



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

**El efecto de cuatro especies arbóreas en sistemas silvopastoriles,  
sobre características del suelo en Matiguás y Muy Muy, Nicaragua**

por

**Johanna Esperanza Romero Murcia**

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

*Magister Scientiae* en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2010

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:

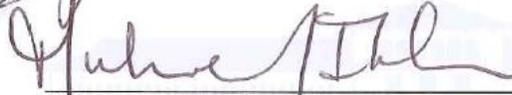
**MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA**

**FIRMANTES:**



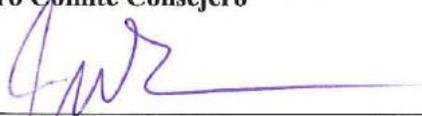
---

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



---

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



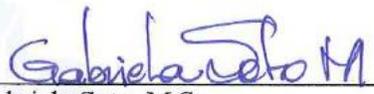
---

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



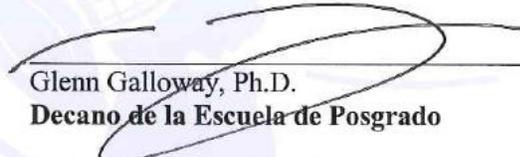
---

Pere Casals, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



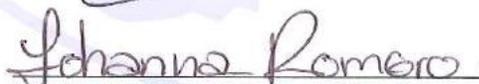
---

Gabriela Soto, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



---

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



---

Johanna Esperanza Romero Murcia  
**Candidata**

## DEDICATORIA

A Dios y la Virgencita por todas sus bendiciones, por ayudarme a comprender la vida,  
por darme la fortaleza, dedicación y paciencia para alcanzar mis metas

A mi abuelito Isaias Murcia, a quien no pude acompañar en su partida de este mundo  
pero a quien siempre recordé y fue un gran ejemplo de vida para seguir adelante,  
por que admire sus valores y amor por lo que se quiere en la vida  
e.p.d

A mi querida abuelita Lola Restrepo, por todo su amor, consejos y cariño, por ser un  
gran ejemplo de fortaleza y vida, y por que siempre se ha preocupado por su nieta preferida

A mi pequeña familia, mi mamá Nohora Murcia, mi papá Jair Romero y mi hermano  
Jair E. Romero gracias por todo su amor, inmenso apoyo, por sus oraciones de cada día  
al recordarme, por apoyarme en mis decisiones, por que solo quieren verme feliz  
Gracias por soportar mi larga ausencia en los últimos años

*“Por que todo tiene su tiempo  
y todo lo que se quiere  
debajo del cielo  
tiene su hora”*

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto *Trees as drivers of silvopastoral system function in the neotropics* (SILPAS), financiado por el Research Council de Noruega que apporto la financiación de este estudio y es ejecutado entre el Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza “CATIE” Grupo GAMMA - Costa Rica, la fundación Norwegian Institute for Nature Research, NINA, Noruega y el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya CTFC, España.

A mis consejeros principales Andreas Nieuwenhuys y Pere Casals por todo su aporte academico, largas horas de dedicación, paciencia, amistad y acertados consejos para el buen desarrollo de esta investigación.

A Muhammad Ibrahim y Graciela Rusch por su confianza y apoyo incondicional, lo que me permitio abrir las puertas a nuevos conocimientos y lograr con éxito el desarrollo de esta investigación, culminando asi mis estudios de maestria.

A los profesores John Beer, Gabriela Soto y Fernando Casanoves, por su tiempo y aporte en las revisiones de este trabajo.

A Amilcar Aguilar por su firme apoyo en los cinco meses de mi estadia en Nicaragua para facilitar la logistica en la fase de campo, a todo el personal de CATIE- Nicaragua, primordialmente a Hamilton Nuñez por su dedicación y compañía en las largas jornadas de trabajo, a Nidia Polanco, Ninozca, Nestor Pineda, Francisco Segura y Donal Lopez.

A todos los productores de Muy Muy y Matiguas, que por la confianza que ha creado CATIE en la zona nos abrieron las puertas de su hogar y con gran sencillez nos apoyaron para realizar esta investigación, permitiendome conocer su cultura, necesidades y la realidad de la vida en Nicaragua.

A todo el personal, directivos e investigadores que tuve la oportunidad de conocer en el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya por su amable hospitalidad en los cuatro meses de mi estadia, donde comparti con ellos largas jornadas de trabajo y unas tantas de esparcimiento, especialmente al área del (-3), Pere Casals, Pere Rovira, Jordi Garcia-Pausas, Marc Taull, Francesc Montané, Luisinho López-Sangil, Monica Fanlo, a mis queridas y apreciadas amigas Irene y Helenita. También a Evelyn Chavez un pedacito de Costa Rica en España y a Noelia Arco y Joan Romanyà, gracias a todos por sus enseñanzas, amistad y por mostrarme el mundo Catalan.

Con mucho cariño a todos mis compañeros y amigos de maestria promoción 2008-2009, especialmente a Brenda Castillo, Leonela Valerio, Anahi Hernandez, Piedad Zapata, Maria Vela, Diana Garcia, Agelica Benitez, Angela Sastoque, Rebeca Osawe, Amada Olivas, Francisco Bascope, Adriano Rosa, Jesus Chi, Albert Chan, Javier Montoya y Diego Bermeo, gracias por su apoyo y amistad en este camino de discernimientos academicos y crecimiento personal.

A mis amigos de vida y personas más cercanas quienes fueron un constante apoyo y ejemplo a seguir, Lady Malagon, Karol Guzman, Diana Cubillos, Diana Calderon, Julie Orjuela, Jesus Alonzo y en especial a Enrique Alvarado por que este es un logro que hace parte de nuestras vidas.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació el 7 de septiembre de 1982 en Ibagué, Tolima, Colombia. En 1999 ingresó a la Universidad del Tolima, graduándose como Bióloga en junio de 2005. Posteriormente trabajó como asistente de investigación en proyectos conjuntos entre el CATIE (grupo de Investigación en Musáceas, Unidad de Fitoprotección) y la Universidad del Tolima (Facultad de Ciencias), hasta diciembre de 2006. Luego fue asistente de investigación de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Universidad del Tolima –FMVZ– (grupo de investigación Agroforestería Pecuaria), hasta diciembre de 2007. En el 2008-2009 fue alumna de la Escuela de Posgrado del CATIE en la maestría Agricultura Ecológica, y realizó su trabajo de investigación con el Grupo de Ganadería y Medio Ambiente GAMMA.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO .....	VI
RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	X
ÍNDICE DE CUADROS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	3
1.1.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.2 Hipótesis del estudio .....	3
2 MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1 La ganadería y los Sistemas Silvopastoriles (SSP).....	5
2.2 Reciclaje de nutrientes en SSP .....	5
2.3 Productividad de pasturas activas y su relación con suelos y nutrientes .....	11
2.4 Manejo de nutrientes en Sistemas Silvopastoriles.....	13
2.5 Geoestadística.....	14
3 ARTICULOS.....	17
3.1 ARTICULO 1. EFECTO DE CUATRO ESPECIES ARBOREAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES, SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN MATIGUÁS Y MUY MUY, NICARAGUA .....	17
3.1.1 <i>INTRODUCCIÓN</i> .....	18
3.1.2 <i>METODOLOGÍA</i> .....	19
3.1.2.1 Localización y caracterización de la zona de estudio .....	19
3.1.2.2 Elección de especies arbóreas a estudiar.....	19

3.1.2.3	Criterios selección de potreros y árboles.....	21
3.1.2.4	Muestreo de suelos.....	22
3.1.2.5	Muestreo de hojas .....	23
3.1.2.6	Métodos análisis de laboratorio .....	23
3.1.2.7	Método para evaluar la influencia del ganado.....	24
3.1.2.8	Método para caracterizar la vegetación herbácea .....	25
3.1.2.9	Métodos análisis de datos.....	26
3.1.3	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....	26
3.1.3.1	Resultados generales de suelos.....	26
3.1.3.2	Carbono Orgánico % (OC) y relación isotópica $\delta^{13}\text{C}$ .....	27
3.1.3.3	Nitrógeno total (Nt), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM) y relación isotópica $\delta^{15}\text{N}$ .....	29
3.1.3.4	pH del suelo .....	32
3.1.3.5	Fósforo (P) y potasio (K).....	33
3.1.3.6	Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).....	34
3.1.3.7	Análisis C, N e Isótopos $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en las hojas recién caídas de las especies arbóreas en estudio.....	35
3.1.3.8	Influencia del ganado .....	36
3.1.3.9	Análisis de Componentes Principales (ACP) de los Nutrientes .....	39
3.1.3.10	Vegetación.....	40
3.1.3.11	Suelo desnudo .....	41
3.1.3.12	Gramíneas y ciperáceas .....	41
3.1.3.13	Gramíneas potencialmente consumidas y no consumidas .....	43
3.1.3.14	Géneros <i>Paspalum</i> .....	44
3.1.3.15	<i>Hojas Anchas (Leguminosas y No Leguminosas)</i> .....	46
3.1.3.16	<i>Blechum pyramidatum</i> y <i>Baltimora recta</i> .....	48
3.1.4	<i>DISCUSIÓN GENERAL</i> .....	50
3.1.5	<i>CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES</i> .....	55

3.2	ARTICULO 2. ANÁLISIS EXPLORATORIO ESPACIAL (GEOESTADISTICA) DE LA DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES ALREDEDOR DE LA COPA DE CUATRO ESPECIES ARBOREAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DE MUY MUY, NICARAGUA.....	56
3.2.1	<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	57
3.2.2	<i>METODOLOGÍA</i> .....	58
3.2.2.1	Localización y caracterización de la zona de estudio .....	58
3.2.2.2	Selección de potreros y árboles .....	59
3.2.2.3	Muestreo de suelos.....	60
3.2.2.4	Método para evaluar la influencia del ganado.....	62
3.2.2.5	Método para caracterizar la vegetación herbácea .....	62
3.2.2.6	Método de descripción general de los suelos en estudio.....	62
3.2.2.7	Método análisis de datos .....	62
3.2.3	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....	64
3.2.3.1	Descripción general de los suelos en estudio. ....	64
3.2.3.2	Semivariogramas empiricos .....	65
3.2.3.3	Rango y estructura espacial .....	71
3.2.3.4	Kriging .....	75
3.2.3.5	Semivariogramas anisotrópicos .....	80
3.2.3.6	Variogramas cruzados.....	85
3.2.3.7	Datos vegetación.....	90
3.2.3.8	Relación bostas, fósforo inorgánico y carbono .....	95
3.2.4	<i>DISCUSIÓN GENERAL</i> .....	96
3.2.5	<i>CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES</i> .....	100
4	DISCUSIÓN GENERAL DE TESIS .....	101
5	BIBLIOGRAFÍA .....	103
6	ANEXOS.....	113

**Romero Murcia J.R.** 2010. El efecto de cuatro especies arbóreas en sistemas silvopastoriles sobre las características del suelo en Matiguás y Muy Muy Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 170 p. [johanna@catie.ac.cr](mailto:johanna@catie.ac.cr)

Palabras clave: suelos, vertisoles, efecto presencia de árboles, Nicaragua, sistemas silvopastoriles, nutrientes edáficos, carbono *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman*, *Tabebuia rosea*, geoestadística.

## RESUMEN

En este estudio se investigó si la presencia de árboles en sistemas silvopastoriles afecta las características del suelo superficial comparado con la pastura abierta, en los municipios de Muy Muy y Matiguás en la zona central de Nicaragua. Las especies arbóreas estudiadas fueron dos leguminosas (*Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman*) y dos no leguminosas (*Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*). Se seleccionaron 12 ó 13 individuos de cada especie en potreros distintos que cumplieran criterios de aislamiento y una variabilidad mínima. Para cada árbol se tomó de forma apareada (bajo la copa y en la pastura abierta) y en cada posición, una muestra compuesta de 10 submuestras de los primeros 10 cm del suelo. Además, en un árbol por especie se realizó un estudio de la variabilidad espacial de los nutrientes edáficos mediante geoestadística. Para ello se muestrearon los suelos en celdas de 2x2 m, dentro de una parcela de 24 x 24 m, obteniendo aproximadamente 150 muestras por cada árbol estudiado. De cada muestra se realizaron análisis de Carbono Orgánico (OC), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM), Nitrógeno total (Nt), pH, fósforo Olsen inorgánico (Pi) y labil total (Pt), potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y la relación isotópica de C y N ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ). Además, se evaluó en la época seca y lluviosa la cobertura herbácea clasificada en grupos funcionales, la influencia del ganado por medio de conteo de bostas y muestreos de densidad aparente (DA). Se encontró que la presencia del árbol aumenta el contenido de OC y K en los suelos por debajo de los árboles, y de Nt por debajo de dos de las cuatro especies. También aumenta ligeramente el pH por debajo de tres especies de árboles y lo reduce ligeramente por debajo de *Tabebuia rosea*. Apoyado por las diferencias observadas en el  $\delta^{13}\text{C}$ , se argumenta que las diferencias en OC y Nt observadas probablemente se deben a diferencias en la calidad de la hojarasca y posibles diferencias en los procesos de descomposición dentro y fuera de la copa. El mayor contenido de K por debajo de las copas probablemente se debe a un mayor contenido de K en la hojarasca arbórea y a la presencia de lavado de K de la copa de los árboles. El contenido de Pi podría estar influenciado por la preferencia del ganado a descansar por debajo de ciertos árboles. Los resultados de geoestadística indican que los árboles estudiados parecen estar afectando la distribución espacial de determinadas características del suelo, como CO, K y Pi, confirmando parte de los resultados del estudio principal. Las demás características del suelo estudiadas presentaron un patrón espacial ligado a factores a escala mayor o menor a la de la presencia del árbol.

**Romero Murcia J.R.** 2010. The effect of four tree species in silvopastoral systems on soil characteristics in Matiguás and Muy Muy Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 170 p. **johanna@catie.ac.cr**

Keywords: soils, vertisoles, effect presence of trees, Nicaragua, silvopastoral systems, *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman*, *Tabebuia rosea*, geostatistic.

## SUMMARY

This study investigated whether the presence of trees in silvopastoral systems affects superficial soil characteristics under the trees when compared with the open pasture, in the municipalities of Matiguás and Muy Muy in central Nicaragua, Central America. The tree species studied were two legumes (*Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman*) and two non-legumes (*Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*). Twelve or 13 individuals of each species that met criteria for isolation and minimal variability were selected in different paddocks. For each selected tree a composite sample composed of 10 sub samples was taken under the canopy and one in the open pasture. Sampling depth was 0 to 10 cm. In addition, in order to study spatial variability of soil characteristics, one individual of each species was selected for a geostatistical study, for which soil samples were collected for each 2 by 2 m cell in a grid of 24 by 24 m, for a total of approximately 150 samples per individual tree. In each sample organic carbon (OC), Potentially Mineralizable Nitrogen (NPM), total nitrogen (TN), pH, Olsen phosphorus (Pi) and total phosphorus (Pt), potassium (K), calcium (Ca) Magnesium (Mg) and the isotopic ratio of C and N ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\text{d}^{15}\text{N}$ ) was measured. In addition, both during the dry and rainy season, the herbaceous cover was determined and classified into functional groups. The influence of livestock was assessed through dung counts and bulk density (DA) sampling. Underneath all tree species, the presence of the tree increases the content of OC and K of the soil, and Nt under two of the four species. A slight increase in soil pH was found underneath three of the four tree species, but pH was slightly lower below *Tabebuia rosea*. Supported by the observed differences in the  $\delta^{13}\text{C}$ , it is argued that differences in OC, Nt and pH are likely due to differences in the quality of litter and differences in decomposition processes below and outside the tree canopy. The higher K content below the canopy is probably due to a higher K content in the tree litter compared to grass litter and the presence of canopy drip. The Pi content of the soil is probably influenced by the preference of cattle to rest under some of the trees. The results of the geostatistical study indicate that trees seem to affect the spatial distribution of certain soil characteristics such as CO, K and Pi, thus confirming part of the results of the main study. Other soil characteristics studied showed a spatial pattern linked to factors at higher or lower scale than that presence of the tree.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Algunos rasgos funcionales especies en estudio.....	20
Cuadro 2. Características químicas del horizonte superficial (0-10cm) de los sistemas silvopastoriles estudiados.....	27
Cuadro 3. Carbono orgánico (%) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera) .....	28
Cuadro 4. $\delta^{13}\text{C}$ bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera) .....	28
Cuadro 5. Nitrógeno total (%) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera).....	29
Cuadro 6. Nitrógeno Potencialmente Mineralizable ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera).....	30
Cuadro 7. $\delta^{15}\text{N}$ bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera).....	31
Cuadro 8. pH, bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera) .....	32
Cuadro 9. Fósforo inorgánico (Pi $\mu\text{g g}^{-1}$ ), bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera) .....	33
Cuadro 10. Fósforo labil total (Pt $\mu\text{g g}^{-1}$ ), bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera).....	33
Cuadro 11. Potasio ( $\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$ ) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera).....	34
Cuadro 12. Calcio y magnesio ( $\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$ ), bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera).....	35
Cuadro 13. Resultados análisis hojas .....	36
Cuadro 14. Nitrógeno en las hojas de las cuatro especies .....	36
Cuadro 15. Resultados t-student para bostas y densidad aparente al comparar bajo copa y en área abierta .....	36
Cuadro 16. Aportes de materia seca, promedios de las bostas en gramos por metro cuadrado	37
Cuadro 17. Concentración promedio de nutrientes encontrados en bostas .....	37
Cuadro 18. Concentraciones promedio de nutrientes aportados por las bostas áreas dentro como fuera de la copa de los árboles en época seca (enero-mayo). .....	37
Cuadro 19. Datos resumen de la clasificación de preferencia del ganado .....	38
Cuadro 20. Resultados análisis laboratorio al realizar t-student comparando dentro fuera al agrupar por preferencia de ganado. ....	38
Cuadro 21. Comparación vegetación evaluada en muestreo extensivo, época seca .....	40
Cuadro 22. Comparación vegetación muestreo extensivo, época lluviosa.....	40
Cuadro 23. Resultados y gráficas, suelo desnudo época seca y lluviosa .....	41
Cuadro 24. Resultados y gráficas, gramíneas y ciperáceas época seca y lluviosa.....	42
Cuadro 25. Resultados y gráficas, gramíneas consumidas y no consumidas época lluviosa ..	44
Cuadro 26. Resultados y gráficas, <i>P. notatum</i> , <i>P. conjugatum</i> , <i>P. virgatum</i> época seca y lluviosa.....	45
Cuadro 27. Resultados y gráficas, hojas anchas leguminosas y no leguminosas época seca y lluviosa.....	47
Cuadro 28. Resultados y gráficas, <i>Blechum pyramidatum</i> y <i>Baltimora recta</i> , época seca y lluviosa.....	48
Cuadro 29. Diferencias hojas anchas leguminosas y no leguminosas .....	49
Cuadro 30. Resumen de las diferencias encontradas para todas las variables.....	50
Cuadro 31. Producción de hojarasca (en $\text{g/m}^2$ año).....	51
Cuadro 32. Contribución de Nitrógeno en los diferentes componentes de hojarasca en % .....	52
Cuadro 33. Concentraciones de K y P en los diferentes componentes de la hojarasca de guácimo y genízaro.....	54
Cuadro 34. Características generales de los árboles en estudio.....	60
Cuadro 35. Análisis químicos y físicos de los suelos de las cuatro especies .....	64

