



Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Efecto de los árboles aislados sobre características del suelo en sistemas  
silvopastoriles en Rivas, Nicaragua

por

Flor María Rodríguez Baltodano

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

*Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2011

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación 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:**



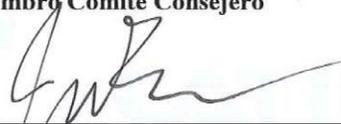
---

Andreas Nieuwenhuys, Ph.D.  
**Consejero Principal**



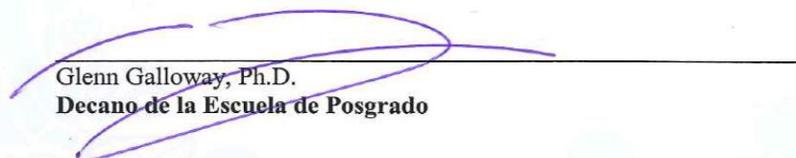
---

Muhammad Ibrahim, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



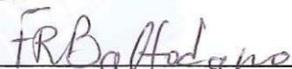
---

John Beer, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Glenn Galloway, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Flor María Rodríguez Baltodano  
**Candidata**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, primero a Jesús, a mi familia y a mis amig@s

A Dios Padre Celestial por darme la vida y fortaleza para seguir mis proyectos de vida.

A mis amados padres: Juanita y Alejandro. A mis hermanos: Claudia, Allan; por su infinito amor, apoyo y paciencia durante estos dos años.

A mi hermanito Harry Alexander, un angelito que vela por mí y mi familia todos los días de nuestras vidas.

A mis lindos y adorados sobrinitos: Andrea Lucía y Allan José, a quienes amo con todo mi corazón.

A todos y todas aquellas personas, quienes de una u otra forma me brindaron sus valiosos consejos y apoyo personal y profesional de forma incondicional que contribuyeron en el logro de este objetivo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto *Trees as Drivers of Silvopastoral System Function in the Neotropics* (SILPAS), con financiamiento del *Research Council* de Noruega, el cual financió este estudio y es ejecutado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), a través del Programa de Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA).

A mi profesor consejero, Dr. Andreas Nieuwenhuyse, por sus acertados y valiosos aportes académicos, paciencia, amistad y tiempo para el buen curso de cada fase de esta investigación. A los miembros del comité consejero, Dr. Muhammad Ibrahim y Dr. John Beer por sus valiosos consejos; los cuales contribuyeron a nuevos conocimientos para la buena conducción y desarrollo de la investigación.

A los profesores, Graciela Rusch, Pere Casals y Fernando Casanoves, por su tiempo, paciencia, revisión y valiosas contribuciones a esta investigación.

Al personal de CATIE – Nicaragua por la facilitación de logística durante los siete meses de mi estadía para el buen desarrollo de mi fase de campo en Rivas Nicaragua, y a los asistentes de campo Sulma y Gerald; quienes me acompañaron en las largas jornadas de trabajo de campo y mostraron siempre su buena disposición para apoyarme en esta fase.

A todas y todos los productores de Mata de Caña, Cantimplora, San Marcos-Cantimplora (Belén) y La Chocolate (Rivas), quienes me brindaron todo su apoyo, humildad, disposición y tiempo para que pudiera realizar mi trabajo de campo de forma efectiva; especialmente quiero agradecer a doña Imelda, Roberto, Imar, Giorgio, don Justo Emilio, don Noelito, don Santiago, Danilo, Don Benito, y don Francisco.

Al personal del Programa de Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA por su apoyo, amistad y amabilidad durante mi estadía en CATIE. Al personal de la Biblioteca Orton-CATIE, por su amabilidad, atención y espíritu de servicio.

A mis amig@s con mucho cariño y compañer@s de la Maestría de Agroforestería: Nelson, Jéssica, Erick, Ditter, Tinoco, Frank, Diana, Carlos, Pedro y Erwid; gracias por su invaluable apoyo, consejos y amistad durante estos dos años de crecimiento académico, profesional y personal; los llevaré siempre en mi memoria.

A mis amigos y colegas del Instituto de Investigación y Desarrollo Ntlapan, por incentivar me siempre a seguir creciendo personal y profesionalmente.

A todas las personas más cercanas en mi vida, quienes me han motivado a seguir adelante en mis proyectos de vida.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació un 28 de agosto en la Ciudad de Managua, Nicaragua. En 1985 ingresó a la Universidad Centroamericana, graduándose como Ecóloga en enero de 1990. Posteriormente, trabajó como investigadora en el área de recursos forestales del Banco de Semillas Forestales de Nicaragua en conjunto con el CATIE hasta octubre de 1997. Luego, fue consultora en el área de manejo de semillas y plantaciones forestales con productores agropecuarios privados. Posteriormente, laboró en el seguimiento de proyectos forestales y de rehabilitación agrícola para el Programa de Pequeñas Donaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Finalmente, como investigadora en el Área de Gestión de Recursos Naturales del Instituto de Investigación y Desarrollo (NITLAPAN-UCA) en temáticas sobre cadenas de valor y mercado de productos agropecuarios, institucionalidad de recursos naturales forestales y caracterizaciones agrarias hasta el 2008. En el 2009-2010, como alumna de la Escuela de Posgrado del CATIE, en la Maestría de Agroforestería Tropical, realizando su trabajo de investigación con el Programa de Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA).

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	VI
CONTENIDO .....	VII
RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	XI
ÍNDICE DE CUADROS .....	XII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XIV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos del estudio .....	3
1.1.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
Hipótesis del estudio.....	3
2 MARCO CONCEPTUAL.....	4
Los sistemas silvopastoriles y la intensificación de la ganadería .....	4
Flujo de nutrientes en sistemas silvopastoriles .....	5
Productividad de las pasturas y su efecto en el flujo de nutrientes .....	7
Ecosistema de un potrero.....	8
Árboles dispersos en potreros .....	9
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Características principales del área de estudio.....	10
Localización geográfica.....	10
Relieve, suelos y clima .....	11
Caracterización agroecológica .....	12
Criterios para la selección de potreros.....	13
Selección de las especies estudiadas .....	14
3.1.1 <i>Descripción de las especies arbóreas estudiadas</i> .....	14
Toma de muestras de suelo para análisis .....	18
Método para caracterizar la vegetación herbácea .....	20
Muestreo de hojas, flores y frutos .....	20
Método análisis de muestras de suelo y vegetales en laboratorio .....	21
Método para determinar la influencia del ganado .....	22
Método para análisis de datos .....	22

4	RESULTADOS .....	23
	Características generales de los suelos estudiados .....	23
	Diferencias en las características del suelo entre las diferentes subzonas de muestreo .....	24
	Influencia de la presencia de árboles en las características del suelo .....	25
	4.1.1 <i>Carbono (C)</i> .....	26
	4.1.2 <i>Nitrógeno</i> .....	27
	4.1.3 <i>pH del suelo</i> .....	29
	4.1.4 <i>Fósforo (P-Olsen)</i> .....	30
	4.1.5 <i>Potasio (K)</i> .....	32
	4.1.6 <i>Calcio (Ca)</i> .....	33
	4.1.7 <i>Magnesio (Mg)</i> .....	35
	4.1.8 <i>Correlación entre nutrientes</i> .....	36
	4.1.9 <i>Influencia del ganado bajo los árboles y en pastura abierta</i> .....	39
	4.1.10 <i>Mapeo de bostas</i> .....	40
	4.1.10.1 <i>Descripción de potreros</i> .....	41
	4.1.11 <i>Composición herbácea bajo copa y en pastura abierta</i> .....	42
5	DISCUSIÓN GENERAL.....	46
6	CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO.....	48
7	RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS.....	49
8	BIBLIOGRAFÍA .....	50
	ANEXOS .....	54

**Rodríguez Baltodano F.M.** 2010. Efecto de los árboles dispersos sobre las características del suelo en sistemas silvopastoriles en Rivas, Nicaragua. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. **frodriquez@catie.ac.cr**

Palabras claves: suelos, vertisoles, Belén, Rivas, silvopastoriles, potreros, contenido nutrientes, bostas, *Guazuma ulmifolia*, *Crescentia alata*.

## RESUMEN

En esta investigación se estudia si la presencia de árboles aislados en sistemas silvopastoriles afecta algunas características en las capas superficiales del suelo en los Municipios de Belén, Rivas y San Juan del Sur, en la zona sur de Nicaragua. Las especies arbóreas estudiadas fueron *Crescentia alata* Kunth (Jícara sabanero) y *Guazuma ulmifolia* Lam. (Guácimo de ternero). Fueron seleccionados 36 y 20 árboles aislados de ambas especies respectivamente en potreros donde hubo variabilidad mínima en los suelos bajo la copa y fuera de ella. En cada árbol se tomaron bajo la copa y en la pastura abierta a 15 a 30 metros de distancia de la copa, muestras compuestas a la profundidad de 0 a 10 y otra a 10 a 20 cm. A cada muestra se le realizaron análisis de carbono, nitrógeno, pH en agua, fósforo disponible (P-Olsen), potasio, calcio y magnesio.

La cantidad de carbono en el suelo es mayor en suelo por debajo de la copa de Guacimo, pero no bajo Jícara. El contenido de nitrógeno y el valor del pH aumentan ligeramente en los primeros cm el suelo por debajo de la copa de ambas especies arbóreas. Se cree que estas diferencias se deben a la calidad y cantidad de la hojarasca aérea (parcialmente producida por los árboles) y a diferencias en los procesos de descomposición de la hojarasca. Para ambas especies y en ambas profundidades se encontraron mayores contenidos de potasio y fósforo disponible por debajo de los árboles, el cual se especula puede estar ocasionado por el lavado de potasio de las hojas de los árboles por la lluvia o por la deposición de hojarasca arbórea rica en potasio y fósforo. No hubo diferencias en los contenidos de magnesio y calcio.

Se evaluó la cobertura herbácea en ambas posiciones de muestreo al final de la época seca y nuevamente en la estación lluviosa, agrupada en los grupos funcionales de gramíneas, ciperáceas y hojas anchas, mientras también se diferenció suelo desnudo y hojarasca. En ambas épocas, bajo las copas de los árboles se encontró menor cantidad de gramíneas y mayor cantidad de hojas anchas, lo cual puede ser una de las posibles explicaciones por las diferencias encontradas en las diferencias en el suelo. Se evaluó si la preferencia del ganado

por descansar por debajo de los árboles podría ser el causante de las diferencias en el suelo a través del conteo de bostas bajo la copa y fuera de ella en la época seca (abril y mayo) y en la época lluviosa (junio y julio). Se encontró que el ganado no mostró una clara preferencia para descansar por debajo de la copa de los árboles o en campo abierto, pues hay tantos árboles preferidos, árboles rechazados y árboles que son preferidos en una época y rechazados en otra. Por lo tanto, las diferencias encontradas en los suelos no parecen estar relacionadas con la deposición preferencial de bostas.

## SUMMARY

This study investigates the influence of dispersed trees in pastures on selected soil properties in the upper soil layers in the counties of Belén, Rivas and San Juan del Sur in southern Nicaragua. Studied tree species were *Crescentia alata* Kunth (Jícaro sabanero) and *Guazuma ulmifolia* Lam. (Guácimo de ternero). 36 Jícaro and 20 Guácimo trees were selected in pastures with minimal soil differences underneath and outside the tree crown. Composite soil samples were taken underneath each individual tree and 15 to 30 meters away from it at depths of 0 to 10 cm and 10 to 20 cm. Each sample was sent to a laboratory to determine contents of total soil carbon and nitrogen, Olsen available phosphorus, exchangeable potassium, calcium and magnesium, as well as pH in water. Soil (organic) carbon is higher underneath the crown of Guácimo trees than in the open pasture, but not so under Jícaro trees. Total nitrogen and soil pH are slightly higher only in the 0 to 10 cm soil layer under both tree species. Differences are thought to be caused by differences in quantity and quality of aerial litter input and/or by differences in decomposition pathways. Soils underneath both tree species had higher potassium and phosphorus availability, possibly due to canopy drip in the case of potassium and/or deposition of phosphorus and potassium rich litter. No differences in exchangeable calcium and magnesium were detected. Differences in herbaceous plant composition in both sampling positions were evaluated at the end of the dry season and in early months of the rainy season, grouping individual plant species in three functional groups: grasses, sedges and broad leaf herbs. Also bare soil and soil covered by litter was recorded. In both sampling periods less grasses and more broad-leaf herbs were found underneath tree crowns, implying that (part of) the observed soil differences may be a consequence of differences in herbaceous plant composition in the studied positions. The preference of cattle to rest underneath trees was examined by counting dung piles in the two soil sampling positions during the dry season in April and May and during the rainy season in June and July. Data indicated that cattle had no clear preference for any of the positions and that the observed differences in soil properties are unlikely to be the consequence of preferential dung deposition.

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. VALORES DE PRECIPITACIÓN EN 2010 Y PROMEDIO HISTÓRICAS EN RIVAS (MESES ABRIL – SEPTIEMBRE)	12
CUADRO 2. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN ESTUDIO EN LA ZONA DEL ESTUDIO.....	14
CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS POR PROFUNDIDAD EN LOS POTREROS ESTUDIADOS.....	23
CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRIMEROS 10 CM DE LOS SUELOS EN TRES SUBZONAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS A UNA PROFUNDIDAD DE 10 A 20 CM EN TRES SUBZONAS DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	25
CUADRO 6. CONTENIDO PROMEDIO DE CARBONO TOTAL (C) EN % POR ESPECIE, POSICIÓN Y PROFUNDIDAD.....	26
CUADRO 7. CONTENIDO PROMEDIO DE CARBONO TOTAL (C) EN % POR ESPECIE, POSICIÓN Y PROFUNDIDAD.....	27
CUADRO 8. CONTENIDO DE NITRÓGENO (N) POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD.....	28
CUADRO 9. CONTENIDO DE NITRÓGENO (N) POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD (MUY-MUY).....	28
CUADRO 10. VALOR PROMEDIO DE pH POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	29
CUADRO 11. VALOR PROMEDIO DE pH POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	30
CUADRO 12. CONTENIDO DE FÓSFORO (P-OLSEN) UG/G-1 POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	30
CUADRO 13. CONTENIDO DE FÓSFORO (P-OLSEN) UG/G-1 POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD.....	31
CUADRO 14. CONTENIDO DE POTASIO (K) (CMOL(+) KG <sup>-1</sup> POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	32
CUADRO 15. CONTENIDO DE POTASIO (K) (CMOL(+) KG <sup>-1</sup> POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	33
CUADRO 16. CONTENIDO DE CALCIO (CA) (CMOL(+) KG <sup>-1</sup> POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	33
CUADRO 17. CONTENIDO DE CALCIO (CA) (CMOL(+) KG <sup>-1</sup> POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	34
CUADRO 18. CONTENIDO DE MAGNESIO (MG) POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	35
CUADRO 19. CONTENIDO DE MAGNESIO (MG) (CMOL(+) KG <sup>-1</sup> POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	36
CUADRO 20. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE NUTRIENTES Y PROFUNDIDAD DEL SUELO DE 0 – 10 CM.....	37
CUADRO 21. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE NUTRIENTES Y PROFUNDIDAD DEL SUELO DE 10 – 20 CM.....	38
CUADRO 22. PREFERENCIA DEL GANADO PARA ESTAR BAJO LA COPA DE LOS ÁRBOLES .....	40
CUADRO 23. INFORMACIÓN VARIABLES MEDIDAS EN LOS POTREROS .....	41
CUADRO 24. ESPECIES HERBÁCEAS DOMINANTES EN LOS POTREROS PARA AMBAS ÉPOCAS .....	43
CUADRO 25. COBERTURA VEGETAL DEL SUELO BAJO LA COPA DE LAS DOS ESPECIES ARBÓREAS ESTUDIADAS EN LA ÉPOCA SECA (ABRIL-MAYO) Y LA ÉPOCA LLUVIOSA (JUNIO-JULIO).....	43
CUADRO 26. COBERTURA VEGETAL DEL SUELO FUERA DE LAS COPA DE LAS DOS ESPECIES ARBÓREAS ESTUDIADAS (“PUNTOS DE CONTROL”) EN LA ÉPOCA SECA (ABRIL-MAYO) Y LA ÉPOCA LLUVIOSA (JUNIO-JULIO).....	44
CUADRO 27. COBERTURA DEL SUELO BAJO LA COPA DE LAS DOS ESPECIES ARBÓREAS ESTUDIADAS Y EN LOS PUNTOS DE CONTROL FUERA DE LA COPA EN LA ÉPOCA SECA (ABRIL E INICIO MAYO) .....	44
CUADRO 28. COBERTURA DEL SUELO BAJO LA COPA DE LAS DOS ESPECIES ARBÓREAS ESTUDIADAS Y EN LOS PUNTOS DE CONTROL FUERA DE LA COPA EN LA ÉPOCA LLUVIOSA (JUNIO Y JULIO).....	45
CUADRO 29. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJAS, FLORES Y FRUTOS.....	62
CUADRO 30. PRODUCCIÓN PROMEDIO DE FRUTOS, NITRÓGENO, PROTEÍNA CRUDA Y BIOMASA SECA DE LOS ÁRBOLES DE JÍCARO EN ESTUDIO (MESES DE ABRIL A AGOSTO 2010) .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO .....	10
FIGURA 2. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL PERÍODO ABRIL A SEPTIEMBRE 2010 Y PROMEDIOS HISTÓRICOS PARA RIVAS .....	12
FIGURA 3. UBICACIÓN DE LOS SITIOS Y ÁRBOLES DEL ESTUDIO .....	18
FIGURA 4. ILUSTRACIÓN MUESTREO DE SUELO BAJO COPA Y FUERA (PUNTO DE CONTROL) .....	19
FIGURA 5. ILUSTRACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE HERBÁCEAS BAJO COPA Y FUERA (PUNTO DE CONTROL).....	20
FIGURA 6. CONTENIDO DE CARBONO TOTAL EN EL SUELO BAJO COPA Y FUERA POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD .....	26
FIGURA 7. CONTENIDO DE N EN EL SUELO BAJO COPA Y FUERA POR ESPECIE .....	28
FIGURA 8. VALORES DE pH EN EL SUELO BAJO COPA Y FUERA POR ESPECIE .....	29
FIGURA 9. CONTENIDO DE FÓSFORO (Pi). EN EL SUELO POR ESPECIE Y PROFUNDIDAD (RIVAS).....	31
FIGURA 10. CONTENIDO DE K EN EL SUELO BAJO COPA Y FUERA POR ESPECIE.....	32
FIGURA 11. CONTENIDO DE Ca EN EL SUELO BAJO COPA Y FUERA POR ESPECIE.....	34
FIGURA 12. CONTENIDO DE Ca EN EL SUELO BAJO COPA Y FUERA POR ESPECIE.....	35
FIGURA 13. CORRELACIONES ENTRE NUTRIENTES Y PROFUNDIDAD DEL SUELO DE 0 – 10 CM.....	37
FIGURA 14. CORRELACIONES ENTRE NUTRIENTES Y PROFUNDIDAD DEL SUELO DE 10 – 20 CM.....	38
FIGURA 15. ILUSTRACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE BOSTAS EN LOS POTREROS EL MANGO Y JICARITO EN LA COMUNIDAD DE CANTIMPLORA.....	42
FIGURA 16. PRODUCCIÓN ESTIMADA DE FRUTOS DE JÍCARO SABANERO POR ÁRBOL, PERÍODO ABRIL – AGOSTO 2010 .....	64
FIGURA 17. PRODUCCIÓN ESTIMADA DE FRUTOS DE JÍCARO SABANERO POR ÁRBOL/SITIO, PERÍODO ABRIL – AGOSTO 2010 .....	65

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

Ca: Calcio

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

cmol(+) Kg<sup>-1</sup>: Centimoles por kilogramo de suelo

C.T.: Carbono total

CYP.: Ciperáceas

dap: diámetro a la altura del pecho

GRAM.: Gramíneas

HANC: Herbáceas de hoja ancha

HANC\_LEG: Herbáceas de hoja ancha leguminosas

INEC: Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

INIFOM: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal

K: Potasio

Mg: Magnesio

Mg/ha: Megagramos por hectárea

MS: Materia seca

N: Nitrógeno

NS: No significativo

P: Fósforo

SSP: Sistemas silvopastoriles

ug/g: microgramos por gramo de suelo

USDA: United States Department Agriculture

# 1 INTRODUCCIÓN

En América Central, la ganadería de bovinos ocupa la mayor extensión de tierras en uso agropecuario (2007). La mayor parte de las pasturas fueron establecidas durante los últimos 100 años, directamente por la tumba del bosque natural o a través de un periodo de ocupación para cultivos (Esquivel *et al.* 2003). Hoy en día, gran parte de las pasturas mantienen una reducida cantidad de árboles en su cobertura, aunque también hay zonas (por ejemplo en la zona central de Nicaragua) donde la cobertura de árboles dentro de las pasturas es mayor.

Comparado con monocultivos de gramíneas y pasturas con una cobertura de árboles, éstos últimos tienen varias ventajas agro-ecológicas (Ibrahim *et al.* 1998), entre ellas un mayor contenido de nutrientes en el suelo dentro del sistema, aunque muy por debajo de la cantidad almacenada en el bosque natural (Gómez y López 2004). También, la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea indudablemente es mayor en las pasturas con árboles que en pasturas sin ellos (Ruiz 2002), la sombra de los árboles brinda confort al ganado en la época seca que probablemente se traduce en una mayor productividad animal (Gómez y López 2004), siendo los árboles aprovechados para la producción de madera, leña, frutas y postes para cercas por los productores y sus familias.

Por otra parte, los árboles también tienen efectos menos favorables, mientras que algunos de sus efectos en el agro-ecosistema todavía no son bien conocidos. Un efecto negativo de su presencia, muchas veces es una reducción en la productividad de los pastos tropicales, debido a la menor radiación que llega al estrato herbáceo (Wilson y Wild 1991). Es importante destacar, que este efecto varía según la especie arbórea. Así, a modo de ejemplo, Lemus de Jesús (2008), encontró que la sombra de *Pseudomaneia guachepele* y *Tabebuia rosea* redujo la productividad de *Brachiaria brizantha* en los meses de junio y julio en la zona de Esparza, Costa Rica, en un 12 al 18% mientras que *Guazuma ulmifolia* redujo la misma en un 49%.

Por tanto, se conoce poco el rol de los árboles sobre el flujo de nutrientes en pasturas activas, por lo cual es importante mejorar los conocimientos al respecto (Ibrahim *et al.* 1998), aunque ciertas especies leñosas en sistemas silvopastoriles pueden contribuir a mejorar la fertilidad del

suelo, dependiendo de las características funcionales de cada especie, su arreglo espacial y el manejo que se aplique al sistema (Bustamante y Romero 1991), pero también la habilidad de los sistemas agroforestales para mejorar la disponibilidad de nutrientes sobre suelos infértiles es muy limitada, comparada con sistemas agroforestales sobre suelos fértiles (Szott et al. (1991). En ambas condiciones, sin embargo, se considera que los sistemas agroforestales pueden jugar algún rol en la reducción de la pérdida de nutrientes, pero también los árboles pueden competir por agua y nutrientes con los pastos, si las especies arbóreas tienen requerimientos nutricionales similares a las pasturas (Pezo y Ibrahim 1999).

Por ello, es importante conocer las ventajas, desventajas y las interacciones de los árboles aislados dentro de los SSP y que se convierta en una herramienta eficaz en el uso y manejo de los árboles dentro de estos sistemas, y teniendo en consideración su rol como proveedor de servicios ecosistémicos y de producción en los sistemas de producción ganadera.

Por lo tanto, el objetivo del presente investigación, fue evaluar el efecto de dos especies arbóreas comunes en los sistemas silvopastoriles de los municipios de Belén y Rivas en el suroeste de Nicaragua (*Guazuma ulmifolia* y *Crescentia alata*), sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Además, se trató de evaluar el rol que ejerce la preferencia del ganado bovino para descansar por debajo de ciertos árboles en las características de los suelos, así como conocer la influencia de eventuales diferencias en la vegetación herbácea bajo la copa de los árboles y fuera de ella.

El trabajo de investigación se enmarcó dentro del Programa “Trees as drivers of silvopastoral system function in the neotropics (SILPAS)” co-ejecutado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), a través del Programa Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA), la Fundación *Norwegian Institute for Nature Research* (NINA), Noruega y el *Centre Tecnològic Forestal de Catalunya* CTFC, España. y fue precedido por un trabajo similar en la zona central de Nicaragua por Romero (2010), cuyos datos serán citados frecuentemente en este estudio.

## ***Objetivos del estudio***

### ***1.1.1 Objetivo general***

Estudiar el efecto de dos especies de árboles presentes como árboles dispersos en pasturas sobre el contenido de nutrientes y otras características del suelo en la zona de Belén y Rivas, Nicaragua.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

1. Estudiar características del suelo en pasturas establecidas, debajo del dosel de dos especies de árboles nativos de la zona y compararlas con las características del suelo en la pastura abierta.
2. Evaluar la preferencia del ganado bovino para refugiarse y descansar por debajo de los árboles estudiados y estimar su efecto sobre las características del suelo.

## ***Hipótesis del estudio***

1. La presencia de árboles aislados no leguminosos en pasturas aumenta la concentración de nutrientes y la cantidad de materia orgánica en el suelo, pero la magnitud del aumento varía entre las dos especies arbóreas.
2. Las hojas, flores y frutos de ambas especies, juegan un papel importante en la concentración de nutrientes del suelo.
3. La preferencia del ganado para descansar por debajo de determinados árboles dificulta la detección del efecto de la presencia del árbol sobre la distribución espacial de nutrientes en el suelo.

## 2 MARCO CONCEPTUAL

### *Los sistemas silvopastoriles y la intensificación de la ganadería*

La expansión agrícola en Centroamérica, aunque ha disminuido desde la década de los 80, continua causando la pérdida de áreas boscosas generando deterioro ambiental, contaminación, problemas de erosión, pérdida de biodiversidad, contaminación de acuíferos y agotamiento nutricional derivado de las grandes transferencias de nutrientes asociadas a las formas de producción intensivas (Perez 2002; Steinfeld 2002). Desde hace muchos años, las áreas de pastura en Centroamérica se han establecido durante el proceso inmediato de la tumba, roza y quema o bien después de un corto período de cultivos agrícolas, dando lugar a un paisaje fragmentado por pasturas (Esquivel *et al.* 2003).

El desafío de la ganadería en Centroamérica es continuar produciendo, pero fundamentándose en el uso intensivo del recurso tierra por medio de especies mejoradas de pasto con alta productividad y calidad nutricional, uso de suplementos minerales, proteicos y energéticos, y el establecimiento de SSP con un manejo adecuado (Camero y Ibrahim 1995)

En Nicaragua, durante más de una década, se han destinado importantes esfuerzos y recursos en materia tecnológica y otras acciones de desarrollo, con el objetivo de mejorar las condiciones de productividad e ingresos de los agricultores. Numerosos programas y proyectos de transferencia tecnológica, investigación, crédito, etc. han sido implementados con resultados variables (Levard 2000; citado en Ruiz y Marín 2005). Sin embargo, a pesar de ciertas evoluciones positivas, no se ha logrado un verdadero despegue tecnológico en el país y los niveles de productividad siguen siendo bajos; observándose una creciente degradación del medio y un aumento de los niveles de pobreza en la zona rural. Las políticas agrarias definidas con anterioridad guardan estrecha relación con estos resultados.

La introducción de árboles en un sistema de producción de forrajes puede contribuir a establecer sistemas ganaderos más diversos y que provean servicios múltiples. Así, en algunos casos se puede incrementar la fertilidad del recurso suelo o atenuar los efectos de estrés climático sobre las plantas y animales; evitando a su vez la degradación del suelo,

proporcionando hábitat para una amplia variedad de biodiversidad y generando un aprovechamiento forrajero que brinda recursos alimenticios (Pezo y Ibrahim 1999; Gil *et al.* 2005b; Russo y Botero 2005).

