.34	0.21	0.20	0.13	0.65	42.02	12.36
		1	febrero	Hojas	0.62	0.22	0.21	0.12	0.88	38.82	19.41
		2	28/03/07	Hojas	0.61	0.31	0.30	0.18	0.77	37.21	
		2	28/03/07	Tallos	0.31	0.23	0.31	0.13	0.52	43.16	
		3	02/05/07	Hojas	0.50	0.24	0.34	0.13	0.63	40.33	
		3	02/05/07	Tallos	0.30	0.21	0.23	0.12	0.47	43.45	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Tallos	0.31	0.17	0.21	0.08	0.49	44.03	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Hojas	0.57	0.25	0.17	0.14	0.73	37.21	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Hojas	0.55	0.22	0.15	0.12	0.76	38.44	
5	12 y 19 - 07 - 07	Tallos	0.31	0.18	0.13	0.08	0.52	43.97			

Anexo 21. Concentración de nutrientes (%) en la hojarasca de las pasturas evaluadas en la Finca Santa Juana

Tratamiento	Especie	Ciclo	Fecha	Parte_planta	Ca	Mg	K	P	N	C	Cenizas
Estrella con maní	Estrella	1	febrero	Hojas	0.71	0.18	0.32	0.16	1.09	39.95	18.57
		1	febrero	Tallos	0.44	0.12	0.22	0.11	0.80	43.34	12.19
		2	28/03/07	Hojas	0.78	0.20	0.32	0.16	1.14	40.52	
		2	28/03/07	Tallos	0.25	0.08	0.17	0.07	0.61	46.56	
		3	02/05/07	Hojas	0.70	0.17	0.36	0.13	1.01	42.84	
		3	09/05/07	Tallos	0.36	0.09	0.26	0.09	0.73	46.28	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Tallos	0.59	0.15	0.19	0.09	0.88	44.39	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Hojas	1.02	0.23	0.23	0.13	1.39	39.34	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Hojas	0.69	0.20	0.26	0.13	1.16	37.64	
5	12 y 19 - 07 - 07	Tallos	0.38	0.11	0.23	0.08	0.75	45.30			
Estrella con maní	Maní	1	febrero	Hojas	2.31	0.39	0.98	0.14	2.23	43.04	11.94
		2	28/03/07	Hojas	2.46	0.36	0.78	0.13	2.02	43.14	
		2	28/03/07	Tallos	1.29	0.23	0.92	0.15	1.35	43.95	
		3	09/05/07	Hojas	2.50	0.32	0.73	0.13	1.79	42.68	
		4	02/05,08y15/06-07	Tallos	1.51	0.23	0.89	0.16	1.40	43.80	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Hojas	2.50	0.42	0.38	0.16	2.04	37.64	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Hojas	1.49	0.39	1.04	0.19	2.36	34.18	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Tallos	1.43	0.26	1.76	0.22	1.64	38.63	
Estrella sin maní	Estrella	1	febrero	Hojas	0.60	0.12	0.25	0.11	0.91	41.96	14.37
		1	febrero	Tallos	0.31	0.08	0.19	0.06	0.65	45.61	6.97
		2	28/03/07	Hojas	0.48	0.10	0.26	0.11	0.83	43.64	
		2	28/03/07	Tallos	0.29	0.09	0.17	0.08	0.67	45.57	
		3	02/05/07	Tallos	0.29	0.09	0.32	0.10	0.54	46.07	
		3	09/05/07	Hojas	0.57	0.14	0.29	0.12	0.88	42.57	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Tallos	0.38	0.11	0.16	0.09	0.62	45.28	
		4	08 y 15 - 06 - 07	Hojas	0.73	0.17	0.20	0.12	1.08	38.09	
		5	12 y 19 - 07 - 07	Hojas	0.58	0.13	0.26	0.11	0.96	40.21	
5	12 y 19 - 07 - 07	Tallos	0.33	0.10	0.17	0.09	0.63	45.56			