Cuadro 36. Parámetros estimados según el ajuste esférico de los semivariogramas empíricos de cada variable y especie de árbol. ....	71
Cuadro 37. Anisotropía de las distintas variables edáficas para cada especie de árbol. Se indican las direcciones con un gradiente mayor (mayor semivarianza) ó isotrópico .....	85
Cuadro 38. Correlaciones espaciales entre las distintas variables de suelo para cada especie de árbol según los correlogramas cruzados. ....	90
Cuadro 39. Resultados análisis correlación Pearson .....	95
Cuadro 40. Resultados análisis de regresión lineal entre Pi, OC y Bostas.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parámetros estimados en un semivariograma .....	15
Figura 2. Mapa de ubicación de los árboles estudiados. ....	20
Figura 3. Ilustración del muestreo de suelos: a) caso de árboles completamente aislados b) caso de árboles de una misma especie .....	22
Figura 4. Evaluación de la vegetación presente sobre el área de muestreo de suelos: a) árboles completamente aislados b) casos de agrupación árboles de una misma especie. ....	25
Figura 5. Biplot resultado del análisis de componentes principales de la matriz de resultados de las variables edáficas. Se indica la posición dentro (rombos rojos) y fuera de la copa (triángulos azules) .....	39
Figura 6. Ilustración del muestreo.....	61
Figura 7. Ejemplo de análisis de distribución del carbono orgánico alrededor del <i>Enterolobium cyclocarpum</i> realizado con Geo R. a) mapa de la parcela; b y c) valores carbono respecto a los ejes X y Y respectivamente; d) histograma de frecuencias. ....	63
Figura 8. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .....	66
Figura 9. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para <i>Albizia saman</i> .....	67
Figura 10. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para <i>Guazuma ulmifolia</i> .....	69
Figura 11. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para <i>Tabebuia rosea</i> .....	70
Figura 12. a) <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , rangos estructurales variables, b) varianza estructural (en tanto por 1) de las variables .....	72
Figura 13. a) <i>Albizia saman</i> , rangos estructurales variables, b) varianza estructural (en tanto por 1) de las variables .....	73
Figura 14. a) <i>Guazuma ulmifolia</i> , rangos estructurales variables, b) varianza estructural (en tanto por 1) de las variables .....	74
Figura 15. a) <i>Tabebuia rosea</i> , rangos estructurales, b) varianza estructural (en tanto por 1) variables .....	74
Figura 16. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .....	76
Figura 17. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de <i>Albizia saman</i> .....	77
Figura 18. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de <i>Guazuma ulmifolia</i> .....	78
Figura 19. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de <i>Tabebuia rosea</i> .....	79
Figura 20. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt y K para <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .....	81
Figura 21. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt K y Ca para <i>Albizia saman</i> ...	82
Figura 22. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt, K y Ca para <i>Guazuma ulmifolia</i> .....	83
Figura 23. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt, K y Ca para <i>Tabebuia rosea</i>	84
Figura 24. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .....	86

Figura 25. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en <i>Albizia saman</i> .....	87
Figura 26. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en <i>Guazuma ulmifolia</i> .....	88
Figura 27. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en <i>Tabebuia rosea</i> .....	89
Figura 28. Cobertura <i>Enterolobium cyclocarpum</i> a) época seca; b) época lluviosa .....	91
Figura 29. Cobertura <i>Albizia saman</i> a) época seca; b) época lluviosa .....	92
Figura 30. Cobertura <i>Guazuma ulmifolia</i> a) época seca; b) época lluviosa .....	93
Figura 31. Cobertura <i>Tabebuia rosea</i> a) época seca; b) época lluviosa.....	94

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

SSP: Sistemas Silvopastoriles  
N: Nitrógeno  
Nt: Nitrógeno total  
NPM: Nitrógeno Potencialmente Mineralizable  
C: Carbono  
OC: Carbono Orgánico  
C/N: Relación Carbono Nitrógeno  
P: Fósforo  
Pi: Fósforo inorgánico (Olsen - ácido ascórbico)  
Pt: Fósforo total (Olsen - peroxidisulfato)  
Po: Fósforo orgánico (diferencia entre Pt y Pi)  
K: Potasio  
Na: Sodio  
Ca: Calcio  
Mg: Magnesio  
SB: Suma de Bases  
 $\delta^{13}\text{C}$ : Isótopo estable de carbono 13  
 $\delta^{15}\text{N}$ : Isótopo estable de nitrógeno 15  
 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ : Centimoles por kilogramo de suelo  
 $\mu\text{g/g}$ : microgramos por gramo de suelo  
CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico  
dap: diámetro a la altura del pecho  
pa: densidad aparente del suelo  
ACP: Análisis de Componentes Principales  
HAL: Hojas Anchas Leguminosas  
HANL: Hojas Anchas No Leguminosas  
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
CTFC: Centre Tecnològic Forestal de Catalunya  
INFOM: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal  
INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales  
INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos  
FAO: Food and Agriculture Organization on the United Nations  
USDA: United States Department of Agriculture

# 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente en Centroamérica, un 38% (94 millones de hectáreas) del trópico húmedo están usadas como pastizales (Steinfeld 2002) los cuales se caracterizan por tener mosaicos o fragmentos de bosque, rodeados por cercas vivas, y en el interior de los cuales se ha observado en los últimos años una tendencia a conservar los árboles, principalmente para proveer sombra al ganado y como almacén de carbono (Martínez 2005).

No obstante, la producción ganadera requiere el uso de los recursos naturales como tierra, agua, aire y plantas, los cuales sino tienen un manejo no es adecuado (por ejemplo sobre utilización debido a una carga animal excesiva) se pueden convertir en pasturas degradadas, con suelos pobres que llevan a una baja productividad. Uno de los posibles problemas radica en que pasados entre 5 y 10 años después de la deforestación, el exceso de pastoreo y la pérdida de nutrientes pueden convertir las tierras que antes eran reservas de biodiversidad y nutrientes, en terrenos estériles (FAO 2007).

Por tanto, un manejo adecuado de pastos nativos, pasturas mejoradas, árboles y arbustos para alimentar el ganado se han convertido en practicas silvopastoriles que pueden ayudar a mitigar los impactos ganaderos sobre el uso de la tierra, demostrando mejorar las condiciones ambientales y productivas en áreas ganaderas de Centroamérica como lo referencia en sus publicaciones Camero (1996) e Ibrahim et ál (1998).

Específicamente, el uso de leñosas dentro de los sistemas silvopastoriles (SSP) puede ayudar a mejorar la fertilidad del suelo, el crecimiento de las pasturas y atenuar efectos de estrés climático sobre las plantas y animales. Sin embargo hay que considerar que la magnitud de estas interacciones depende principalmente de las condiciones agroclimáticas, las especies seleccionadas, la densidad de plantación, el arreglo espacial y el manejo que se aplique al sistema (Bustamante y Romero 1991). Relaciones que pueden llegar a generar un reciclaje de nutrimentos en SSP a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo, complementada por medio de las excretas y los orines que los animales depositan durante el pastoreo, los cuales dan un aporte significativo de materia orgánica y nutrientes (Szott et ál 1991; Gil et ál 2005). Sin embargo, se debe tener en cuenta también que los árboles pueden competir con las pasturas por agua, luz y nutrientes y

estos efectos pueden ser mayores si las especies arbóreas y de pastos tienen requerimientos nutricionales similares (Pezo e Ibrahim 1999).

Es importante por tanto destacar que el conocimiento de las ventajas, desventajas y las interacciones que generan los árboles en los SSP debe ser una herramienta que ayude tener un mejor criterio sobre el empleo de los árboles y arbustos en los SSP, con el fin de maximizar los beneficios y minimizar los perjuicios que éstos ofrecen, para lo cual es necesario evaluar cada caso en particular que ayude a tener una correcta comprensión del papel del árbol como generador de un grupo de servicios ambientales y productivos en los sistemas ganaderos.

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de cuatro especies de árboles presentes en los sistemas silvopastoriles sobre la disponibilidad y distribución espacial de nutrientes en el suelo y estudiar el papel del ganado bovino en la distribución de estos nutrientes.

## **1.1 Objetivos del estudio**

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

Determinar el efecto de cuatro especies de árboles en sistemas silvopastoriles, sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y estudiar el papel del ganado bovino sobre su distribución.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

1. Determinar características morfológicas, físicas y químicas del suelo en pasturas activas, tanto por debajo del dosel de cuatro especies de árboles comunes de la zona, como en pastura abierta de la zona, para estimar el efecto de la presencia del árbol.
2. Estudiar el efecto del ganado bovino sobre el suelo, bajo la copa de cuatro especies de árboles y en pastura abierta de sistemas silvopastoriles, por medio de características morfológicas, físicas y químicas.
3. Determinar de manera detallada alrededor de cuatro individuos aislados de las especies arbóreas en estudio, las características morfológicas, físicas y químicas del suelo, para estimar el efecto de la presencia del árbol sobre la distribución espacial de los nutrientes.

## **1.2 Hipótesis del estudio**

1. La presencia de un árbol en una pastura aumenta la concentración de determinados nutrientes y otras características del suelo respecto a la pastura abierta.
2. La presencia de especies de árboles de la familia de leguminosas, por su capacidad potencial de fijar N atmosférico, pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes, especialmente N, bajo la copa en mayor medida que la presencia de especies de árboles no leguminosos.

3. El ganado bovino tiene un papel importante en la distribución de nutrientes en los sistemas silvopastoriles: la deposición espacial de nutrientes presentes en las heces es fuertemente influenciada por la variación espacial de los árboles.
4. La variabilidad espacial del patrón de deposición de la hojarasca de los árboles determina la variación en el contenido de materia orgánica y nutrientes disponibles, así como en otras características del suelo alrededor del árbol aislado: los contenidos son mayores por debajo de la copa que fuera de la copa.

## **2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 La ganadería y los Sistemas Silvopastoriles (SSP)**

Los SSP son una alternativa agroforestal producto de años de experiencia de los ganaderos que buscan el mantenimiento de árboles de uso múltiple en las fincas con la introducción o mejora de forraje ó la introducción de árboles en un sistema de producción de forrajes. Lo que implica el manejo de árboles, ganado y forrajes en un sistema integrado (Aldana y Suniaga 2005). Los objetivos de incorporar el componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos pueden ser múltiples y diversos. Así en algunos casos se puede desear incrementar la productividad del recurso suelo o atenuar los efectos de estrés climático sobre las plantas y animales; por ejemplo disminuyendo la pérdida de calor por los vientos fríos (barreras rompe vientos) o reduciendo el exceso de calor ante la insolación (sombreamiento), 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 e Ibrahim 1999; Gil et ál 2005; Russo y Botero 2005; FAO, 2007).

### **2.2 Reciclaje de nutrientes en SSP**

En general, se ha descrito que los árboles en los SSP pueden mejorar y promover una estabilidad en el suelo por medio del ciclado de los nutrientes, principalmente a través del aporte de biomasa que a su vez ayuda a mantener la fertilidad del suelo y a reducir la erosión eólica o hídrica. Específicamente la presencia de árboles puede mejorar el contenido de algunos macronutrientes esenciales, como el calcio y el potasio, y aumentar el ciclado y disponibilidad de otros nutrientes, como el nitrógeno o el fósforo, como consecuencia de la estimulación del ciclo de renovación orgánica y al extraer nutrientes que normalmente quedan fuera del alcance del sistema radicular de los pastos (Fassbender 1993; Gil et ál 2005). Aldana y Suniaga (2005), por ejemplo aluden a mejoras en la estructura y en las propiedades químicas del suelo por la acción de los árboles. Mejoras como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes que aumentan la productividad neta de los pastos, además de mejoras de la fertilidad del suelo con el uso de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico.

En este sentido, se debe tener en cuenta que la acumulación de nutrientes minerales en el suelo provenientes del sistema arbóreo se produce por un proceso a largo plazo de captura de nutrientes y que puede ser sólo superficial. Por tanto, la capacidad de los árboles para contribuir a la nutrición y enriquecimiento del suelo puede ser baja en el inicio del crecimiento del árbol y aumentar con el tamaño del mismo (Nair 1984; Young, 1989; Ong and Huxley, 1996). Asimismo, las interacciones existentes en los SSP son variadas y no se pueden generalizar debido a que las cantidades de nutrientes dependerán de la especie de árbol, el tipo de suelo en el que se encuentra, las condiciones climáticas, la densidad de siembra, el régimen de poda, entre otras variables. Además, la cantidad de biomasa producida por los sistemas agroforestales depende también de la especie de árbol, el número de árboles por hectárea, la edad del árbol y el sitio de interacción. Donde la concentración de nutrientes depende del estado fenológico del árbol, de las diferentes partes que aportan biomasa y del ambiente donde se genera la descomposición (Bustamante y Romero 1991; Schroth and Sinclair 2003; Gil et ál. 2005).

El enriquecimiento de nutrientes en el suelo se produce a través de una amplia gama de formas de crecimiento de los árboles, arbustos y especies que habitan en diversas zonas climáticas. Tres mecanismos principales son propuestos para este fenómeno según Virginia (1986): (1) los árboles pueden actuar como bombas, aprovechando los nutrientes de los horizontes profundos y laterales incluso en áreas mas allá de la copa, depositándolos sobre todo bajo el dosel, a través de la hojarasca y por lixiviación del dosel (Kellman 1979; Scholes 1990); (2) el árbol es alto y aerodinámicamente de cubierta rugosa que actúa como una trampa eficaz para el polvo atmosférico (Bernhard 1982; Escudero et ál 1985; Szott et ál 1991) que contiene nutrientes, que se lavan posteriormente por la lluvia;. (3) los árboles cuando son escasos pueden servir como puntos focales para atraer aves y mamíferos (especialmente ganado) que buscan sombra ayudando a mejorar el ciclo de nutrientes locales por el depósito de heces (Belsky 1994; Georgiadis 1989).

Los árboles, en general, cuentan con medios bióticos importantes que les ayudan a mantener los nutrientes recirculando, estos medios son: a) *el entrelazado de las raíces*, quienes recuperan con rapidez los nutrientes mineralizados antes de que sean lixiviados por el agua y, al parecer este su entrelazado inhibe las actividades de las bacterias desnitrificantes, bloqueando así la pérdida de nitrógeno al aire, además de extraer nutrientes (bombeo de

nutrientes) de horizontes profundos del suelo, en ocasiones más allá del alcance de las raíces de los cultivos; b) *hongos micorrizicos*, microorganismos simbióticos asociados con sistemas radiculares, que actúan como captadores de nutrientes y facilitan la recuperación y retención de los nutrientes dentro de la biomasa radicular; c) *hojas perennes*, con gruesa corteza y cutícula cerosa que retarda la pérdida de agua y nutrientes, reduciendo también el consumo por herbívoros y parásitos; d) *Materia orgánica* que ayuda a reducir sustancialmente el escurrimiento del agua, promueve la capacidad de intercambio catiónico, la formación de sustancias orgánicas solubles; la estabilización de la acidez y la estructura del suelo mediante la formación de agregados que mejoran las condiciones físicas como estructura, porosidad, permeabilidad y retención del agua, ayudando a estimular el desarrollo radicular y la actividad de macro y microorganismos del suelo (Gonzalo 1987; Fassbender 1993; Nair 1993; Young 1997; Odum y Sarmiento 1998; Schroth and Sinclair 2003).

En el suelo existe una compleja interacción entre vegetación y microorganismos que puede ser alterada a su vez por los animales en pastoreo y el manejo que se les de. En general se estima que la producción de pasturas en los SSP es mantenida por el ciclaje de N y P, debido a la actividad de los microorganismos del suelo donde el crecimiento es limitado por el carbono y depende de la cantidad y calidad de la hojarasca, raíces muertas, así como del flujo de carbono en la rizósfera. Asimismo, los animales de pastoreo cumplen un papel importante al influenciar sobre la interacción entre la vegetación y el suelo, porque gracias a la defoliación y el pisoteo puede alterar el flujo de C y por ende, la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo. (Gil et ál 2005).

La presencia de los árboles en los potreros puede, por tanto incrementar la cantidad de materia orgánica resultando en una mayor mineralización, movilización y disponibilidad de algunos nutrientes como N, P y K en el suelo (Sadeghian et ál 1998; Mahecha 2002). Estos procesos son dependientes, entre otros factores, de la relación C/N y lignina/N del material en descomposición. En el caso de las leñosas perennes y las leguminosas, las hojas, por lo general, poseen niveles más altos de nitrógeno, lo cual ejerce efectos positivos sobre la actividad biológica en el suelo y sobre la mineralización y liberación de nutrimentos a partir de la materia orgánica. Sin embargo, el material senescente puede contener sustancias inhibitoras como taninos ó otros polifenoles que afecten la actividad de los organismos responsables de la degradación de la materia orgánica (Palm 1995; Pezo e Ibrahim 1999).