### ***Flujo de nutrientes en sistemas silvopastoriles***

Los árboles en los SSP pueden mejorar y promover mayor estabilidad del suelo, debido a la incorporación de materia orgánica y, en consecuencia, el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (Fassbender y Bornemisza 1994; Gil *et al.* 2005a).

La acción de los árboles en SSP contribuyen a la mejora de la estructura y propiedades químicas del suelo como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes que acarrear mejorando la productividad neta; así como la fertilidad del suelo con el uso de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico (Esquivel *et al.* 2003; Aldana y Suniaga 2005).

La concentración de nutrientes en el suelo de un SSP depende del estado fenológico del árbol, de las diferentes partes que aportan biomasa y del ambiente donde se genera la descomposición, aumentando también la materia orgánica en el suelo (Bustamante y Romero 1991; Schroth *et al.* 2003).

En general, se estima que la producción de pasturas en los SSP es sustentada por el ciclaje de nitrógeno y fósforo, debido a la actividad microbiana del suelo. Asimismo, los animales que pastorean cumplen un papel importante al interferir sobre la interacción entre la vegetación y el suelo, porque como consecuencia de la defoliación se puede alterar el flujo de C y por ende, la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo (Gil *et al.* 2005b).

Algunos estudios señalan que los árboles multipropósito sembrados en las pasturas tienen el potencial para rehabilitar áreas degradadas y generar viabilidad económica a los sistemas de producción. Es el caso, por ejemplo, de la especie *Acacia mangium* la cual tiene la capacidad de incrementar el contenido de fósforo y nitrógeno de los suelos ácidos con pasturas de *Brachiaria humidicola*. En tanto en suelos fértiles, los sistemas silvopastoriles con pasturas de *Brachiaria brizantha* y especies como *Erythrina berteroana* o *Gliricidia sepium* se lograron

niveles de nutrientes similares a las pasturas asociadas con leguminosas herbáceas como *Arachis pintoi* (Esquivel *et al.* 1998).

El proceso de mineralización del carbono (C) produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por ende el C no está disponible para los microorganismos del suelo, sino que se reincorpora a la atmósfera. Por ello, es fundamental comprender y conocer, en las pasturas, las interacciones entre árboles, herbáceas y el ganado; y el uso eficiente de los nutrientes del suelo que pueden estar disponible a los organismos del suelo por el mismo proceso de mineralización. El carbono contribuye a mejorar la calidad de los suelos, porque al descomponerse proporciona humus y nutrientes (De La Salas 1987).

El nitrógeno (N), tiene un ciclo muy complejo debido a que puede existir como gas, es esencial para las especies vegetales y es requerido en altas concentraciones, llegando a ser una limitante productiva, disponible, en general, sólo en forma NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. En forma de amonio, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, es más retenido en suelos alcalinos (>pH), mientras que en forma de nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, y nitrito NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, tienen alta movilidad y se vuelven difícilmente intercambiables, y por consiguiente puede perderse del sistema por procesos físicos de lixiviación. El N, en cualquiera de sus formas, se puede perder del sistema por otros procesos como escorrentía, erosión, volatilización o por la quema de residuos (De La Salas 1987).

El fósforo (P), se obtiene de fuente mineral y es fundamental para el crecimiento de las plantas. Las formas de ión fosfato (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ó HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) són la formas mayoritariamente asimilables para la planta. Existe en bajas cantidades en disolución en suelos ácidos debido a que en pH inferior a 6.5 es retenido por la atracción que tiene con el Aluminio (Al) y el Hierro (Fe), pero, en contraposición, no se lixivía fácilmente.

En el caso del potasio (K), es un elemento muy móvil y abundante entre los minerales que constituyen la corteza terrestre. Su distribución y concentración depende de la presencia de feldespatos y micas en los materiales parentales y de su meteorización. Sin embargo, el K es poco disponible y las plantas absorben solamente el K en solución (De La Salas 1987; Schroth *et al.* 2003).

## ***Productividad de las pasturas y su efecto en el flujo de nutrientes***

A nivel de forrajes, existen diversas publicaciones que reconocen a los pastos nativos suelen tener baja productividad y soportan una carga animal baja; en cambio, los pastos introducidos son vistos como que presentan una producción inicial alta, haciendo que el sistema soporte una mayor carga animal. Sin embargo, se ha demostrado que si estas pasturas mejoradas no tienen un adecuado manejo pueden disminuir los rendimientos, probablemente por la baja disponibilidad de nutrientes de los suelos y el sobrepastoreo (Robertson *et al.* 1993). Dichos procesos de degradación parecen estar fuertemente ligados a: (1) establecimiento de pasturas en tierras frágiles (laderas); (2) siembra de especies de pasturas pobremente adaptadas; (3) sobrepastoreo durante la época seca; (4) quema incontrolada y frecuente de pasturas; y (5) agotamiento de nutrientes (Spain y Gualdrón 1991).

Específicamente, el uso de pasturas mejoradas ha evidenciado con el tiempo deficiencias de nitrógeno del sistema, provocando el inicio de la degradación por pérdida de la calidad y vigor de la pastura, lo que a su vez provoca una disminución de la actividad biológica. Consecuentemente otros nutrientes como el fósforo y el azufre podrían aparecer como deficientes, lo que genera condiciones propicias para la invasión de malezas (Spain y Gualdrón 1991).

Investigaciones realizadas en Brasil han demostrado que pastos mejorados como *Brachiaria* y otras hierbas africanas deben tener un manejo apropiado, o de lo contrario la cobertura puede disminuir en el sistema y tener una invasión por malas hierbas (Oliveira *et al.* 2004). Por tanto, es probable que la degradación de pasturas esté relacionada no solo a nivel nutricional sino también con la estructura física del suelo como la compactación que también aumenta la escorrentía, la disminución en el desarrollo de raíces y una limitada extracción de nutrientes (Hoyos *et al.* 1995). Referente a esto, Oliveira (2004) encontró que los mejores indicadores para estimar la degradación de una pastura en Brasil son la producción de hojarasca del pasto, el crecimiento del pasto después de un pastoreo y la biomasa microbiana.

Unas de las causas principales para que el pasto disminuya y se degrade son un manejo pobre del sistema por carencia de la fertilización para su mantenimiento y pastoreo excesivo, particularmente en tiempos de la precipitación baja. Dando lugar eventualmente a la

disminución del índice de crecimiento de la hierba debido a la deficiencia de P y de N en el suelo (Boddey et ál. 2004). Se estima que el N en estos sistemas puede escasear debido a varias razones entre ellas: a) insuficiente actividad biológica, b) pérdida de materia orgánica por uso irracional del suelo o por erosión y c) por condiciones climáticas extremas (escasa vegetación, temperaturas bajas, fuertes lluvias) (De Las Salas 1987).

El requerimiento de nitrógeno en el sistema es un factor limitante para las pasturas y para el reciclaje de nutrientes. La disponibilidad de este elemento se puede aumentar mejorando el crecimiento de las forrajeras con nuevos aportes nutricionales por medio de fertilizantes y/o con la biomasa arbórea. No obstante, se debe tener en cuenta que con o sin árboles en el sistema, el ganado a su vez depositan grandes cantidades de excreciones que son depositadas en zonas de descanso y alrededor de canales de consumo de alimento, las cuales se convierten en aportes significativos de diversos nutrientes entre ellos nitrógeno al sistema (Boddey *et al.* 2004).

Con respecto a la composición de pastos, se espera que en pasturas naturales la composición de herbáceas dicotiledóneas sea diferente bajo los árboles que en la pastura abierta (Young 1997). Otras investigaciones sobre la producción y calidad de pastos han determinado que el suelo bajo dosel contiene más nitrógeno, fósforo y carbono orgánico que suelos a campo abierto, sobretodo, en los primeros 15 cm de profundidad (East y Felker 1993).

### ***Ecosistema de un potrero***

Cuando un productor ganadero decide plantar árboles dentro de un potrero, debe tener en cuenta las relaciones entre el ganado y la vegetación del área. Un potrero, es un ecosistema donde los animales en pastoreo, las plantas, los microorganismos, el suelo y sus nutrientes y las condiciones climáticas en un área determinada, son parte de un sistema complejo, que interactúa y es independiente (Snaydon 1981 en Barrios 1998). Esto significa que el ganado puede influir en la dinámica y composición de la vegetación del potrero, favorecer unas especies y afectar otras, a través de la defoliación selectiva de especies o partes de la planta; así como el mismo ganado puede redistribuir espacialmente los nutrientes del suelo en las áreas donde permanece (Mendoza y Lascano 1984).

Mientras tanto, los sistemas más estudiados y en los que hay mayor número de reportes han sido los sistemas asociados con especies arbóreas leguminosas, donde se dan más interacciones entre los componentes de estos sistemas, siempre y cuando se tenga en cuenta el funcionamiento de los mismos depende del conocimiento de las interacciones que se generan dentro del sistema y brindan más beneficios para los productores que lo implementan (Mahecha 2009).

Los árboles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo, disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y viento; además de su importancia para la conservación de la biodiversidad en los sistemas de fincas (Fassbender 1993 Young 1997).

### ***Árboles dispersos en potreros***

Existen muchas especies de potencial forrajero que son manejados tradicionalmente, teniendo en cuenta el conocimiento local y el valor empírico de las especies, pero que han sido poco evaluadas. Especies arbóreas, tales como *Crescentia alata* (Jícara), *Guazuma ulmifolia* (Guácima), *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste), *Acacia farnesiana* (Espino blanco), *Prosopis juliflora* (Aromo), *Pithecellobium dulce* (Espino de playa); son comúnmente encontradas en potreros del trópico seco (Palma 2007).

Para muchos productores ganaderos, mantener o hacer una reposición de árboles en potreros, es visto como una opción bastante viable para mejorar la productividad y sostenibilidad de sus fincas para la diversificación de productos y otros beneficios productivos económicos y ambientales (Esquivel *et al.* 2003).

Por ello, la presencia de alta cobertura de árboles en los potreros, contribuye al mejoramiento de la fertilidad de los suelos, protección de fuentes de agua y como refugio para los animales, sobre todo en la época seca, cuando la temperatura del ambiente es mayor que en la época lluviosa (Betancourt *et al.* 2003). Así mismo, la cobertura arbórea en potreros tiene un valor ecológico importante al proveer refugio y nichos para muchos animales. Además, los árboles funcionan como un conjunto de corredores que facilitan el movimiento de los animales y actúa como zona de amortiguamiento, mejorando las condiciones micro climáticas locales (Sánchez *et al.* 2005).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### *Características principales del área de estudio*

#### *Localización geográfica*



La presente investigación fue realizada entre los meses de febrero a agosto del año 2010, en el área de los Proyectos SILPAS y FunciTree del CATIE en fincas ganaderas del Municipio de Belén, Rivas y San Juan del Sur, Departamento de Rivas, Nicaragua. El Municipio de

Belén está localizado en las coordenadas 11°30' Latitud Norte y 85°53' Longitud Oeste, con una altura promedio de 80 m s.n.m. Tiene una extensión territorial de 282 km<sup>2</sup> (13% del área total del Departamento de Rivas). La población total es de 16.428 habitantes (Inide 2008d) y la densidad poblacional de 67 habitantes por Km<sup>2</sup>. La cabecera municipal de Belén se localiza a un kilómetro de la carretera panamericana, 11 kilómetros de la ciudad de Rivas y a 101 kilómetros de la capital, Managua (Inide 2008d) (Figura 1).

En tanto, el Municipio de Rivas, cabecera departamental del Departamento del mismo nombre, está localizado entre las coordenadas 11°26' Latitud Norte y 85°49' Longitud Oeste, con una altura promedio de 58 m s.n.m. El municipio tiene extensión territorial de 281 Km<sup>2</sup>, una población total de 41.080 habitantes y una densidad poblacional de 146 habitantes por Km<sup>2</sup> y dista 112 kilómetros de la capital, Managua (Inide 2008a).

El Municipio de San Juan del Sur, cuenta con una extensión territorial de 411 Km<sup>2</sup> y está localizado entre las coordenadas 11°15' Latitud Norte y 85°52' Longitud Oeste. La población total es de 14.741 habitantes y una densidad poblacional de 36 habitantes por Km<sup>2</sup>. Este municipio está a 146 kilómetros de la capital (Inide 2008b).

### ***Relieve, suelos y clima***

El área de estudio está conformada por un sistema montañoso, de relieve marcado y valles y planicies relativamente planos. El sistema montañoso ocupa la mayor parte del área y es parte de las Formaciones de Rivas y Brito, principalmente compuesto por areniscas, limonitas y lutitas plegadas de origen marino de la Era Terciaria con pocas intercalaciones volcánicas y calizas (Ccad-Marena s.f.). Los valles y planicies son de origen aluvial y coluvial (INIFOM, 2009).

Los suelos formados en estos materiales son provisionalmente clasificados como Calciustolls o Haplustolls en las partes menos inclinados de las lomas y Calciustepts o Haplustepts en las pendientes escarpadas (hasta 50%) con cierta erosión (Buurman y Hoosbeek 2009). En las planicies dominan Haplusterts / Calciusterts, con textura arcillosa, estructura en bloques subangulares a angulares, siendo suelos moderadamente bien drenados con grietas en la época seca de hasta 60 cm de profundidad, sin piedras o con muy pocas (Ineter 2004).

El clima de la zona de estudio es sub-húmedo y cálido. Se presentan dos estaciones marcadas: la estación seca entre Noviembre y Abril y la estación lluviosa entre Mayo y Octubre. La precipitación promedio anual es de 1.400 milímetros, de los cuales el 89% cae en la estación lluviosa (Ineter 2009). La temperatura media oscila alrededor de 27° grados centígrados (Inide 2008c).

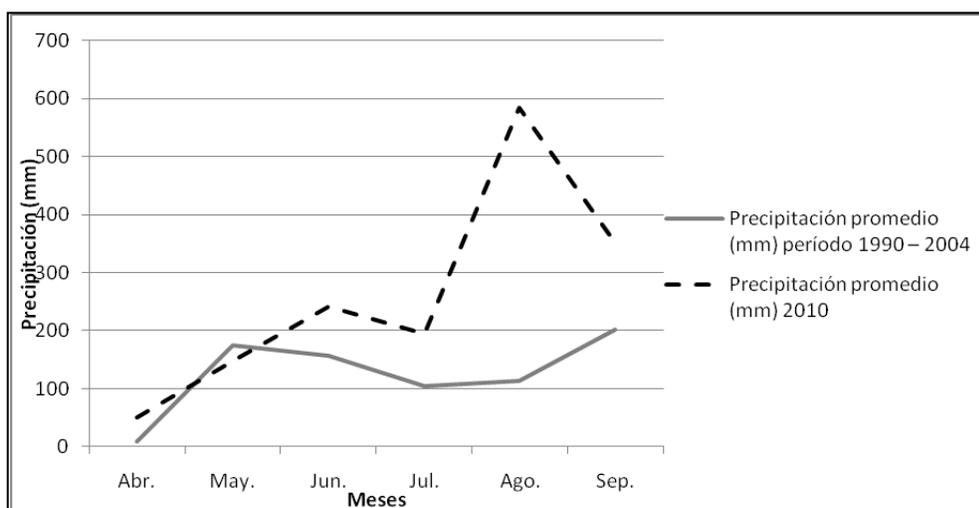
En el 2010, durante el periodo en que se realizó el presente estudio la precipitación mensual en el área fue mucho mayor al promedio del período 1990 – 2004 (Caballero 2007), como se puede observar en el cuadro 1 y de forma ilustrativa en la figura 2. Las vaguadas, zonas de convergencia tropical, ondas y tormentas tropicales estuvieron más activas en 2010, a causa del fenómeno de La Niña.

*Cuadro 1. Valores de precipitación en 2010 y promedio históricas en Rivas (meses abril – septiembre)*

<i>Variables/meses</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>
<b>Precipitación promedio (mm) período 1990 – 2004</b>	9,4	174,3	156,8	104,3	114,1	201,8
<b>Precipitación promedio (mm) 2010</b>	50,7	147,5	241,4	195,3	583,3	350,5

Fuente: INETER, 2010 (Datos Estación Meteorológica de Rivas)

*Figura 2. Precipitación promedio mensual período abril a septiembre 2010 y promedios históricos para Rivas*



### ***Caracterización agroecológica***

La zona del estudio corresponde a la zona de vida Bosque Seco Tropical, asociación cálido monzónica; según el sistema de clasificación de Holdridge (2000). Los sistemas productivos más difundidos dentro de los municipios son los productores con un sistema de producción mixto basado en agricultura con ganadería y los finqueros ganaderos dedicados netamente a actividades ganaderas (Gómez y López 2004) y (Ruiz y Marín 2005).

En los potreros de la zona es común encontrar árboles dispersos. En las planicies dominan las especies no maderables como *Crescentia alata* (júcaro sabanero) y *Guazuma ulmifolia* (guácimo de ternero), pero en la zona también se encuentran especies maderables como genízaro (*Albizia saman* Jacq.), guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), laurel negro (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken), coyote (*Platymiscium pleiostachyum*),

roble sabanero (*Tabebuia rosea* (Vertol.) DC.), ñámbar (*Dalbergia retusa* (Hemsl.)) y cedro real (*Cedrela odorata* (Cham) y Schlecht.) (Barrios 1998).

### ***Criterios para la selección de potreros***

Para evaluar el efecto de la presencia de árboles de las especies *Crescentia alata* (jícaro sabanero) y *Guazuma ulmifolia* (guácimo de ternero) sobre características del suelo, se retomó parte de la metodología empleada en Muy-Muy en 2009 por Romero (2010). Los criterios para seleccionar los potreros fueron los siguientes:

- Fisiografía uniforme para minimizar la variabilidad de los suelos.
- Pendientes menores del 20%, para minimizar el efecto de la erosión observada en las colinas de la zona.
- Evitar zonas de acumulación de sedimentos en el pie de pendientes.
- Potreros preferiblemente con bajas densidades arbóreas, que permita estudiar el efecto de los árboles aislados sobre las áreas de pastura, evitando el efecto de árboles vecinos cercanos.
- Que la especie de pasto establecida tenga más de 3 años de establecido, y el terreno por lo menos 10 años de ser potrero, con labranza mínima, evitando suelos que hayan sido cultivados recientemente.
- Evitar potreros con suelos donde se haya usado fertilizantes o abonos.
- Preferiblemente, la pastura debe ser dominada por gramíneas naturalizadas.

Esta información se recopiló durante los recorridos de los potreros y mediante comunicación personal con los productores y sus familias. En visto de los criterios, se decidió excluir el área de las lomas del muestreo por presentarse una erosión hídrica significativa, y seleccionar los árboles únicamente en las zonas planas o casi planas, dominadas por Vertisoles.

## ***Selección de las especies estudiadas***

La selección se hizo sobre la base de datos de especies arbóreas de los proyectos SILPAS y FRAGMENT-FunciTree, en Belén, Rivas, con 3258 árboles dispersos georeferenciados en potreros de 72 especies leñosas diferentes. En cercas vivas, se reportaron 1778 árboles de 71 especies diferentes. Muchas de las especies se encuentran como árboles dispersos y en cercas vivas (FunciTree/SILPAS y FRAGMENT, 2009).

Para el presente estudio, se seleccionaron dos especies no leguminosas: *Crescentia alata* Kunth (Jícara sabanero) y *Guazuma ulmifolia* Lam. (Guácimo de ternero), por ser las especies de árboles dispersos más comunes en zonas planas (FunciTree/SILPAS, 2009). Al inicio del estudio, se propuso estudiar además las especies Guanacaste de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) y Genízaro (*Albizia saman*), sin embargo, no se encontraron suficientes individuos que cumplieran con los criterios de selección establecidos para este estudio.

En el cuadro 2, se presentan algunas características fenológicas de las dos especies estudiadas.

*Cuadro 2. Algunas características de las especies arbóreas en estudio en la zona del estudio*

<b>Especie</b>	<b>Fenología</b>			<b>Sombra bajo copa</b>	<b>Relación ancho/altura</b>
	Periodo de caída de hojas	Floración	Fructificación		
<i>Crescentia alata</i> (Jícara sabanero)	Abril - Mayo	El pico es de Abril a Junio, pero durante todo el año produce algunas flores	Todo el año	Medianamente densa	Más ancho que alto
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guácimo de ternero)	Febrero - Marzo	Abril - Junio	Marzo a Junio	Densa	Un poco más ancho que alto

Fuente: observaciones de campo en la zona, 2010

### ***3.1.1 Descripción de las especies arbóreas estudiadas***

*Guazuma ulmifolia* Lam. (guácimo de ternero)

**Botánica de la especie:** La especie guácimo de ternero, pertenece a la familia de las esterculiáceas. Se caracteriza por ser un árbol de tamaño mediano. La especie ramifica desde

baja altura. La copa es ancha, irregular, con ramas arqueadas. La corteza es de color gris, con fisuras horizontales y verticales en forma de diamante. Las hojas, caducas, son simples y alternas, formando dos hileras a lo largo de la rama; lanceolada, de 2-16 cm de largo con borde cerrado. Las flores son pequeñas y amarillas formando grupos en panículas de hasta 3 cm de largo.

Los frutos son cápsulas redondas, de 1.6-2.4 cm de largo, muy verrugosas. Oscurecen y endurecen al madurar y se abren irregularmente por muchos poros pequeños, aunque sin liberar la semilla. Dentro, hay cinco celdas con numerosas semillas blancas de 3 mm envueltas en una pulpa dulce (Salazar-Figueroa 1997)

#### La especie en sistemas de finca

Es una especie típica de pastos, orillas de carreteras y barbechos, debido a que regenera fácilmente en áreas abiertas. En barbechos puede dominar la vegetación. Se usa su madera como leña y en potreros proporciona forraje y sombra. Aunque normalmente se encuentra como individuos aislados o en pequeños grupos en potreros, también es plantada en cercas vivas. Algunas veces, la especie es sembrada en plantaciones puras para leña o forraje. También en linderos y a lo largo de carreteras y pendientes para estabilización de suelos (Cordero *et al.* 2003).

#### *Crescentia alata* Kunth (jícara sabanero)

**Botánica de la especie.** Jícara sabanero, pertenece a la familia de las Bignoniáceas; son árboles de porte un poco más pequeño que guácimo. Son árboles pequeños, hasta 8 metros de alto y 100 centímetros de diámetro de tronco (DAP), con ramas retorcidas y abiertas; las ramas más pequeñas son generalmente gruesas, con brotes delgados y nudos sobresalientes. El tronco es a veces recto, pero normalmente ramifica desde la base. Las hojas tienen un pecíolo alado en la base entre 2 a 8 cm de largo, alternas, sin pelos, y normalmente con tres hojuelas formando una cruz.

El haz es verde oscuro y brillante y el envés es verde pálido. Las flores abren por la noche y duran unos 8 días, son polinizadas por murciélagos, son normalmente solitarias y crecen directamente del tronco y ramas más gruesas. Su aroma recuerda a almizcle, alcanfor y aceite

de mostaza y son de color verde amarillentas. El fruto tiene un tamaño entre 8 a 15 cm, es una calabaza esférica con una cáscara dura y leñosa y una pulpa que contiene de 300-900 semillas. Los frutos maduros son verdes-amarillentos y se mantienen en el árbol unos 5 a 7 meses antes de caer (Cordero *et al.* 2003).

#### La especie en sistemas de finca

Los árboles forman parte de sistemas silvopastoriles en zonas seca, en especial en Vertisoles, donde además de proporcionar sombra, los frutos maduros son comidos por el ganado, en particular por caballos, aunque requieren muchas veces ser abiertos por los productores. Los árboles se encuentran generalmente dispersos en potreros. Hasta ahora, no son sembrados en potreros, sino resultan de la regeneración natural cuando las semillas son dispersadas por caballos o por el ganado (Salazar-Figueroa 1997).

En los potreros de la zona de estudio, estas dos especies, se encontraron en asocio con otras especies arbóreas comunes en este tipo de sistema del trópico seco, como *Albizia niopoides* (guanacaste blanco), *Cordia dentata* (Tigüilote) y *Gliricidia sepium* (madero negro). En menor número de árboles, se encontraron especies como *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste negro), *Albizia saman* (genízaro), *Cassia nodosa* (acacia rosada).

Los criterios para seleccionar los árboles, fueron los siguientes:

- Las características fisiográficas del terreno y el suelo por debajo del árbol y en el punto de control fuera de la copa debe ser semejante. Antes de seleccionar los árboles, se realizó una barrenada en cada punto de muestreo para comprobar la homogeneidad del suelo bajo la copa del árbol y fuera de la copa.
- Solamente se seleccionaron árboles aislados, de manera que por debajo de la copa y fuera de la misma, la influencia de otros árboles a través de deposición de hojarasca y sombra sea mínima o nula.
- Los puntos de muestreo de control fueron tomados en el área de menor influencia de caída de hojarasca, en dirección noreste del tronco, a una distancia del tronco aproximada de 2 veces la altura del árbol en estudio (Sandoval, 2006), y teniendo

cuidado que el lugar no recibe cantidades significativas de hojarasca de árboles vecinos.

- Los árboles deben ser sanos y tener una edad mayor a 10 años, lo cual hace más probable que la presencia del árbol ha tenido algún efecto en el suelo.
- En lo posible, los árboles seleccionados deben tener una vegetación bastante homogénea bajo copa de árbol y fuera de la copa del árbol (en el punto de control), para evitar diferencias en las características del suelo debido a diferencias en la vegetación herbácea. Sin embargo, este criterio se usa con cierta flexibilidad porque la diferencia en el nivel de radiación en las dos posiciones casi siempre ocasiona ciertas diferencias.

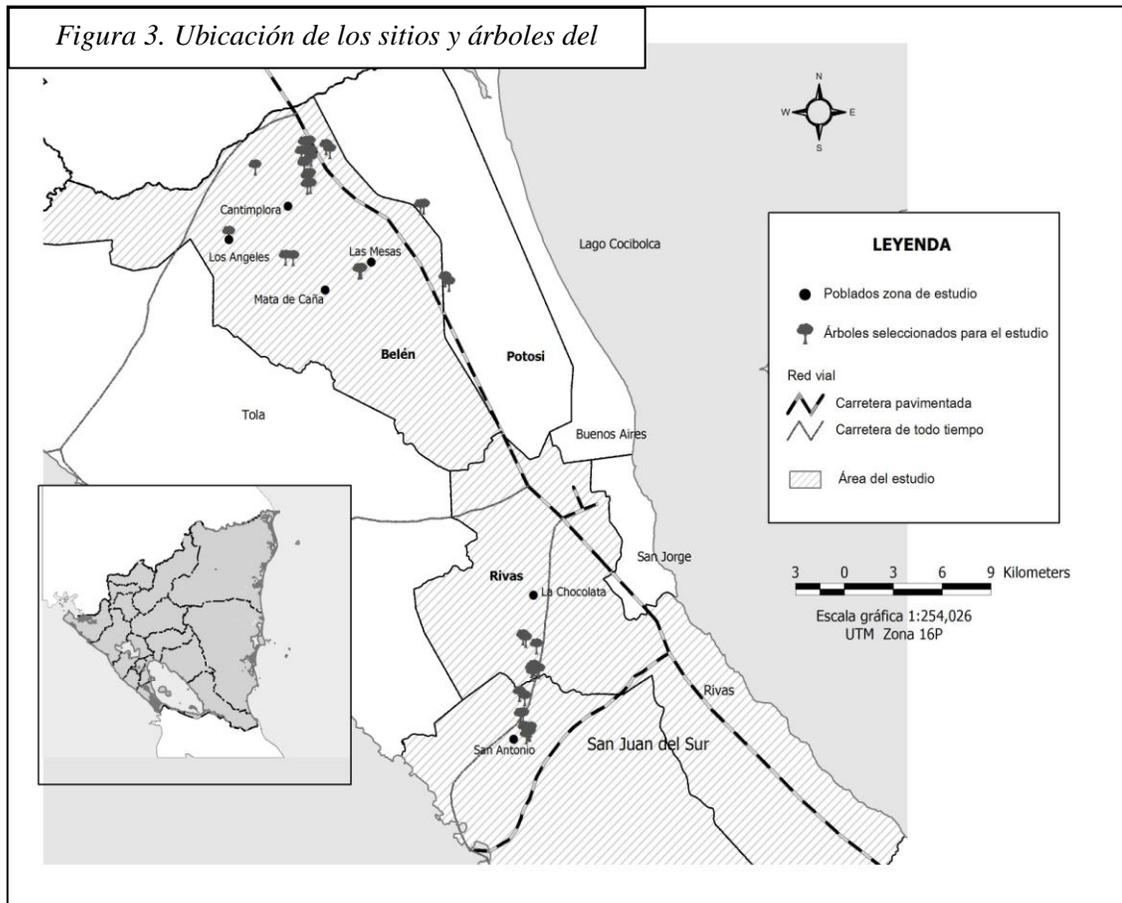
Después de visitar todos los potreros de 40 fincas; en 25 fincas, se seleccionaron 37 potreros cuya superficie varía entre 1.7 y 23,1 hectáreas. Estos potreros tienen pastos establecidos bajo labranza mínima y una cobertura de pastos (gramíneas) de al menos 50%. Las especies de pasto, ordenadas de mayor a menor cobertura, son: pastos naturales del género *Paspalum*, *Hyparrhenia rufa* (Jaragua), *Cynodon sp* (Estrella) *Dichanthium aristatum* (Angleton), *Panicum maximum* (Guinea) y *Andropogon gayanus* (Gamba).

En total fueron seleccionados 36 individuos de jícaro sabanero y 20 individuos de guácimo de ternero. Todos los árboles fueron georeferenciados (Figura 3) y se registraron sus medidas dasométricas.

En el caso de guácimo, el área de copa varía entre 85 y 426 m<sup>2</sup>, el DAP varía entre 25 y 122 cm y las edades entre 15 y más de 30 años. Los árboles seleccionados de jícaro tienen un área de copa entre 41 y 218 m<sup>2</sup>, un DAP entre 20 y 100 cm y edades que van de 16 a más de 30 años<sup>1</sup>. Además se tomaron datos sobre el tipo de pastura, las características del terreno y el manejo del potrero (Anexo 1).

---

<sup>1</sup> Mediciones dasométricas realizadas a cada árbol del estudio durante la fase de selección de los árboles entre los meses de febrero a mediados de abril del 2010, en Cantimplora, Mata de Caña, Las Mesas, Carretera Panamericana Rivas y La Chocolatea.



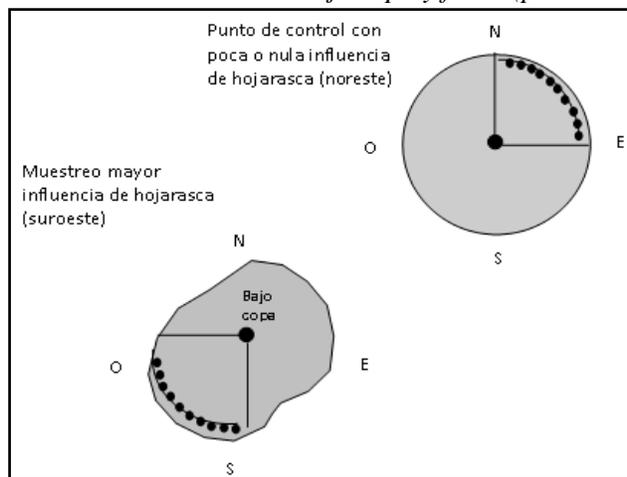
### ***Toma de muestras de suelo para análisis***

Durante los meses de junio y julio del 2010, se tomaron las muestras de suelo con un barreno a dos profundidades (de 0 a 10 y de 10 a 20 cm). Aunque, a priori, se esperaba un mayor efecto del árbol en los primeros 10 cm de profundidad, se incluyó la toma de muestras a mayor profundidad para conocer hasta qué profundidad es demostrable el efecto del árbol. Esto es importante, pues si los cambios en el suelo son causados por la caída de hojarasca aérea, se esperaría una disminución del “efecto árbol” con la profundidad. Si los cambios son causados por la presencia y/o descomposición de las raíces del árbol, el efecto en el suelo se podría observar a mayor profundidad.

Se tomaron 10 submuestras que formaron una muestra compuesta por cada posición de estudio (dentro y fuera de la copa del árbol y dos profundidades diferentes) teniendo especial cuidado de no muestrear cerca de bostas, sobre irregularidades de relieve o donde había presencia de arbustos leguminosos. También, se tomaron las muestras de suelo bajo copa en dirección suroeste, donde, debido a la dirección predominante del viento en la zona, se deposita la mayor cantidad de hojarasca aérea (Sandoval, 2006). Se tomaron las muestras a una distancia de 2/3 del radio de la copa (del tronco hacia fuera).

Las submuestras fueron tomadas a dos tercios de la copa. Las submuestras en el pasto abierto fue tomada al noreste del árbol, a una distancia de 2 veces la altura del árbol seleccionada. A esta distancia la caída de la hojarasca aérea del árbol es mínima (Sandoval, 2006). La distancia entre las submuestras fue la misma que la utilizada bajo la copa (Figura 4).

*Figura 4. Ilustración muestreo de suelo bajo copa y fuera (punto de control)*



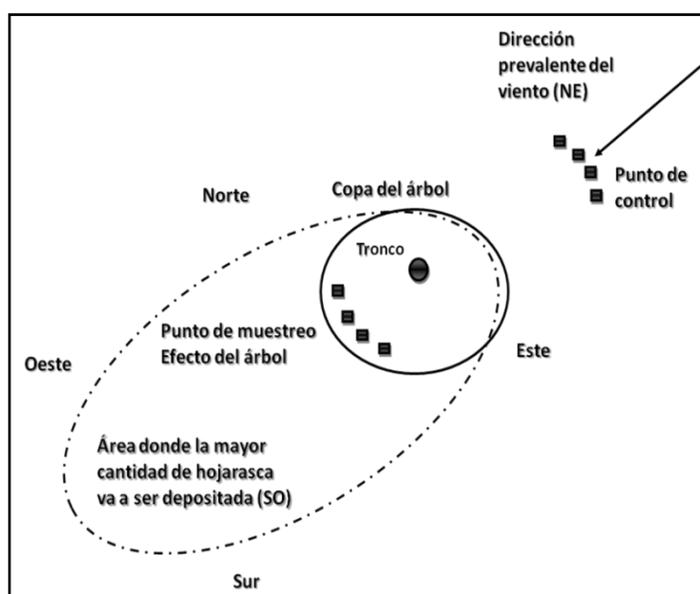
Se graduó una varilla para medir la profundidad del suelo para evitar errores en la profundidad del muestreo. Antes de tomar cada muestra, se limpió el área de hojarasca sin remover el suelo superficial. Se usaron dos panas (cubetas pequeñas) de diferente color donde primero se sacaron piedras y raíces y luego se homogenizaron por rango de profundidad, tomando una muestra homogénea de 500 gramos. Las muestras fueron secadas bajo sombra a temperatura ambiente. Posteriormente, se limpiaron las muestras de raíces, piedras pequeñas, entre otros; se dejaron en secado en un horno artesanal a 60° C durante 48 horas. Posteriormente, se tamizaron con un colador de suelo de 2 mm, y se etiquetaron para enviarlas al laboratorio de suelos.

## ***Método para caracterizar la vegetación herbácea***

Con la ayuda de productores y técnicos locales en el campo, en los meses de marzo a abril (época seca) y junio a julio (época lluviosa) se describió la vegetación herbácea presente en los puntos de muestreo por debajo y fuera de la copa arbórea.

Se delimitaron 4 cuadrantes de un área de 1 x 1 m, bajo la copa del árbol y 4 cuadrantes fuera de la copa del árbol en el punto control (Figura 5). En cada cuadrante se estimó visualmente la cobertura en porcentaje de tres grupos funcionales: gramíneas, ciperáceas y hojas anchas (leguminosas y no leguminosas), además de la cobertura del suelo cubierto por hojarasca y de suelo desnudo.

*Figura 5. Ilustración de la evaluación de herbáceas bajo copa y fuera (punto de control)*



## ***Muestreo de hojas, flores y frutos***

Aunque en otros estudios se ha obtenido una idea detallada sobre los flujos de nutrientes a través de la hojarasca aérea de los árboles de guácimo (Sandoval, 2006), no se encontraron datos de jícara. En el mes de julio se colectaron hojas frescas de guácimo y de jícara de 15 árboles por especie al azar. Aunque el contenido de nutrientes en las hojas probablemente disminuye en hojas senescentes, al menos se esperaba tener una idea sobre la calidad de la hojarasca.

Así mismo, se recolectaron flores frescas y frutos de jícara recién caídas bajo la copa, sin ninguna alteración. Cada muestra fue homogenizada y secada a 60 grados Celsius antes de enviarla al laboratorio para analizar su contenido de nutrientes (Anexo 2). No se determinó la producción de hojarasca (biomasa) por árbol o por metro cuadrado de copa, pero se tomó información de la literatura como referencia.

Para estimar la producción de frutos de jícara, primero se realizó un conteo de frutos bajo la copa y en la copa de los 36 árboles de Jícara sabanero en estudio en el período de mayor producción de frutos en la zona de Belén y Rivas a mediados del mes de abril y primera quincena del mes de mayo. Posteriormente, fueron tomados 6 árboles de jícara, tomando en consideración la escala de rango de menor a mayor producción de todos los árboles, para continuar el conteo de frutos cada 15 días desde junio hasta finales del mes de julio, con el fin de evaluar la producción de frutos de los árboles seleccionados durante este período.

Para determinar el peso de los frutos, se recolectaron 10 frutos frescos al azar por árbol en 10 de los 36 árboles en estudio de jícara sabanero (seleccionados al azar), en el período de mayor producción (abril) y se determinaron de cada fruto el peso y diámetro.

Para estimar la materia seca de los frutos, se tomó un fruto al azar por árbol y se partió para determinar los pesos frescos de la cáscara, pulpa y semillas; luego de secar estos componentes se determinó el peso seco (Anexo 3). Este material fue enviado al laboratorio para determinar contenido de nutrientes.

### ***Método análisis de muestras de suelo y vegetales en laboratorio***

Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica, midiendo carbono total (C) y nitrógeno total (N) por combustión total en equipo autoanizador Thermofinigan. Con el método de extracción en Olsen Modificado (a pH 8.5) se midió pH en agua (pH), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) extraíble y fósforo disponible (P).

Las muestras vegetales (hojas, flores y frutos) fueron enviadas al Laboratorio de CATIE para analizar N, C, Ca, Mg, P y K (Anexo 4). Se utilizó el método de análisis de digestión nítrico-perclórica del material, determinación por absorción atómica para Ca, Mg, K. Para determinar P, se empleó el método colorímetro del extracto de digestión. Para determinar C y N, se utilizó el método de combustión total en equipo autoanalizador Thermofinigan.

### ***Método para determinar la influencia del ganado***

Debajo de la copa de cada árbol seleccionado y fuera de la copa (punto de control), se realizó un conteo de bostas (heces) para estimar la influencia de la deposición de heces por el ganado. El área tomada para el conteo fue por debajo de toda la copa, mientras que para el área control, se seleccionó un área circular con la misma superficie que la copa.

A inicios del mes de abril se retiraron todas las bostas existentes (con edades desconocidas) en las áreas de conteo. Posteriormente, se hizo un conteo de bostas al final de la época seca (mediado y final de abril). Durante el conteo, se diferenciaron bostas grandes, medianas y pequeñas. El segundo conteo de las bostas se realizó en la estación lluviosa en los meses de junio y julio.

Los resultados de los conteos se clasificaron según la preferencia del ganado, tomando como parámetro lo siguiente: árboles preferidos tienen 35 o más porcentaje de bostas bajo la copa que fuera y árboles rechazados tienen al menos un 35% menos de bostas bajo la copa. El resto fue clasificado como árboles indiferentes para el ganado.

### ***Método para análisis de datos***

Se realizaron análisis de t-student para muestras apareadas y no apareadas, donde se compararon los promedios “dentro” con los promedios “fuera” para todas las variables evaluadas en los 36 individuos de Jícaro sabanero, y 20 individuos de guácimo de ternero y en algunos casos en época seca y lluviosa. Las variables químicas del suelo del área dentro y fuera, se analizaron bajo tres *criterios de agrupamiento para análisis*, (1) Por profundidad-nutrientes, (2) por subzona-nutrientes y (3) por especie arbórea-nutrientes, comparando las posiciones bajo la copa y fuera.

Se elaboraron matrices de correlaciones para representar la covarianza de los valores muestrales estandarizados. Estas correlaciones asumen valores en el intervalo [-1;1], y el signo el cual indica la dirección de la asociación. Los valores negativos indicarán si un valor en el par observado es más grande que su media, y el otro valor es más pequeño que su media (Di Rienzo *et al.* 2008).

## 4 RESULTADOS

### *Características generales de los suelos estudiados*

Al comparar y analizar todos los datos obtenidos por profundidad con la prueba estadística t-student para muestras apareadas, se observa que existen diferencias en las características de los suelos en las dos profundidades analizadas, aunque no tan contundentes para Mg. Los valores de pH, Ca y Mg aumentan con la profundidad mientras los valores de K, P, N y C disminuyen con la misma (Cuadro 3).

*Cuadro 3. Características químicas de los suelos por profundidad en los potreros estudiados*

<i>Variable</i>	<i>Promedio_0 - 10 cm</i>	<i>Promedio_10 - 20 cm</i>	<i>Valor p</i>	<i>Valores mínimos - máximos_ (0 - 10 cm)</i>	<i>Valores mínimos - máximos_ (10 -20 cm)</i>
<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>	6,57	6,75	<0,0001	5,9-7,5	5,8-8,2
<b>Ca (cmol(+) Kg-1)</b>	26,2	27,1	<0,0001	12,6-42,6	13,0-45,4
<b>Mg (cmol(+) Kg-1)</b>	10,7	10,9	0,0360	4,6-19,0	4,7-19,1
<b>K (cmol(+) Kg-1)</b>	0,52	0,38	<0,0001	0,20-1,68	0,12-1,27
<b>P (mg /Kg)</b>	6,4	4,1	<0,0001	0,2-44,8	0,2-40,7
<b>N (%)</b>	0,20	0,14	<0,0001	0,08-0,40	0,06-0,28
<b>C (%)</b>	2,76	2,06	<0,0001	1,53-5,23	1,22-3,94

Los valores promedios de pH oscilaron entre 6,57 de 0 a 10 cm y 6,75 de 10 a 20 cm de profundidad, reflejando valores promedios un poco más alto a mayor profundidad. Estos valores se consideran normales para Vertisoles, y adecuados para cultivos considerando que en un pH entre 6,0 – 7,0 hay mayor disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Carrillo *et al.* 2003; Molina s.f.).

Los contenidos de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) son altos, algo común en Vertisoles. El mayor contenido de Ca y Mg en la capa inferior, indica que probablemente estos nutrientes están relacionados en primer lugar con la alta cantidad de estos en el material parental de suelo (sedimentos marinos). En cambio, el K disponible es mucho mayor en la capa superficial, indicando una fuerte relación con el reciclaje de este elemento a través de la biomasa.

Los valores de fósforo (P) disponible varían de muy bajos a muy altos; sin embargo, los promedios se consideran bajos. Los valores altos de P encontrados bajo la copa de algunos árboles de guácimo y jícara localizados en La Chocolate, Carretera Panamericana Rivas (Potrero Rancho La Esperanza) y en Cantimplora pueden ser consecuencia de algún uso de fertilizantes en el pasado; sin embargo, también pueden ser variaciones naturales. Al igual que para K, su mayor contenido en la capa superficial indica una fuerte relación con el reciclaje de nutrientes a través de la biomasa. Los contenidos de carbono y el nitrógeno, ambos relacionados casi exclusivamente con la materia orgánica del suelo, se consideran medios para Vertisoles (Bertsch 1987).

### ***Diferencias en las características del suelo entre las diferentes subzonas de muestreo***

Tomando en cuenta que las distancias entre las tres sub-zonas del estudio son considerables (hasta 40 Km), se analizó la variabilidad de los suelos por cada profundidad muestreada en tres subzonas: Cantimplora en el norte de la zona de estudio (donde se seleccionaron 11 árboles de guácimo y 12 de jícara), varias localidades en la zona central (1 guácimo y 10 jícaras) y La Chocolate en la parte sur (8 guácimos y 14 jícaras).

*Cuadro 4. Características de los primeros 10 cm de los suelos en tres subzonas del área de estudio*

<b>0 a 10 cm</b>	<b>pH</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>C</b>
Cantimplora (zona norte)	6.64 <sup>a</sup>	25.6 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>
Zona Central	6.53 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	10.6 <sup>ab</sup>	0.62 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	2.83 <sup>a</sup>
La Chocolata (zona sur)	6.51 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	11.9 <sup>b</sup>	0.49 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	2.61 <sup>a</sup>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

*Cuadro 5. Características de los suelos a una profundidad de 10 a 20 cm en tres subzonas del área de estudio*

<b>10 a 20 cm</b>	<b>pH</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>C</b>
Cantimplora (zona norte)	6.85 <sup>a</sup>	26.5 <sup>ab</sup>	9.5 <sup>a</sup>	0.38 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	2.11 <sup>a</sup>
Zona Central	6.64 <sup>a</sup>	24.9 <sup>a</sup>	10.8 <sup>ab</sup>	0.51 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	0.16 <sup>a</sup>	2.44 <sup>a</sup>
La Chocolata (zona sur)	6.70 <sup>a</sup>	28.8 <sup>b</sup>	12.4 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	1.82 <sup>b</sup>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Como se puede observar en los cuadros 4 y 5, existen ciertas diferencias pequeñas pero significativas en las características de los suelos de las subzonas, sobre todo a una profundidad de 10 a 20 cm. Esto indica que probablemente son una consecuencia de diferencias en el material parental de los suelos, en procesos de su formación o en la historia de uso de los suelos.

### ***Influencia de la presencia de árboles en las características del suelo***

Para responder la pregunta central de la presente investigación si las dos especies arbóreas estudiadas cambian ciertas características de los suelos por debajo de sus copas, se compararon a dos profundidades (0 a 10 y 10 a 20 cm) los contenidos de Ca, Mg, K y P extraíbles con una solución Olsen modificado, así como el pH en agua y el contenido total de C y N. A continuación se presentan y discuten los resultados.

### 4.1.1 Carbono (C)

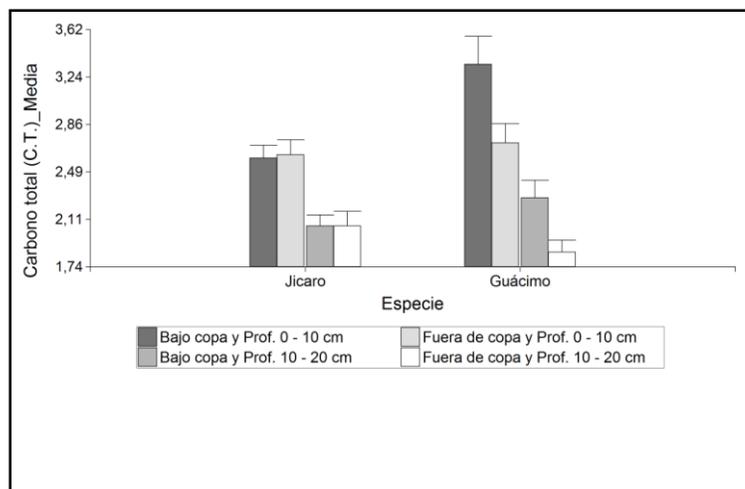
Se encontraron contenidos de carbono mayores bajo la copa de los arboles de guácimo, comparado con la pastura abierta en ambas profundidades de muestreo (Cuadro 6 y Figura 6). Sin embargo, en el caso de jícara no se encontraron diferencias significativas entre las posiciones para ninguna de las dos profundidades de muestreo.

Cuadro 6. Contenido promedio de carbono total (C) en % por especie, posición y profundidad.

Contenido promedio de C en %	Guácimo (n=20)		Jícara (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
Bajo copa de los árboles	3,34	2,28	2,6	2,06
Pastura abierta sin influencia del árbol	2,72	1,83	2,63	2,06
<b>Valor p</b>	<b>p=0,0015</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,81</b>	<b>p=0,9999</b>

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 6. Contenido de carbono total en el suelo bajo copa y fuera por especie y profundidad



Comparando los resultados de este estudio con los encontrados por Romero (2010) en fincas ganaderas del Municipio de Muy-Muy, Nicaragua (Cuadro 7), reportó valores mayores ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de carbono orgánico por debajo de la copa y en los primeros 10 cm de suelo para las especies guácimo de ternero y de genízaro. Las otras dos especies estudiadas también mostraron mayores contenidos de C bajo la copa, sin embargo, posiblemente por el reducido número de individuos las diferencias no fueron significativas.

Cuadro 7. Contenido promedio de carbono total (C) en % por especie, posición y profundidad.

Contenido promedio de C en %	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
Profundidad	0 – 10 cm	0 – 10 cm	0 – 10 cm	0 – 10 cm
Bajo copa de los árboles	5,10	5,22	5,02	4,91
Pastura abierta sin influencia del árbol	3,93	3,99	4,54	4,49
<b>Valor P</b>	<b>p=0,0007</b>	<b>p=0,0003</b>	<b>p=0,050</b>	<b>p=0,077</b>

Fuente: Romero, 2010

Resultados con esa tendencia fueron encontrados en sistemas agroforestales por Rao *et al* (1997), donde el contenido de C fue 14 a 100% más alto bajo el dosel de los árboles que fuera del dosel en estos sistemas. La fertilidad de los suelos es mayor en los primeros 20 cm de suelo bajo la copa en sistemas de cultivos anuales con especies arbóreas *Prosopis sp* y *Acacia spp*.

En contraste, un estudio realizado en una zona de la Costa Atlántica de Costa Rica, mostró contenidos de C en 233 Mg ha<sup>-1</sup> en una pastura con pasto guinea (*Panicum maximum*) sin árboles en los primeros 50 cm de suelo, en comparación con 180 – 200 Mg/ha<sup>-1</sup> en un sistema silvopastoril con pasto guinea asociado con árboles de *Cordia alliodora* de regeneración natural (Lopez *et al.* 1999).

Otro estudio encontró que el contenido de la materia orgánica en el suelo fue mayor en sistemas silvopastoriles (SSP) con pasto estrella (*Cynodon sp*) asociados con árboles de *Leucaena leucocephala* (4.5%) que en monocultivos (pasto estrella solo) sin árboles (3%), siendo los SSP recomendados como una opción para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, y proveer de servicios ecosistémicos en el sistema (Hernández Chavez *et al.* 2008).

#### 4.1.2 Nitrógeno

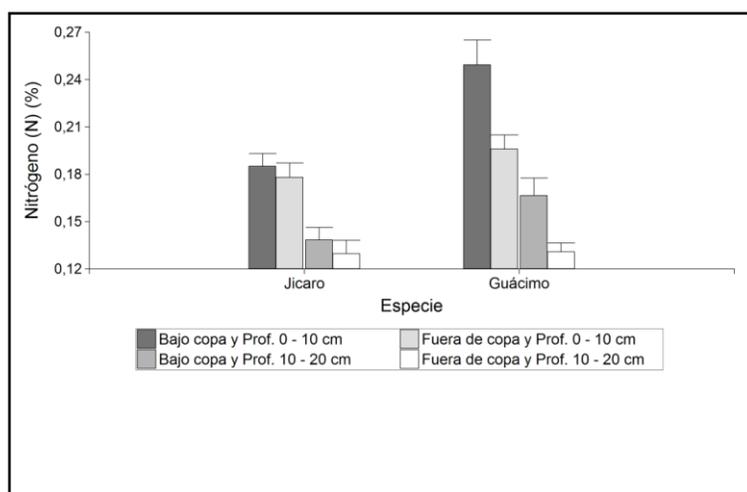
El nitrógeno mostró contenidos mayores en el suelo bajo la copa de los árboles de guácimo de ternero en ambas profundidades. En cambio, el contenido de nitrógeno bajo la copa de los jícaros fue similar en los mismos rangos de profundidad de muestreo (Cuadro 8 y Figura 7).

Cuadro 8. Contenido de Nitrógeno (N) por especie y profundidad

Contenido promedio de N en %	Guácimo (n=20)		Jícara (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
Bajo copa de los árboles	0,25	0,17	0,19	0,14
Pastura abierta sin influencia del árbol	0,17	0,13	0,18	0,13
<b>Valor p</b>	<b>p=0,0006</b>	<b>p=0,0001</b>	<b>p=0,46</b>	<b>p=0,29</b>

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 7. Contenido de N en el suelo bajo copa y fuera por especie



Romero (2010), reportó resultados similares en los primeros 10 cm de profundidad donde hubo contenidos mayores de nitrógeno en suelos por debajo de los árboles de guácimo y genízaro, pero las diferencias no fueron significativas para guanacaste y roble (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido de Nitrógeno (N) por especie y profundidad (Muy-Muy)

Contenido promedio de N en %	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
<b>Profundidad</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>
Bajo copa de los árboles	0,37	0,40	0,37	0,37
Pastura abierta sin influencia del árbol	0,33	0,34	0,35	0,36
<b>Valor p</b>	<b>p=0,037</b>	<b>p=0,026</b>	<b>p=0,15</b>	<b>p=0,64</b>

Fuente: Romero, 2010

En otro estudio, se encontró que dos especies arbóreas aislados (*Cordia elaeagnoides* y *Caesalpinia eriostachys*) en una pradera, mejoran los contenidos de N en el suelo, a través de la caída de la hojarasca de los árboles (Galicia *et al.* 2002).

Un estudio realizado en Panamá, en suelos ácidos con un pH de 4.6, indica que la integración de *Acacia mangium* en pasturas con *Brachiaria humidicola*, aporta al mejoramiento de la calidad del forraje de *Brachiaria humidicola*, y aumenta contenido de N y P del suelo, cuando se compara con el pasto solo de *B. humidicola* (Ibrahim *et al.* 1999).

### 4.1.3 pH del suelo

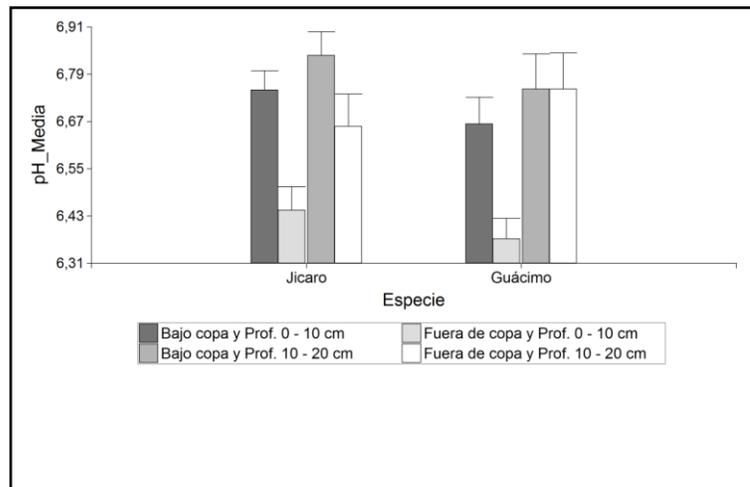
El valor del pH fue mayor debajo de la copa de los árboles de jícaro sabanero y guácimo de ternero en la profundidad de 0 a 10 cm. Sin embargo, no se encontraron diferencias en los valores a una profundidad de 10 a 20 cm (Cuadro 10 y Figura 8).