Algunas publicaciones demuestran que los árboles multipropósito sembrados en las pasturas tienen potencial para rehabilitar áreas degradadas y proporcionar viabilidad económica a los sistemas de producción. Por ejemplo, en suelos ácidos, *Acacia mangium* tiene la capacidad de incrementar el contenido de fósforo y nitrógeno de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria humidicola*. En tanto que en suelos fértiles, los sistemas silvopastoriles con *Brachiaria brizantha* y árboles multipropósito como *Erythrina berteroana* o *Gliricidia sepium* lograron similares niveles de nutrimentos al de las pasturas asociadas con leguminosas herbáceas como *Arachis pintoii* (Esquivel et ál, 1998). Mientras que en zonas altas con condiciones óptimas para ganadería de leche, la inclusión de *Alnus acuminata* en pasturas, ha mostrado potencial para restaurar la fertilidad del suelo (Russo 1990). Del mismo modo, el nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) en suelos bajo pasturas fue cuatro veces más alto bajo del dosel de árboles de *Inga sp* comparado con pasturas abiertas (Rhoades et ál 1998).

En un estudio sobre la productividad forrajera de *B. humidicola*, el aporte de fósforo de *A. mangium* y la actividad biológica del suelo en un sistema silvopastoril determinó que la producción de hojarasca es mayor en sistemas de alta densidad comparado con los de baja densidad y que la concentración de fósforo foliar fue mayor en los SSP con *A. mangium* comparado con *B. humidicola* sola o con baja densidad de *A. mangium*. Resaltando que la época influencia positivamente la actividad biológica, teniendo a mayor humedad mayor población de hongos endomicorrízicos y biomasa de lombrices (Velasco 1998).

Evaluaciones sobre las características químicas de suelos en un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* frente a un monocultivo de *Brachiaria brizantha* demostraron que el banco de *Leucaena* presenta los mayores valores de P y K en comparación al monocultivo, concluyendo que el establecimiento de leguminosas arbóreas en los sistemas de producción mejoran las condiciones químicas de los suelos, siendo una alternativa de manejo para los suelos tropicales deficientes en nutrientes (Razz y Clavero 2006).

Por otro lado, Gonzáles (2007) caracterizó parte de los flujos de nutrientes en diferentes sistemas silvopastoriles con y sin la leguminosa *Arachis pintoii* y estimó su relación con la degradación de pasturas, encontrando que las pasturas mejoradas asociadas con maní forrajero producen mayor cantidad de biomasa forrajera que las pasturas mejoradas no asociadas (12 –66%) y estas, a su vez, producen más que las pasturas naturales (49 – 82%);

además que en la época seca la hojarasca de los pastos se acumula debido a que la tasa de descomposición es menor que la tasa de producción de la hojarasca y la producción de hojarasca de pasto es de 6 a 28 veces más alta que la de maní. Asimismo, determinó que nutrientes como P, Ca y Mg son regresados a la pastura casi exclusivamente en forma de heces y que aproximadamente el 80% del K consumido regresa a la pastura principalmente en forma de orines contra el 20% en forma de heces, mientras que el N regresa en forma de orines entre el 55-75%. Además en cuanto a la pastura determinó que la cantidad de N, P, Ca y Mg que regresa a través de la caída de hojarasca en las pasturas es mayor que la cantidad consumida por el ganado.

Sobre nutrientes en hojarasca de árboles de genízaro (*Albizia saman*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y de los pastos naturales y mejorados asociados en sistemas silvopastoriles, Sandoval (2006) determinó la contribución relativa y potencial de los árboles y los pastos al reciclaje de nutrientes al suelo encontrando que la distribución de los componentes livianos de la hojarasca de los árboles (hojas y flores) es fuertemente influenciada por el viento en la zona. Esto hace que la deposición de hojarasca se concentre en el oeste y sur; siendo la dirección donde los árboles van a tener presumiblemente mayor influencia en el ciclaje de nutrientes a comparación del norte y el este de cada árbol. También concluye que existe una cierta tendencia de los árboles de *G. ulmifolia* y *P. saman* a incrementar ligeramente las concentraciones de nutrientes en las zonas que están influenciadas por ellos en comparación con los suelos que se encuentran sin la deposición de hojarasca.

Resultados encontrados por Menezes et ál (2002) indican que la preservación de los árboles nativos o la introducción de especies exóticas de árboles en pastizales semiáridos en el noreste de Brasil afecta de manera significativa el microclima, la dinámica de la biomasa y los nutrientes del suelo y pueden contribuir a aumentos en la tasa de ciclaje de nutrientes en estos sistemas. Por tanto, se estima que los árboles y arbustos, principalmente los leguminosos, son de vital interés en los sistemas de producción animal y esta importancia se acrecienta en aquellas áreas donde la existencia de climas con una estación seca marcada y las dificultades con el manejo de los pastizales son mas fuertes (Hernández et ál 1999).

Es importante comprender y conocer, por tanto, las interacciones y el uso eficaz de nutrientes en las pasturas. El **carbono (C)**: este nutriente es disponible a los microorganismos del suelo que por el proceso de mineralización obtienen energía; la importancia de este proceso es vital para las plantas puesto que hace disponible para las plantas, elementos como el nitrógeno y el fósforo que están químicamente vinculados al carbono en forma de materiales orgánicos. Además contribuye a mejorar la calidad de los suelos ya que su descomposición proporciona humus y nutrientes. El **nitrógeno (N)** afecta la calidad y producción por el contenido de proteína o azúcar de las cosechas; el N tiene un ciclo muy complejo debido a que su máxima reserva es en forma de gas y no disponible directamente para las plantas; así es esencial para los forrajes y requerido en altas concentraciones siendo una limitante productiva disponible a las plantas solo en forma  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ . En forma de amonio  $\text{NH}_4^+$  es más retenido en suelos alcalinos mientras que en forma de nitrato  $\text{NO}_3^-$  y nitrito  $\text{NO}_2^-$  tienen alta movilidad y se vuelven difícilmente intercambiables. Este elemento puede perderse del sistema por procesos físicos de lixiviación, escorrentía, erosión, volatilización, desnitrificación y por la quema de residuos. El **fósforo (P)** suele ser el segundo elemento más limitante para la producción, se obtiene de fuente mineral y es fundamental para el crecimiento de las plantas. El ión fosfato en sus diferentes formas ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ó  $\text{HPO}_4^{2-}$  ó  $\text{PO}_4^{3-}$ ) es la única forma asimilable para la planta; existe en bajas cantidades en disolución en el suelos ácidos debido a que a pH inferior a 6,5 es retenido por la atracción que tiene con los iones  $\text{Al}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$ . Sin embargo, el P no se lixivia fácilmente. El **potasio (K)** es un elemento altamente móvil y abundante entre los minerales que constituyen la corteza terrestre y su distribución y el contenido depende de la presencia y meteorización de feldespatos y micas en los materiales parentales. Sin embargo, su problema es que no está disponible y las plantas absorben solamente el potasio en solución. Su liberación o fijación es dependiente del pH y la CCE, debido a que a pH elevado (encalado) CEE alta hay más sitios disponibles y se atrae más el K reduciendo pérdidas por lixiviación. Además su difusión requiere de suficiente agua para el transporte hacia las raíces, siendo limitado en sequía. La pérdida de este elemento del sistema ocurre por lavado, erosión de la capa superficial del suelo, escorrentía y percolación profunda (Gonzalo 1987; Bellows 2001; Schroth et ál. 2003).

Al respecto, se debe tener claro que los ciclos biogeoquímicos de estos nutrientes, corresponden a dos grandes grupos los de tipo gaseoso con gran depósito en la atmósfera (C, N) y los de tipo sedimentario (P, K) con depósito en los suelos y sedimentos de la corteza terrestre, por lo cual demandan un manejo diferencial para evitar su pérdida en el sistema (Odum y Sarmiento 1998).

### **2.3 Productividad de pasturas activas y su relación con suelos y nutrientes**

En este sentido, 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 ál. 1993; Paulino et ál. 1995; Holman et ál. 2004). 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 (Oliveria et ál. 2004). Por tanto, es probable que la degradación de pasturas este 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 ál. 1995). Referente a esto, Oliveria et ál. (2004) encontró

que los mejores indicadores de degradación del suelo son deposición de hojarasca, la regeneración de tejidos aéreos, la biomasa microbiana y el fraccionamiento físico.

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), (Gonzalo 1987).

El nitrógeno es un factor limitante para las pasturas abiertas, las que están bajo sombra y para el ciclaje de nutrientes. La disponibilidad de este elemento se puede aumentar mejorando en el crecimiento de las forrajeras con nuevos aportes nutricionales por medio de fertilizantes 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 genera también 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 ál. 2004).

Los aportes nutricionales se dan propiamente cuando la gramínea interactúa con los árboles en un sistema silvopastoril recibiendo mayor contribución de biomasa mejorando así el contenido nutricional. Sin embargo, las forrajeras son a su vez sometidas a cambios sustanciales en la cantidad y calidad de la luz que reciben, reduciéndose la biomasa generada por las gramíneas y el área foliar bajo sombra, pero incrementándose la eficiencia fotosintética en estas condiciones, lo que implica una mayor calidad del forraje producido en condiciones de sombra intermedia. De igual manera, la sombra del árbol reduce la temperatura foliar en la gramínea, ocasionando una menor transpiración y aumentando la eficiencia de uso de agua de las gramíneas (Ong and Huxley 1996; Gil et ál. 2005).

Asimismo, se ha determinado que en estos procesos de interacción entre forrajeras y árboles las condiciones ambientales y la proporción de los elementos suelen afectar la

mineralización de algunos nutrientes. Por ejemplo, la mineralización del nitrógeno y el carbono orgánico es más rápida bajo condiciones alternas de humedecimiento y secamiento, por lo que en condiciones secas la mineralización del C es más rápida que la del nitrógeno, reduciendo así la relación C:N (Gonzalo 1987). En relación a esto, se ha encontrado que la deficiencia del fósforo y la inmovilización de N en los residuos vegetales con una relación C:N alta puede ser un factor que limita la mineralización y, por tanto, una producción sostenible (Boddey et ál.1996).

## **2.4 Manejo de nutrientes en Sistemas Silvopastoriles**

Las principales prácticas que favorecen el uso eficaz de estos nutrientes en sistemas ganaderos se pueden resumir en: (1) reducir al mínimo la compactación del suelo por el pastoreo excesivo, (por ejemplo, no usar potreros que se han mojado y están saturados). Esto contribuye a mejorar la actividad de los organismos del suelo y mineralización del fósforo y reduce erosión; (2) mantener una diversidad de gramíneas y especies de leguminosas que tengan varias formas de hojas con diferente orientación para mejorar la fotosíntesis y a su vez obtener agua y nutrientes en todo el perfil del suelo por medio de los diferentes sistemas radiculares de las forrajeras; (3) promover un rebrote adecuado de los forrajes mediante la combinación de gramíneas con bajos y elevados estratos de crecimiento, asociado con una rotación del ganado en función de la carga animal del sistema y dependiendo de la velocidad de recuperación del pasto; (4) aumentar los porcentajes de leguminosas en el sistema reduciendo así aplicaciones de nitrógeno; (5) mantener una cobertura arbórea adecuada en el sistema debido a que los árboles pueden mejorar el ciclo de los nutrientes no disponibles para las raíces superficiales de los pastos, a través de su sistema de raíces profundas y su aporte de hojarasca, mantiene la fertilidad del suelo y aumentar el aporte de materia orgánica.

También, se debe evitar la quema de pastos o hacerla con poca frecuencia y bajo condiciones controladas. Asegurar un aporte constante al sistema de materia orgánica de leñosas y herbáceas por medio de hojarasca, tallos y flores que caen al suelo, además de permitir la integración de la deyección de los animales (bostas y orines) al sistema que sirvan como alimento para los organismos del suelo, generando un gran efecto positivo sobre el ciclaje de nitrógeno y fósforo y aumentando así la porosidad, infiltración, circulación y drenaje del agua (Young 1997; Bellows 2001; Gil et ál. 2005).

## 2.5 Geoestadística

La geoestadística es una colección de métodos estadísticos que describen la autocorrelación espacial entre datos de muestras cercanas, donde por medio de técnicas como Kriging es posible predecir valores insesgados (Legendre y Fortin 1989). Es una manera de describir la continuidad espacial de cualquier fenómeno natural. Con ello llegamos a conocer la forma en que varía cualquier variable continua en el espacio (patrón espacial) a una o varias escalas seleccionadas, con un nivel de detalle que te permite cuantificar su variación en distintas direcciones del espacio. La geoestadística emplea funciones para modelar esta variación espacial, que son utilizadas posteriormente para interpolar en el espacio el valor de la variable en sitios no muestreados (Gallardo y Maestre 2008).

Inicialmente este método fue desarrollado para estimar depósitos minerales, de los cuales se han aplicado muchos aspectos al estudio de los suelos y cultivos en respuesta a las prácticas de manejo (Yost et ál. 1982). Logrando avances en la construcción de una base teórica y de modelos espacialmente explícitos que han contribuido notablemente a la comprensión de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales (Tilman y Kareiva 1997). Sobre los cuales es conviene mencionar que el conocimiento de la estructura espacial de los organismos, factores abióticos o procesos ecológicos bajo estudio resulta de gran importancia para ajustar tests estadísticos y para mejorar el diseño de los experimentos (Legendre et ál. 2002; 2004).

La geoestadística esta basada en la teoría de la regionalización que consiste en suponer una continuidad proporcionada por la correlación espacial entre puntos de muestreo de datos de una variable, mientras que la estadística está basada en la aleatoriedad e independencia entre datos al suponer cero-continuidad. El proceso geoestadístico consta de dos fases: la primera es el análisis por semivariogramas y la otra es la interpolación de los datos mediante el método de kriging (Pierson y Wight 1991). Donde los semivariogramas miden el grado de correlación o continuidad entre los datos mediante un semivarigrama, el cual describe cómo la varianza de las observaciones cambia con la distancia en una dirección dada. En tanto Kriging se usa para predecir los valores en sitios no muestreados sin sesgo y con mínima varianza, pudiendo usar los valores interpolados con una confianza conocida (Burgess y Webster 1980).

Un gran número de modelos en geostatística pueden ajustarse a los semivariogramas empíricos (Chilès y Delfiner 1999), ya que no todas las funciones matemáticas son apropiadas cuando se quiere realizar interpolaciones utilizando “kriging”. Dentro de estos se puede nombrar el modelo esférico, penta-esférico, circular, exponencial, gaussiano, lineal, potencial entre otros. Donde los criterios para seleccionar un modelo u otro dependen de los objetivos del trabajo. Si el objetivo es encontrar el modelo que mejor se ajuste al semivariograma empírico para cada variable, y no tenemos información *a priori*, podemos dejar que un determinado software ajuste automáticamente el mejor modelo. Si se cuenta con información *a priori* del comportamiento de la variable, se puede realizar un ajuste manual de los modelos al semivariograma empírico, lo que permite algunos programas, así, de esta forma el investigador puede fijar los parámetros de los semivariogramas, el “nugget”, el “sill” o el rango ( Figura 1. P) dependiendo del tipo de información que tenga de la variable y ajustar los parámetros de los que no se tiene información (Gallardo y Maestre 2008).

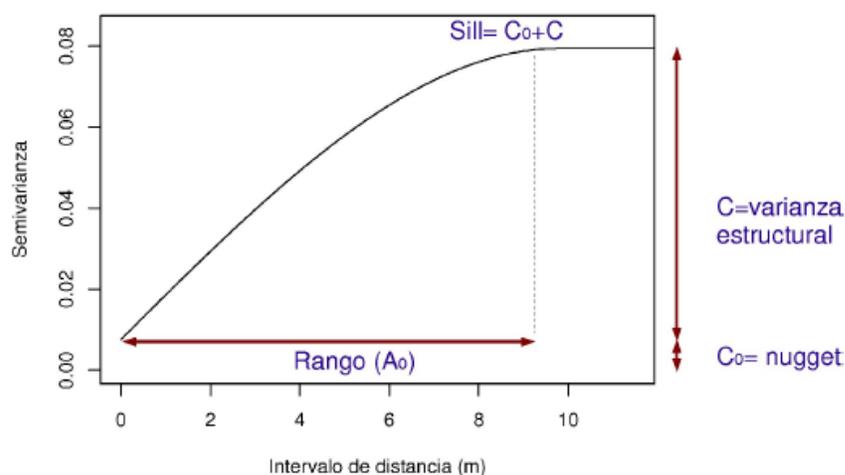


Figura 1. Parámetros estimados en un semivariograma

Donde, **el rango (A<sub>0</sub>)** es la distancia a la que la semivarianza deja de aumentar. Este parámetro, por tanto, indica la distancia a partir de la cual las muestras son espacialmente independientes unas de otras, y constituye el tamaño de grano o mancha que representa la variable. **El “nugget” (C<sub>0</sub>)** corresponde a la varianza no explicada por el modelo, y se calcula como la intercepción con el eje Y. Se conoce también como varianza error puesto que la varianza de dos puntos separados por 0 metros (la intercepción con el eje Y) debería ser cero. Esta varianza está normalmente indicando variabilidad a una escala inferior a la muestreada o debida al error analítico. **El “sill” (C<sub>0</sub>+C)** constituye la máxima semivarianza encontrada entre

pares de puntos y debe coincidir con la varianza de la población. La proporción de la *varianza explicada por el espacio* ( $C/C_0+C$ ) este cociente, expresado a menudo como porcentaje, nos indica la parte de la varianza que se encuentra estructurada espacialmente, y por tanto el grado de incertidumbre a la hora de interpolar puntos en el espacio. Un alto cociente (>75%) nos indica una variable espacialmente muy predecible (Gallardo y Maestre 2008).

A partir de los parámetros obtenidos de los semivariogramas, se utiliza el “kriging” que como se menciono al inicio es una técnica de interpolación utilizada en geoestadística, que estriba en el conocimiento del comportamiento de una variable en el espacio (Schaug et ál. 1993). Para mayor información ver Gallardo y Maestre (2008).