Cuadro 10. Valor promedio de pH por especie y profundidad

Valor promedio de pH	Guácimo (n=20)		Júcaro (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
Bajo copa de los árboles	6,66	6,75	6,75	6,84
Pastura abierta sin influencia del árbol	6,37	6,75	6,44	6,66
Valor p	p=0,002	p=1.00	p<0,0001	p=0,29

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 8. Valores de pH en el suelo bajo copa y fuera por especie



Romero (2010), reportó resultados similares con pH en los suelos estudiados en Muy-Muy para las especies de guácimo, genízaro y guanacaste. Sin embargo, el roble de sabana mostró un comportamiento diferente al tener un contenido significativamente más bajo por debajo de la copa (Cuadro 11).

Cuadro 11. Valor promedio de pH por especie y profundidad

Valor promedio de pH	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
<b>Profundidad</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>
Bajo copa de los árboles	6,30	6.26	6.26	6.10
Pastura abierta sin influencia del árbol	5,99	5.97	5.96	6.25
<b>Valor p</b>	<b>p=0,0002</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,009</b>

Fuente: Romero, 2010

Un estudio realizado por Reis (2009), citado por Romero (2010), reportó valores de pH mayores bajo la copa de los árboles en un sistema silvopastoril de *Bracharia brizantha* cv. Marandu, asociado con árboles de *Zeyheria tuberculosa* en los primeros 2 cm de suelo. Así mismo, otro estudio, revela que el pH del suelo con pastos mejorados tiende a disminuir en el tiempo, cuando el contenido de materia orgánica es más alto, aumentando la capacidad de intercambio catiónico en los suelos (Haynes y Williams 1993). Pero también, los niveles de acidificación pueden variar en función del porcentaje de materia orgánica, las características del suelo y los factores ambientales (Russell y Isbell 1986).

#### 4.1.4 Fósforo (P-Olsen)

De forma general, el fósforo (P) disponible (P-Olsen), tiene mayores contenidos bajo copa de ambas especies arbóreas para las dos profundidades (Cuadro 12 y Figura 9).

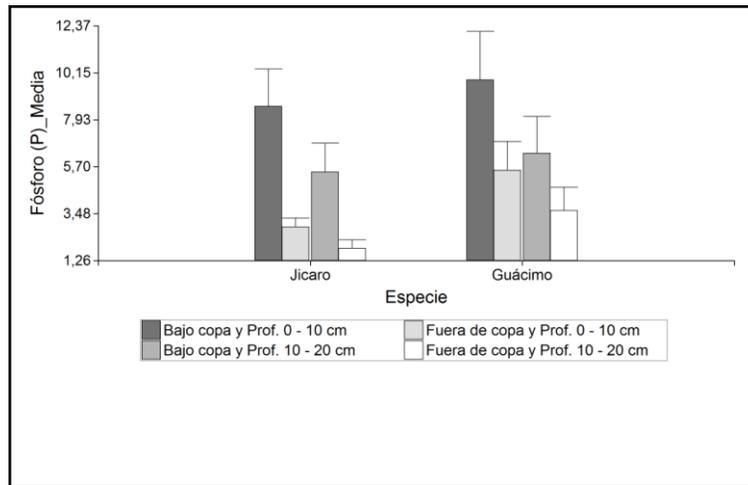
Valores altos de P (más que 40 ug g<sup>-1</sup>) fueron encontrados en el suelo bajo la copa y en el punto de control de algunos árboles. Posiblemente esté relacionado con algún uso no conocido de los terrenos en años anteriores, o a las características propias de cada suelo de los distintos potreros y árboles estudiados.

Cuadro 12. Contenido de Fósforo (P-Olsen) ug/g-1 por especie y profundidad

Contenido promedio de P (P-Olsen)	Guácimo (n=20)		Jícara (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
<b>Profundidad</b>				
Bajo copa de los árboles	9,8	6,3	8,6	5,5
Pastura abierta sin influencia del árbol	5,5	3,6	2,9	1,8
<b>Valor p</b>	<b>p=0,03</b>	<b>P=0,04</b>	<b>p=0,0005</b>	<b>p=0,0002</b>

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 9. Contenido de fósforo (Pi). en el suelo por especie y profundidad (Rivas)



Comparando estos resultados con los encontrados por Romero (2010), el contenido de P en el suelo fue significativamente mayor solamente por debajo de la copa de guácimo, coincidiendo con los resultados de este estudio para la especie guácimo de ternero (Cuadro 13). Por otra parte, cabe resaltar que el método usado para determinar P en ambos estudios era ligeramente diferente.

Cuadro 13. Contenido de Fósforo (P-Olsen) ug/g-1 por especie y profundidad

Contenido promedio de P (P-Olsen)	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
<b>Profundidad</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>
Bajo copa de los árboles	12,0	9,7	8,0	6,8
Pastura abierta sin influencia del árbol	9,3	7,1	8,2	5,7
<b>Valor p</b>	<b>p=0,035</b>	<b>p=0,18</b>	<b>p=0,86</b>	<b>p=0,13</b>

Fuente: Romero, 2010

En otro estudio, se encontraron que las concentraciones de fósforo orgánico y fósforo disponible en el suelo con pasto *Brachiaria humidicola* en la zona de Calabacito, Panamá; que las concentraciones de fósforo en todas sus formas fueron mayores en las pasturas con árboles que en pastura con monocultivos, y en pasturas con alta densidad de *Acacia mangium* (Velasco *et al.* 1999).

### 4.1.5 Potasio (K)

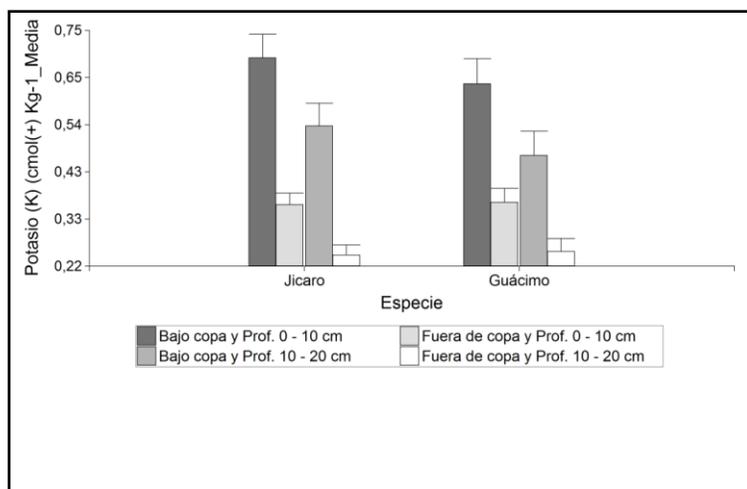
El contenido de Potasio (K) está estrechamente relacionado con la presencia del árbol a ambas profundidades, siendo el contenido claramente mayor por debajo de las copas de ambas especies (Cuadro 14 y Figura 10).

Cuadro 14. Contenido de Potasio (K) (cmol(+) Kg<sup>-1</sup> por especie y profundidad

Contenido promedio de potasio (K) (cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	Guácimo (n=20)		Jícara (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
<b>Profundidad</b>				
Bajo copa de los árboles	0,63	0,47	0,69	0,54
Pastura abierta sin influencia del árbol	0,37	0,26	0,36	0,25
<b>Valor p</b>	<b>P&lt;0,0001</b>	<b>P&lt;0,0001</b>	<b>P&lt;0,0001</b>	<b>P&lt;0,0001</b>

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 10. Contenido de K en el suelo bajo copa y fuera por especie



Comparando los resultados de este estudio con los reportados por Romero (2010), hubieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los contenidos de K bajo copa y fuera de la copa de guácimo y roble de sabana (Cuadro 15), pero estas significancias fueron bajas en comparación con las encontradas en este estudio para las dos especies estudiadas.

Cuadro 15. Contenido de Potasio (K) (cmol(+) Kg<sup>-1</sup> por especie y profundidad

Contenido promedio de potasio (K) (cmol(+) Kg <sup>-1</sup> )	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
<b>Profundidad</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>
Bajo copa de los árboles	0,82	0,67	0,61	0,57
Pastura abierta sin influencia del árbol	0,57	0,50	0,49	0,41
<b>Valor p</b>	<b>p=0,048</b>	<b>p=0,066</b>	<b>p=0,052</b>	<b>p=0,024</b>

Fuente: Romero, 2010

En tanto, otros estudios encontraron resultados similares con K, señalando que los contenidos de K (1.72 cmol(+) Kg<sup>-1</sup>), significativamente altos bajo la copa de árboles de *Acacia spp* asociados con pasto *Brachiaria brizantha* (Carvalho 1997). También, Crespo *et al* (s.f.), encontraron que K aumenta su contenido en el suelo (0.69 cmol(+) Kg<sup>-1</sup>) bajo la sombra de *Albizia lebbbeck* asociada con pasto estrella (*Cynodon sp*). Salazar *et al.* (2006), también determinaron que el K es más alto en arreglos agroforestales establecidos y en suelos a profundidades entre 20 – 30 cm, considerando que este tipo de sistemas los efectos positivos se evidencian a largo plazo.

#### 4.1.6 Calcio (Ca)

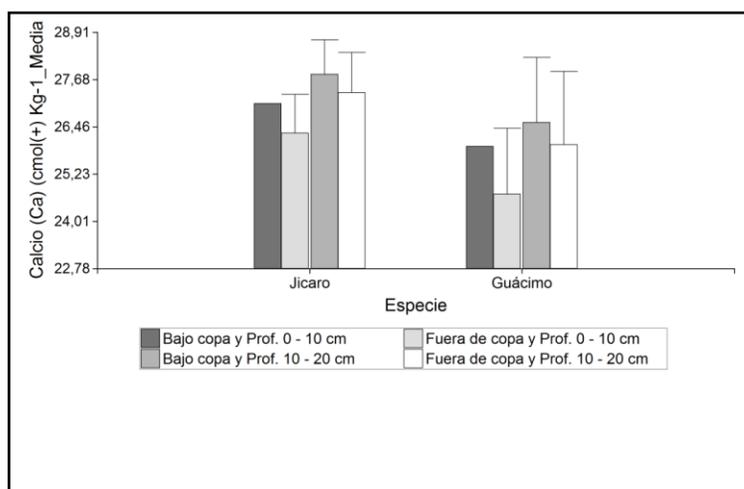
En calcio (Ca), no se encontraron diferencias en su contenido en el suelo para ninguna de las dos especies (Cuadro 16 y Figura 11).

Cuadro 16. Contenido de calcio (Ca) (cmol(+) Kg<sup>-1</sup> por especie y profundidad

Contenido promedio de Ca (cmol(+) Kg <sup>-1</sup> )	Guácimo (n=20)		Jícara (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
<b>Profundidad</b>				
Bajo copa de los árboles	26,0	26,6	27,1	27,8
Pastura abierta sin influencia del árbol	24,7	26,0	26,3	27,4
<b>Valor p</b>	<b>p=0,14</b>	<b>p=0,53</b>	<b>p=0,11</b>	<b>p=0,36</b>

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 11. Contenido de Ca en el suelo bajo copa y fuera por especie



Estos resultados coinciden con los obtenidos por Romero (2010) en los suelos de Muy-Muy, donde no hubieron diferencias para ninguna de las especies estudiadas (Cuadro 17).

Cuadro 17. Contenido de calcio (Ca) (cmol(+) Kg<sup>-1</sup>) por especie y profundidad

Contenido promedio de calcio (Ca) (cmol(+) Kg <sup>-1</sup> )	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
<b>Profundidad</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>
Bajo copa de los árboles	23,1	23,1	23,8	25,7
Pastura abierta sin influencia del árbol	20,5	20,2	24,2	26,8
<b>Valor p</b>	<b>p=0,19</b>	<b>p=0,064</b>	<b>p=0,73</b>	<b>p=0,52</b>

Fuente: Romero, 2010

También se reporta en otro estudio, que pastos con alto contenido de Ca y Mg, como *Brachiaria sp*, reducen la acidez de los suelos en sistemas silvopastoriles (Álvarez 2002). Los cationes de calcio, potasio y magnesio se presentan en muchas formas en el suelo, que difieren de su disponibilidad para las plantas.

Mayormente, estos elementos están disponibles como fracciones solubles en el suelo, seguido por las fracciones intercambiables, las cuales son renovadas en la solución del suelo, si estos nutrientes son removidos por las plantas o lavados del suelo (Schroth y Sinclair 2003).

También, se encontró que hay una alta concentración natural de calcio (Ca) en suelos vertisoles, debido a las características mineralógicas de estos suelos, porque tienen una buena capacidad de intercambio iónico, y que hace difícil medir el aporte del árbol en un suelo con alto contenido en Ca (Schroth y Sinclair 2003).

#### 4.1.7 Magnesio (Mg)

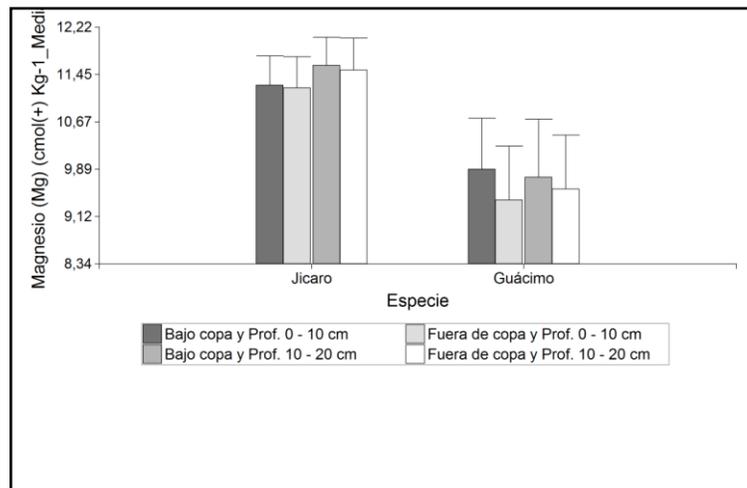
No hubo diferencias en el contenido de magnesio (Mg) en el suelo para ninguna de las dos especies arbóreas a ninguna de las profundidades (Cuadro 18 y Figura 12). Igual resultado fue encontrado por Romero (2010).

Cuadro 18. Contenido de magnesio (Mg) por especie y profundidad

Contenido promedio de magnesio (Mg) (cmol(+) Kg <sup>-1</sup> )	Guácimo (n=20)		Jícaro (n=36)	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
Bajo copa de los árboles	9,9	9,8	11,3	11,6
Pastura abierta sin influencia del árbol	9,4	9,6	11,2	11,5
<b>Valor p</b>	<b>p=0,38</b>	<b>p=0,68</b>	<b>p=0,90</b>	<b>p=0,81</b>

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Figura 12. Contenido de Ca en el suelo bajo copa y fuera por especie



Cuadro 19. Contenido de Magnesio (Mg) (cmol(+) Kg<sup>-1</sup> por especie y profundidad

Contenido promedio de magnesio (Mg) (cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	Guácimo (n=12)	Genízaro (n=12)	Guanacaste (n=12)	Roble (n=13)
<b>Profundidad</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>0 – 10 cm</b>
Bajo copa de los árboles	5,8	6,5	7,2	7,0
Pastura abierta sin influencia del árbol	5,6	6,2	7,0	7,2
<b>Valor p</b>	<b>p=0,56</b>	<b>p=0,55</b>	<b>p=0,47</b>	<b>p=0,69</b>

Fuente: Romero, 2010

En otro estudio, se encontró que altos contenidos de Mg en suelos sin cultivo mostraron que los niveles de este elemento, al igual que el Ca, disminuyeron drásticamente en un sistema de monocultivo, aún cuando se encuentran en concentraciones altas (Carrillo *et al.* 2003). En suelos cañeros (caña de azúcar) Vertisoles de Tabasco, los contenidos de Mg fueron superiores a 6,6cmol·kg<sup>-1</sup>, considerados altos en este tipo de suelos (Palma López y Cisneros Domínguez 2000)

#### 4.1.8 Correlación entre nutrientes

En cada profundidad estudiada, se puede correlacionar el contenido de nutrientes en los suelos con el lugar de muestreo (bajo dosel o fuera del mismo) para conocer las relaciones entre los nutrientes analizados. Valores positivos mayores a 0,50 entre las correlaciones son consideradas significativas y dependientes una de la otra. Valores negativos mayores a -0,50 entre correlaciones, son consideradas significativas pero independientes entre sí.

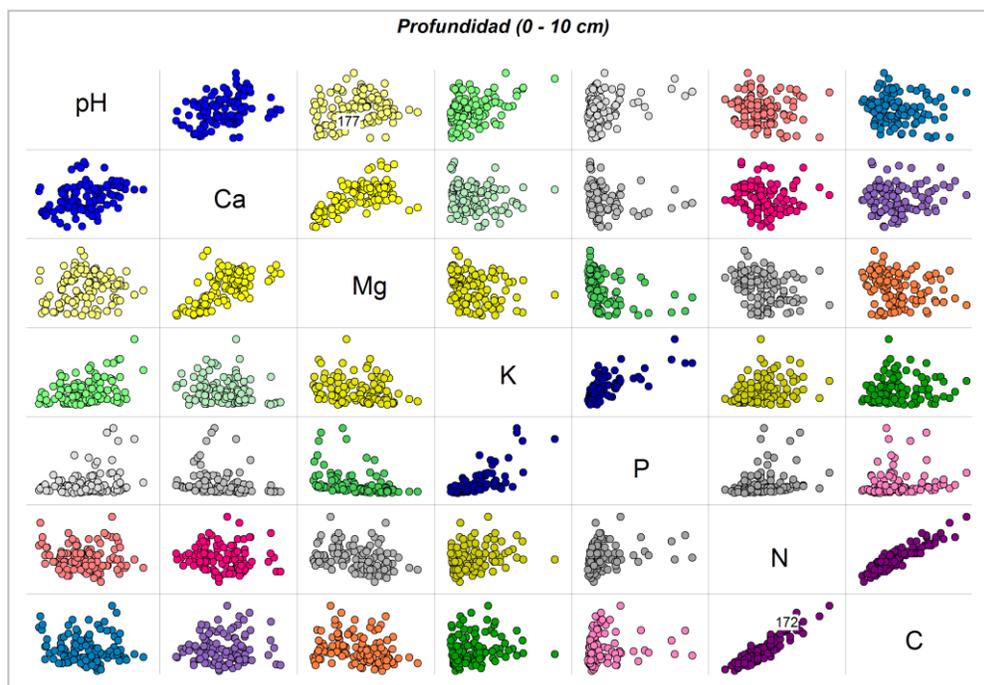
Para la profundidad 0 a 10 cm, se encontró una alta correlación positiva entre: 1) calcio (Ca) y magnesio (Mg); 2) fósforo (P) y potasio (K); 3) y nitrógeno (N) y carbono (C) (Cuadro 20 y Figura 13, donde se ilustra claramente); lo que evidencia que las correlaciones son mayores (P<0,0001) entre los contenidos de estos nutrientes, y son dependientes uno del otro.

Cuadro 20. Coeficiente de correlación entre nutrientes y profundidad del suelo de 0 – 10 cm. Valores significativos se indican en negrita y, entonces, la significación se muestra en el cuadrante correspondiente por encima de la diagonal

<i>Variables</i>	<i>pH</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>N</i>	<i>C.T.</i>
<b>pH</b>							
<b>Ca</b>	0,34		<b>0,0001*</b>				
<b>Mg</b>	0,16	<b>0,63</b>					
<b>K</b>	0,38	-0,19	-0,25		<b>0,0001*</b>		
<b>P</b>	0,32	-0,25	-0,40	<b>0,72</b>			
<b>N</b>	-0,12	-0,11	-0,32	0,28	0,29		<b>0,0001*</b>
<b>C.T.</b>	-0,10	0,02	-0,23	0,13	0,13	<b>0,92</b>	

\*(p<0,05)

Figura 13. Correlaciones entre nutrientes y profundidad del suelo de 0 – 10 cm



Para la profundidad de suelo de 10 a 20 cm, se evidenció una correlación positiva ( $p < 0,0001$  y  $p < 0,0002$ ) similar que en los primeros 10 cm, entre contenidos de: 1) potasio (K) con nitrógeno (N); 2) magnesio (Mg) con calcio (Ca); 3) pH y calcio (Ca). Una correlación positiva ( $p < 0,0001$ ) fue encontrada entre: 1) carbono (C) con nitrógeno (N); 2) potasio (K) con fósforo (P) (Cuadro 21 y Figura 14), por lo que los contenidos mayores de C, N, K y P

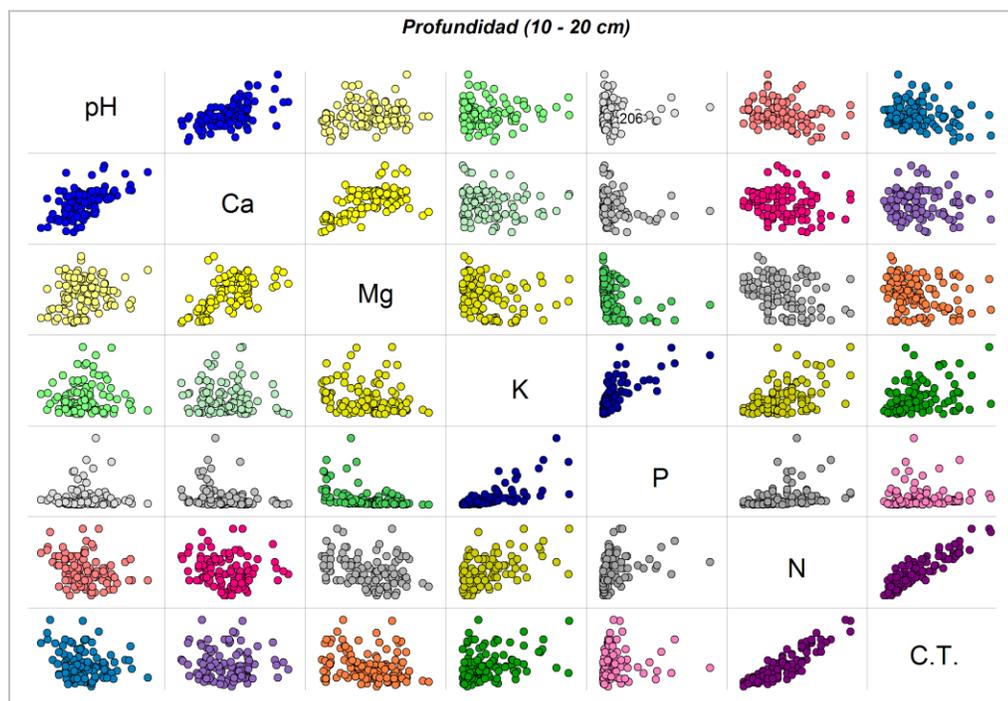
están asociados con la posición y profundidad de muestreo; en este caso los valores más altos fueron encontrados bajo la copa de las dos especies arbóreas en estudio.

Cuadro 21. Coeficiente de correlación entre nutrientes y profundidad del suelo de 10 – 20 cm. Valores significativos se indican en negrita y, entonces, la significación se muestra en el cuadrante correspondiente por encima de la diagonal

<i>Variables</i>	<i>pH</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>N</i>	<i>C.T.</i>
<b>pH</b>		<b>0,0001*</b>					
<b>Ca</b>	<b>0,55</b>		<b>0,0001*</b>				
<b>Mg</b>	0,17	<b>0,59</b>					
<b>K</b>	0,07	-0,16	-0,26		<b>0,0001*</b>	<b>0,0002*</b>	
<b>P</b>	0,07	-0,30	-0,43	<b>0,72</b>			
<b>N</b>	-0,26	-0,21	-0,31	<b>0,53</b>	0,34		<b>0,0001*</b>
<b>C.T.</b>	-0,20	-0,08	-0,23	0,36	0,13	<b>0,89</b>	

\*(p<0,05)

Figura 14. Correlaciones entre nutrientes y profundidad del suelo de 10 – 20 cm



Por tanto, las diferencias entre correlaciones en C, N, K, Ca, Mg y P bajo la copa de los árboles de guácimo y jícaro, posiblemente se deban a la calidad y lavado de la hojarasca, flores y frutos por lluvias, y los procesos de descomposición por debajo del dosel, influenciada

por factores climáticos, edáficos y la incidencia de las raíces de los árboles, la cual no fue estimada en este estudio.

#### ***4.1.9 Influencia del ganado bajo los árboles y en pastura abierta***

Para estimar la influencia del ganado en las características del suelo por debajo de la copa de los árboles comparado con los puntos de control en la pastura abierta se contó el número de bostas (heces) presentes. Si en alguna de las posiciones se depositan mucho más bostas que en la otra, se podría sospechar que las diferencias en las características del suelo encontradas se deben a la deposición de bostas y no a la presencia del árbol, porque las deposiciones de los animales pueden tener un aporte significativo de materia orgánica y nutrientes (Gil *et al.* 2005a; Picone y Zamuner 2002).

En cada época (seca y lluviosa), con base a la cantidad de bostas por debajo de cada árbol y en su respectivo punto de control, se clasificaron todos los árboles que tenían en ambas épocas al menos 4 bostas en alguna de estas posiciones. Este requisito causó que uno (5%) de los árboles de guácimo y 21 (58%) de los árboles de jícaro no pudieron ser clasificados. Se clasificó como “preferido” el árbol cuando por debajo de la copa se contaba al menos 35% más bostas que en la pastura abierta y “rechazado” cuando había 35% o más bostas en la pastura abierta. Cuando la diferencia entre las posiciones fue menor, se clasificó el árbol como “neutral”.

Además, se encontraron grandes diferencias entre las dos épocas. Por ejemplo, 7 árboles (35%) de guácimo mostraban un comportamiento contradictorio, es decir, fueron preferidos en una época y rechazados en la otra (Cuadro 22). Al final quedaron solamente 2 árboles de guácimo como preferidos y uno como rechazado en ambas épocas, mientras en el caso de jícaro solamente se encontraron 5 árboles rechazados y ninguno preferido.

Cuadro 22. Preferencia del ganado para estar bajo la copa de los árboles con base en la deposición de heces en dos épocas

Clasificación	Guácimo	Jícara
Árboles preferidos en ambas épocas	2	0
Árboles indiferentes en una época y preferido en otra	4	0
Árboles indiferentes en ambas épocas	1	0
Árboles indiferentes en una época y rechazados en otra	4	10
Árboles rechazados en ambas épocas	1	5
Árboles preferidos en una época y rechazados en otra	7	0
Árboles no analizados por falta de datos*	1	21

\*El número de bostas encontrado fue menor a 4.

Es importante señalar que el comportamiento del ganado, en caso de guácimo, es bastante variable; sin embargo, para jícara sabanero, parece dominar el rechazo. En el campo, se observó que hay poca disponibilidad de alimentos bajo la copa pero mayor disponibilidad de sombra, además, los frutos de jícara maduros eran consumidos por equinos y no por bovinos.

#### 4.1.10 Mapeo de bostas

Dado que los resultados obtenidos por el conteo de bostas no permiten realizar pruebas estadísticas para conocer si los suelos en ambas posiciones son afectados por la preferencia o el rechazo del ganado, se realizó un pequeño estudio adicional en el cual durante un periodo de pastoreo se mapeó la distribución de todas las bostas depositadas en dos de los potreros donde se encuentran los árboles en estudio. Con un GPS el mapeo de bostas frescas durante 3 días en uno de los potreros y 2 días en el otro, en los primeros días del mes de agosto. Se tomaron variables de diámetros, altura y coordenadas de cada bosta.

#### 4.1.10.1 Descripción de potreros

Los Potreros El Mango y Los Jicaritos, pertenecen a la Finca Santa Gertrudis, localizada en la Comunidad de Cantimplora, Municipio de Belén, Rivas. El primer potrero está ubicado en las coordenadas UTM 0612005 Longitud Oeste y 1283979 Latitud Norte. El segundo potrero, en las coordenadas UTM 0611957 Longitud Oeste y 1283882 Latitud Norte. Los dos potreros, se caracterizan por tener una cobertura de pastos naturalizados. Los pastos predominantes en ambos potreros son el Pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa*) (Nees), Pasto Gamba (*Andropogon gayanus*) Kunth y Pasto Estrella (*Cynodon* sp). En ambos potreros se observaron áreas “inundables” o donde se encharca el agua de las lluvias, que también fueron mapeadas (Figura 15).