### 3 ARTICULOS

#### 3.1 ARTICULO 1. EFECTO DE CUATRO ESPECIES ARBOREAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES, SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN MATIGUÁS Y MUY MUY, NICARAGUA

##### RESUMEN

En este estudio se investigó si la presencia de árboles en sistemas silvopastoriles afecta las características del suelo superficial comparado con la pastura abierta, en los municipios de Muy Muy y Matiguás en la zona central de Nicaragua. Las especies arbóreas estudiadas fueron dos leguminosas (*Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman*) y dos no leguminosas (*Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*). Se seleccionaron 12 ó 13 individuos de cada especie en potreros distintos que cumplieran criterios de aislamiento y una variabilidad mínima. Para cada árbol se tomó de forma apareada (bajo la copa y en la pastura abierta) y en cada posición, una muestra compuesta de 10 submuestras de los primeros 10 cm del suelo. De cada muestra se realizaron análisis de Carbono Orgánico (OC), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM), Nitrógeno total (Nt), pH, fósforo Olsen inorgánico (Pi) y labil total (Pt), potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y la relación isotópica de C y N ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ). Además, se evaluó en la época seca y lluviosa la cobertura herbácea clasificada en grupos funcionales, la influencia del ganado por medio de conteo de bostas y muestreos de densidad aparente (DA). Se encontró que la presencia del árbol aumenta el contenido de OC y K en los suelos por debajo de los árboles, y de Nt por debajo de dos de las cuatro especies. También aumenta ligeramente el pH por debajo de tres especies de árboles y lo reduce ligeramente por debajo de *Tabebuia rosea*. Apoyado por las diferencias observadas en el  $\delta^{13}\text{C}$ , se argumenta que las diferencias en OC y Nt observadas probablemente se deben a diferencias en la calidad de la hojarasca y posibles diferencias en los procesos de descomposición dentro y fuera de la copa. El mayor contenido de K por debajo de las copas probablemente se debe a un mayor contenido de K en la hojarasca arbórea y a la presencia de lavado de K de la copa de los árboles. El contenido de Pi podría estar influenciado por la preferencia del ganado a descansar por debajo de ciertos árboles.

### ***3.1.1 INTRODUCCIÓN***

Muchas regiones de Nicaragua han sido transformadas a agropaisajes generalmente dominados por una matriz de potreros y cultivos, las cuales retienen una cobertura arbórea dispersa en pequeños parches remanentes de bosques, franjas angostas de bosques ribereños (“riparios”), árboles dispersos y cercas vivas (Harvey et ál. 2004). Se estima que estos agropaisajes cubren alrededor del 31% del territorio nacional, siendo específicamente para el Municipio de Matiguás altamente fragmentados y dominados por potreros que ocupan el 68% su área (Pomareda 1999; Sánchez et ál. 2005).

Muchos de los potreros en estos paisajes se pueden clasificar como sistemas silvopastoriles (SSP) en los cuales se realiza un manejo integrado de pastos, árboles y arbustos para alimentar el ganado y para atenuar el estrés por las altas temperaturas (Aldana y Suniaga 2005). Por otra parte, las prácticas silvopastoriles también pueden ayudar a mitigar hasta cierto punto los impactos de la deforestación en el sentido que guardan mayor biodiversidad y almacenan mayor cantidad de carbono que pasturas sin árboles (Camero 1996; Ibrahim et ál. 1998).

Se presume que el uso de leñosas perennes dentro de los SSP puede ayudar a mejorar la fertilidad del suelo comparado con sistemas pastoriles. Mejoras en la fertilidad que dependerán de las condiciones edáficas, agroclimáticas, las especies leñosas presentes, su arreglo espacial, el comportamiento del ganado y el manejo que se aplique al sistema (Bustamante y Romero 1991; Szott et ál. 1991; Gil et ál 2005). Sin embargo, se debe tener en cuenta también que los árboles pueden competir con las pasturas por agua, luz y nutrientes (Pezo e Ibrahim 1999).

El conocimiento de las ventajas, desventajas y las interacciones que generan los árboles en los SSP es importante para la toma de decisiones sobre el empleo y selección de los árboles y arbustos en los SSP, con el fin de maximizar los beneficios y minimizar los perjuicios que éstos ofrecen. Así es necesario evaluar cada caso en particular que ayude a obtener una correcta comprensión del papel del árbol como generador de un grupo de servicios ambientales y productivos en los sistemas ganaderos.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la presencia de cuatro especies arbóreas dominantes en potreros en los municipios de Muy Muy y Matiguás sobre características seleccionadas del suelo en pasturas activas.

### **3.1.2 METODOLOGÍA**

#### **3.1.2.1 Localización y caracterización de la zona de estudio**

La presente investigación se realizó de enero a agosto del 2009, en fincas ganaderas de los municipios de Matiguás y Muy Muy, ubicados en el departamento de Matagalpa, Nicaragua. Matiguás (85°27'N;12°50'O) se caracteriza por tener una población de 41.127 habitantes, de los cuales 8.967 conforman el sector urbano y 32.220 integran el sector rural, presentándose una densidad poblacional aproximada de 31 habitantes por km<sup>2</sup>, en una extensión territorial de 1.335 Km<sup>2</sup> donde la principal actividad económica la constituye la ganadería de leche y carne. Muy Muy (85°45'N;12°40'O), tiene una población de 16.378 habitantes documentada en el año 2003, de los cuales el 74 % habita en áreas rurales en una extensión total de 375 km<sup>2</sup>. Su economía esta basada en la ganadería, con un 80 % del área destinada a pasturas (Levard et ál. 2001; INEC 2005; INIFOM 2007).

Esta zona tiene una temperatura promedio que oscila alrededor de 24.5°C una precipitación promedio anual entre 1200 y 1800 mm, una estación lluviosa (invierno) que dura aproximadamente ocho meses, entre mayo y diciembre, y una estación seca (verano) que va desde enero hasta abril. (Cerrud 2005; INIFOM 2007).

Los suelos de la zona son predominantemente arcillosos, pesados, siendo en determinadas áreas muy difíciles de arar. Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER 2005, en el departamento de Matagalpa predominan Vertisoles, Mollisoles e Inceptisoles.

#### **3.1.2.2 Elección de especies arbóreas a estudiar**

Las cuatro especies en estudio fueron escogidas por encontrarse dentro de las más comunes de la región en base a lo reportado por Sánchez et ál. (2005) y luego de realizar recorridos en campo, además por ser contrastantes en sus rasgos funcionales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Algunos rasgos funcionales especies en estudio

Árbol	Leguminosa	Relación Ancho altura	Altura	Sombra en el suelo	Época sin hojas	Época y dispersión floración	Cantidad frutos
<i>Albizia saman</i> (genízaro)	Si	Ancho=altura	Medio alto	Muy densa	Marzo (3 semanas)	Abril (lejos)	Muchos
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (guanacaste)	Si	mas alto que ancho	Alto	Media	Marzo (4 semanas)	Abril (lejos)	Abundante
<i>Guazuma ulmifolia</i> (guácimo)	No	Ancho=altura	Pequeño	Densa	Marzo Abril (1 semana)	Abril (mediana)	Bastantes
<i>Tabebuia rosea</i> (roble)	No	mucho mas alto que ancho	Mediano	poca	Verano	Marzo (cerca)	Pocos

De estas especies, se muestrearon un total de 12 individuos por especie (genízaro, guácimo y guanacaste), y 13 individuos para el roble, para un total de 49 árboles. Esta selección se obtuvo al realizar visitas a 37 fincas en Matiguás y 38 en Muy Muy donde se mapearon 103 árboles en los que se describieron medidas dasométricas, pastura predominante, características del terreno y del suelo, su situación de aislamiento y manejo del potrero, como se detalla a continuación. Finalmente, se seleccionaron 7 fincas en Matiguás con 22 árboles y 16 fincas en Muy Muy con 27 árboles (Figura 2).

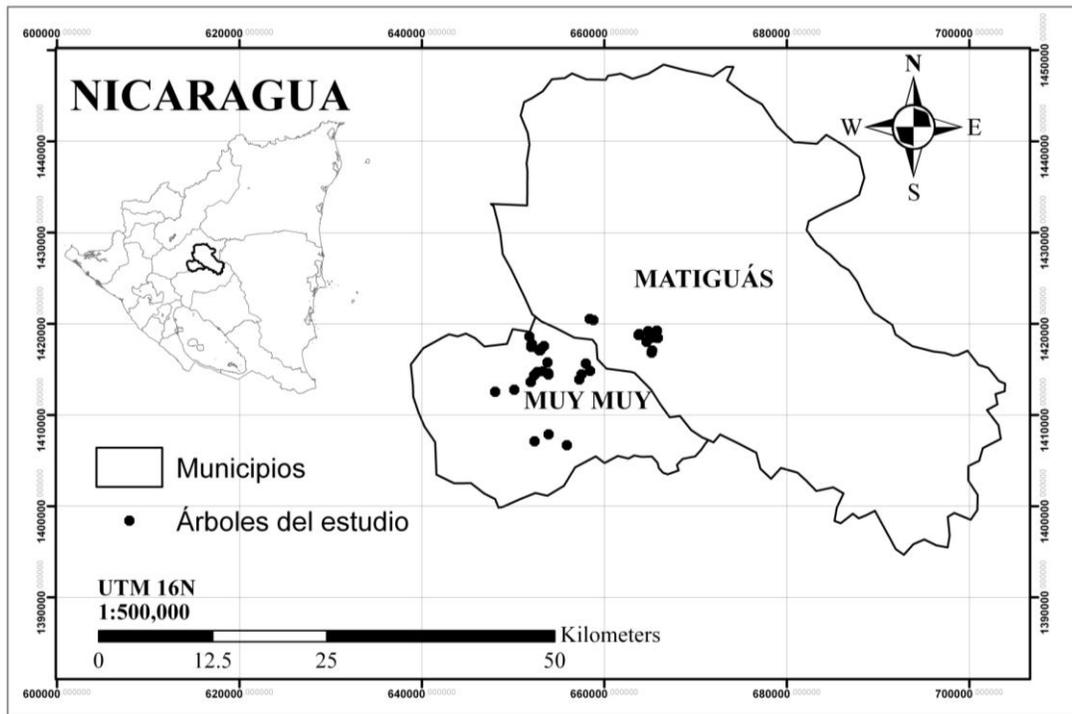


Figura 2. Mapa de ubicación de los árboles estudiados.

### 3.1.2.3 Criterios selección de potreros y árboles

Para ubicar los sitios de muestreo, se usaron los siguientes criterios de selección:

- Fisiografía uniforme del potrero, lo que aumenta la posibilidad de que los suelos sean uniformes.
- Pendientes menores al 30% para minimizar posible efectos de erosión de hojarasca y/o suelo, resbalones del ganado, terracillas de vaca (compactación “preferencial”), etc sobre las características del suelo.
- Potreros preferiblemente con bajas densidades arbóreas, que facilita la selección de árboles sin influencia de árboles vecinos.
- Edad del pasto actual al menos de 3 años para garantizar que la pastura se maneja de manera rutinaria.
- Uso como potrero durante al menos 10 años para garantizar que los suelos no son influenciados por un uso anterior (fertilizantes, labranza de suelos, etc.).
- La pastura dominada por gramíneas que cubrieran al menos el 50% de la superficie, con el fin de evitar que el estrato herbáceo contenga una alta proporción de hierbas o arbustivas cuya señal en el suelo se podría confundirse con el de los árboles.
- Evitar potreros con reciente historia de quema para evitar sus efectos sobre el suelo.
- Disponibilidad del productor para realizar el estudio.

Igualmente, se emplearon criterios para la selección de los árboles, donde el objetivo era comparar el área bajo la copa con el área abierta “pastura sin árbol”.

- La fisiografía del terreno y el suelo por debajo del árbol y en el punto de control en el área abierta debe ser semejante. Para esto se estudió el suelo en ambas posiciones mediante una barrenada.
- El árbol se buscó aislado de otros árboles, de manera que por debajo de la copa y en su orilla la influencia de otros árboles a través de deposición de hojarasca y sombra es mínima. Además, los puntos de control debían recibir una cantidad mínima de hojarasca de árboles y muy poca sombra lateral. Basado en el estudio de Sandoval (2006), las muestras se tomaron en el área de menor caída de hojarasca arbórea, en dirección Noreste a una distancia del tronco aproximada de 2 veces la altura del árbol en estudio. Igualmente, se debe tener en cuenta que entre el punto de muestreo al NE

del árbol en estudio, la distancia entre este punto y el árbol vecino más cercano debe ser al menos 3 veces la altura de este árbol vecino.

- Que sean árboles de una edad promedio a 10 años, lo cual aumenta la posibilidad de encontrar algún efecto de la presencia del árbol el suelo.
- La pastura seleccionada debía presentar vegetación herbácea homogénea bajo copa de árbol y en el punto de control fuera de la copa del árbol, para evitar que eventuales diferencias en las características del suelo se deban a la influencia de la vegetación herbácea y no a la presencia del árbol.

Asimismo, para los casos donde no se encontró la situación deseada, en algunos casos se seleccionaron árboles aislados de la misma especie cuyas copas se traslapaban (Figura 3).

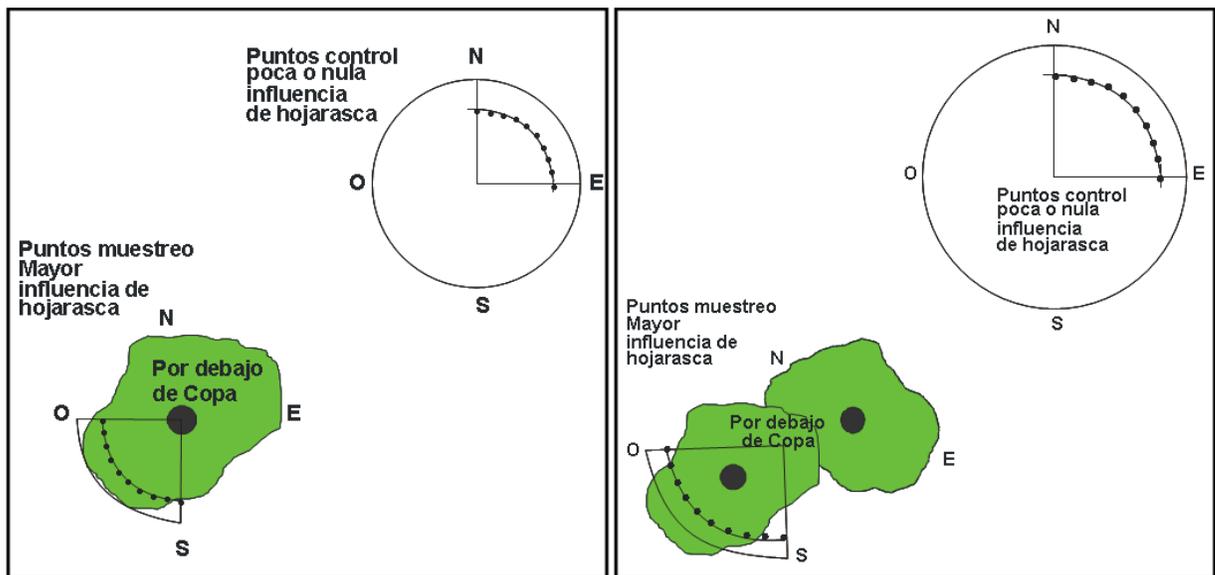


Figura 3. Ilustración del muestreo de suelos: a) caso de árboles completamente aislados b) caso de árboles de una misma especie

### 3.1.2.4 Muestreo de suelos

Durante el mes de junio de 2009 fueron tomadas las muestras de suelo con un barreno a una profundidad de 0 a 10 cm, donde se estima puede esperar el mayor efecto del uso reciente del suelo (Veldkamp 1993). Se tomaron 10 submuestras que formaron una muestra compuesta por cada posición de estudio (dentro y fuera de la copa del árbol) teniendo especial cuidado de no muestrear cerca de bostas, sobre microvariaciones de relieve o donde habían arbustos leguminosos (Figura 3).

### 3.1.2.5 Muestreo de hojas

A inicio de año, en febrero, se colectaron de cada especie en estudio una cantidad significativa de hojas que caían naturalmente de los árboles, formando una muestra compuesta por especie, las cuales fueron enviadas al laboratorio para analizar N y C y su relación isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ).

### 3.1.2.6 Métodos análisis de laboratorio

Las muestras de suelo luego de ser colectadas fueron limpiadas de raíces visibles, piedras y posteriormente secadas al aire y tamizadas sobre 2 mm. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio del Centro Tecnológico Forestal de Cataluña (CTFC), por las siguientes variables: Carbono Orgánico (CO), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM), Fósforo disponible (Pi), Fósforo total (Pt) y la disponibilidad de bases: Potasio (K) Calcio (Ca), Magnesio (Mg), sodio (Na); el aluminio extraíble y el pH (Anexo 15). Una submuestra triturada fue enviada al laboratorio de análisis isotópicos UC Davis (Estados Unidos) para obtener la abundancia natural de los isótopos de C y N ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ) y el contenido de N% total.

El C orgánico total se oxidó por una digestión con una solución de dicromato en medio ácido durante 30 minutos en tubos de digestión a 155 °C (Método de Moebius, Soon y Abboud 1991) y valoración del dicromato no oxidado mediante sal de Mohr. El porcentaje de materia orgánica se estimó como resultado de multiplicar el C orgánico por el factor 1,7.

El NPM se estimó por incubación anaeróbica de 7 días a 40 °C y lectura del amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) resultante, según el método modificado de Keeney (1985) a partir de Waring y Bremner (1964). En resumen, 5,00 g de muestra de suelo se añadieron a tubos de ensayo que contienen 12,5 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada, sellados con tapones de goma fueron incubados 7 días en la oscuridad a 40°C. Después de la incubación se extrajo el  $\text{NH}_4^+$  añadiendo 12,5 ml de KCl 4N (resultando una normalidad de 2N y una relación suelo extractante 1:5) y se agitó por 30 minutos en un agitador de oscilación y se filtró con papel Whatman. La determinación se realizó por espectrofotometría según el método del fenol y solución básica de citrato.

El Fósforo (P) disponible fue extraído siguiendo el método de Olsen, con 0,5 M  $\text{NaHCO}_3$  (pH 8.5, relación de la solución del suelo 1:20, según Kuo (1996). A partir del

extracto, se estimaron dos formas de P disponible: el P lábil inorgánico (Pi) o molibdato reactivo se determinó por espectrofotometría utilizando el método del ácido ascórbico (Murphy y Riley 1962), después de neutralizar los extractos con una solución diluida de HCl. El P orgánico lábil (Po) ó no reactivo al molibdato se determino restando Pi de la cantidad total de P (Pt) en el extracto, igualmente determinado por el método de Murphy y Riley, después de una digestión de los extractos con  $K_2S_2O_8$  y NaOH en el autoclave a 120 °C (Ebina et ál. 1983).

Los cationes fueron extraídos por filtraciones sucesivas de una submuestra de suelo con BaCl 0,2 N: el extracto fue de proporción de 1:5 según el método de Mehlich (1984) con el esquema de modificación por Lax et ál. 1986. Las concentraciones de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  y  $Al^{3+}$  fueron determinados por IPC en un laboratorio acreditado. La suma de cationes de intercambio (SB) se calculó como la suma de Ca, Mg, K y Na expresado como centimoles de carga por peso de suelo ( $cmol(+) kg^{-1}$ ).

### **3.1.2.7 Método para evaluar la influencia del ganado**

En cada árbol, tanto por debajo de la copa como en la pastura abierta, se realizó un conteo de bostas (heces) para estimar la influencia de la deposición de heces y orina por el ganado. Se contaron las bostas en todos los sitios de muestreo al final de la época seca (fin de abril), donde se contabilizó un número máximo acumulado de bostas, pues éstas no se descomponen durante la época seca. El área a contar fue por debajo de toda la copa, mientras el área control fue un círculo con el mismo radio de la copa del árbol. Se diferenciaron bostas grandes, medianas y pequeñas y en cada sitio de muestreo se seleccionó al azar una bosta de cada tamaño en cada posición (dentro y fuera), la cual fue medida (largo, ancho y alto), pesada y secada con el fin de determinar el aporte de nutrientes, usando información de González (2007). En tanto, en un segundo conteo de bostas realizado en época lluviosa (agosto) se determinó solo cantidad pero no el tamaño de las mismas. Los resultados permitieron posteriormente realizar agrupaciones (subjetivas) de preferencia (1) preferidos, en promedio un 70% más de bostas bajo copa que fuera; (2) indiferentes para el ganado, igual o cercana proporción de bostas dentro y fuera de la copa y (3) Rechazados, en promedio un 35 % más de bostas fuera que bajo de la copa.

Asimismo, en cada posición (bajo copa y fuera copa) se realizó en época lluviosa un muestreo de densidad aparente del suelo para determinar la compactación por la presencia del ganado. Las muestras se tomaron a una profundidad de 2 a 7 cm con anillos metálicos de un volumen de 100 cc, tomando 3 submuestras en cada posición, las cuales fueron secadas en un horno aproximadamente a 105°C y luego pesadas.

### 3.1.2.8 Método para caracterizar la vegetación herbácea

La composición botánica se determinó estimando visualmente la cobertura en porcentaje dentro y fuera de la copa de las especies herbáceas que estaban presentes en cada sitio, las cuales posteriormente se agruparon en grupos funcionales: a) Gramíneas, b) Ciperáceas, c) Hojas Anchas Leguminosas (HAL) y d) Hojas Anchas No Leguminosas (HANL). Además, por medio de conocimiento de ganaderos y en base a el estudio realizado por Velásquez (2005), se dividieron a su vez las gramíneas en consumidas y no consumidas potencialmente por el ganado. Esta estimación se realizó tanto en la época seca como en la época lluviosa sobre los sitios donde se tomaron las muestras de suelo, evaluando 4 cuadrantes de un área de 1 x 1 m, bajo la copa del árbol en dirección SO y 4 cuadrantes fuera de la copa del árbol en el punto control (Figura 4).

Para poder realizar esta evaluación, previamente con la colaboración de técnicos de la zona se observó en el lugar de muestreo la composición de las especies presentes y de no poder ser identificada estas eran llevadas al herbario disponible para su determinación, permitiendo así tener una clara estimación de la cobertura presente sobre los puntos de muestreo.

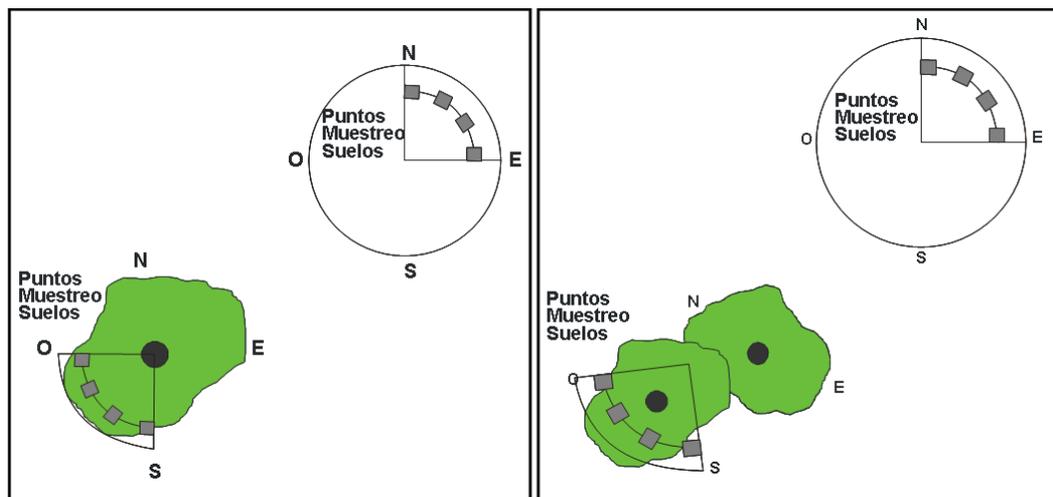


Figura 4. Evaluación de la vegetación presente sobre el área de muestreo de suelos: a) árboles completamente aislados b) casos de agrupación árboles de una misma especie.

### **3.1.2.9 Métodos análisis de datos**

Se realizaron análisis de t-student para muestras apareadas, donde se compararon los promedios “dentro” con los promedios “fuera” para todas las variables evaluadas en los 12 individuos por 4 especies 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) Copa por especie (2) Copa por tipo funcional *Leguminosas frente a No-Leguminosas*, y por ultimo (3) por especie comparando dentro y fuera (Anexo 3).

También se realizaron Análisis de Componentes Principales (ACP) para analizar la interdependencia de variables métricas y obtener una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos, con el objetivo de encontrar, bajo pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componente principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos. Donde los ángulos de los vectores se pueden interpretar en términos de correlaciones entre variables, teniendo en cuenta que ángulos de 90° son variables no correlacionadas, ángulos de 180° correlación negativa y ángulos entre más cercanos a cero son variables fuertemente correlacionadas positivamente. Todo esto utilizando el programa estadístico INFOSTAT versión 2009.

## **3.1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1.3.1 Resultados generales de suelos**

Las fincas seleccionadas para este estudio en su mayoría están ubicadas en una llanura ondulada con montículos dispersos. Todos los árboles seleccionados estaban ubicados en la llanura ondulada, donde predominan los suelos tipo Vertisol con textura de franco arcillosa a arcillosa, estructura en bloques subangulares a angulares pequeños, siendo un suelo moderadamente bien drenado, con grietas en la época seca, sin piedras o con muy pocas, con profundidad comprobada hasta los 80 cm (barreno). Superficialmente (10 cm) estos suelos son medianamente ácidos o neutros, tienen altos contenidos de carbono, K, Ca, Mg y bajos contenidos de P (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características químicas del horizonte superficial (0-10cm) de los suelos de los sistemas silvopastoriles estudiados

Variable	Media	Mínimo	Máximo
pH	6.14	5.73	6.69
C (%)	4.65	2.51	7.01
% N (%)	0.36	0.22	0.55
C/N	11.44	9.42	14.23
NPM (ug/g)	87.93	26.0	180.0
Pi (ug/g)	8.36	2.67	29.57
Pt (ug/g)	16.82	6.65	39.26
Ca (cmol(+)kg)	23.49	10.14	51.48
K (cmol(+)kg)	0.58	0.16	1.51
Na (cmol(+)kg)	0.56	0.24	1.22
Mg (cmol(+)kg)	6.58	2.67	12.27
SB (cmol(+) kg)	31.2	13.8	60.14

En general, el carbono orgánico se considera alto indicando que el sistema cuenta con materia orgánica que favorece la absorción de los nutrientes y la estabilidad de agregados (Kass 1998). El pH encontrados en todos los sitios son considerados adecuados por tener una buena relación entre las concentraciones de H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup>, siendo de medianamente ácidos a ligeramente ácidos, nivel en el cual las plantas tendrían de buena a máxima disponibilidad de nutrientes (USDA 1971 y Castro 1998). Los suelos en estudio tienen altos contenidos de potasio (alrededor de 2.2%) que para Vertisoles suele ser alrededor de 1% (Dudal 1965). Además, se encontraron altos contenidos de Calcio y Magnesio de acuerdo con la tabla de interpretación de suelos de Bertsch (1998), probablemente debido a la formación del suelo originada de toba o material coluvial derivado de la toba meteorizada y otras rocas ricas en bases, fácilmente meteorizables (INETER 2005).

### 3.1.3.2 Carbono Orgánico % (OC) y relación isotópica $\delta^{13}\text{C}$

El **Carbono Orgánico (OC)** presento diferencias significativas ( $p < 0.1$ ) con mayores promedios bajo la copa de todas las especies (Cuadro 3). Resultados similares fueron encontrados por Hernández et ál (2008) quienes reportaron que la materia orgánica, independientemente del tipo de suelo, fue mayor en los sistemas con silvopastoreo (*Leucaena leucocephala*) en comparación con una pastura (pasto natural), a pesar de que no siempre las diferencias fueron significativas. Del mismo modo, Oliveira et ál (2000) evaluaron el efecto de los árboles *Dipterix alata* y *Cayocar brasilense* en las características del suelo en un pastizal

de *Brachiaria decumbens*, encontrando que la concentración de C orgánico fue 30 % mayor donde se encontraban las especies arbóreas, con respecto a las áreas sin árboles.

Cuadro 3. Carbono orgánico (%) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

Carbono % (OC)	Media dentro	Media fuera	(p<0.1) *	Grafico Especies
<b>Copa vs no Copa</b>	4.96	4.20	<0.001 *	
<b>Leg vs no Leg</b>	4.95	4.98	0.764	
<b>Genizaro</b>	5.03	3.97	0.002 *	
<b>Guacimo</b>	5.02	3.93	0.001 *	
<b>Guanacaste</b>	4.93	4.49	0.061 *	
<b>Roble</b>	4.88	4.44	0.069 *	

Por otra parte, se encontró que la relación isotópica de C ( $\delta^{13}C$ ) presentó valores significativamente más negativos ( $p<0.01$ ) bajo la copa de todas las especies arbóreas respecto a pasto abierto (Cuadro 4).

Cuadro 4.  $\delta^{13}C$  bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

$\delta^{13}C$	Media dentro	Media fuera	(p<0.1) *	Grafico Especies
<b>Copa vs no Copa</b>	-20.55	-18.96	<0.001 *	
<b>Leg vs no Leg</b>	-20.58	-20.52	0.797	
<b>Genizaro</b>	-21.00	-19.19	0.000 *	
<b>Guacimo</b>	-21.59	-20.00	0.001 *	
<b>Guanacaste</b>	-20.05	-18.64	0.007 *	
<b>Roble</b>	-18.03	-19.58	0.001 *	

La relación de isótopos estables de C ( $\delta^{13}C$ ) en el suelo constituye un indicador del tipo fotosintético dominante de la vegetación afectando un determinado suelo. Así el rango de  $\delta^{13}C$  en plantas con fotosíntesis C3 oscila entre -35‰ y -20‰ mientras que para plantas con fotosíntesis C4 está entre -10‰ y -18‰. Por consiguiente, el objetivo de analizar la relación isotópica de C era poder identificar la procedencia de la materia orgánica. Los datos

encontrados indican que, bajo árbol, la materia orgánica tiene una procedencia mayor de especies C3 por presentar valores de  $\delta^{13}\text{C}$  más negativos, respecto al área abierta donde predomina la influencia de las especies C4, representado principalmente las gramíneas.

### 3.1.3.3 Nitrógeno total (Nt), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM) y relación isotópica $\delta^{15}\text{N}$

El **Nitrógeno total (Nt)** en el suelo fue significativamente mayor bajo la copa de los árboles para el guácimo y genízaro, pero no para el guanacaste y roble (Cuadro 5).

Cuadro 5. Nitrógeno total (%) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

N total %	Media dentro	Media fuera	(p<0.1) *	Grafico Especies
<b>Copa vs no Copa</b>	0.37	0.33	<b>0.001 *</b>	
<b>Leg vs no Leg</b>	0.37	0.38	0.338	
<b>Genízaro</b>	0.40	0.34	<b>0.026 *</b>	
<b>Guácimo</b>	0.37	0.33	<b>0.037 *</b>	
<b>Guanacaste</b>	0.37	0.35	0.154	
<b>Roble</b>	0.37	0.36	0.639	

La concentración de N en la hojarasca está determinada principalmente por características propias de las especies, la composición química de cada componente y en menor grado de la posición en la que se encuentra en la planta, de la edad, de las condiciones edafoclimáticas y de manejo del sistema (Fassbender 1993; Palm 1995). Al respecto, Hunter y Stewart (1993) encontraron que las concentraciones de N en hojas de guácimo y genízaro en la etapa de máxima caída de hojas fueron de 1,13 % y 2,21 % respectivamente.

Solórzano et ál.1998 encontraron que las concentraciones de N en el suelo bajo *Albizia saman* (genízaro) varían a lo largo de la distancia al tronco, siendo mayor en lugares cercanos al árbol (0,29%) comparado con las áreas fuera de la copa (0,25%). Estos resultados coinciden con este estudio al encontrar las mayores concentraciones de nitrógeno bajo la copa del

genízaro, probablemente como consecuencia de la alta concentración de N en la hojarasca de esta especie (Cuadro 13).

Es conocido que las leguminosas arbóreas poseen capacidad de fijar el N atmosférico lo que podría generar un aumento de los contenidos de N en el suelo más pronunciado que en el suelo bajo especies no leguminosas, ayudando a activar el proceso de reciclaje de nutrimentos en dichos sistemas (Carvalho et ál. 2000; Sánchez et ál 2008). Investigaciones realizadas por Daccarett y Blydenstein (1968) observaron que los contenidos de N en el suelo, a una profundidad de 0-20 cm, eran más altos en muestras colectadas bajo la copa de leguminosas arbóreas (*Erythrina poeppigiana*; *Pithecolobium saman* y *Gliricidia sepium*) que en muestras bajo la copa de una especie de árbol no-leguminosa (*Cordia alliodora*), o en área sin árboles. Sin embargo, el presente estudio no encontró diferencias entre especies leguminosas y no leguminosas.

El **Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM)** no mostró diferencias estadísticas significativas según posición de muestreo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Nitrógeno Potencialmente Mineralizable ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

NPM ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Media dentro	Media fuera	( $p < 0.1$ ) *	Grafico Especies															
<b>Copa vs no Copa</b>	85.54	90.22	0.367	<p>The bar chart displays NPM values for four species: Geni, Guaci, Guana, and Roble. For each species, two bars are shown: a dark grey bar for 'dentro' (under the canopy) and a white bar for 'fuera' (in the open pasture). The y-axis represents NPM in <math>\mu\text{g g}^{-1}</math>, ranging from 60.0 to 115.0. Error bars are present for all data points.</p> <table border="1"> <caption>Data for NPM (ug g-1) by Species and Position</caption> <thead> <tr> <th>Especie</th> <th>NPM_dentro</th> <th>NPM_fuera</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Geni</td> <td>70.96</td> <td>82.01</td> </tr> <tr> <td>Guaci</td> <td>95.66</td> <td>95.79</td> </tr> <tr> <td>Guana</td> <td>81.37</td> <td>91.97</td> </tr> <tr> <td>Roble</td> <td>94.17</td> <td>91.14</td> </tr> </tbody> </table>	Especie	NPM_dentro	NPM_fuera	Geni	70.96	82.01	Guaci	95.66	95.79	Guana	81.37	91.97	Roble	94.17	91.14
Especie	NPM_dentro	NPM_fuera																	
Geni	70.96	82.01																	
Guaci	95.66	95.79																	
Guana	81.37	91.97																	
Roble	94.17	91.14																	
<b>Leg vs no Leg</b>	94.91	96.16	0.227																
<b>Genízaro</b>	70.96	82.01	0.379																
<b>Guácimo</b>	95.66	95.79	0.990																
<b>Guanacaste</b>	81.37	91.97	0.299																
<b>Roble</b>	94.17	91.14	0.755																

La relación isotópica del N ( $\delta^{15}\text{N}$ ) expuso mayores valores bajo la copa arbórea que en el pasto abierto (guanacaste, guácimo y el roble), pero sólo se encontró diferencias significativas al comparar copa no copa de todas las especies juntas (Cuadro 7).

Cuadro 7.  $\delta^{15}\text{N}$  bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

$\delta^{15}\text{N}$	Media dentro	Media fuera	( $p < 0.1$ ) *	Grafico Especies
<b>Copa vs no Copa</b>	4.73	4.55	<b>0.040 *</b>	
<b>Leg vs no Leg</b>	4.79	4.68	0.205	
<b>Jenizaro</b>	4.5	4.59	0.697	
<b>Guácimo</b>	4.98	4.7	0.168	
<b>Guanacaste</b>	4.87	4.64	0.101	
<b>Roble</b>	4.60	4.28	0.139	

La interpretación de la abundancia natural del isótopo pesado de nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) en el suelo es compleja. Por definición, el  $\delta^{15}\text{N}$  de la atmósfera es igual a 0‰. Así una planta que sólo obtuviera N procedente de la atmósfera tendría una abundancia natural de N igual a 0‰. En el suelo la relación isotópica depende, además del origen de la materia orgánica, de los procesos de mineralización. En general, cualquier proceso biológico discrimina el isótopo ligero frente al pesado. Es decir, la amonificación de la materia orgánica da lugar a un residuo orgánico más enriquecido en el isótopo pesado ( $^{15}\text{N}$ ) mientras que el producto de la reacción, el  $\text{NH}_4^+$ , estará más enriquecido en el ligero ( $^{14}\text{N}$ ). La nitrificación produciría un proceso similar. Así, el N del suelo es generalmente más abundante en  $^{15}\text{N}$  que el  $\text{N}_2$  atmosférico (Valles de la Mora et ál. 2002). Se esperaría por tanto que las plantas no fijadoras, en las que la fuente primaria de N es el derivado del suelo, tuvieran más  $^{15}\text{N}$  que las plantas fijadoras que pueden tomar una parte de su N de la atmósfera así como del suelo.

Considerando el conjunto de las especies, el análisis de resultados de la abundancia natural de isótopos de N indica un mayor contenido de  $\delta^{15}\text{N}$  bajo la copa que en la pastura abierta ( $p=0.040$ ), en cambio no existen diferencias significativas en este factor considerando leguminosas y no leguminosas.