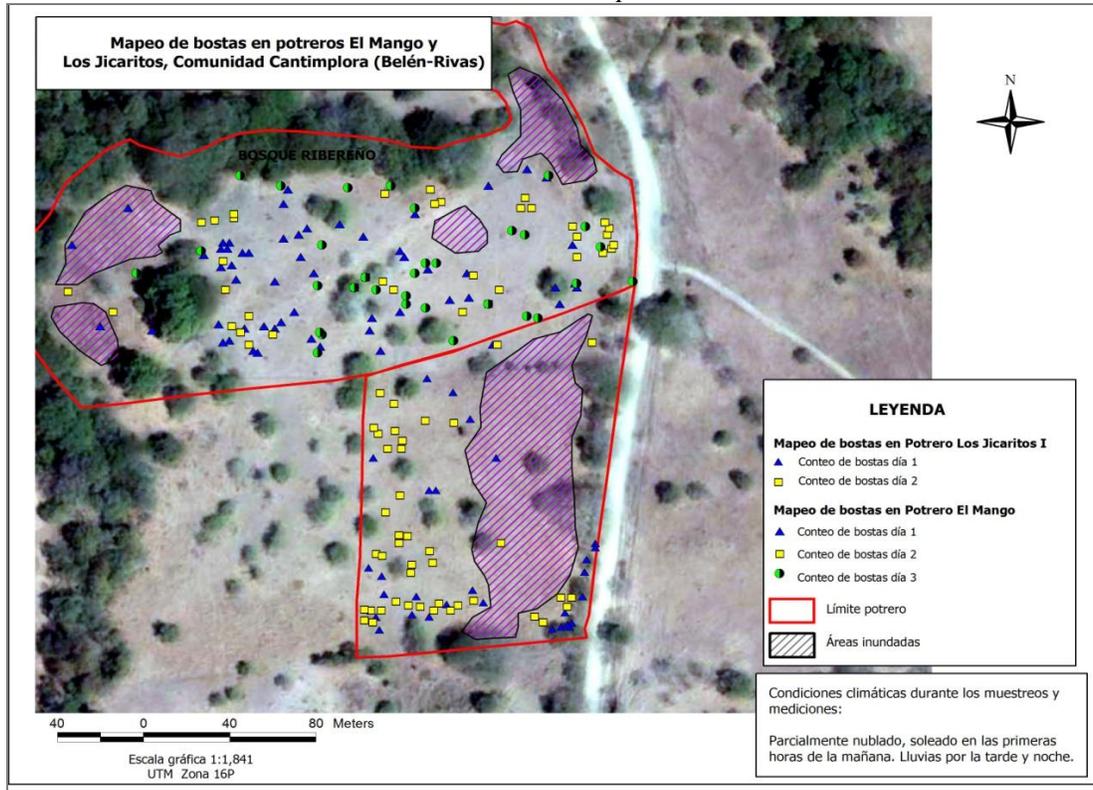
El Cuadro 23 muestra alguna de las características de los potreros donde se realizó el mapeo de bostas. Los datos de los tamaños de bostas se detallan en los anexos 5 y 6.

Cuadro 23. Información variables medidas en los potreros

Descripción	Potrero El Mango	Potrero Los Jicaritos
Área (hectáreas)	3,2	1,7
Pasto dominante 1	<i>Hyparrhenia rufa</i>	<i>Andropogon gayanus</i>
Pasto dominante 2	<i>Cynodon</i> sp.	<i>Cynodon</i> sp.
Porcentaje pasto 1	65	62
Porcentaje pasto 2	18	10
Número animales en pastoreo	13	9
Número días de pastoreo	3	2
Número días de descanso	15	15
Número bostas frescas registradas en el período de conteo	130	69
Diámetro promedio bostas	28,9 cm	25,0 cm
Número árboles/hectárea	11	22
Tipo de suelo	Vertisol	Vertisol
Precipitación en los días de observación por día (mm)	15,3; 19,1; 18,6**	14,8; 19,0**

\*\*Datos tomados de la estación meteorológica de Rivas, agosto 2010.

Figura 15. Ilustración de la distribución de bostas en los Potreros El Mango y Jicarito en la Comunidad de Cantimplora



Analizando la distribución de bostas se observa que la gran mayoría de las bostas se depositaron en la pastura abierta en ambos potreros, pero también las bostas están concentradas en las áreas no inundadas y con mayor disponibilidad de forraje.

Este resultado probablemente se debe a que, durante el período de muestreo, el ganado permaneció fuera de las áreas inundadas en ambos potreros; probablemente los animales prefieren estar en lugares más acondicionados para pastorear dentro de los potreros.

#### 4.1.11 Composición herbácea bajo copa y en pastura abierta

En los puntos de muestreo de los suelos (bajo y fuera de la copa de los árboles), se evaluó la vegetación herbácea. Aunque no se incluye un análisis detallado de las especies, en general se observó en ambas posiciones de muestreo un mayor número de especies en la época lluviosa (Cuadro 24).

Cuadro 24. Especies herbáceas dominantes en los potreros para ambas épocas

Época seca		Época lluviosa	
N. común	N. científico	N. común	N. científico
Pasto gamba	<i>Andropogon gayanus</i>	Pasto gamba	<i>Andropogon gayanus</i>
Pasto angleton	<i>Dichanthium aristatum</i>	Pasto angleton	<i>Dichanthium aristatum</i>
Pasto jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Pasto jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>
Pasto guinea	<i>Panicum maximum</i>	Pasto guinea	<i>Panicum maximum</i>
Pasto estrella	<i>Cynodon sp</i>	Pasto estrella	<i>Cynodon sp</i>
Blecum	<i>Blechum pyramidatum</i>	Pasto Mombasa	<i>Brachiaria humidicola</i>
Zarza	<i>Mimosa albida</i>	Pasto Taiwán o King Grass	<i>Pennisetum purpureum</i>
Flor amarilla	<i>Baltimora recta</i>	Blecum	<i>Blechum pyramidatum</i>
Escoba lisa	<i>Sida acuta</i>	Coyolillo	<i>Cyperus sp</i>
Dormilona	<i>Mimosa pudica</i>	Flor amarilla	<i>Baltimora recta</i>
Cornizuelo	<i>Acacia collinsi</i>	Navajuela	<i>Scleria melaleuca</i>
Picha de gato	<i>Achyranthes aspera</i>	Escoba lisa	<i>Sida acuta</i>
Escoba Espinosa	<i>Sida sp</i>	Dormilona	<i>Mimosa pudica</i>
		Cornizuelo	<i>Acacia collinsi</i>
		Picha de gato	<i>Achyranthes aspera</i>

Por otra parte, tal como se podría esperar como efecto de una época seca prolongada, bajo la copa de ambas especies de árboles la cobertura vegetal aumenta de manera importante al inicio de la época lluviosa comparada con el final de la época seca (Anexo 7), mientras la cobertura de hojarasca y suelo desnudo disminuyen (Cuadro 25). Fuera de las copas de los árboles, la cobertura del suelo muestran los mismos resultados, con la excepción de la cobertura de hojas anchas que se mantiene igual en ambas épocas (Cuadro 26).

Cuadro 25. Cobertura vegetal del suelo bajo la copa de las dos especies arbóreas estudiadas en la época seca (abril-mayo) y la época lluviosa (junio-julio)

Tipo de cobertura	Cobertura promedio (en %)					
	Bajo copa de Guácimo de ternero (n=20)			Bajo copa de Jícaro sabanero (n=36)		
	Época seca	Época lluviosa	p(valor)	Época seca	Época lluviosa	p(valor)
Gramíneas	16	26	0,0005	17	24	<0,0001
Ciperáceas	1	5	0,0005	1	4	<0,0001
Hojas anchas	27	35	0,0009	26	37	<0,0001
Hojarasca	28	12	<0,0001	27	13	<0,0001
Suelo desnudo	28	22	<0,0001	29	22	<0,0001

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa)

Cuadro 26. Cobertura vegetal del suelo fuera de las copa de las dos especies arbóreas estudiadas (“puntos de control”) en la época seca (abril-mayo) y la época lluviosa (junio-julio)

Tipo de cobertura	Cobertura promedio (en %)					
	Fuera de Guácimo (n=20)			Fuera de Jícara (n=36)		
	Época seca	Época lluviosa	p(valor)	Época seca	Época lluviosa	p(valor)
Gramíneas	30	56	<0,0001	35	56	<0,0001
Ciperáceas	1	5	<0,0001	1	5	<0,0001
Hojas anchas	20	21	NS	19	19	NS
Hojarasca	17	6	<0,0001	15	6	<0,0001
Suelo desnudo	32	12	<0,0001	30	14	<0,0001

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa) NS: no significativo

Sin embargo, cuando se compara la cobertura del suelo bajo la copa de los árboles con la misma fuera de las copas, se observaron diferencias importantes en ambas épocas, donde hay más gramíneas en campo abierto y más hojas anchas bajo las copas (Cuadro 27 y 28).

Este resultado es de mucha relevancia para el presente estudio, pues podría significar que parte de las diferencias en el suelo observadas bajo el dosel de los árboles comparado con el campo abierto, no solamente se deben a la presencia de los árboles, sino también a las diferencias en la cobertura herbácea del suelo (más hojas anchas – plantas C3, y menos gramíneas y ciperáceas – plantas C4).

Sin embargo, el período de estudio se limitó a los meses abril y julio y habrá que confirmar estas tendencias también en otros meses del año para llegar a conclusiones más sólidas.

Cuadro 27. Cobertura del suelo bajo la copa de las dos especies arbóreas estudiadas y en los puntos de control fuera de la copa en la época seca (abril e inicio mayo)

Tipo de cobertura	Cobertura promedio (en %)					
	Guácimo de ternero (n=20)			Jícara sabanero (n=36)		
	Bajo copa	Fuera	p(valor)	Bajo copa	Fuera	p(valor)
Gramíneas	16	30	<0,0001	17	35	<0,0001
Ciperáceas	1	1	NS	1	1	NS
Hojas anchas	27	20	<0,0001	26	19	<0,0001
Hojarasca	28	17	<0,0001	27	15	<0,0001
Suelo desnudo	28	32	0,0003	29	30	NS

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa) NS: no significativo

Cuadro 28. Cobertura del suelo bajo la copa de las dos especies arbóreas estudiadas y en los puntos de control fuera de la copa en la época lluviosa (junio y julio)

Tipo de cobertura	Cobertura promedio (en %)					
	Guácimo de ternero (n=20)			Jícara sabanero (n=36)		
	Bajo copa	Fuera	p(valor)	Bajo copa	Fuera	p(valor)
Gramíneas	26	56	<0,0001	24	56	<0,0001
Ciperáceas	4	5	NS	4	5	NS
Hojas anchas	37	21	<0,0001	37	19	<0,0001
Hojarasca	13	6	<0,0001	13	6	<0,0001
Suelo desnudo	22	12	<0,0001	22	14	<0,0001

Valor del p determinado con t-student para muestras apareadas (bajo copa versus fuera copa) NS: no significativo

Al encontrar una cobertura mayor de gramíneas fuera de la copa en ambas épocas (Cuadros 30 y 31), se comprueba que este grupo es menos tolerante a la sombra, por lo que se desarrollan mejor con luz solar directa, aunque se observa que la cobertura es mayor en época lluviosa.

Por otra parte, el grupo de las hojas anchas tolera mejor la sombra (son plantas C3), y por lo tanto tiene una mayor cobertura bajo las copas que las gramíneas que son plantas C4. La misma tendencia fue encontrado en pasturas en Muy-Muy (Zapata 2010). En este sentido, una de las interacciones más importantes en las asociaciones de especies arbóreas forrajeras con gramíneas, es la competencia por luz, factor que puede generar una menor tasa de crecimiento de la especie del estrato inferior (Pezo y Ibrahim 1999).

## 5 DISCUSIÓN GENERAL

Sobre la base de la *primera hipótesis*, los contenidos de nutrientes varían entre ambas especies (guácimo y jícaro) bajo la copa de los árboles y en la pastura abierta, y a dos rangos de profundidad, se presenta un resumen de los resultados en el cuadro 29.

Cuadro 29. Relación entre el contenido de nutrientes por especie y profundidad bajo copa respecto a pastura abierta

Variables	Guácimo		Jícaro	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
<b>C</b>	Mayor	Mayor	NS	NS
<b>N</b>	Mayor	NS	Mayor	NS
<b>pH</b>	Mayor	NS	Mayor	NS
<b>P</b>	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor
<b>K</b>	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor
<b>Ca</b>	NS	NS	NS	NS
<b>Mg</b>	NS	NS	NS	NS

NS: No significativo  
Mayor: (p<0,05)

Estos resultados indican que hay diferencias en varias de las características del suelo estudiadas entre las dos especies y también entre las dos profundidades. Las diferencias probablemente se deben en gran parte a la presencia del árbol, pero también podrían estar relacionadas con la composición botánica encontrada bajo la copa de los árboles, donde se presentaron más hojas anchas y menos gramíneas, que podría influir en el suelo por producir hojarasca en diferentes cantidades y con diferente composición química. Es importante tomar en cuenta que los resultados están focalizados en pequeñas áreas en la pastura, a saber la posición donde se espera una máxima influencia del árbol y otra donde hay una mínima influencia. Por lo tanto, no aplican para todo el sistema silvopastoril.

De acuerdo a la *segunda hipótesis*, y aunque en este estudio no se profundizó en la calidad ni producción de biomasa aérea, por tener referencias de otros estudios (Zapata 2010 y Sandoval 2006), las concentraciones de nutrientes en la hojarasca arbórea y herbácea de hoja ancha son mayores que en gramíneas, y por lo tanto, podrían haber influenciado en las diferencias en las

características del suelo encontradas (Anexo 2 y 3). Además, son relevantes los datos encontrados por Sandoval (2006), donde se reportó que la producción de hojarasca de los pastos fue mayor que la de los árboles.

En el caso de carbono (C), se encontró una mayor concentración por debajo del dosel de solamente el Guácimo. Formulando una interrogante de qué factores están incidiendo en las diferencias, se especula que posiblemente son causadas por los diferentes procesos de descomposición de hojarasca y raíces de los árboles, sin embargo, se requiere de otros estudios para determinar mejor las causas. En el caso de fósforo y potasio, las concentraciones fueron más altas que en la pastura abierta y probablemente causadas por la presencia de los árboles, pues se conoce que las hojas de los árboles y sus frutos son ricos en ambos elementos, al menos, comparado con el pasto.

Teniendo en consideración la *tercera hipótesis*, en el caso de de la especie guácimo, algunos árboles fueron preferidos por el ganado, otros rechazados y en varios casos la preferencia cambia con la época. En el caso de jícara, dominó el rechazo de los árboles en ambas épocas. Estos datos indican que las diferencias observadas en los suelos en la disponibilidad de fósforo no son consecuencia de la preferencia o del rechazo por parte del ganado, pues casi la totalidad del fósforo consumido por ganado es retornado al suelo en forma de heces. Sin embargo, no se logró tener suficientes casos para permitir pruebas estadísticas y se debe concluir que los muestreos realizados en este estudio no son suficientes para aceptar esta hipótesis. Además, debe aceptarse que el estudio no incluyó las orines, lo cual hace difícil sacar conclusiones sobre potasio, que es retornado predominantemente en forma de orines.

En cuanto al mapeo de bostas realizado en la época lluviosa, igualmente los resultados no mostraron una preferencia del ganado para estar bajo los árboles (en su mayoría jícaras). La cantidad de observaciones no permitieron realizar pruebas estadísticas, las diferencias en la disponibilidad de fósforo en el suelo observadas no parecen estar relacionadas con la deposición de bostas por el ganado.

## 6 CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

Los suelos del área de estudio se caracterizan por ser suelos con características vérticas, básicos y altos contenidos de calcio, y magnesio, por lo posiblemente el aporte de un árbol no pueda ser medible para Ca y Mg en este tipo de suelo. La presencia del guácimo, a pesar de ser una especie no leguminosa, aumenta el contenido de carbono y nitrógeno del suelo comparado con la pastura sin árboles. En cambio, bajo los árboles de jícara no se encontraron estas diferencias, sugiriendo que cambios en las características del suelo por debajo del árbol varían en función de la especie arbórea.

La cantidad de fósforo y potasio disponible en el suelo son superiores bajo la copa de las dos especies arbóreas estudiadas respecto al pasto abierto hasta una profundidad de al menos 20 cm y probablemente son consecuencia de la presencia del árbol.

La magnitud del incremento en fósforo y potasio disponible bajo la copa de guácimo y jícara y el aumento del carbono en caso de guácimo es similar en ambas profundidades estudiadas (0 a 10 y 10 a 20 cm) lo cual no permite concluir si el aumento es una consecuencia de la caída de hojarasca aérea, de la descomposición de raíces arbóreas o de una combinación de ambas. Sin embargo, el porcentaje del aumento de nitrógeno en el caso de guácimo es un poco mayor en la capa superficial, sugiriendo que este incremento se debe principalmente a la caída de hojarasca aérea.

Aunque los mayores contenidos de C, N, K y P y el mayor valor del pH en los suelos bajo las copas parece tener una clara relación con la presencia del árbol, no se puede excluir que las diferencias se deben, al menos en parte, a la menor cobertura de gramíneas y la mayor cobertura de hojas anchas bajo la copa.

Basado en el conteo de bostas, en el caso de guácimo se concluye que el comportamiento del ganado no mostró una clara preferencia para descansar por debajo de la copa de los árboles o en campo abierto, pues hay tantos árboles preferidos, árboles rechazados y árboles que son preferidos en una época y rechazados en otra. Por otra parte, para jícara sabanero, dominó el rechazo de los árboles. No se comprobó que los valores altos en contenidos de P bajo la copa de ciertos árboles estén estrechamente asociados a la preferencia del ganado.

Aunque la cantidad de observaciones para ambas especies arbóreas no permitió realizar pruebas estadísticas para conocer si los suelos en ambas posiciones son afectados por la preferencia o el rechazo por el ganado, los datos del presente estudio indican que las mayores contenidos de C, N, K y P en los suelos bajo la copa no puedan ser consecuencia de la deposición preferencial de bostas por el ganado.

## **7 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS**

1. Las diferencias en la cobertura herbácea del suelo bajo la copa (más hojas anchas – plantas C3, y menos gramíneas y ciperáceas – plantas C4) comparado con la pastura abierta y estudiadas entre los meses de abril a julio, podrían estar incidiendo en los contenidos de nutrientes, y para confirmar esta tendencias se deberán hacer evaluaciones más sistemáticas en otros meses del año para llegar a conclusiones más sólidas al respecto.
2. Se necesitará de otros estudios con muestreos y mediciones más intensivos para estudiar mejor las correlaciones entre los contenidos de carbono, nitrógeno, potasio y fósforo en árboles dispersos de guácimo y jícara, los procesos de descomposición por debajo del dosel y la incidencia de las raíces de los árboles.
3. En la zona, se han hecho pocos estudios sobre la distribución espacial de excrementos del ganado (orines y bostas) o sobre el rol de las deposiciones sobre los contenidos de nutrientes del suelo, por lo que se sugiere llevar a cabo estudios más detalladas sobre el tema. En este sentido, el mapeo de bostas parece una herramienta interesante para conocer la distribución espacial de bostas en un potrero, pero también se debería estudiar mejor el efecto de la especie arbórea y de la época sobre el comportamiento del ganado. Por otra parte, el efecto de la deposición de orines también debería ser evaluado mejor, sin embargo, aparte de las observaciones directas no se visualizan herramientas metodológicas que podrían aclarar el tema.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, J; Suniaga. 2005. Manual de Ganadería Doble Propósito. Capitulo 11 Sistemas Silvopastoriles. (Manual). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, UdLA.
- Álvarez, JE. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas.
- Barrios, C. 1998. Pastoreo regulado y bostas de ganado como herramientas forestales para la protección de arbolitos en potreros. Magister. Turrialba. 93 p.
- Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Harvey, C; Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):47–51.
- Boddey, RM; Macedo, R; Tarré, RM; Ferreira, E; de Oliveira, OC; Rezende, CdP; Cantarutti, RB; Pereira, JM; Alves, BJR; Urquiaga, SP; Cantarutti, RB; Pereira, JM; Alves, BJR; Urquiaga, S. 2004. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline? *Agriculture Ecosystem and Environment*.
- Bustamante, J; Romero, F. 1991. Producción ganadera en un contexto agroforestal. *Sistemas silvopastoriles* (20):3.
- Buurman, P; Hoosbeek, M. 2009. Report of a field visit 9-21 November 2009. The Netherlands 8 p.
- Caballero, Y. 2007. POTENCIAL HIDROLÓGICO Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN LA SUBCUENCA DEL RIO OCHOMOGO Magister. Managua, Nicaragua. 177 p.
- Camero, A; Ibrahim, M. 1995. Bancos de proteína de poró (*Erytrina berteriana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). *Agroforestería en las Américas* 2(8).
- Carrillo, MAR; García, SS; Palma-López, DJ; Lagunes-Espinoza, LC. 2003. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE UN VERTISOL CULTIVADO CON CAÑA DE AZÚCAR.
- Carvalho, MM. 1997. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. *Agroforestería en las Américas* 4(5).
- CCAD-MARENA. s.f. Caracterización del Corredor Biológico del Sureste. Rivas, Nicaragua.34.
- Cordero, J; Boshier, D; Barrance, A. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Crespo, G; Rodríguez, I; Fraga, R. s.f. Influencia de *Albizia lebbek* y *Leucaena leucocephala* en indicadores del suelo, el pasto y los animales en sistemas silvopastoriles. *Hojas* 15(9.85):3.07.
- De La Salas, G. 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical. San José, Costa Rica 447 p.
- De las Salas, G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales: Con énfasis en América tropical. Iica.
- Di Rienzo, J; F., C; Balzarini, M; L., G; M., T; Robledom, C. 2008. InfoStat Software Estadístico, versión 1.1. Córdoba, Argentina
- East, R; Felker, P. 1993. Forage production and quality of 4 perennial grasses grown under and outside canopies of mature *Prosopis glandulosa* Torr. var. *glandulosa* (mesquite). *Agroforestry Systems*:22:91-110.

- Esquivel, H; Ibrahim, M; C, H; C, V; T, B; F, S. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40).
- Esquivel, J; Ibrahim, M; Jiménez, F; Pezo, D. 1998. Distribución de Nutrientes en el suelo en asociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):39-43.
- FAO. 2007. Ganadería y deforestación. Políticas Pecuarias – 3. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>
- Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Fassbender, HW; Bornemisza, E. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Galicia, L; García Oliva, F; Murillo, R; Oliva, M. 2002. Flujos de C, N y P al suelo de dos especies de árboles remanentes en una pradera tropical estacional. *Acta Botánica Mexicana* (61):41.
- Gil, JL; Espinoza, Y; Obispo, N; Inia-Ceniap, M. 2005b. Relaciones suelo-planta-animal en sistemas silvopastoriles. CENIAP HOY (Venezuela).
- Gómez, R; López, M. 2004. Caracterización de las fincas ganaderas y relación con la cobertura arbórea en los sistemas ganaderos de Rivas, Nicaragua. *Nicaragua* 19 p.
- Haynes, RJ; Williams, PH. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in agronomy* 49:119-199.
- Hernández Chavez, M; Sanchez Cardenas, S; Simon Guelmes, L. 2008. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Trop* 26(3):319-321.
- Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica 216 p.
- Hoyos, P; García, O; Torres, MI. 1995. Manejo y utilización de pasturas en suelos ácidos de Colombia. Cali, Colombia 120 p.
- Ibrahim, M; Canto, G; Camero, A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo.
- INETER. 2004. Descripción taxonómica de los suelos a nivel de orden. Disponible en [http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/ordenamiento/Est\\_Suelos/Suelos\\_NivelOrden.html](http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/ordenamiento/Est_Suelos/Suelos_NivelOrden.html)
- INETER. 2009. Estación pluviométrica N° 069070 (Departamento de Rivas), período de precipitación 1990-1998. Managua, Nicaragua
- INIDE. 2008a. Rivas en cifras. Managua, Nicaragua 65 p.
- INIDE. 2008b. San Juan del Sur. Managua, Nicaragua 61 p.
- INIDE. 2008c. Caracterización del Departamento de Rivas.40.
- INIDE. 2008d. Belén en cifras. (Censo). Managua, Nicaragua 59 p.
- Jimeno, J; García, T. 2008. Producción y descomposición de la hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp., en Codazzi, Cesar. Jairo Antonio Osorio, Ph. D.:5.
- Lemus de Jesús, G. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Magister. Turrialba, Costa Rica.
- Levard, ea. 2000. Potencialidades y limitaciones para el desarrollo agropecuario en el Municipio de Matiguás. Managua, Nicaragua
- Lopez, A; Schlönvoigt, A; Ibrahim, M; Kleinn, C; Kanninen, M. 1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería de las Américas* 6(23):51-54.

- Mahecha, L. 2009. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2):226.
- Mendoza, P; Lascano, C. 1984. Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. En: *Evaluación de Pasturas con Animales*. Disponible en [http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion\\_pasturas\\_08.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion_pasturas_08.pdf)
- Molina, E. s.f. ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN.
- Oliveira, O; Oliveira, I; Alves, B; Urquiaga, S; Boddey, R. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Palma, JM. 2007. Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en Investigación Agropecuaria* 9(1):3.
- Palma López, DJ; Cisneros Domínguez, J. 2000. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles: Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. 2. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). p. 3-79.
- Rao, M; Nair, P; Ong, C. 1997. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38(1):3-50. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1023/A:1005971525590>
- Reis, GL; Lana, Â; Maurício, RM; Lana, RMQ; Machado, RM; Borges, I; Neto, TQ. 2009. Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savannah. *Plant and soil* 329(1):185-193.
- Restrepo, EM; Ibrahim, M; Cadavid, Á; Mejía, CE; Zuluaga, AF; Calle, Z; Fajardo, D; Cuartas, C; Naranjo, JF; Rivera, L. s.f. APLICACIÓN DE PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES EN AGROECOSISTEMAS GANADEROS EN EL PROYECTO ENFOQUES SILVOPASTORILES INTEGRADOS PARA EL MANEJO DE ECOSISTEMAS EN COLOMBIA. Reconocimiento de los Servicios Ambientales, una oportunidad para la gestión de los recursos naturales en Colombia:117.
- Robertson, FA; Myers, RJK; Saffigna, PG. 1993. Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grassland soils in subtropical Queensland. *Australian Journal of Soil Research* 31(5):611-619.
- Romero Murcia, JE. 2010. El efecto de cuatro especies arbóreas en sistemas silvopastoriles sobre características del suelo en Matiguás y Muy-Muy, Nicaragua. Magister. Turrialba, Costa Rica. 185 p.
- Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. . Magister. Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Ruiz, A; Marín, Y. 2005. Revisitando el agro nicaragüense: tipología de los sistemas de producción y zonificación agro socioeconómica. Managua, Nicaragua, Instituto de Investigación y Desarrollo NITLAPAN, MAGFOR, INEC, FAO. 185 p.
- Russell, JS; Isbell, RF. 1986. Australian soils: the human impact. Univ of Queensland Pr.
- Salazar-Figueroa, R. 1997. *Guazuma ulmifolia* Lam. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales CATIE.
- Salazar, O; Casanova, M; Benavides, C; Luzio, W; Vera, W. 2006. PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO BAJO AGROFORESTERÍA Y COSECHA DE AGUA EN EL SECANO INTERIOR DE CHILE CENTRAL. *Terra Latinoamericana* 24(4):471-476.