### 3.1.3.4 pH del suelo

El pH de los suelos fue significativamente mayor ( $p < 0.001$ ) por debajo de la copa de genízaro, guácimo y guanacaste respecto a las posiciones fuera de la copa. Sin embargo, en el roble el promedio general fue significativamente mayor ( $p < 0.01$ ) en el área fuera que por debajo de la copa (Cuadro 8).

Cuadro 8. pH, bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

pH	Media dentro	Media fuera	( $p < 0.1$ ) *	Grafico Especies
<b>Copa vs no Copa</b>	6.23	6.04	<b>&lt;0.001 *</b>	
<b>Leg vs no Leg</b>	6.20	6.26	<b>&lt;0.001 *</b>	
<b>Genízaro</b>	6.26	5.97	<b>0.001 *</b>	
<b>Guácimo</b>	6.30	5.99	<b>0.001 *</b>	
<b>Guanacaste</b>	6.26	5.96	<b>0.001 *</b>	
<b>Roble</b>	6.10	6.25	<b>0.009 *</b>	

Investigaciones realizadas por Reis et ál (2009) reportan que en un sistema silvopastoril de *Bracharia brizantha* cv. Marandu con y sin árboles de *Zeyheria tuberculosa*, el pH fue mayor bajo la copa de los árboles en los primeros 2 cm del suelo pero menor en la capa de 2-10 cm; presentando siempre un mayor pH en los SSP con árboles.

Según Haynes y Williams (1993), en pasturas mejoradas existe una tendencia en el tiempo a declinar el pH en el suelo, debido a mayores contenidos de materia orgánica en la superficie lo cual aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) e incrementa la saturación de  $H^+$ . La tasa de acidificación parece variar en función de la materia orgánica, el tipo de suelo y las condiciones medio ambientales (Russell, 1986).

Se conoce también que pastos con alto contenido de Ca y Mg reduce la acidez del suelo en sistemas silvopastoriles (Sánchez 1995). Alfaia et ál (2004) evaluaron sistemas agroforestales y pasturas, encontrando valores superiores de pH, mayor Ca, Mg y contenidos de Al relativamente menores en sistemas agroforestales. Se ha reportado también que en pasturas las heces de los bovinos aumentan el pH y el contenido de  $CaCO_3$  convirtiéndose en agente natural que mantiene el pH del suelo o evita la disminución del mismo (Haynes y Williams 1993).

### 3.1.3.5 Fósforo (P) y potasio (K)

En general el *Fósforo disponible*, llamado P-Olsen o Pi (en ug/g), mostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.1$ ) teniendo más Pi por debajo de la copa arbórea que en campo abierto. A nivel de especie sólo el guácimo presentó diferencias significativas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Fósforo inorgánico (Pi ug g<sup>-1</sup>), bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

Fósforo inorgan (Pi ug g <sup>-1</sup> )	Media dentro	Media fuera	(p<0.1) *	Grafico Especies
Copa vs no Copa	9.12	7.56	<b>0.012 *</b>	
Leg vs no Leg	9.41	8.83	0.576	
Genízaro	9.65	7.08	0.177	
Guácimo	12.00	9.28	<b>0.035 *</b>	
Guanacaste	8.01	8.18	0.863	
Roble	6.82	5.70	0.132	

Respecto al *Fósforo lábil total* (orgánico e inorgánico extraído mediante el método Olsen), que representaría la reserva de P susceptible de ser mineralizada, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, tiene la misma tendencia del Pi al presentar promedios mayores de Pt dentro de la copa que fuera para el genízaro, guácimo y roble, pero no así para guanacaste (Cuadro 10).

Cuadro 10. Fósforo labil total (Pt ug g<sup>-1</sup>), bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

Fósforo Total (Pt ug g <sup>-1</sup> )	Media dentro	Media fuera	(p<0.1) *	Grafico Especies
Copa vs no Copa	16.59	16.77	0.822	
Leg vs no Leg	17.43	15.76	0.334	
Genízaro	16.75	15.60	0.583	
Guácimo	20.91	19.75	0.406	
Guanacaste	14.78	17.85	0.112	
Roble	13.95	13.89	0.952	

En tanto, el **Potasio** ( $K \text{ cmol}(+) \text{ Kg}^{-1}$ ) demuestra diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.1$ ) en todas las especies, genízaro, guácimo, guanacaste y roble siendo mayor la concentración bajo la copa (Cuadro 11).

Cuadro 11. Potasio ( $\text{cmol}(+) \text{ Kg}^{-1}$ ) bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

Potasio (K) $\text{cmol}(+) \text{ Kg}^{-1}$	Media dentro	Media fuera	( $p < 0.1$ ) *	Grafico Especies
Copa vs no Copa	0.66	0.49	<0.001 *	
Leg vs no Leg	0.69	0.64	0.504	
Genízaro	0.67	0.50	0.066 *	
Guácimo	0.82	0.57	0.056 *	
Guanacaste	0.61	0.49	0.051 *	
Roble	0.57	0.41	0.024 *	

Varios estudios encontraron resultados similares: Investigaciones sobre el efecto de la incorporación de dos poblaciones del árbol *Acacia mangium* (120 y 240 / árboles por ha) en pastizales de *Brachiaria humidicola*, Velazco et ál. (1999) señalaron que las muestras de suelo tomadas bajo la copa de árboles tenían contenidos significativamente más altos en P, K y otros nutrimentos que las muestras recolectadas en áreas de pasturas sin árboles, sobre todo al aumentar la población de árboles. Esto lo atribuyeron a que *A. mangium* es una especie que forma asociación con hongos micorrízicos vesículo arbusculares, adaptados a suelos ácidos, que ayudan a facilitar la adsorción de P del suelo. Belsky et ál. (1993) también ha determinado que el fósforo es mas alto en zonas cercanas a los árboles (*Acacia tortilis* y *Adansonia digitata*) que fuera de la copa de los mismos.

### 3.1.3.6 Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)

En **Calcio** ( $\text{Ca, cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.1$ ) únicamente para el genízaro siendo mayor bajo la copa. Mientras que para el **Magnesio** ( $\text{Mg cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ) no se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.1$ ) para ninguna especie o agrupación (Cuadro 12).

Cuadro 12. Calcio y magnesio ( $\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$ ), bajo copa (dentro) y en pasto abierto (fuera)

Calcio (Ca) $\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$	Media dentro	Media fuera	( $p < 0.1$ ) *	Grafico Especies
Copa vs no Copa	23.93	22.93	0.196	
Leg vs no Leg	24.39	23.46	0.711	
Genízaro	23.10	20.25	<b>0.064 *</b>	
Guácimo	23.10	20.49	0.187	
Guanacaste	23.83	24.16	0.728	
Roble	25.69	26.82	0.525	

Magnesio (Mg) $\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$	Media dentro	Media fuera	( $p < 0.1$ ) *	Grafico Especies
Copa vs no Copa	6.63	6.50	0.547	
Leg vs no Leg	6.42	6.84	0.549	
Genízaro	6.48	6.23	0.550	
Guácimo	5.82	5.59	0.557	
Guanacaste	7.21	6.96	0.473	
Roble	7.02	7.24	0.689	

Posiblemente no se encuentran diferencias debido a la alta concentración natural de estos elementos en los suelos de la zona, lo cual hace que sea difícil que un aporte pequeño del árbol sea medible en un suelo muy rico en estos elementos.

### 3.1.3.7 Análisis C, N e Isótopos $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en las hojas recién caídas de las especies arbóreas en estudio

Los análisis de C y N realizados con muestras compuestas de hojas recién caídas para cada una de las diferentes especies (Cuadro 13) indican que las hojas del genízaro presentan la mayor concentración de N, el  $\delta^{15}\text{N}$  más bajo (como cabría esperar en una leguminosa), una concentración de C mayor y una relación C/N más baja. Mientras que las hojas caídas del roble presentan la menor concentración de N y una relación C/N más alta en comparación a las demás especies.

Cuadro 13. Resultados análisis hojas

Hojas Especies \ Nutrientes	%C	%N	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰
<b>Guácimo</b> ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )	44.58	1.75	25.44	-28.51	13.59
<b>Roble</b> ( <i>Tabebuia rosea</i> )	42.66	1.00	42.86	-27.09	7.29
<b>Guanacaste</b> ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> )	46.94	1.72	27.36	-26.26	5.94
<b>Genízaro</b> ( <i>Albizia saman</i> )	50.89	2.38	21.41	-28.25	2.56

Sin embargo, análisis foliares no publicados de Sandoval (2006) y el proyecto pasturas degradadas encontraron que, las especies leguminosas (genízaro y guanacaste) tienen el contenido más alto de nitrógeno en sus hojas colectadas en trampas, y que el roble tiene más nitrógeno que el guácimo (Cuadro 14). Posiblemente, el hecho de recolectar las hojas caídas durante un corto periodo de tiempo en esta investigación reduce la representabilidad de los resultados de análisis en las hojas.

Cuadro 14. Nitrógeno en las hojas de las cuatro especies

Especies	% N hojas (Media)	% N hojas (Mínimo)	% N hojas (Máximo)
<b>Guácimo</b>	1.36	0.89	2.24
<b>Roble</b>	1.42	1.09	2.54
<b>Guanacaste</b>	1.64	1.57	1.7
<b>Genízaro</b>	2.67	2.11	4.15

Fuente: Datos Sandoval (2006) y base datos proyecto pasturas degradadas

### 3.1.3.8 Influencia del ganado

Se comparó el número de bostas (heces) por m<sup>2</sup>, Kg de heces secas por m<sup>2</sup> y la densidad aparente (pa) del suelo para las 4 especies en las áreas dentro y fuera, y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados t-student para bostas y densidad aparente al comparar bajo copa y en área abierta

VARIABLES \ Especies	P (valor)			
	Genízaro	Guácimo	Guanacaste	Roble
<i>Heces m<sup>2</sup> época seca</i>	0.5420	0.2247	0.1646	0.1482
<i>Heces m<sup>2</sup> época lluviosa</i>	0.2707	0.3208	0.7133	0.4726
<i>Kg m<sup>2</sup> Bostas época seca</i>	0.7814	0.2964	0.1383	<u>0.1527</u>
<i>Densidad Aparente</i>	0.8878	0.3988	0.7726	0.6920

También, se determino el aporte real de materia seca de las bostas del ganado, asumiendo con base en las mediciones que una bosta grande aporta en materia seca en promedio 640 gramos, una mediana 362 gramos y una pequeña 147 gramos (Cuadro 16).

*Cuadro 16. Aportes de materia seca, promedios de las bostas en gramos por metro cuadrado*

<b>Especie</b>	<b>Dentro</b>	<b>Fuera</b>
<i>Genízaro</i>	122.17	118.92
<i>Guácimo</i>	162.33	194.00
<i>Guanacaste</i>	95.67	81.75
<i>Roble</i>	195.54	154.23
<b><i>Promedio general</i></b>	<b><i>144.98</i></b>	<b><i>137.57</i></b>

Cuando se combinan las estimaciones de peso de heces con los análisis de concentraciones de nutrientes de González (2007) encontrados en bostas de ganado que pastoreaba en pasturas naturales en la misma zona de estudio en Nicaragua (Cuadro 17) se logra calcular los aportes de nutrientes en forma de bostas (Cuadro 18).

*Cuadro 17. Concentración promedio de nutrientes encontrados en bostas*

<b>% N</b>	<b>% P</b>	<b>% K</b>	<b>% Ca</b>	<b>% Mg</b>	<b>% C</b>
1.55	0.358	1.01	1.06	0.64	40.02

Fuente: Gonzáles (2007)

*Cuadro 18. Concentraciones promedio de nutrientes aportados por las bostas áreas dentro como fuera de la copa de los árboles en época seca (enero-mayo).*

<b>Nutrientes</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>C</b>
<b>Unidades</b>	----- g / m <sup>2</sup> -----					
<i>Genízaro_d</i>	1.88	0.44	1.23	1.32	0.56	48.92
<i>Genízaro_f</i>	1.86	0.42	1.19	1.25	0.54	47.6
<i>Guácimo_d</i>	2.52	0.58	1.63	1.74	0.74	65.01
<i>Guácimo_f</i>	3.01	0.68	1.95	2.08	0.89	77.6
<i>Guanacaste_d</i>	1.49	0.33	0.96	1.03	0.44	38.25
<i>Guanacaste_f</i>	1.27	0.29	0.82	0.88	0.37	32.74
<i>Roble_d</i>	3.05	0.7	1.98	2.09	0.9	78.24
<i>Roble_f</i>	2.4	0.52	1.56	1.64	0.71	61.71
<i>Todos_d</i>	2.25	0.52	1.46	1.56	0.66	58.03
<i>Todos_f</i>	2.14	0.48	1.38	1.47	0.63	55.05
<b><i>Promedio general</i></b>	<b>2.19</b>	<b>0.5</b>	<b>1.42</b>	<b>1.51</b>	<b>0.64</b>	<b>56.54</b>

En general no se observa diferencia entre la cantidad de nutrientes aportados por las bostas (dentro vs fuera). Realizando análisis de correlación con todos los datos entre el fósforo inorgánico (Pi) vs número bostas m<sup>2</sup> época seca (Prob=0.89, r<sup>2</sup> = 0.01), y análisis de regresión lineal (P= 0.0356, r<sup>2</sup> = 0.04), se encontró que no existe una relación clara entre estas variables.

No obstante, con base a la cantidad de bostas por debajo de cada árbol y en su respectivo punto de control, se agrupó todos los árboles subjetivamente (independientemente de la especie) en árboles: (1) preferidos por el ganado, (2) indiferentes para el ganado y (3) rechazadas por el ganado (Cuadro 19). Para estudiar la posible influencia de la preferencia del ganado a través de la deposición preferencial de bostas, con un análisis t-student se revisó si los grupos presentan diferencias en las concentraciones de nutrientes u otras características estudiadas (Cuadro 20).

*Cuadro 19. Datos resumen de la clasificación de preferencia del ganado*

Clasificación	N	Media # Bostas Dentro	Media # Bostas Fuera	Diferencia
<b>1=Preferidos</b>	10	136	67	69
<b>2=Indiferentes</b>	27	119	107	11
<b>3=no preferidos</b>	12	76	119	-42

*Cuadro 20. Resultados análisis laboratorio al realizar t-student comparando dentro fuera al agrupar por preferencia de ganado.*

Agrupaciones Variables	Preferidos			Indiferentes			No preferidos		
	dentro	fuera	P(valor)	dentro	fuera	P(valor)	dentro	fuera	P(valor)
pH	6.19	6.10	0.3907	6.23	6.04	<b>0.0001</b>	6.25	6.01	<b>0.0116</b>
% Nt	0.40	0.34	0.0678	0.37	0.34	0.1562	0.39	0.34	<b>0.0227</b>
NPM	0.09	0.09	0.9723	0.08	0.09	0.0725	0.09	0.08	0.3519
OC	5.39	4.40	<b>0.0077</b>	4.95	4.22	<b>0.0006</b>	5.06	4.13	<b>0.0043</b>
C/N	11.24	11.82	<b>0.0176</b>	11.37	11.32	0.7490	11.52	11.85	0.3447
Pi	7.57	5.67	<b>0.0275</b>	8.91	7.51	0.1018	11.05	9.99	0.4437
Pt	14.04	14.10	0.9476	18.21	17.36	0.5506	17.30	16.03	0.5400
K	0.61	0.36	0.0518	0.65	0.51	<b>0.0133</b>	0.80	0.56	<b>0.0066</b>
Ca	25.81	24.53	0.6461	23.38	22.78	0.4890	23.88	22.06	0.2401
Mg	7.22	6.86	0.5675	6.52	6.48	0.8757	6.41	6.29	0.7042
S	34.31	32.19	0.5153	31.10	30.34	0.4813	31.66	29.45	0.2332

Encontrando que los cambios de pH, OC, Nt y K bajo la copa de los árboles son independientes de la preferencia del ganado, que existen diferencias estadísticas para C/N teniendo la relación menor bajo la copa de los árboles preferidos y que el Pi parece aumentar bajo la copa en los árboles preferidos por el ganado. Sin embargo se necesitará de nuevos muestreos diseñados para estudiar esta relación.

### 3.1.3.9 Análisis de Componentes Principales (ACP) de los Nutrientes

Un 48,4% de la variabilidad de los datos de suelo considerando todos los casos (bajo copa y pasto abierto y las cuatro especies) se representan en un biplot (Figura 5), donde se observan relaciones entre nutrientes reportados por su correlación como el Ca y Mg, el %N con el NPM, el Pi con el Pt y el Carbono con pH. Donde el Componente 1 (x) con 27.5% de variabilidad del suelo pareciera estar relacionado con las características intrínsecas del potrero (características de la materia orgánica, contenido de bases; entre otros) y el Componente 2 (y) con 20.9% de la variabilidad que no es explicada en el eje 1, parece estar dividiendo la posición dentro y fuera del árbol, de manera tal que la posición bajo la copa estaría relacionado con valores mas elevados de carbono orgánico, potasio, fósforo y un  $\delta^{13}\text{C}$  más negativo.

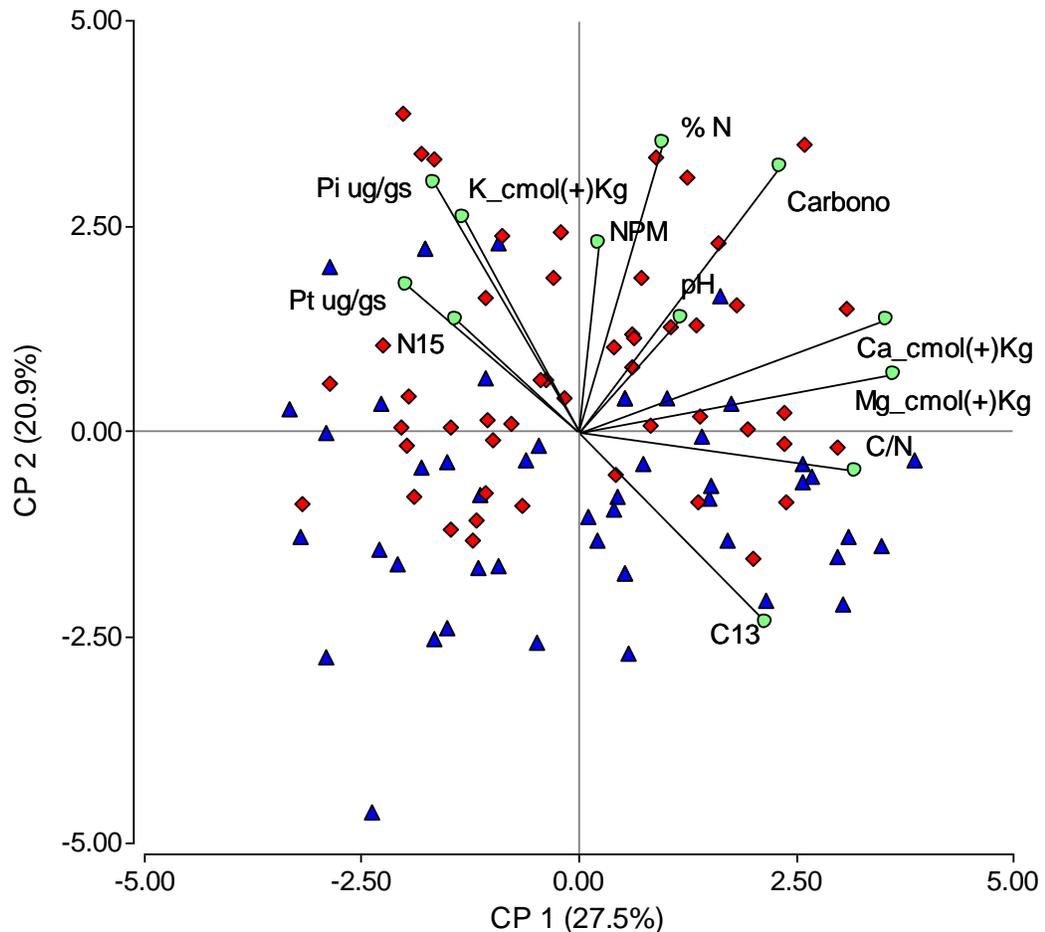


Figura 5. Biplot resultado del análisis de componentes principales de la matriz de resultados de las variables edáficas. Se indica la posición dentro (rombos rojos) y fuera de la copa (triángulos azules)

### 3.1.3.10 Vegetación

En todas las posiciones se encontró una menor riqueza de especies vegetales en época seca (50) frente a la época lluviosa (68), (Anexo 9). Los cuadros 21 y 22 muestran todos los resultados obtenidos de vegetación, los cuales se describen por separado posteriormente.

Cuadro 21. Comparación vegetación evaluada en muestreo extensivo, época seca

Especies	ÉPOCA SECA \ Estadísticos											
	Medias genízaro			Medias guácimo			Medias guanacaste			Medias roble		
Ubicación	dentro	Fuera	P (valor)	dentro	fuera	P (valor)	dentro	fuera	P (valor)	dentro	fuera	P (valor)
<i>Suelo desnudo</i>	5	4	0.2445	6	5	0.3349	4	3	0.0254	3	2	0.3035
<i>Gramíneas</i>	89	92	0.1989	88	90	0.5350	92	94	0.0756	92	92	0.9741
<i>Ciperáceas</i>	0.5		0.8298	2	1	0.4322	0.3	1	0.0819	1	3	0.2757
<i>Gramíneas consumidas</i>	60	46	0.2339	24	29	0.5294	63	61	0.8609	75	71	0.5426
<i>Gramíneas no consumidas</i>	23	33	0.3143	52	45	0.3978	23	26	0.7859	16	20	0.6643
<i>Hoja Ancha leguminosas</i>	1	1	0.2273	1	1	0.8432	1	1	0.5285	1	1	0.8420
<i>Hojancha No leguminosas</i>	5	3	0.2508	3	3	0.5434	3	2	0.0381	2	1	0.0848
<i>Blechum pyramidatum</i>	0	1	0.0899	0	0	0.3004	0	0	0.5782	1	1	0.8765
<i>P. conjugatum</i>	1	5	0.4738	6	6	0.7896	7	6	0.4099	9	5	0.3726
<i>P. notatum</i>	23	12	0.3482	26	25	0.8022	51	55	0.2206	44	46	0.8174
<i>P. nirgatum</i>	6	9	0.5475	23	26	0.1393	23	34	0.2531	7	32	0.8217
<i>Mimosa pudica</i>	0	0	0.2945	0	0	0.5782	0	0	0.4088	0	0	0.5963

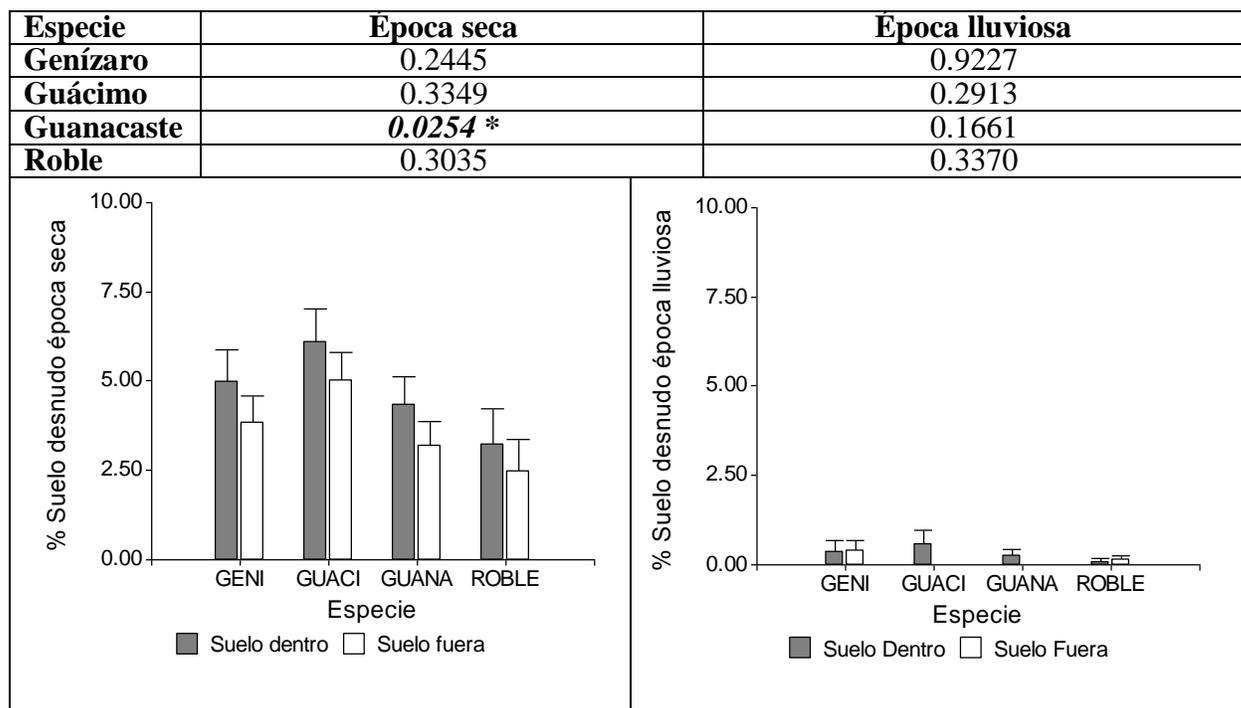
Cuadro 22. Comparación vegetación muestreo extensivo, época lluviosa

Especies	ÉPOCA LLUVIOSA \ Estadísticos											
	Medias genízaro			Medias guácimo			Medias guanacaste			Medias roble		
Ubicación	dentro	fuera	P (valor)	dentro	fuera	P (valor)	dentro	fuera	P (valor)	dentro	fuera	P (valor)
<i>Suelo desnudo</i>	0	0	0.9227	11	3	0.2913	0	0	0.1661	0	0	0.3370
<i>Gramíneas</i>	76	72	0.5904	62	79	0.2340	92	91	0.9109	71	92	0.0215
<i>Ciperáceas</i>	0	4	0.2980	0.3	1	0.2945	0.17	1	0.0538	1	3	0.1119
<i>Gramíneas consumidas</i>	44	49	0.5946	52	62	0.3832	64	74	0.3787	44	78	0.0041
<i>Gramíneas no consumidas</i>		23	0.4928	17	18	0.9719	20	17	0.5445	27	14	0.0918
<i>Hoja Ancha leguminosas</i>	32	1.66	0.5544	1.46	1.07	0.3816	9.05	1.82	0.3836	8.83	1.63	0.1238
<i>Hoja Ancha no leguminosas</i>		21.33	0.9460	17.75	15.58	0.8220	6.67	5.83	0.8512	18.92	3.54	0.0499
<i>Blechum pyramidatum</i>	3	2	0.2059	1	1	0.4227	9	2	0.0130	9	2	0.2117
<i>P. conjugatum</i>	21	21	0.3900	18	16	0.6689	7	6	0.3577	19	4	0.9731
<i>P. notatum</i>	14	5	0.0998	17	7	0.7198	3	1	0.0785	21	8	0.0414
<i>P. virgatum</i>	0	0	>0.999	15	20	0.3201	15	14	0.9652	8	20	0.8081
<i>Mimosa pudica</i>	8	14	0.6945	12	8	0.2750	12	7	0.5924	8	8	0.5101
<i>Baltimora recta</i>	21	36	0.2934	22	19	0.4340	41	51	0.4518	38	62	0.0610

### 3.1.3.11 Suelo desnudo

Para la época seca, se observa una tendencia generalizada a encontrar más **suelo desnudo** bajo la copa del árbol que en pasto abierto, encontrando diferencias estadísticas ( $p < 0.1$ ) solo para la época seca en el guanacaste al tener más porcentaje de suelo desnudo bajo la copa, sin embargo es en bajos porcentajes. Durante la época lluviosa prácticamente todo el suelo está cubierto por la vegetación (Cuadro 23).

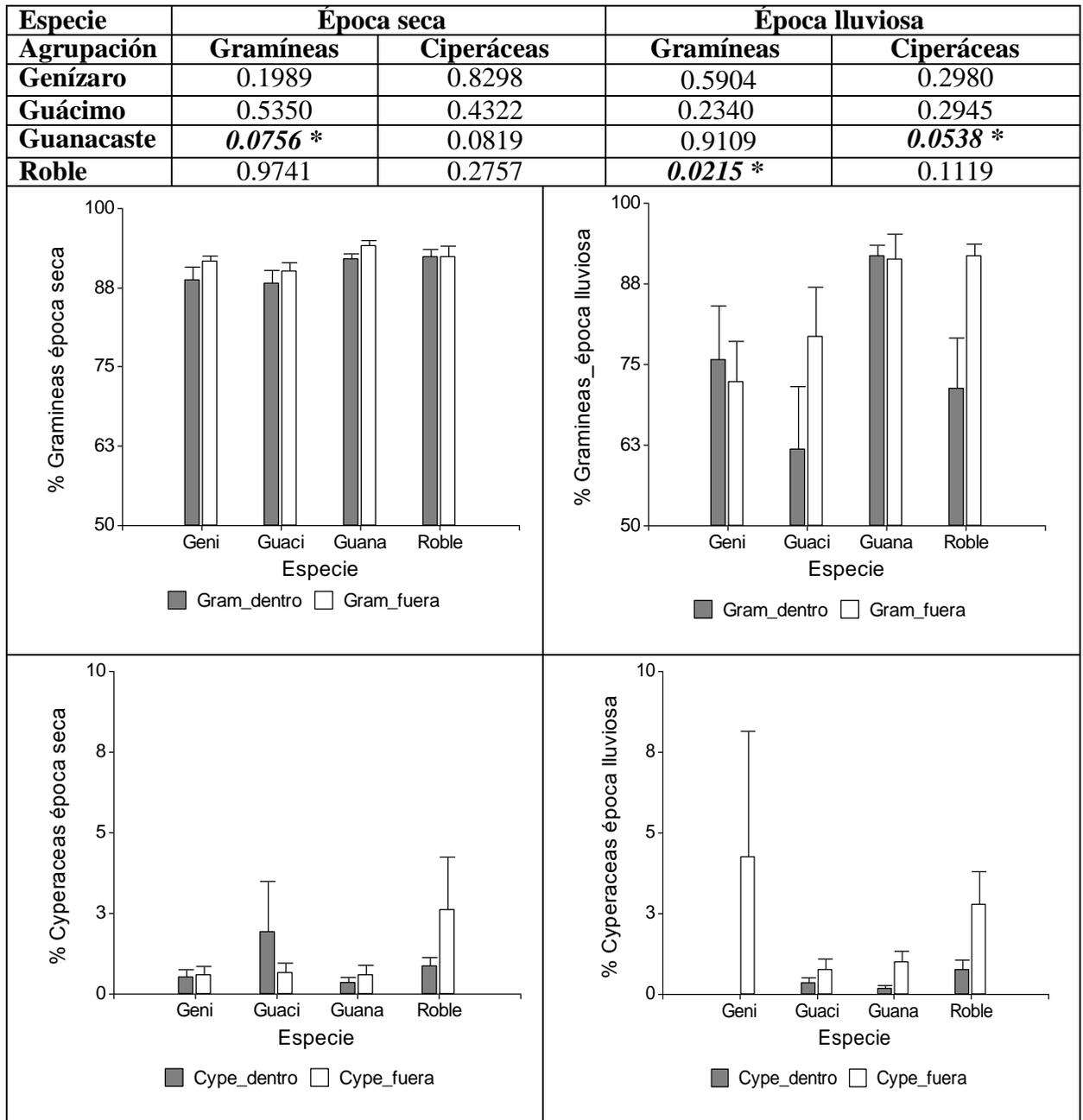
Cuadro 23. Resultados y gráficas, suelo desnudo época seca y lluviosa



### 3.1.3.12 Gramíneas y ciperáceas

En época seca se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.1$ ) para todas las gramíneas juntas (predominaron las especies *Paspalum notatum*, *P. virgatum*, *P. conjugatum*, *Dichromena Ciliata* y *Panicum laxum*) para en el guanacaste y en el roble en época lluviosa, mientras que para las ciperáceas sólo se encontraron diferencias en el guanacaste en época lluviosa (Cuadro 24).

Cuadro 24. Resultados y gráficas, gramíneas y ciperáceas época seca y lluviosa



Estos resultados demuestran sólo en casos muy puntuales diferencias estadísticas, en general no hay diferencias en los porcentajes de cobertura bajo la copa y en pastura abierta para las dos agrupaciones. El sistema está dominado por las gramíneas tanto en época seca como en la lluviosa. Además, en época lluviosa otro tipo de vegetación (sobre todo hierbas) esta emergiendo, lo cual cambia el porcentaje de cobertura de las gramíneas (determinado por estimación visual) como se describe más adelante.

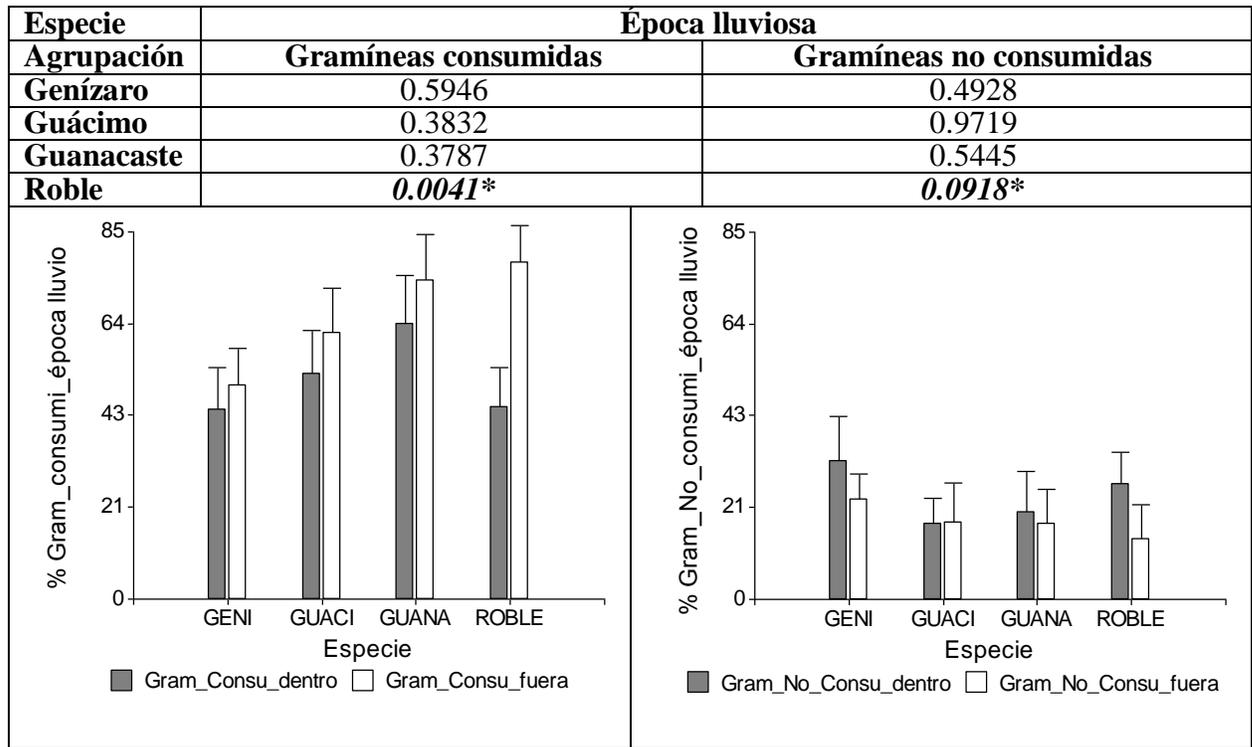
Posiblemente el no encontrar diferencias (dentro y fuera) demuestra que el sistema tiene altos porcentajes de gramíneas que (por lo menos en parte) son tolerantes a la sombra y que estas mismas se desarrollan un poco mejor a pleno sol, pero sin grandes contrastes. Al respecto, estudios más detallados exponen que un alto porcentaje de especies del género *Paspalum* suelen manifestar mejor potencial germinativo y de desarrollo a plena luz (Brasil 1992). Se conoce también, que el sombreado tiene efectos de reducción más marcados sobre la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras C4 (a la cual pertenece la mayoría de las gramíneas tropicales) del cual hace parte el género *Paspalum*, que sobre la de las plantas C3 (Sanderson et ál. 1997). Al respecto, es importante señalar que *Panicum laxum* es la única especie gramínea presente en la zona que pertenece al grupo C3 (Ospina, comunicación personal, 2010).