- Sánchez, D; López, M; Medina, A; Gómez, R; Harvey, CA; Vílchez, S; Hernández, B; López, F; Joya, M; Sinclair, FL. 2005. IMPORTANCIA ECOLOGICA Y SOCIOECONOMICA DE LA COBERTURA ARBOREA EN UN PAISAJE FRAGMENTADO DE BOSQUE SECO DE BELEN, RIVAS, NICARAGUA. ECOLOGICAL AND SOCIOECONOMIC IMPORTANCE OF TREE COVER IN A FRAGMENTED LANDSCAPE OF DRY FOREST IN BELEN, RIVAS, NICARAGUA.
- Sandoval, I. 2006. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arbóreas y dos gramíneas en pasturas de Muy-Muy, Nicaragua. Magister. Turrialba, Costa Rica. 160 p.
- Schroth, G; Lehmann, J; Barrios, E. 2003. Soil nutrient availability and acidity. Chapter 5. . CABI Publishing. 437 p.
- Schroth, G; Sinclair, FL. 2003. Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods. CABI. 437 p.
- Snaydon, RW. 1981. The ecology of grazed pastures. *Grazing Animals*:13-31.
- Spain, JM; Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas., Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 283 p.
- Szott, LT; Fernandes, E; Sánchez, P. 1991. Soil-plant interactions in agroforestry Systems. *Forest ecology and Management* (45).
- Velasco, A; Ibrahim, M; Kass, D; Jiménez, F; Rivas Platero, G. 1999. Concentraciones de fósforo en suelos bajo sistema silvopastoril de *Acacia mangium* con *Brachiaria humidicola*. *Agroforestería en las Américas (Costa Rica)*.(6(23):45-47.
- Wilson, JR; Wild, DWM. 1991. Improvement of Nitrogen Nutrition and Grass Growth under Shading. *ACIAR Proceedings* (32).
- Young, A. 1997. *Agroforestry for soil management*. Segunda ed., CAB International, ICRAF. 320 p.
- Zapata, PC. 2010. Efecto del guácimo (*Guazuma ulmifolia*), carao (*Cassia grandis*) y roble (*Tabebuia rosea*) sobre la productividad primaria neta aérea y composición florística de pasturas naturales en Muy Muy y Matiguás, Nicaragua. Magister. Turrialba, Costa Rica. 153 p.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Información general de los árboles y potreros estudiados

<i>Nombre local</i>	<i>Árbol N°</i>	<i>Sitio</i>	<i>Área potrero (Has)</i>	<i>Altura total árbol (m)</i>	<i>Diám. copa prom (m)</i>	<i>Cobertura copa (m<sup>2</sup>)</i>	<i>DAP Promedio (cm)</i>	<i>Descripción del potrero</i>
<b>Jícero sabanero</b>	1	Las Mesas	5,54	7,2	9,25	67,13	31	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace 10 años, árboles de <i>Crescentia alata</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Albizia niopoides</i> y <i>Guazuma ulmifolia</i> como las especies más comunes dentro del potrero.
<b>Jícero sabanero</b>	2	Pilas de La Chocolate	1,92	6,2	8,43	55,75	28	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 3 años dentro del potrero. Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícero) dominantes en el potrero.
<b>Jícero sabanero</b>	3	Pilas de La Chocolate	2,72	8,4	9,90	76,98	49	Pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) predominante en el potrero desde hace 5 años y presencia de maleza zarza.
<b>Jícero sabanero</b>	4	San Antonio de La Chocolate	3,43	6,0	10,65	89,08	69	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) desde hace 9 años dentro del potrero. Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícero) y <i>Guazuma ulmifolia</i> (Guácimo) dominantes en el potrero.
<b>Jícero sabanero</b>	5	Mata de Caña	5,49	9,0	14,95	175,54	70	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace 6 años.
<b>Jícero sabanero</b>	6	Mata de Caña	1,47	8,0	11,30	100,29	46	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace 6 años.
<b>Jícero sabanero</b>	7	Cantimplora	3,18	8,8	16,38	210,60	77	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace más de 8 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícero) como especie dominante dentro del potrero.

<b>Jícara sabanero</b>	8	Cantimplora	1,74	9,0	13,03	133,24	31	Potrero con pasto <i>Andropogon gayanus</i> (Gamba) desde hace 7 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícara) como especie dominante dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	9	Cantimplora	2,54	6,6	12,45	121,74	66	Potrero con pasto <i>Andropogon gayanus</i> (Gamba) desde hace 7 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícara) como especie dominante dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	10	Cantimplora	3,91	7,4	12,50	122,72	52	Potrero con pasto <i>Panicum maximum</i> (pasto Guinea) establecido hace 2 años. Antes había pasto Jaragua en el potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	11	Cantimplora	2,04	8,5	11,40	102,07	50	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace más de 3 años y maleza.
<b>Jícara sabanero</b>	12	San Antonio de La Chocolata	2,04	5,5	9,35	68,66	65	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 5 años dentro del potrero. Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícara) dominantes en el potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	13	El Coral - La Chocolata	3,25	6,4	12,98	132,22	41	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) establecido hace más de 5 años y maleza.
<b>Jícara sabanero</b>	14	Las Mesas	5,54	7,6	8,95	62,91	39	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) establecido hace 10 años, árboles de <i>Crescentia alata</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Albizia niopoides</i> y <i>Guazuma ulmifolia</i> como las especies más comunes dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	15	Cantimplora	1,74	8,0	12,65	125,68	49	Potrero con pasto <i>Andropogon gayanus</i> (Gamba) establecido hace 7 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícara) como especie dominante dentro del potrero.

<b>Jícara sabanero</b>	16	Cantimplora	2,54	6,2	8,35	54,76	40	Potrero con pasto <i>Andropogon gayanus</i> (Gamba) establecido hace 7 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícara) como especie dominante dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	17	Cantimplora	3,18	8,2	15,23	182,06	82	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) establecido hace más de 8 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícara) como especie dominante dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	18	Las Mesas	5,54	8,4	8,48	56,41	37	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace 10 años, árboles de <i>Crescentia alata</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Albizia niopoides</i> y <i>Guazuma ulmifolia</i> como las especies más comunes dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	19	Cantimplora	1,64	8,0	9,30	67,93	38	Pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) predominante en el potrero desde hace 4 años y presencia de maleza zarza.
<b>Jícara sabanero</b>	20	Cantimplora	1,64	9,0	12,80	128,68	44	Pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) predominante en el potrero desde hace 4 años y presencia de maleza zarza.
<b>Jícara sabanero</b>	21	El Coral - La Chocolata	1,82	7,8	13,75	148,49	65	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) predominante en el potrero desde hace más de 5 años.
<b>Jícara sabanero</b>	22	Cantimplora	2,54	7,6	11,25	99,40	41	Potrero con pasto <i>Andropogon gayanus</i> (Gamba) desde hace 7 años. <i>Crescentia alata</i> (Jícara) como especie dominante dentro del potrero.

<b>Jícara sabanero</b>	23	Las Mesas	5,54	7,8	7,25	41,28	28	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace 10 años, árboles de <i>Crescentia alata</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Albizia niopoides</i> y <i>Guazuma ulmifolia</i> como las especies más comunes dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	24	San Marcos (Cantimplora)	23,14	6,8	12,10	114,99	17	Pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) predominante en el potrero desde hace 7 años. Árboles de Jícara sabanero dominantes dentro del potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	25	San Antonio de La Chocolata	5,26	8,0	9,73	74,28	29	Pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) asociado con pasto Jaragua ( <i>Hyparrhenia rufa</i> ) predominante en el potrero desde hace 10 años.
<b>Jícara sabanero</b>	26	Sobre la Panamericana Km 95	10,39	5,5	11,95	112,16	47	Pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) predominante en el potrero desde hace 5 años.
<b>Jícara sabanero</b>	27	Sobre la Panamericana Km 95	2,88	5,8	13,93	152,29	71	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) en el potrero desde hace más de 8 años.
<b>Jícara sabanero</b>	28	Sobre la Panamericana Km 91 1/2	8,24	6,5	8,35	54,76	22	Potrero con pasto <i>Paspalum</i> sp (pasto natural) y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) predominantes en el potrero, desde hace 8 años y abundantes árboles de jícara en el potrero (26 jícara).
<b>Jícara sabanero</b>	29	Sobre la Panamericana Km 91 1/2	8,24	6,2	9,40	69,40	13	Potrero con pasto <i>Paspalum</i> sp (pasto natural) y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) predominantes en el potrero, desde hace 8 años y abundantes árboles de jícara en el potrero (26 jícara).
<b>Jícara sabanero</b>	30	San Antonio de La Chocolata	2,45	7,0	11,13	97,21	44	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) en el potrero desde hace más de 5 años.

<b>Jícara sabanero</b>	31	San Antonio de La Chocolata	2,45		11,70	107,51	61	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) en el potrero desde hace más de 5 años.
<b>Jícara sabanero</b>	32	San Antonio de La Chocolata	20,27	8,0	7,45	43,59	29	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 12 años dentro del potrero y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) . Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícara) dominantes en el potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	33	San Antonio de La Chocolata	20,27	8,2	13,05	133,76	38	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 12 años dentro del potrero y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) . Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícara) dominantes en el potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	34	San Antonio de La Chocolata	12,12	8,6	15,75	194,83	70	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 10 años dentro del potrero. Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícara) dominantes en el potrero.
<b>Jícara sabanero</b>	35	San Antonio de La Chocolata	12,12	8,4	14,13	156,70	100	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 10 años dentro del potrero. Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícara) dominantes en el potrero.
Jícara sabanero	36	San Antonio de La Chocolata	12,12	7,8	16,65	217,73	88	Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido hace 10 años dentro del potrero. Árboles de <i>Crescentia alata</i> (Jícara) dominantes en el potrero.
Guácimo de ternero	1	Cantimplora	6,42	8,2	11,20	98,52	24	Árbol bifurcado a 58 cms del suelo. Pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) establecido en el potrero desde hace 5 años.
Guácimo de ternero	2	Los Ángeles	20,79	13,0	23,30	426,39	122	Pasto <i>Paspalum</i> sp dominante en el potrero desde hace 10 años y maleza zarza en la época seca.

Guácimo de ternero	3	Cantimplora	6,05	10,6	15,13	179,67	55	Pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) y pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) dominantes en el potrero desde hace 8 años.
Guácimo de ternero	4	El Coral - La Chocolate	3,25	9,5	12,29	118,63	34	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) desde hace 4 años.
Guácimo de ternero	5	El Coral - La Chocolate	3,62	8,8	9,82	75,66	18	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) y <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) desde hace 7 años.
Guácimo de ternero	6	El Coral - La Chocolate	1,66	8,8	13,90	151,75	37	Potrero con pasto natural ( <i>Paspalum</i> sp) predominante en el potrero desde hace 6 años.
Guácimo de ternero	7	Pilas de La Chocolate	6,78	8,5	10,39	84,70	23	Potrero con pasto <i>Paspalum</i> sp (pasto natural) y pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) predominantes en el potrero.
Guácimo de ternero	8	Cantimplora	15,04	10,5	16,78	221,01	115	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) desde hace 8 años.
Guácimo de ternero	9	Cantimplora	15,04	8,8	15,16	180,51	69	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) desde hace 8 años.
Guácimo de ternero	10	Pilas de La Chocolate	5,61	8,5	12,02	113,38	18	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) y pasto <i>Paspalum</i> sp (pasto natural) desde hace 7 años.
Guácimo de ternero	11	San Antonio de La Chocolate	0,00	9,5	13,20	136,85	63	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) y maleza zarza bajo la copa del árbol.
Guácimo de ternero	12	San Antonio de La Chocolate	3,23	5,5	9,75	74,66	25	Potrero con pasto <i>Andropogon</i> sp (pasto Gamba) desde hace 6 años. Maleza escoba lisa presente bajo la copa del árbol.

Guácimo de ternero	13	San Antonio de La Chocolate	0,00	8,5	14,15	157,25	47	Potrero con pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton), pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) y pasto <i>Paspalum</i> sp (pasto natural) establecidos y presentes por más de 10 años.
Guácimo de ternero	14	Entrada a Cantimplora	2,84	7,5	6,60	34,21	28	Potrero con pasto <i>Andropogon</i> sp (pasto Gamba) presente por más de 6 años.
Guácimo de ternero	15	Entrada a Cantimplora	4,79	6,5	7,63	45,66	15	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) presente por 8 años.
Guácimo de ternero	16	Cantimplora	13,74	15,5	17,73	246,75	51	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) dominante por 8 años. Herbáceas de hoja ancha (escoba lisa y flor amarilla dominante) bajo la copa del árbol.
Guácimo de ternero	17	Cantimplora	15,04	10,8	15,09	178,72	56	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) y pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) desde hace 8 años.
Guácimo de ternero	18	Cantimplora	3,88	8,5	13,03	133,24	34	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) dominante por 6 años. Herbáceas de hoja ancha escoba lisa y maleza zarza presentes en el potrero.
Guácimo de ternero	19	Cantimplora	3,88	7,0	10,75	90,76	20	Potrero con pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua) dominante por 6 años. Herbáceas de hoja ancha escoba lisa y maleza zarza presentes en el potrero.
Guácimo de ternero	20	Cantimplora	6,05	10,8	13,94	152,62	49	Pasto <i>Cynodon</i> sp (pasto estrella) y pasto <i>Dichanthium aristatum</i> (Angleton) dominantes en el potrero desde hace 8 años.

Anexo 2. Análisis de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio en hoja frescas, flores y frutos de las especies en estudio

Para el análisis de muestras vegetales (hojas, flores y frutos), se utilizó el método de análisis de Digestión Nítrico-Perclórica del material, determinación por absorción atómica para calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K). Para fósforo (P), se empleó el método colorímetro del extracto de digestión y para determinar carbono (C) y nitrógeno (N), el método de combustión.

En tanto, los análisis foliares realizados en contenido de C.T., N, Ca, K, P, Mg, mostraron que las hojas de guácimo presentan la mayor concentración de N, una concentración de C mayor y una relación C/N más alta. Mientras que las hojas frescas del jícara, presentaron la menor concentración de N y una relación C/N más baja en comparación a la otra especie.

Alto contenido de fósforo, fue encontrado en las hojas y flores de jícara, con relación a guácimo (Cuadro 29). Para comparar datos de contenido de nutrientes en las dos especies estudiadas, se tomó parte de la información de Sandoval (2006) que realizó en otras especies vegetales, incluyendo guácimo de ternero en el estudio.

Cuadro 30. Contenido de nutrientes en hojas, flores y frutos

<i>Especie</i>	<i>Parte Árbol</i>	<i>Ca (cmol(+) Kg-1</i>	<i>Mg</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>N (%)</i>	<i>C.T (%)</i>	<i>C/N</i>	<i>C/P</i>
<b>Guácimo*</b>	Flores frescas	1,22	<b>0,43</b>	1,16	0,26	2,11	46,04	22	177
<b>Jícara</b>	Flores frescas	0,12	0,25	<b>2,93</b>	0,43	<b>2,29</b>	41,70	18	97
<b>Guácimo*</b>	Hojas frescas	1,88	0,35	1,67	0,20	<b>1,84</b>	46,29	25	237
<b>Guácimo</b>	Hojas frescas	<b>2,07</b>	<b>0,59</b>	0,70	0,11	<b>1,83</b>	46,50	25	423
<b>Jícara</b>	Hojas frescas	0,39	0,34	<b>3,18</b>	0,38	1,67	42,01	25	111
<b>Guácimo*</b>	Frutos	1,10	0,22	1,58	0,27	1,29	43,20	33	160
<b>Jícara</b>	Pulpa	0,14	0,14	1,94	0,12	<b>2,77</b>	44,40	16	370
<b>Jícara</b>	Cáscara fruto	<b>1,52</b>	<b>0,38</b>	1,52	0,17	0,91	44,10	48	259
<b>Pasto</b>									
<b><i>Paspalum</i>** (grama)</b>	Pasto fresco	0,36	0,27	1,83	0,24	1,70	42,57	25	177
<b><i>Brachiaria</i>**</b>	Pasto fresco	0,31	0,22	<b>2,94</b>	0,31	<b>1,83</b>	44,14	24	142

\* Sandoval 2006, Nieuwenhyse 2010. Rodríguez (2010) Sin publicar

\*\*Bajo la copa de guácimo (Sandoval 2006)

Traducido a proteína cruda (PC), el contenido de N en los frutos frescos de jícaro (pulpa y semillas), es equivalente a 17.3% de PC, comparado con 8.1% de PC en frutos de guácimo, lo cual puede ser visto como un potencial alimenticio suplementario para el ganado en la época seca. Es muy importante destacar que se encontraron contenidos en N de 2,29% en flores de jícaro, igual a 14.3% de PC, con relación a las flores de guácimo con un 13.2% PC reportados por Sandoval (2006).

En cambio, Romero (2010), encontró que en hojas recién caídas de guácimo un contenido de 1,36% de N, equivalente a 8,5% de PC, valor por debajo a los encontrados por Sandoval (2006), reportando porcentajes de 11.5% PC en hojas frescas, muy similares a los porcentajes encontrados en este estudio (11.4% PC).

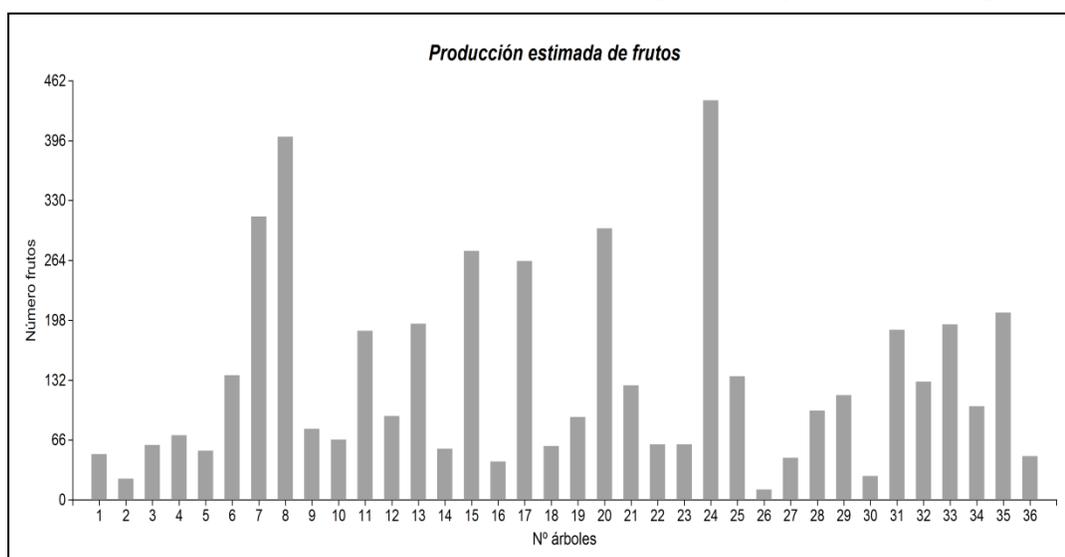
Asociando estos valores nutricionales (1.36% N) con aporte de biomasa seca, a través de la hojarasca de guácimo, se relacionaron con un estudio realizado por Jimeno y García (2008), donde reportan que la especie guácimo de ternero aporta hasta 1,18 Tn/ha/año, en un sistema de producción basado en *Leucaena sp*, manteniendo esta especie una producción continua de hojarasca todo el año. Eso significa, que esa cantidad de hojarasca aportaría al sistema 16.04 Kg Nitrógeno/Ha, en el período de mayor caída de hojas de los árboles de guácimo.

### *Anexo 3 Estimación aporte materia seca y nutrientes de los frutos de jícaro sabanero*

Para la estimación de producción de frutos de jícaro en la zona, se tomó como base el conteo de frutos realizados entre abril y mayo, períodos de mayor producción. Posteriormente, se tomó una muestra de 10 árboles, considerando los árboles de menor producción a los de mayor producción de frutos, para el conteo sistemático de los frutos frescos caídos bajo copa, y removiendo los frutos en cada conteo para evitar duplicidad de los datos.

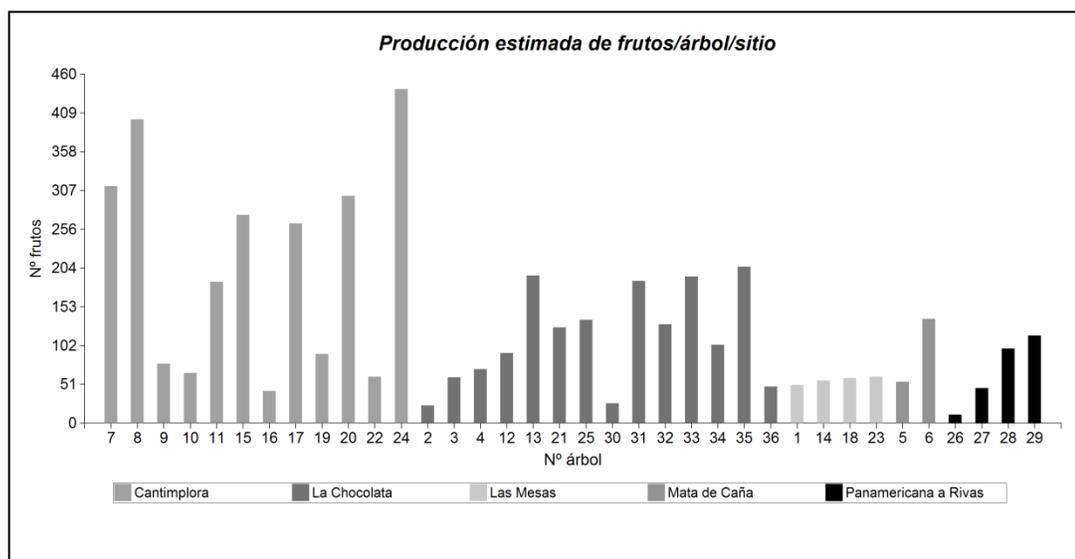
En el primer conteo, estimó el número de frutos frescos en la copa y conteo debajo del dosel. La variabilidad de número de frutos de jícaro fue alta entre árboles y por sitio (Figuras 14 y 15), posiblemente a las características genéticas de cada árbol y al manejo que se le da a los árboles en los potreros.

*Figura 16. Producción estimada de frutos de jícaro sabanero por árbol, período abril – agosto 2010*



Como se ilustra en el gráfico anterior, la variabilidad en la cantidad de frutos producida por árbol en el período de evaluación, tiene un rango bastante amplio entre 11 y 440 frutos, valorando que los árboles están distribuidos en 5 diferentes áreas geográficas como se presenta en la figura 15, donde los mayores rendimientos de producción se dieron en los árboles ubicados en Cantimplora con un promedio de producción de 209 frutos de 12 árboles de jícaro. En cambio, en La Chocolate, se determinó un promedio de 114 frutos por árbol de los 14 árboles localizados en este sector.

Figura 17. Producción estimada de frutos de jícaro sabanero por árbol/sitio, período abril – agosto 2010



Tomando en cuenta, el conteo de los frutos de los 36 árboles de jícaro sabanero desde abril a inicios de junio de este año, se calculó el número total de frutos por año y producción por m<sup>2</sup> de copa, se determinó contenido de nitrógeno, se estimó la producción de biomasa seca y nitrógeno, y el aporte de materia seca al sistema de potreros por debajo del dosel de los árboles (Cuadro 30). Sobre esa evaluación, se hizo un estimado de la producción de frutos para todos los árboles en el período de muestreo y producción por árbol/año.

Cuadro 31. Producción promedio de frutos, nitrógeno, proteína cruda y biomasa seca de los árboles de jícaro en estudio (meses de abril a agosto 2010)

Área promedio copa (m <sup>2</sup> ) Jícaro	Nº Frutos promedio/ árbol	Fruto prom. / m <sup>2</sup> de copa /año	Contenido de N promedio por fruto (gr)	Porcentaje PC pulpa y semillas	Contenido de N promedio frutos por árbol (gr)	Biomasa MS de frutos por árbol / Kg	Contenido de N en biomasa MS frutos / árbol / Kg
109,8	133	2,4	1,73	17.3	230,44	14,87	0,313

MS: Materia seca. PC: Proteína cruda. Muestréos de campo en los meses de abril a mediados de agosto 2010

Considerando como referencia el estimado de frutos de jícaro en este período, y si esta producción es constante durante casi todo el año, se podría calcular el número de frutos promedios por árbol a producirse en un año en esta zona, duplicando el número promedio de frutos para el período abril – agosto, teniendo 266 frutos promedios por árbol/año, y un aporte promedio de materia seca por árbol de 29,73 kg de materia seca (MS) por árbol/año. Sumando

este aporte por los 36 árboles se tienen 1070.38 kg de biomasa MS proveniente de los frutos e incorporado al sistema por año.

Si se relaciona la producción de frutos, con contenidos de nutrientes en cada una de las 3 zonas geográficas donde se centró este estudio, se tiene que los sitios La Chocolate y Cantimplora mostraron diferencias estadísticas altamente significativas en nitrógeno, fósforo y potasio, pero posiblemente estas diferencias con respecto a los otros 3 sitios (Las Mesas, Mata de Caña y fincas de la Carretera Panamericana Rivas), se deban al uso histórico de los potreros en cada sitio.

Anexo 4. Resultados de laboratorio análisis de suelo

Referencia Laboratorio	Cód_Especie	Posición	Profundidad	Variables químicas						
				pH	Ca	Mg	K	P	N	C.T.
LS10-2079	J01	B/C	1	6,7	28,84	15,08	0,80	6,2	0,13	2,23
LS10-2080	J01	F	1	5,9	28,95	12,41	0,22	2,1	0,26	3,99
LS10-2082	J01	B/C	2	7,1	30,20	15,35	0,59	4,1	0,13	2,04
LS10-2081	J01	F	2	5,9	29,26	12,06	0,19	2,8	0,21	3,40
LS10-2280	J02	B/C	1	6,6	41,37	15,72	0,24	1,4	0,13	1,89
LS10-2281	J02	F	1	6,6	42,60	13,90	0,25	1,2	0,13	1,86
LS10-2282	J02	B/C	2	7,7	41,28	14,62	0,46	2,8	0,17	2,30
LS10-2283	J02	F	2	8,2	42,17	16,17	0,18	0,7	0,11	1,58
LS10-2164	J03	B/C	1	7,0	33,95	13,06	0,77	22,9	0,30	3,82
LS10-2165	J03	F	1	7,2	32,85	14,45	0,32	4,2	0,16	2,14
LS10-2166	J03	B/C	2	7,2	35,12	13,29	0,78	8,0	0,15	2,12
LS10-2167	J03	F	2	7,2	32,90	15,04	0,20	2,0	0,11	1,65
LS10-2232	J04	B/C	1	6,8	27,18	13,28	0,53	1,7	0,12	1,87
LS10-2233	J04	F	1	6,3	23,77	12,26	0,31	1,1	0,11	2,01
LS10-2234	J04	B/C	2	6,8	27,66	13,62	0,28	0,8	0,08	1,38
LS10-2235	J04	F	2	6,4	26,56	13,50	0,15	0,4	0,06	1,41
LS10-2104	J05	B/C	1	6,3	26,18	8,57	0,82	4,9	0,18	2,68
LS10-2105	J05	F	1	6,2	23,07	11,80	0,58	3,3	0,18	2,79
LS10-2106	J05	B/C	2	6,7	26,56	11,81	0,65	3,0	0,13	2,08
LS10-2107	J05	F	2	6,4	24,47	12,01	0,47	2,1	0,14	2,46
LS10-2096	J06	B/C	1	6,2	14,09	6,20	0,90	5,1	0,20	2,78
LS10-2097	J06	F	1	6,2	14,50	6,41	0,69	4,2	0,16	2,58
LS10-2098	J06	B/C	2	6,0	15,32	5,94	0,48	3,0	0,22	3,14
LS10-2099	J06	F	2	5,8	14,95	5,78	0,46	3,2	0,20	2,99
LS10-2066	J07	B/C	1	7,5	29,70	10,17	0,98	7,3	0,15	2,30
LS10-2069	J07	F	1	6,8	26,68	10,60	0,40	1,5	0,16	2,41
LS10-2062	J07	B/C	2	7,3	30,10	9,98	0,71	4,0	0,11	1,85
LS10-2063	J07	F	2	6,7	31,36	10,52	0,28	0,8	0,10	1,71
LS10-2064	J08	B/C	1	7,0	31,63	10,51	0,29	0,8	0,19	2,86
LS10-2065	J08	F	1	6,2	29,31	10,29	0,37	2,1	0,23	3,39
LS10-2067	J08	B/C	2	6,9	32,74	10,31	0,43	2,0	0,12	2,04
LS10-2068	J08	F	2	6,3	32,71	10,86	0,37	1,3	0,16	2,54
LS10-2140	J09	B/C	1	6,6	20,62	7,22	0,42	3,0	0,24	3,43
LS10-2141	J09	F	1	6,3	21,20	8,02	0,21	2,5	0,27	4,11
LS10-2142	J09	B/C	2	6,7	20,73	7,19	0,30	1,7	0,18	2,77
LS10-2143	J09	F	2	6,7	21,49	8,32	0,12	0,7	0,15	2,73
LS10-2083	J10	B/C	1	6,6	21,01	5,93	0,41	3,9	0,21	3,07
LS10-2084	J10	F	1	5,9	19,28	5,14	0,48	4,6	0,27	3,85
LS10-2085	J10	B/C	2	6,6	20,43	5,83	0,31	2,0	0,14	2,41
LS10-2086	J10	F	2	6,1	18,81	5,07	0,36	2,8	0,19	2,98
LS10-2128	J11	B/C	1	6,5	12,75	4,62	0,64	9,0	0,19	2,29
LS10-2129	J11	F	1	6,3	12,55	4,95	0,59	5,7	0,22	2,33
LS10-2130	J11	B/C	2	6,5	12,99	4,69	0,65	9,3	0,19	2,31
LS10-2131	J11	F	2	6,4	13,39	5,10	0,44	4,9	0,18	2,25
LS10-2228	J12	B/C	1	6,4	26,84	12,68	0,48	3,0	0,18	2,45
LS10-2229	J12	F	1	6,0	20,79	8,21	0,21	3,3	0,25	3,32
LS10-2230	J12	B/C	2	6,7	29,03	14,22	0,22	0,9	0,11	1,66
LS10-2231	J12	F	2	6,4	19,30	9,02	0,14	0,8	0,12	1,70
LS10-2268	J13	B/C	1	6,7	29,79	14,67	0,90	4,2	0,18	2,49
LS10-2269	J13	F	1	6,5	32,08	15,45	0,26	0,6	0,17	2,02
LS10-2270	J13	B/C	2	6,8	30,47	14,88	0,96	5,6	0,21	2,62
LS10-2271	J13	F	2	6,6	32,90	16,09	0,19	0,3	0,12	1,60
LS10-2152	J14	B/C	1	6,6	22,09	13,29	0,97	11,7	0,22	3,09
LS10-2153	J14	F	1	5,9	19,78	7,59	0,33	4,3	0,30	4,15

LS10-2154	J14	B/C	2	6,6	22,85	13,40	0,98	8,8	0,19	2,73
LS10-2155	J14	F	2	6,0	19,21	7,55	0,29	4,2	0,27	3,94
LS10-2060	J15	B/C	1	7,0	32,30	11,11	0,56	2,9	0,24	3,46
LS10-2061	J15	F	1	6,7	29,43	11,31	0,32	1,6	0,19	2,82
LS10-2070	J15	B/C	2	7,2	33,14	11,18	0,45	1,7	0,15	2,13
LS10-2076	J15	F	2	6,9	30,98	10,95	0,22	0,6	0,11	1,89
LS10-2074	J16	B/C	1	6,8	30,20	12,36	0,38	0,8	0,15	2,52
LS10-2073	J16	F	1	7,1	33,65	11,26	0,33	2,4	0,16	2,73
LS10-2075	J16	B/C	2	6,4	30,45	11,94	0,27	0,5	0,11	1,86
LS10-2077	J16	F	2	7,8	33,25	9,60	0,19	0,8	0,11	1,94
LS10-2071	J17	B/C	1	6,9	30,66	11,43	0,52	2,3	0,16	2,26
LS10-2072	J17	F	1	6,2	24,11	11,34	0,52	2,9	0,21	3,06
LS10-2078	J17	B/C	2	7,3	29,17	11,69	0,41	1,1	0,08	1,60
LS10-2087	J17	F	2	6,6	25,12	11,68	0,30	0,2	0,10	1,82
LS10-2156	J18	B/C	1	6,8	30,30	13,92	0,82	7,9	0,29	4,14
LS10-2157	J18	F	1	6,2	27,42	15,58	0,22	2,9	0,22	3,44
LS10-2158	J18	B/C	2	6,7	31,48	14,16	1,27	6,6	0,28	3,90
LS10-2159	J18	F	2	6,5	27,45	15,08	0,17	2,0	0,18	2,99
LS10-2176	J19	B/C	1	6,8	25,27	13,62	0,51	4,0	0,11	1,95
LS10-2177	J19	F	1	6,8	24,83	13,02	0,33	2,7	0,08	1,59
LS10-2178	J19	B/C	2	7,0	27,10	13,64	0,23	3,1	0,07	1,52
LS10-2179	J19	F	2	6,9	25,83	14,62	0,22	1,4	0,06	1,29
LS10-2160	J20	B/C	1	6,8	24,90	14,11	0,27	1,9	0,11	1,53
LS10-2161	J20	F	1	6,7	24,78	14,71	0,27	1,6	0,10	1,83
LS10-2162	J20	B/C	2	6,9	26,10	14,77	0,19	0,5	0,07	1,32
LS10-2163	J20	F	2	6,5	27,73	15,39	0,17	2,1	0,19	3,05
LS10-2272	J21	B/C	1	6,7	28,14	14,01	0,63	2,5	0,20	2,39
LS10-2273	J21	F	1	6,4	24,93	16,35	0,44	1,0	0,20	2,23
LS10-2274	J21	B/C	2	6,5	28,43	15,04	0,32	0,7	0,13	1,74
LS10-2275	J21	F	2	6,4	24,49	16,45	0,37	0,9	0,18	1,84
LS10-2180	J22	B/C	1	6,9	31,96	13,39	0,32	1,6	0,16	2,48
LS10-2181	J22	F	1	6,6	29,50	11,54	0,24	1,3	0,22	3,37
LS10-2182	J22	B/C	2	7,0	32,21	13,65	0,26	1,0	0,12	2,04
LS10-2183	J22	F	2	7,1	33,17	12,13	0,18	0,6	0,14	2,37
LS10-2192	J23	B/C	1	7,0	27,72	14,34	0,79	13,8	0,19	2,65
LS10-2193	J23	F	1	6,4	25,78	15,52	0,23	2,5	0,17	2,75
LS10-2194	J23	B/C	2	6,9	28,22	14,17	0,51	7,0	0,15	2,02
LS10-2195	J23	F	2	6,3	26,04	14,73	0,22	2,1	0,20	3,14
LS10-2100	J24	B/C	1	7,1	21,25	5,35	1,22	36,0	0,28	3,24
LS10-2101	J24	F	1	6,2	20,36	7,42	0,84	8,9	0,22	2,81
LS10-2102	J24	B/C	2	7,0	21,96	8,01	0,94	22,3	0,22	2,63
LS10-2103	J24	F	2	6,1	21,77	7,74	0,66	7,1	0,17	2,30
LS10-2276	J25	B/C	1	6,7	24,33	12,08	1,08	4,6	0,24	2,78
LS10-2277	J25	F	1	6,5	30,83	14,93	0,40	1,5	0,17	2,23
LS10-2278	J25	B/C	2	6,7	25,03	12,14	0,67	1,7	0,17	1,86
LS10-2279	J25	F	2	6,6	32,40	15,50	0,25	0,5	0,10	1,55
LS10-2168	J26	B/C	1	7,2	29,93	11,20	0,47	3,7	0,15	2,25
LS10-2169	J26	F	1	7,1	31,07	11,54	0,24	1,9	0,12	2,08
LS10-2170	J26	B/C	2	7,5	30,64	11,21	0,37	2,0	0,10	1,86
LS10-2171	J26	F	2	7,4	32,53	11,73	0,13	0,4	0,08	1,53
LS10-2148	J27	B/C	1	6,5	24,19	9,62	0,69	12,1	0,26	3,74
LS10-2149	J27	F	1	6,6	23,86	11,04	0,43	2,0	0,13	2,36
LS10-2150	J27	B/C	2	6,9	25,83	10,12	0,45	4,7	0,13	2,16
LS10-2151	J27	F	2	7,0	25,05	10,84	0,19	0,5	0,07	1,53
LS10-2088	J28	B/C	1	6,7	23,15	9,90	0,64	12,5	0,14	1,85
LS10-2089	J28	F	1	6,6	26,59	11,12	0,32	3,1	0,12	1,72
LS10-2090	J28	B/C	2	6,6	24,97	10,78	0,50	7,1	0,09	1,34

LS10-2091	J28	F	2	6,9	28,22	12,09	0,17	2,1	0,06	1,22
LS10-2196	J29	B/C	1	7,0	23,58	8,66	1,14	44,8	0,20	2,39
LS10-2197	J29	F	1	6,8	20,75	8,04	0,69	13,8	0,22	2,56
LS10-2198	J29	B/C	2	7,0	23,29	8,59	1,13	40,7	0,17	1,98
LS10-2199	J29	F	2	6,8	21,61	9,57	0,58	13,4	0,16	2,00
LS10-2200	J30	B/C	1	6,3	28,36	12,76	0,36	3,9	0,14	2,27
LS10-2201	J30	F	1	7,1	32,36	11,54	0,26	2,4	0,14	2,45
LS10-2202	J30	B/C	2	6,2	28,01	12,97	0,16	1,1	0,09	1,72
LS10-2203	J30	F	2	7,2	32,99	11,94	0,13	0,7	0,07	1,56
LS10-2208	J31	B/C	1	7,3	29,76	9,19	1,68	37,3	0,19	2,47
LS10-2209	J31	F	1	6,6	32,25	12,01	0,25	2,5	0,14	2,17
LS10-2210	J31	B/C	2	7,4	30,72	9,35	1,26	26,1	0,13	1,77
LS10-2211	J31	F	2	6,9	32,95	12,36	0,13	0,6	0,07	1,34
LS10-2144	J32	B/C	1	6,5	21,40	9,07	0,54	7,1	0,20	2,86
LS10-2145	J32	F	1	6,0	17,62	6,08	0,33	4,3	0,21	2,91
LS10-2146	J32	B/C	2	6,4	24,28	10,31	0,34	3,0	0,13	2,06
LS10-2147	J32	F	2	6,5	18,52	6,66	0,14	1,6	0,11	1,58
LS10-2212	J33	B/C	1	6,4	29,30	12,93	0,66	3,9	0,20	2,82
LS10-2213	J33	F	1	6,2	30,13	12,05	0,25	0,8	0,16	2,36
LS10-2214	J33	B/C	2	6,5	30,72	13,02	0,31	0,9	0,14	2,05
LS10-2215	J33	F	2	6,6	31,00	11,95	0,13	0,3	0,11	1,62
LS10-2216	J34	B/C	1	6,6	31,93	11,95	0,54	2,6	0,13	2,05
LS10-2217	J34	F	1	6,3	30,43	12,44	0,24	0,6	0,14	2,15
LS10-2218	J34	B/C	2	6,7	31,91	11,20	0,28	1,5	0,09	1,61
LS10-2219	J34	F	2	6,6	32,30	12,49	0,12	0,2	0,08	1,56
LS10-2220	J35	B/C	1	7,1	30,77	12,44	1,23	14,5	0,19	2,53
LS10-2221	J35	F	1	6,3	30,80	13,62	0,29	0,5	0,11	1,98
LS10-2222	J35	B/C	2	7,0	31,24	12,38	0,81	5,2	0,12	1,83
LS10-2223	J35	F	2	6,6	31,48	13,45	0,19	0,4	0,09	1,57
LS10-2224	J36	B/C	1	6,8	28,80	11,33	0,63	2,5	0,12	1,68
LS10-2225	J36	F	1	6,2	27,90	10,37	0,34	1,0	0,12	1,95
LS10-2226	J36	B/C	2	6,8	31,14	12,13	0,40	2,0	0,09	1,71
LS10-2227	J36	F	2	6,4	30,20	10,60	0,24	0,6	0,08	1,53
LS10-2136	G01	B/C	1	6,6	20,23	17,81	0,32	1,2	0,15	2,29
LS10-2137	G01	F	1	6,5	21,48	18,99	0,27	1,2	0,14	1,96
LS10-2138	G01	B/C	2	6,7	21,09	18,32	0,19	0,2	0,10	1,45
LS10-2139	G01	F	2	6,7	22,73	19,14	0,14	0,2	0,09	1,40
LS10-2092	G02	B/C	1	6,9	22,71	5,65	1,14	41,8	0,31	3,81
LS10-2093	G02	F	1	6,0	19,15	5,59	0,43	6,0	0,17	2,18
LS10-2094	G02	B/C	2	6,8	20,94	5,28	0,99	27,4	0,24	3,14
LS10-2095	G02	F	2	6,2	19,52	5,73	0,41	4,7	0,16	2,14
LS10-2188	G03	B/C	1	6,7	19,63	6,04	0,79	19,7	0,21	2,63
LS10-2189	G03	F	1	6,4	19,37	5,17	0,61	26,2	0,21	2,56
LS10-2190	G03	B/C	2	6,8	18,76	5,86	0,71	17,9	0,18	2,20
LS10-2191	G03	F	2	6,6	19,47	4,89	0,51	20,7	0,16	1,85
LS10-2248	G04	B/C	1	6,4	30,17	13,78	0,54	1,2	0,23	3,12
LS10-2249	G04	F	1	6,4	30,73	14,41	0,30	0,2	0,14	2,15
LS10-2250	G04	B/C	2	6,4	30,41	14,62	0,30	0,3	0,12	1,85
LS10-2251	G04	F	2	6,7	31,12	14,43	0,20	0,3	0,10	1,64
LS10-2252	G05	B/C	1	6,9	39,86	12,65	0,83	5,7	0,32	4,32
LS10-2253	G05	F	1	6,5	40,74	13,98	0,22	1,0	0,20	2,83
LS10-2254	G05	B/C	2	6,9	40,65	12,43	0,63	2,3	0,23	3,02
LS10-2255	G05	F	2	7,2	45,35	13,18	0,12	0,7	0,13	1,91
LS10-2256	G06	B/C	1	5,9	30,74	14,59	0,34	3,5	0,37	4,63
LS10-2257	G06	F	1	6,6	34,28	14,71	0,30	1,5	0,18	2,12
LS10-2258	G06	B/C	2	6,2	33,08	16,06	0,20	1,0	0,19	2,61
LS10-2259	G06	F	2	6,6	34,52	14,44	0,17	0,5	0,13	1,54

LS10-2260	G07	B/C	1	6,4	20,23	8,04	0,92	3,3	0,28	3,46
LS10-2261	G07	F	1	6,5	20,49	8,80	0,60	2,5	0,22	2,92
LS10-2262	G07	B/C	2	6,3	19,13	7,78	0,78	2,3	0,22	2,88
LS10-2263	G07	F	2	6,4	21,81	10,04	0,33	1,1	0,15	2,04
LS10-2132	G08	B/C	1	6,6	31,96	10,30	0,72	6,4	0,29	4,42
LS10-2133	G08	F	1	6,6	32,33	9,36	0,31	2,3	0,22	3,60
LS10-2134	G08	B/C	2	6,8	31,00	9,62	0,50	2,5	0,20	3,09
LS10-2135	G08	F	2	7,5	33,30	8,44	0,20	1,0	0,12	2,20
LS10-2184	G09	B/C	1	7,1	33,69	8,46	0,49	5,8	0,30	4,83
LS10-2185	G09	F	1	6,4	28,35	10,10	0,39	4,2	0,26	3,89
LS10-2186	G09	B/C	2	7,8	35,98	7,86	0,34	3,8	0,18	2,86
LS10-2187	G09	F	2	6,9	27,89	9,40	0,25	1,8	0,14	2,21
LS10-2240	G10	B/C	1	6,7	30,33	14,70	0,50	2,1	0,15	1,80
LS10-2241	G10	F	1	6,0	22,64	8,97	0,23	1,8	0,21	2,52
LS10-2242	G10	B/C	2	7,0	28,74	16,11	0,31	1,0	0,09	1,40
LS10-2243	G10	F	2	6,4	24,71	9,99	0,14	0,7	0,11	1,31
LS10-2204	G11	B/C	1	6,8	25,19	13,56	0,55	4,4	0,27	3,90
LS10-2205	G11	F	1	6,4	16,19	8,00	0,20	4,2	0,22	3,02
LS10-2206	G11	B/C	2	6,7	24,35	14,17	0,33	1,8	0,12	2,03
LS10-2207	G11	F	2	6,7	15,33	9,96	0,14	1,8	0,11	1,64
LS10-2124	G12	B/C	1	6,8	15,35	5,53	0,39	4,0	0,21	2,81
LS10-2125	G12	F	1	6,1	16,25	5,32	0,32	4,9	0,18	2,67
LS10-2126	G12	B/C	2	6,6	14,95	5,76	0,21	1,5	0,14	2,11
LS10-2127	G12	F	2	6,4	17,60	7,18	0,20	1,8	0,11	1,77
LS10-2264	G13	B/C	1	6,3	22,00	8,06	0,54	5,1	0,32	3,65
LS10-2265	G13	F	1	6,0	18,02	7,25	0,29	2,0	0,25	2,94
LS10-2266	G13	B/C	2	6,3	23,27	9,44	0,29	1,6	0,18	2,18
LS10-2267	G13	F	2	6,2	18,19	7,79	0,14	1,2	0,16	1,68
LS10-2236	G14	B/C	1	7,1	26,90	7,85	0,37	10,6	0,19	2,62
LS10-2237	G14	F	1	6,7	20,89	8,56	0,26	5,5	0,18	2,36
LS10-2238	G14	B/C	2	7,3	28,86	8,21	0,22	5,7	0,10	1,57
LS10-2239	G14	F	2	7,0	21,90	9,23	0,18	3,4	0,13	1,62
LS10-2244	G15	B/C	1	6,4	39,04	12,20	0,22	1,7	0,18	2,41
LS10-2245	G15	F	1	6,5	39,69	14,81	0,20	1,2	0,22	3,27
LS10-2246	G15	B/C	2	6,4	41,78	12,74	0,22	0,5	0,15	2,08
LS10-2247	G15	F	2	7,2	43,84	15,65	0,14	0,2	0,14	2,20
LS10-2172	G16	B/C	1	7,0	27,23	6,97	0,73	14,1	0,40	5,23
LS10-2173	G16	F	1	6,4	24,60	7,59	0,38	9,6	0,29	4,42
LS10-2174	G16	B/C	2	7,1	28,64	6,75	0,78	7,6	0,28	3,45
LS10-2175	G16	F	2	6,8	27,37	7,45	0,25	5,5	0,20	3,13
LS10-2116	G17	B/C	1	7,1	26,20	7,92	0,82	7,5	0,25	3,65
LS10-2117	G17	F	1	6,6	31,29	8,69	0,44	2,9	0,16	2,96
LS10-2118	G17	B/C	2	7,4	29,62	8,62	0,56	4,1	0,16	2,50
LS10-2119	G17	F	2	7,8	33,43	8,76	0,28	2,0	0,11	2,28
LS10-2120	G18	B/C	1	6,8	17,56	4,72	0,83	21,8	0,18	2,07
LS10-2121	G18	F	1	6,7	17,58	4,91	0,56	12,1	0,16	1,86
LS10-2122	G18	B/C	2	6,5	18,22	4,96	0,69	20,2	0,15	1,51
LS10-2123	G18	F	2	6,7	19,81	5,20	0,47	9,9	0,12	1,40
LS10-2112	G19	B/C	1	6,4	21,34	7,06	0,57	11,9	0,18	2,50
LS10-2113	G19	F	1	6,2	20,75	7,16	0,41	8,7	0,14	1,96
LS10-2114	G19	B/C	2	6,5	21,34	5,35	0,48	9,5	0,15	1,98
LS10-2115	G19	F	2	6,8	21,43	5,24	0,36	6,6	0,11	1,54
LS10-2108	G20	B/C	1	6,6	18,69	11,96	1,02	24,5	0,23	2,68
LS10-2109	G20	F	1	6,1	19,38	5,38	0,61	12,7	0,18	2,19
LS10-2110	G20	B/C	2	6,6	20,66	5,28	0,69	15,6	0,15	1,75
LS10-2111	G20	F	2	6,6	20,61	5,20	0,49	8,5	0,12	1,54

B/C: Bajo copa F: Fuera

Anexo 5 Distribución espacial de bostas Potrero El Mango

Día	Nº Bosta	Tamaño	Coord_X	Coord_Y	Alt_m	Diam1_cm	Diam 2_cm	Diam 3_cm	Diam 4_cm	Dprom_cm	AltB_cm	Vol_cm3
1	1	M	611933	1283783	86	24,2	18,0	20,0	17,5	19,9	3,8	2980,2
1	2	M	612002	1283813	91	18,0	18,5			18,3	2,2	1725,4
1	3	M	612002	1283811	91	16,7	18,1			17,4	2,0	1568,5
1	4	M	611998	1283805	91	22,0	14,8	16,9	17,4	17,8	2,3	1803,8
1	5	G	611997	1283799	91	40,2	28,0	33,6	36,2	34,5	3,8	2980,2
1	6	G	611996	1283787	90	28,9	28,4			28,7	4,2	3293,9
1	7	G	611988	1283779	90	26,4	27,2			26,8	3,3	2588,1
1	8	M	611991	1283774	90	24,6	23,7			24,2	3,6	2823,4
1	9	M	611990	1283772	90	22,3	22,7			22,5	3,0	2352,8
1	10	G	611989	1283773	90	26,6	26,8			26,7	2,7	2117,5
1	11	G	611986	1283772	90	29,4	29,8			29,6	2,6	2039,1
1	12	M	611982	1283771	89	22,5	24,6	23,5	22,3	23,2	2,2	1725,4
1	13	M	611919	1283787	89	25,2	24,7			25,0	2,0	1568,5
1	14	M	611904	1283788	87	23,4	24,0			23,7	2,2	1725,4
1	15	G	611903	1283797	87	26,8	27,4			27,1	3,7	2901,8
1	16	G	611897	1283801	87	29,4	28,6			29,0	3,8	2980,2
1	17	G	611900	1283777	88	25,8	26,6			26,2	2,8	2196,0
1	18	G	611901	1283770	88	28,0	25,4	25,8	26,3	26,4	3,5	2744,9
1	19	G	611917	1283778	88	38,0	36,7	39,4	35,6	37,4	4,8	3764,5
1	20	G	611925	1283777	89	32,2	27,9	28,6	29,4	29,5	4,0	3137,1
1	21	M	611945	1283790	89	20,0	18,7			19,4	2,9	2274,4
1	22	M	611950	1283784	90	21,4	20,8			21,1	3,5	2744,9
1	23	G	611956	1283855	87	31,5	32,4	29,5	27,3	30,2	4,5	3529,2
1	24	M	611944	1283874	88	20,5	20,8			20,7	3,6	2823,4
1	25	G	611936	1283887	87	26,0	26,4			26,2	4,0	3137,1
1	26	M	611924	1283894	87	23,2	23,8			23,5	3,0	2352,8
1	27	M	611899	1283855	86	23,6	24,4			24,0	3,2	2509,7
1	28	M	611925	1283839	87	25,2	23,1	23,7	24,2	24,1	3,4	2666,5
1	29	M	611928	1283839	87	19,7	20,5			20,1	3,3	2588,1
2	1	G	611977	1283774	88	27,5	28,2			27,9	2,5	1960,7
2	2	G	611989	1283782	86	25,4	26,8	28,0	26,2	26,6	2,7	2117,5
2	3	G	611973	1283777	91	28,6	27,8			28,2	3,0	2352,8
2	4	M	611991	1283786	91	18,0	20,4	19,4	20,0	19,5	2,5	1960,7
2	5	G	611945	1283784	91	30,5	28,0	26,5	23,8	27,2	3,3	2588,1
2	6	M	611986	1283786	91	20,5	21,3			20,9	2,2	1725,4
2	7	M	611938	1283782	90	23,2	23,4			23,3	3,0	2352,8
2	8	G	611934	1283780	90	26,4	27,0			26,7	2,8	2196,0
2	9	G	611927	1283780	90	26,5	29,0	27,6	27,2	27,6	2,5	1960,7
2	10	M	611929	1283783	90	23,0	22,7			22,9	3,0	2352,8
2	11	G	611920	1283782	90	26,5	26,8			26,7	2,6	2039,1
2	12	G	611915	1283782	90	35,0	24,4	28,8	28,2	29,1	2,5	1960,7
2	13	M	611902	1283780	89	22,0	22,5			22,3	2,4	1882,2
2	14	G	611898	1283774	89	30,8	26,2	27,5	27,7	28,1	2,4	1882,2
2	15	M	611897	1283780	87	19,5	20,2			19,9	2,0	1568,5
2	16	M	611895	1283780	87	25,4	20,6	22,4	22,7	22,8	2,5	1960,7
2	17	M	611895	1283775	87	21,7	21,2			21,5	2,8	2196,0
2	18	G	611909	1283784	88	27,4	28,0			27,7	2,5	1960,7
2	19	G	611916	1283798	88	29,5	29,8			29,7	3,0	2352,8
2	20	M	611916	1283802	88	24,0	23,4			23,7	2,8	2196,0
2	21	G	611926	1283803	89	35,2	28,5	29,7	29,0	30,6	3,4	2666,5
2	22	G	611958	1283813	89	26,8	27,6	29,5	22,5	26,6	3,4	2666,5
2	23	M	611925	1283809	90	23,5	22,6			23,1	2,7	2117,5
2	24	G	611900	1283807	87	30,7	25,0	28,5	27,8	28,0	3,6	2823,4
2	25	G	611903	1283806	88	25,5	27,3	26,5	26,2	26,4	3,2	2509,7
2	26	G	611911	1283813	87	27,8	22,2	25,8	25,2	25,3	4,2	3293,9
2	27	M	611911	1283817	87	16,8	17,5			17,2	3,4	2666,5
2	28	G	611915	1283816	86	31,3	28,7	29,2	29,5	29,7	3,3	2588,1
2	29	G	611904	1283828	87	26,6	27,0			26,8	4,5	3529,2
2	30	M	611911	1283836	87	22,0	20,4	20,8	21,2	21,1	3,8	2980,2
2	31	G	611912	1283859	88	29,0	29,5			29,3	3,0	2352,8
2	32	G	611905	1283859	88	27,2	28,0			27,6	3,3	2588,1
2	33	M	611909	1283868	88	19,5	20,0			19,8	2,6	2039,1
2	34	M	611912	1283863	88	24,2	18,0	23,5	22,8	22,1	3,0	2352,8
2	35	M	611901	1283866	87	25,0	24,3			24,7	3,2	2509,7
2	36	G	611908	1283881	87	34,0	26,4	28,7	27,9	29,3	3,5	2744,9
2	37	G	611899	1283869	87	27,5	28,4	27,9	29,0	28,2	2,8	2196,0
2	38	M	611923	1283873	87	24,6	18,3	22,7	21,8	21,9	3,6	2823,4
2	39	M	611936	1283872	88	20,8	21,5			21,2	3,2	2509,7
2	40	G	611902	1283886	88	30,6	25,0	27,0	27,8	27,6	3,3	2588,1

Anexo 6 Distribución espacial de bostas Potrero Los Jicaritos

Árbol Nº	N_cientifico	N_local	Cod_esp	Coord_X	Coord_Y	Alt_m	Diam_NE	Diam_NO	Dprom_m
1	Cordia dentata	Tigüilote	Tig2D1	612004	1283845	81	10,60	9,80	10,20
2	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste de oreja	GUA1D1	611990	1283830	81	22,30	24,55	23,43
3	Acacia sp	Acacia	Acac1D1	612005	1283852	81	9,00	8,50	8,75
4	Cordia dentata	Tigüilote	Tig3D1	611951	1283899	82	12,25	14,00	13,13
5	Ficus spp	Matapalo	Ficus2D1	612006	1283860	82	9,38	10,55	9,97
6	Acacia sp	Acacia	Acac2D1	611963	1283898	81	4,65	5,70	5,18
7	Cordia dentata	Tigüilote	Tig4D1	612009	1283878	82	9,05	9,60	9,33
8	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse1D1	612007	1283872	82	7,55	6,90	7,23
9	Gliricidia sepium	Acacia	Glse2D1	611985	1283898	81	4,10	5,50	4,80
10	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste de oreja	Gua2D1	612008	1283893	81	19,94	22,20	21,07
11	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse3D1	612012	1283901	81	6,05	5,55	5,80
12	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse4D1	612013	1283905	81	5,50	6,75	6,13
13	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse5D1	612014	1283913	81	7,80	7,95	7,88
14	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste de oreja	Gua3D1	612014	1283928	82	14,47	16,15	15,31
15	Albizia niopoides	Guanacaste blanco	Alni1D1	611918	1283769	75	13,55	16,00	14,78
16	Simarouba amara	Acetuno	Ace1D1	611946	1283827	77	11,15	12,35	11,75
17	Pithecellobium dulce	Espino de playa	Pit1D1	611940	1283870	77	5,20	5,05	5,13
18	Cordia dentata	Tigüilote	Tig1D1	611995	1283773	83	10,05	10,70	10,38
19	Acacia sp	Acacia	Acac1D1	611995	1283779	82	8,25	8,83	8,54
20	Albizia saman	Genízaro	Gen1D1	611997	1283791	82	12,40	14,50	13,45
21	Ficus spp	Matapalo	Ficus1D1	612000	1283800	81	7,05	6,80	6,93
22	Cassia nodosa	Cassia rosada	Cano1D1	612000	1283807	81	8,40	7,90	8,15
23	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse6D1	611997	1283814	81	8,20	7,45	7,83
24	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse7D1	612002	1283824	81	7,45	6,60	7,03
25	Gliricidia sepium	Madero negro	Glse8D2	611978	1283899	81	6,20	6,47	6,34
26	Guazuma ulmifolia	Guácimo de ternero	Gz1D1	612005	1283830	81	8,90	9,45	9,18
27	Albizia niopoides	Guanacaste blanco	Alni2D1	612004	1283832	81	14,30	13,80	14,05
28	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste negro	Gua4D1	611946	1283766	75	25,90	28,40	27,15
29	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji1D1	611974	1283852	78	10,30	11,40	10,85
30	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji2D1	611949	1283814	77	9,60	8,85	9,23
31	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji3D1	611924	1283832	78	7,35	7,90	7,63
32	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji4D1	611926	1283825	78	8,60	7,70	8,15
33	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji5D1	611896	1283821	76	10,00	11,45	10,73
34	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji6D1	611910	1283802	77	8,45	9,40	8,93
35	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji7D1	611915	1283888	78	13,00	12,30	12,65
36	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji8D1	611912	1283849	78	13,20	12,85	13,03
37	Crescentia alata	Jícaro sabanero	Ji9D1	611896	1283836	77	9,00	9,80	9,40
38	Cordia dentata	Tigüilote	Tig5D1	611985	1283768	80	11,80	12,74	12,27

Anexo 7. Porcentaje vegetación herbácea por grupo funcional para ambas épocas

Especie	Árb_Nº	Posición	Época	Promedios (en porcentaje)						
				Gramínea	Ciperácea	HANL	HA_LEG	M_seca	Cobertura	Suelo_desc.
Guácimo	12	F	Lluviosa	65,5	3,3	10,3	6,0	5,8	90,8	9,3
Jícaro	14	BC	Lluviosa	17,5	5,3	32,3	4,5	16,0	75,5	24,5
Jícaro	14	F	Lluviosa	30,0	7,5	31,3	9,0	6,0	83,8	16,3
Guácimo	12	BC	Lluviosa	27,0	2,0	28,8	3,8	14,0	75,5	24,5
Jícaro	22	F	Lluviosa	45,5	16,0	12,5	4,5	6,3	84,8	15,3
Jícaro	12	BC	Lluviosa	17,5	3,5	37,8	5,5	12,8	77,0	23,0
Jícaro	1	BC	Lluviosa	22,5	9,3	33,3	1,8	13,3	80,0	20,0
Jícaro	1	F	Lluviosa	50,8	3,8	14,0	6,0	8,3	82,8	17,3
Jícaro	23	F	Lluviosa	39,3	11,3	13,8	6,3	10,3	80,8	19,3
Guácimo	11	BC	Lluviosa	14,0	3,3	45,8	4,8	10,8	78,5	21,5
Guácimo	2	BC	Lluviosa	17,5	2,5	43,0	6,8	10,0	79,8	20,3
Guácimo	2	F	Lluviosa	52,0	3,8	18,5	7,0	5,3	86,5	13,5
Jícaro	18	BC	Lluviosa	20,8	3,3	43,8	2,5	8,5	78,8	21,3
Jícaro	18	F	Lluviosa	47,8	7,5	19,5	5,8	4,8	85,3	14,8
Guácimo	11	F	Lluviosa	58,3	0,0	28,5	1,5	4,0	92,3	7,8
Jícaro	23	BC	Lluviosa	23,5	3,8	38,3	1,8	10,0	77,3	22,8
Guácimo	19	F	Lluviosa	65,5	3,3	10,0	5,0	5,3	89,0	11,0
Jícaro	25	BC	Lluviosa	38,0	0,0	24,5	5,0	8,8	76,3	23,8
Jícaro	19	BC	Lluviosa	18,3	1,3	44,0	4,8	9,8	78,0	22,0
Jícaro	19	F	Lluviosa	39,0	6,5	30,3	2,5	7,0	85,3	14,8
Guácimo	18	BC	Lluviosa	11,8	6,3	43,8	4,3	10,0	76,0	24,0
Guácimo	18	F	Lluviosa	55,8	6,0	15,0	4,3	6,5	87,5	12,5
Jícaro	25	F	Lluviosa	66,0	3,5	5,0	7,0	5,3	86,8	13,3
Guácimo	19	BC	Lluviosa	29,5	4,3	26,8	1,5	17,8	79,8	20,3
Jícaro	20	BC	Lluviosa	14,5	5,0	44,5	7,5	8,0	79,5	20,5
Jícaro	20	F	Lluviosa	43,0	8,8	23,3	3,8	5,5	84,3	15,8
Jícaro	12	F	Lluviosa	71,5	2,3	5,5	6,5	5,8	91,5	8,5
Jícaro	22	BC	Lluviosa	35,8	8,5	15,5	5,0	14,0	78,8	21,3
Guácimo	13	F	Lluviosa	68,5	1,3	14,5	2,5	4,8	91,5	8,5
Guácimo	20	BC	Lluviosa	38,0	7,0	26,0	1,3	6,8	79,0	21,0
Guácimo	20	F	Lluviosa	49,5	5,8	25,0	0,0	6,8	87,0	13,0
Guácimo	13	BC	Lluviosa	14,5	3,8	41,5	5,0	11,8	76,5	23,5
Jícaro	2	F	Lluviosa	68,8	0,0	8,3	2,3	5,5	84,8	15,3
Jícaro	13	BC	Lluviosa	27,0	1,3	28,8	6,5	12,0	75,5	24,5
Jícaro	3	BC	Lluviosa	12,0	0,0	35,0	5,3	15,0	67,3	32,8
Jícaro	3	F	Lluviosa	30,8	2,8	31,0	6,0	11,8	82,3	17,8
Jícaro	27	BC	Lluviosa	16,5	0,0	43,8	3,8	14,8	78,8	21,3
Jícaro	27	F	Lluviosa	48,3	6,8	23,8	5,0	5,3	89,0	11,0
Jícaro	13	F	Lluviosa	46,8	3,3	20,3	6,8	7,8	84,8	15,3
Jícaro	2	BC	Lluviosa	21,3	8,8	33,5	3,3	16,3	83,0	17,0
Guácimo	5	BC	Lluviosa	15,8	1,3	38,5	2,5	12,8	70,8	29,3
Guácimo	5	F	Lluviosa	44,3	3,8	27,0	7,0	7,3	89,3	10,8
Guácimo	6	F	Lluviosa	35,0	5,5	25,8	9,3	10,8	86,3	13,8
Guácimo	6	BC	Lluviosa	18,3	0,0	38,5	6,8	12,5	76,0	24,0
Guácimo	10	F	Lluviosa	47,3	3,0	13,8	8,3	5,5	77,8	22,3
Guácimo	4	BC	Lluviosa	24,3	1,3	33,3	2,8	17,5	79,0	21,0
Guácimo	4	F	Lluviosa	42,3	2,3	29,8	5,3	6,0	85,5	14,5
Guácimo	10	BC	Lluviosa	23,5	6,8	29,8	3,0	13,3	76,3	23,8
Jícaro	6	BC	Lluviosa	17,5	2,5	27,8	8,8	14,3	70,8	29,3
Jícaro	6	F	Lluviosa	50,0	6,3	18,8	5,8	5,5	86,3	13,8

Jícaro	4	F	Lluviosa	76,5	1,3	4,5	2,8	4,0	89,0	11,0
Jícaro	28	BC	Lluviosa	30,3	1,3	13,0	10,5	13,3	68,3	31,8
Guácimo	7	F	Lluviosa	44,5	6,3	25,0	6,5	6,0	88,3	11,8
Jícaro	5	BC	Lluviosa	19,0	1,3	29,8	3,8	16,0	69,8	30,3
Jícaro	5	F	Lluviosa	51,8	2,5	21,3	4,5	5,5	85,5	14,5
Guácimo	7	BC	Lluviosa	31,3	0,0	27,8	5,0	14,0	78,0	22,0
Jícaro	21	F	Lluviosa	59,3	4,3	10,5	6,3	6,8	87,0	13,0
Jícaro	26	BC	Lluviosa	31,8	1,3	25,8	3,8	11,5	74,0	26,0
Jícaro	26	F	Lluviosa	62,3	4,3	10,8	3,8	6,8	87,8	12,3
Jícaro	21	BC	Lluviosa	32,5	1,3	30,8	5,0	8,3	77,8	22,3
Jícaro	28	F	Lluviosa	42,5	3,0	10,8	13,3	13,3	82,8	17,3
Jícaro	4	BC	Lluviosa	21,5	4,3	27,0	4,5	19,0	76,3	23,8
Jícaro	29	BC	Lluviosa	20,8	1,5	29,0	3,8	21,3	76,3	23,8
Jícaro	29	F	Lluviosa	31,0	9,3	27,8	1,5	12,8	82,3	17,8
Jícaro	34	F	Lluviosa	73,3	1,3	9,3	2,0	4,8	90,5	9,5
Guácimo	9	BC	Lluviosa	45,5	5,8	16,8	5,3	9,3	82,5	17,5
Guácimo	9	F	Lluviosa	67,8	8,3	9,3	1,3	4,8	91,3	8,8
Jícaro	8	F	Lluviosa	54,0	6,8	13,8	5,0	5,5	85,0	15,0
Guácimo	8	F	Lluviosa	64,8	7,5	6,3	2,5	6,3	87,3	12,8
Jícaro	35	BC	Lluviosa	24,5	5,8	31,5	2,8	10,8	75,3	24,8
Jícaro	8	BC	Lluviosa	33,3	8,0	24,5	5,3	11,3	82,3	17,8
Jícaro	34	BC	Lluviosa	25,8	3,8	39,8	1,3	8,8	79,3	20,8
Jícaro	10	F	Lluviosa	68,8	1,3	7,8	7,3	4,3	89,3	10,8
Jícaro	33	BC	Lluviosa	36,3	5,5	11,8	8,3	18,5	80,3	19,8
Jícaro	11	BC	Lluviosa	21,8	5,0	40,8	4,3	12,3	84,0	16,0
Jícaro	10	BC	Lluviosa	25,8	6,8	31,5	5,3	13,0	82,3	17,8
Jícaro	9	BC	Lluviosa	16,0	3,3	52,5	4,0	7,0	82,8	17,3
Jícaro	9	F	Lluviosa	63,3	4,8	8,3	4,5	4,0	84,8	15,3
Jícaro	33	F	Lluviosa	73,5	0,0	0,0	7,5	7,0	88,0	12,0
Guácimo	8	BC	Lluviosa	26,3	11,3	29,8	5,3	8,8	81,3	18,8
Guácimo	15	F	Lluviosa	57,8	8,3	4,0	7,3	7,0	84,3	15,8
Jícaro	24	BC	Lluviosa	21,3	10,0	33,8	5,8	8,8	79,5	20,5
Guácimo	1	BC	Lluviosa	19,8	7,0	38,0	6,3	8,5	79,5	20,5
Guácimo	15	BC	Lluviosa	37,5	6,3	5,0	8,8	17,8	75,3	24,8
Guácimo	14	BC	Lluviosa	26,8	2,0	23,8	6,3	17,0	75,8	24,3
Guácimo	14	F	Lluviosa	61,8	6,8	10,0	5,8	4,5	88,8	11,3
Jícaro	24	F	Lluviosa	60,5	1,3	16,3	7,0	3,5	88,5	11,5
Guácimo	1	F	Lluviosa	60,8	8,0	10,3	3,8	4,8	87,5	12,5
Jícaro	7	BC	Lluviosa	22,8	5,8	34,3	9,5	11,5	83,8	16,3
Jícaro	7	F	Lluviosa	38,0	15,8	15,0	3,8	5,5	78,0	22,0
Jícaro	35	F	Lluviosa	71,0	2,5	3,8	2,5	6,8	86,5	13,5
Jícaro	36	BC	Lluviosa	25,3	2,5	28,5	4,8	16,0	77,0	23,0
Jícaro	36	F	Lluviosa	80,3	1,3	3,8	1,3	5,0	91,5	8,5
Guácimo	3	BC	Lluviosa	43,5	4,8	24,5	3,0	7,0	82,8	17,3
Guácimo	3	F	Lluviosa	46,3	4,3	32,3	2,0	4,8	89,5	10,5
Guácimo	17	F	Lluviosa	71,3	7,5	5,8	1,8	4,0	90,3	9,8
Guácimo	16	BC	Lluviosa	17,8	20,3	28,5	5,0	8,5	80,0	20,0
Jícaro	30	F	Lluviosa	67,0	2,5	5,8	5,0	6,8	87,0	13,0
Jícaro	32	BC	Lluviosa	22,8	2,5	41,0	4,3	10,0	80,5	19,5
Jícaro	15	F	Lluviosa	45,3	12,8	12,5	2,5	6,3	79,3	20,8
Guácimo	16	F	Lluviosa	59,5	9,3	13,8	1,3	5,5	89,3	10,8
Jícaro	16	F	Lluviosa	60,0	12,8	5,0	2,5	5,0	85,3	14,8
Jícaro	31	BC	Lluviosa	23,3	3,0	32,5	3,5	16,5	78,8	21,3
Jícaro	16	BC	Lluviosa	29,8	7,5	19,0	4,0	14,5	74,8	25,3

Guácimo	17	BC	Lluviosa	39,0	6,3	24,5	4,5	6,5	80,8	19,3
Jícaro	31	F	Lluviosa	64,5	2,5	9,5	6,3	6,0	88,8	11,3
Jícaro	17	BC	Lluviosa	31,3	5,0	30,8	4,5	9,3	80,8	19,3
Jícaro	15	BC	Lluviosa	28,3	7,5	30,3	4,5	15,0	85,5	14,5
Jícaro	17	F	Lluviosa	54,3	8,8	13,8	3,8	6,5	87,0	13,0
Jícaro	32	F	Lluviosa	66,3	1,3	9,5	2,8	5,8	85,5	14,5
Jícaro	11	F	Lluviosa	60,0	5,0	10,0	6,3	6,8	88,0	12,0
Jícaro	30	BC	Lluviosa	26,3	3,8	33,0	4,5	10,3	77,8	22,3
Jícaro	24	BC	Seca	15,3	2,5	18,8	7,0	25,0	68,5	31,5
Jícaro	36	BC	Seca	27,0	2,0	25,8	6,8	19,0	80,5	19,5
Guácimo	6	F	Seca	21,8	3,3	22,0	5,0	19,8	71,8	28,3
Jícaro	25	F	Seca	41,8	1,3	5,0	6,5	14,0	68,5	31,5
Guácimo	10	BC	Seca	22,5	1,8	25,0	10,0	16,8	76,0	24,0
Jícaro	24	F	Seca	32,5	0,0	13,3	8,5	18,8	73,0	27,0
Jícaro	13	F	Seca	28,3	1,8	14,3	3,8	21,0	69,0	31,0
Jícaro	30	BC	Seca	15,0	0,0	20,3	6,8	29,0	71,0	29,0
Jícaro	36	F	Seca	56,3	0,0	6,8	3,0	11,8	77,8	22,3
Guácimo	10	F	Seca	34,8	0,0	15,0	6,3	9,5	65,5	34,5
Jícaro	30	F	Seca	35,8	1,3	12,0	5,8	16,0	70,8	29,3
Guácimo	13	F	Seca	43,0	1,3	6,0	2,5	14,0	66,8	33,3
Jícaro	13	BC	Seca	18,0	0,0	20,8	5,5	32,8	77,0	23,0
Jícaro	25	BC	Seca	22,8	0,0	13,0	6,8	28,3	70,8	29,3
Jícaro	35	F	Seca	46,3	1,3	7,3	4,3	13,3	72,3	27,8
Jícaro	33	F	Seca	44,5	0,0	7,3	5,3	13,8	70,8	29,3
Guácimo	7	F	Seca	36,0	1,3	16,3	3,0	16,3	72,8	27,3
Jícaro	32	BC	Seca	23,0	0,0	22,8	5,8	12,5	64,0	36,0
Guácimo	7	BC	Seca	21,8	1,8	19,0	4,3	27,5	74,3	25,8
Jícaro	34	BC	Seca	20,3	1,3	22,3	7,3	23,8	74,8	25,3
Guácimo	12	F	Seca	36,5	2,5	7,5	7,5	15,5	69,5	30,5
Jícaro	32	F	Seca	44,0	2,5	9,5	2,5	13,8	72,3	27,8
Guácimo	12	BC	Seca	20,0	0,0	19,3	4,0	25,8	69,0	31,0
Guácimo	11	F	Seca	34,5	2,5	10,3	5,5	16,0	68,8	31,3
Jícaro	33	BC	Seca	20,3	1,3	19,0	3,5	24,3	68,3	31,8
Guácimo	11	BC	Seca	11,8	0,0	22,8	5,0	32,5	72,0	28,0
Jícaro	35	BC	Seca	17,0	1,3	18,8	8,0	25,8	70,8	29,3
Jícaro	21	F	Seca	36,0	1,3	10,0	7,0	14,8	69,0	31,0
Jícaro	31	BC	Seca	17,0	0,0	21,8	5,8	27,0	71,5	28,5
Guácimo	13	BC	Seca	15,8	0,0	19,0	11,8	23,5	70,0	30,0
Jícaro	21	BC	Seca	18,8	2,0	21,5	2,5	29,0	73,8	26,3
Jícaro	12	F	Seca	42,8	0,0	11,8	5,0	14,3	73,8	26,3
Jícaro	12	BC	Seca	14,5	3,3	20,8	7,5	26,8	72,8	27,3
Jícaro	4	F	Seca	47,5	1,0	10,8	3,0	12,0	74,3	25,8
Jícaro	31	F	Seca	40,3	2,5	15,0	1,3	15,8	74,8	25,3
Jícaro	34	F	Seca	44,8	1,5	10,0	5,5	13,3	75,0	25,0
Jícaro	4	BC	Seca	17,0	1,3	19,8	3,3	29,3	70,5	29,5
Guácimo	6	BC	Seca	15,5	0,0	21,3	5,8	26,8	69,3	30,8
Guácimo	16	BC	Seca	16,3	1,3	16,8	5,8	31,3	71,3	28,8
Guácimo	16	F	Seca	27,0	1,3	14,3	6,8	20,0	69,3	30,8
Jícaro	16	BC	Seca	17,0	0,8	21,5	7,3	26,5	73,0	27,0
Jícaro	16	F	Seca	33,5	0,0	13,8	8,5	14,0	69,8	30,3
Jícaro	15	F	Seca	30,8	1,0	15,5	10,5	15,3	73,0	27,0
Jícaro	10	F	Seca	45,0	0,0	7,5	4,3	16,3	73,0	27,0
Jícaro	11	BC	Seca	19,0	2,3	18,3	5,0	30,0	74,5	25,5
Jícaro	11	F	Seca	26,5	0,0	12,5	8,3	21,8	69,0	31,0

Jícaro	15	BC	Seca	21,0	0,8	21,3	4,3	24,0	71,3	28,8
Guácimo	18	F	Seca	25,8	0,0	18,3	4,3	17,3	65,5	34,5
Guácimo	19	BC	Seca	11,0	1,3	16,5	11,0	33,0	72,8	27,3
Guácimo	19	F	Seca	22,3	0,0	18,3	6,8	17,3	64,5	35,5
Jícaro	19	BC	Seca	7,8	1,3	21,5	10,0	29,3	69,8	30,3
Guácimo	18	BC	Seca	12,3	0,0	19,3	8,0	36,0	75,5	24,5
Guácimo	17	BC	Seca	16,5	1,3	17,0	8,3	29,5	72,5	27,5
Guácimo	17	F	Seca	30,8	2,3	17,3	4,0	13,0	67,3	32,8
Jícaro	17	BC	Seca	24,8	1,3	24,0	2,3	21,8	74,0	26,0
Jícaro	17	F	Seca	35,8	1,3	13,8	4,8	15,8	71,3	28,8
Jícaro	10	BC	Seca	21,0	1,3	20,0	2,8	28,3	73,3	26,8
Guácimo	1	F	Seca	30,8	2,0	10,0	5,5	17,8	66,0	34,0
Guácimo	3	BC	Seca	15,0	0,0	17,0	7,8	28,8	68,5	31,5
Guácimo	3	F	Seca	25,0	0,0	12,0	7,3	16,5	60,8	39,3
Jícaro	7	BC	Seca	19,3	1,0	22,3	3,5	23,0	69,0	31,0
Guácimo	1	BC	Seca	10,8	1,3	18,8	7,3	28,3	66,3	33,8
Guácimo	14	BC	Seca	18,5	1,0	21,5	6,5	27,3	74,8	25,3
Guácimo	14	F	Seca	35,8	1,3	13,8	3,8	15,0	69,5	30,5
Guácimo	15	BC	Seca	18,8	1,5	19,8	8,0	25,5	73,5	26,5
Guácimo	15	F	Seca	31,3	2,5	16,3	7,5	13,3	70,8	29,3
Guácimo	9	BC	Seca	22,5	0,0	11,5	10,3	27,8	72,0	28,0
Guácimo	9	F	Seca	32,0	0,0	15,5	3,3	20,0	70,8	29,3
Jícaro	9	BC	Seca	14,0	1,5	22,3	8,5	30,3	76,5	23,5
Jícaro	9	F	Seca	35,8	0,0	12,5	4,5	13,5	66,3	33,8
Jícaro	8	F	Seca	32,8	2,5	12,3	7,0	15,3	69,8	30,3
Jícaro	7	F	Seca	36,0	0,0	18,0	6,5	13,8	74,3	25,8
Guácimo	8	BC	Seca	20,3	1,0	19,8	6,3	25,8	73,0	27,0
Guácimo	8	F	Seca	35,3	1,5	9,3	7,0	18,8	71,8	28,3
Jícaro	8	BC	Seca	23,0	1,0	18,8	6,8	20,5	70,0	30,0
Jícaro	29	F	Seca	26,5	2,5	18,0	7,0	16,3	70,3	29,8
Jícaro	26	BC	Seca	18,0	0,0	18,0	10,3	26,5	72,8	27,3
Jícaro	26	F	Seca	36,8	1,3	13,3	8,8	13,3	73,3	26,8
Jícaro	27	BC	Seca	18,8	1,3	21,8	4,0	27,3	73,0	27,0
Jícaro	29	BC	Seca	17,8	1,5	20,0	5,3	29,0	73,5	26,5
Jícaro	6	BC	Seca	15,0	2,8	20,3	6,3	27,3	71,5	28,5
Jícaro	6	F	Seca	27,5	2,5	18,0	9,3	14,8	72,0	28,0
Jícaro	28	BC	Seca	18,3	0,0	15,8	5,8	32,0	71,8	28,3
Jícaro	28	F	Seca	28,0	1,3	13,8	5,0	14,8	62,8	37,3
Guácimo	4	BC	Seca	15,3	1,5	21,3	4,8	26,5	69,3	30,8
Guácimo	4	F	Seca	25,0	0,0	19,8	8,5	17,3	70,5	29,5
Guácimo	5	BC	Seca	12,0	1,3	21,0	7,8	27,3	69,3	30,8
Guácimo	5	F	Seca	25,8	1,5	14,3	6,3	18,3	66,0	34,0
Jícaro	3	F	Seca	22,8	1,3	23,5	8,5	13,0	69,0	31,0
Jícaro	27	F	Seca	35,8	6,5	12,5	3,8	12,5	71,0	29,0
Jícaro	2	BC	Seca	18,0	0,0	20,5	5,0	20,5	64,0	36,0
Jícaro	2	F	Seca	52,3	0,0	8,8	2,8	10,8	74,5	25,5
Jícaro	3	BC	Seca	11,8	0,0	20,0	9,8	26,0	67,5	32,5
Jícaro	5	F	Seca	34,3	1,3	19,3	4,0	14,0	72,8	27,3
Jícaro	22	BC	Seca	15,5	0,8	19,8	7,0	29,0	72,0	28,0
Jícaro	22	F	Seca	35,3	1,0	12,5	7,0	18,0	73,8	26,3
Jícaro	1	BC	Seca	11,3	2,5	18,5	5,5	34,3	72,0	28,0
Jícaro	1	F	Seca	23,3	1,3	11,3	9,3	18,8	63,8	36,3
Jícaro	20	F	Seca	20,5	3,5	18,0	4,8	18,5	65,3	34,8
Jícaro	19	F	Seca	11,8	1,3	19,3	5,8	17,3	55,3	44,8

Guácimo	20	BC	Seca	12,3	1,3	18,0	5,3	35,0	71,8	28,3
Guácimo	20	F	Seca	23,0	1,3	14,5	5,8	18,8	63,3	36,8
Jícaro	20	BC	Seca	8,0	0,0	20,0	12,0	27,0	67,0	33,0
Jícaro	23	F	Seca	24,8	2,5	14,5	3,8	17,0	62,5	37,5
Guácimo	2	BC	Seca	14,0	0,0	22,8	5,3	29,0	71,0	29,0
Guácimo	2	F	Seca	29,0	0,0	15,8	4,5	17,3	66,5	33,5
Jícaro	5	BC	Seca	17,3	0,0	19,3	4,8	27,5	68,8	31,3
Jícaro	23	BC	Seca	11,3	0,0	20,5	6,3	31,0	69,0	31,0
Jícaro	14	BC	Seca	10,8	1,3	18,8	5,3	31,3	67,3	32,8
Jícaro	14	F	Seca	23,5	0,0	15,8	8,3	19,3	66,8	33,3
Jícaro	18	BC	Seca	10,0	1,3	16,5	8,0	32,0	67,8	32,3
Jícaro	18	F	Seca	26,3	2,5	12,8	5,5	15,0	62,0	38,0

HANL: Hoja ancha no leguminosa

HA\_LEG: Hoja ancha leguminosa

M\_seca\_ Materia seca

Suelo\_desc.: Suelo descubierto