No obstante, las evaluaciones realizadas en esta investigación fueron menos exactas porque no se realizaron cortes de vegetación, sino que se hicieron estimaciones visuales de los porcentajes presentes de las especies, lo cual puede estar haciendo la diferencia en los resultados encontrados y lo reportado por la literatura.

### **3.1.3.13 Gramíneas potencialmente consumidas y no consumidas**

En época seca no se presentaron diferencias estadísticas dentro y fuera de la copa para estos grupos. No obstante en época lluviosa se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.1$ ) para el roble en gramíneas potencialmente consumidas ( $p = 0.0041$ ) siendo mayores en área fuera y en no consumidas ( $p = 0.0918$ ) mayores bajo la copa. Las demás especies arbóreas muestran la misma tendencia (Cuadro 25).

Cuadro 25. Resultados y gráficas, gramíneas consumidas y no consumidas época lluviosa

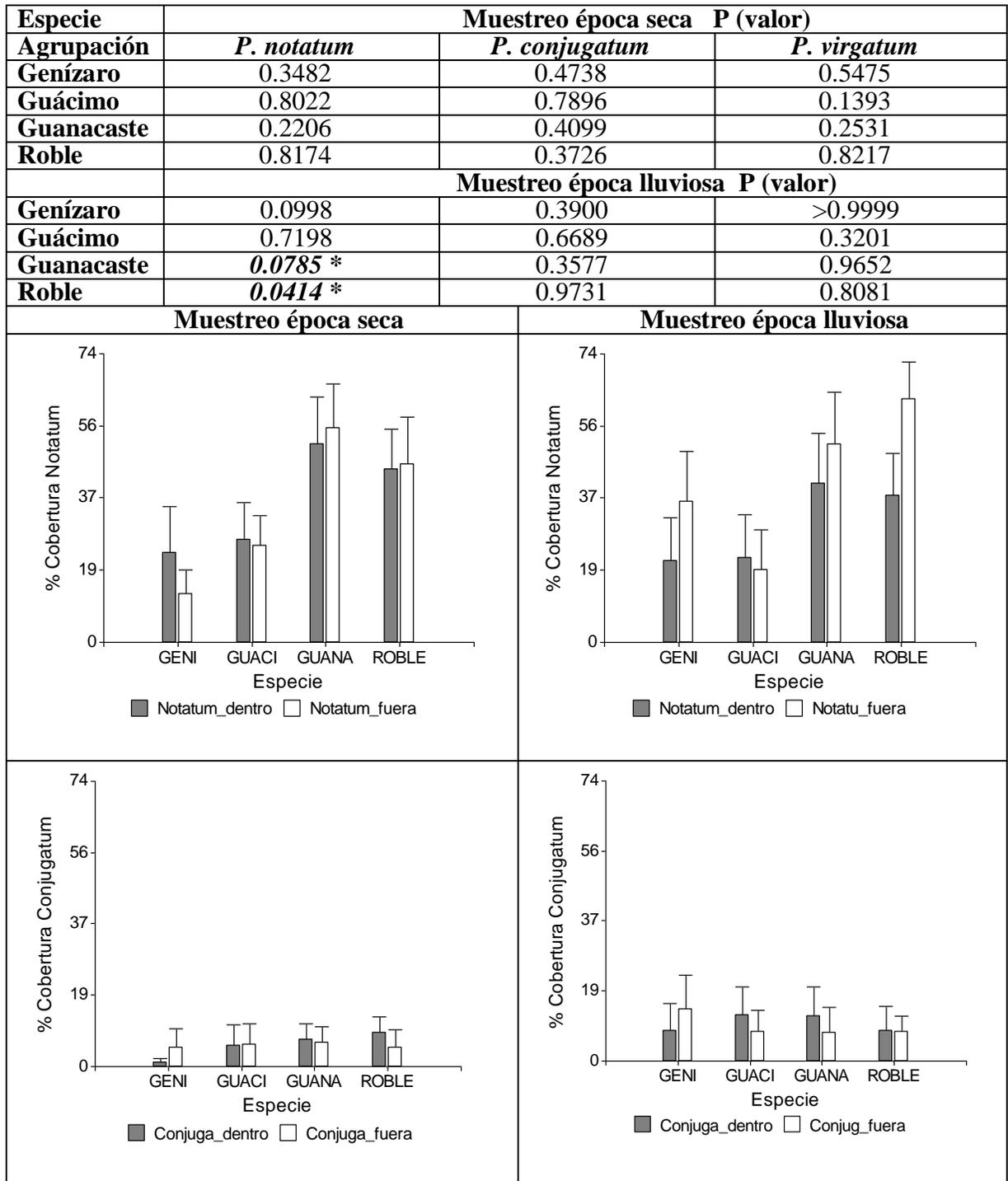


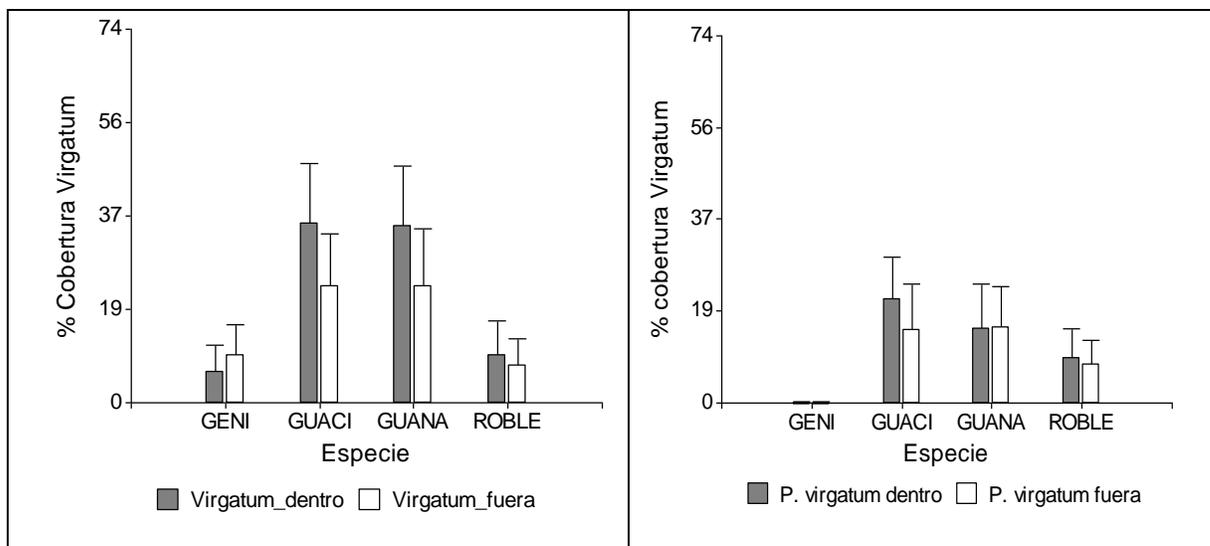
Aunque en los muestreos se pudo apreciar parches de pastos que alcanzan poco crecimiento por ser más consumidos como el notatum (*Paspalum notatum*) y conjugatum (*Paspalum conjugatum*) contra pastos de menor consumo como el zacaton (*Paspalum virgatum*), no se sabe si los resultados encontrados son consecuencia de un mayor crecimiento de las gramíneas en área fuera o es que se esta generando mayor consumo de gramíneas dentro. Al respecto, Ospina (2005), menciona que la preferencia del ganado a consumir determinadas especies difiere entre las estaciones climáticas, las especies de ganado, edad, entre otras, lo cual puede dar paso a cambios en la composición botánica de los pastizales.

### 3.1.3.14 Géneros *Paspalum*

Al evaluar individualmente las pasturas o gramas más comunes en la zona (*Paspalum notatum*, *P. virgatum* y *P. conjugatum*) se encontró únicamente diferencias en época lluviosa a tener mayor porcentaje de *P. notatum* fuera de la copa en los árboles de guanacaste y roble (Cuadro 26).

Cuadro 26. Resultados y gráficas, *P. notatum*, *P. conjugatum*, *P. virgatum* época seca y lluviosa





Las pocas diferencias en las pasturas dominantes (*Paspalum*) dentro y fuera, demuestran que esto no parece intervenir en los cambios encontrados en los análisis de suelos.

### 3.1.3.15 Hojas Anchas (Leguminosas y No Leguminosas)

En época seca, las **Hojas Anchas Leguminosas (HAL)** y **Hojas Anchas No Leguminosas (HANL)** se hallaron en muy bajos porcentajes (Cuadro 27), sin embargo, se presenta diferencias estadísticas para el guanacaste y el roble. En época lluviosa se destaca un considerable aumento de los porcentajes de HANL especialmente las especies *Blechnum pyramidatum* y flor amarilla (*Baltimora recta*) y se observa diferencias estadísticas solo bajo la copa de los robles (Cuadro 28).

Se ha documentado en algunos casos que las condiciones de sombramiento en plantas leguminosas puede generar una inhibición en la absorción del nitrógeno del sistema y consecuentemente afectar su desarrollo (Wong y Wilson 1980). Por tanto se podría esperar una mayor presencia de leguminosas en los sitios de muestro de pastura abierta, sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias significativas para las hojas anchas leguminosas y estas se presentaron en porcentajes muy bajos sobre las áreas donde se tomaron las muestras de suelo, por lo cual no se espera que hayan contribuido al mayor contenido de N total existente debajo de las copas.

Cuadro 27. Resultados y gráficas, hojas anchas leguminosas y no leguminosas época seca y lluviosa

Especie	Época seca P (valor)	
	Hojas anchas leguminosas	Hojas anchas no leguminosas
Genízaro	0.2273	0.2508
Guácimo	0.8432	0.5434
Guanacaste	0.5285	<b>0.0381 *</b>
Roble	0.8420	<b>0.0848 *</b>
Época lluviosa P (valor)		
Genízaro	0.5544	0.9460
Guácimo	0.3816	0.8220
Guanacaste	0.3836	0.8512
Roble	0.1238	<b>0.0499 *</b>

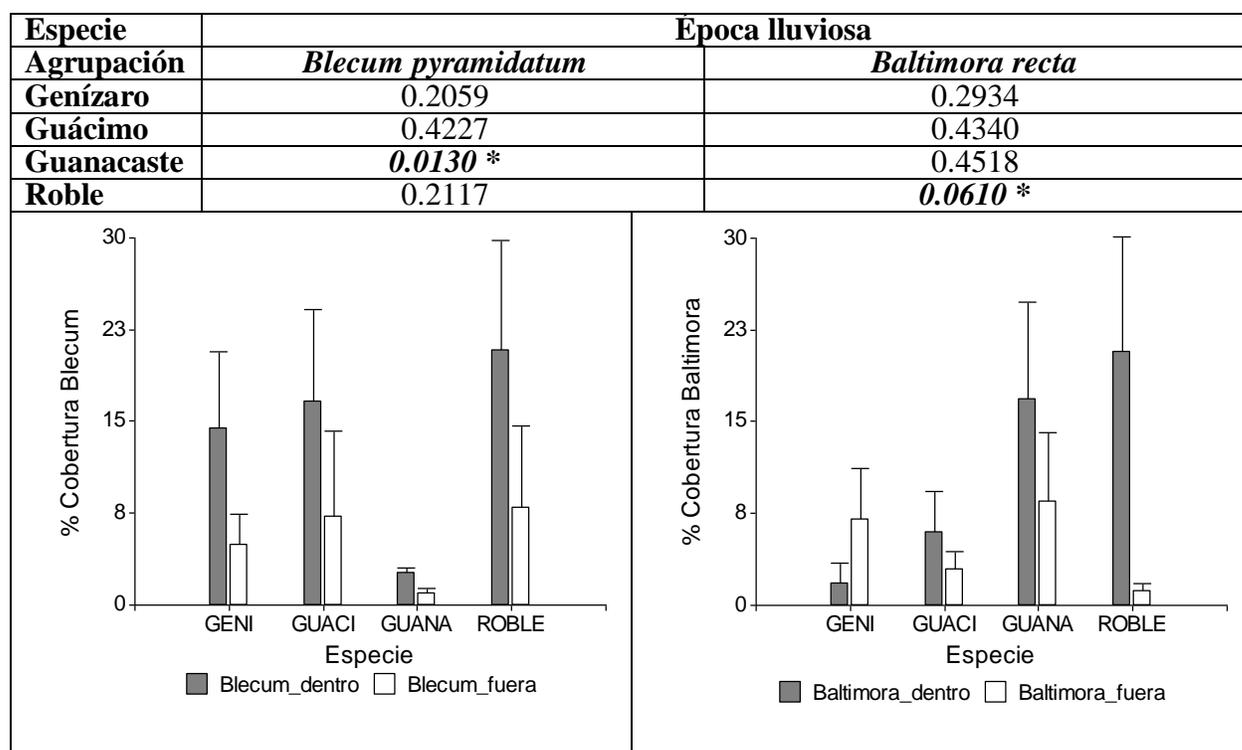
  

Época seca		Época lluviosa	
<p>Bar chart showing the percentage of broad leguminous leaves for four species (GENI, GUACI, GUANA, ROBLE) during the dry season. The y-axis represents the percentage of broad leguminous leaves (0 to 30). The x-axis lists the species. For each species, two bars are shown: a dark grey bar for 'Hoja Ancha leg_dentro' and a white bar for 'Hoja ancha leg_fuera'. Error bars are present for each bar.</p>		<p>Bar chart showing the percentage of broad leguminous leaves for four species (GENI, GUACI, GUANA, ROBLE) during the rainy season. The y-axis represents the percentage of broad leguminous leaves (0 to 30). The x-axis lists the species. For each species, two bars are shown: a dark grey bar for 'Hoja Ancha Leg_dentro' and a white bar for 'Hoja Ancha Leg_Fuera'. Error bars are present for each bar.</p>	
<p>Bar chart showing the percentage of broad non-leguminous leaves for four species (GENI, GUACI, GUANA, ROBLE) during the dry season. The y-axis represents the percentage of broad non-leguminous leaves (0 to 30). The x-axis lists the species. For each species, two bars are shown: a dark grey bar for 'Hoja Ancha no leg_dentro' and a white bar for 'Hoja ancha no leg_fuera'. Error bars are present for each bar.</p>		<p>Bar chart showing the percentage of broad non-leguminous leaves for four species (GENI, GUACI, GUANA, ROBLE) during the rainy season. The y-axis represents the percentage of broad non-leguminous leaves (0 to 30). The x-axis lists the species. For each species, two bars are shown: a dark grey bar for 'Hoja Ancha no leg_dentro' and a white bar for 'Hoja ancha no leg_fuera'. Error bars are present for each bar.</p>	

### 3.1.3.16 *Blechum pyramidatum* y *Baltimora recta*

La especie *Blechum pyramidatum* se consideró importante por ser una especie que contribuye en forma importante en la alimentación del ganado en condiciones de escasez de gramíneas y por observarse como emergente ó abundante en algunos periodos del año. En época seca esta especie no presentó diferencias significativas. En tanto, para la época lluviosa se encontró una tendencia a mayor porcentaje de *Blechum* bajo la copa del árbol de todas las especies arbóreas pero sólo con diferencias estadísticas significativas ( $p=0.0130$ ) para el guanacaste. Igualmente se decidió estudiar la aparición en época lluviosa de la flor amarilla (*Baltimora recta*), planta que suele surgir con las lluvias, observando significativamente que en el roble ( $p=0.0610$ ) hay mayores porcentajes bajo la copa que en campo abierto.

Cuadro 28. Resultados y gráficas, *Blechum pyramidatum* y *baltimora recta*, época seca y lluviosa



Estas tendencias y diferencias encontradas en época seca pueden ser consecuencia del consumo de *Bechum pyramidatum* por el ganado y de la falta de humedad en época seca que evita rebrotes de la vegetación. En tanto, la época lluviosa favorece notablemente la emergencia de variadas especies entre ellas se resalta *B. pyramidatum* y *Baltimora recta*,

probablemente por la sombra de las hojas nuevas de los árboles y las frecuentes precipitaciones que mejoran las condiciones de humedad del suelo apoyada por la acumulación de materia orgánica.

Fotosintéticamente, la sombra tiene un efecto mayor sobre plantas forrajeras C4 que sobre las tipo C3 (Sanderson et ál. 1997) situación que puede explicar una mayor presencia de las especies tipo C3 como *B. pyramidatum* bajo la copa de los árboles. Siendo especies que pueden contribuir a la dieta del ganado como lo reporta Pineda et ál. (2009) “las especies herbáceas de hoja ancha tienen poco aporte para la dieta del ganado en época lluviosa, pero aumentan su aporte notablemente en el periodo seco.

En resumen, se encontraron pocas diferencias sobresalientes y consistentes en hojas anchas leguminosas y no leguminosas para la posición dentro y fuera de la copa de los árboles (Cuadro 29), lo cual sugiere que éstas no son la razón de las diferencias significativas observadas en las variables edáficas.

*Cuadro 29. Diferencias hojas anchas leguminosas y no leguminosas*

<b>Época</b>	<b>Especie</b>	<b>Genízaro</b>	<b>Guácimo</b>	<b>Guanacaste</b>	<b>Roble</b>
<b>Seca</b>	Hoja Ancha Leg	n.s	n.s	n.s	n.s
	Hoja Ancha No_Leg	n.s	n.s	x	x
<b>Lluviosa</b>	Hoja Ancha Leg	n.s	n.s	n.s	n.s
	Hoja Ancha No_Leg	n.s	n.s	n.s	x

x = hay diferencia significativa; n.d = no se encontró diferencia significativa

### 3.1.4 DISCUSIÓN GENERAL

En bases a la primera hipótesis (1) la concentración de nutrientes y otras características del suelo varían según la especie de árbol presente en la pastura y de acuerdo a si la muestra es tomada tanto por debajo del dosel como en pastura abierta, se elaboró la siguiente tabla de resumen con los principales resultados de esta investigación (Cuadro 30).

*Cuadro 30. Resumen de las diferencias encontradas para todas las variables*

<b>Variables \ Especies</b>	<b>Genízaro</b>	<b>Guácimo</b>	<b>Guanacaste</b>	<b>Roble</b>	<b>Todas las especies</b>
C orgánico	+	+	+	+	+
N total	+	+	n.s	n.s	+
C/N	n.s	n.s	-	n.s	n.s
NPM	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
pH en agua	+	+	+	-	+
Isótopo $\delta^{13}\text{C}$	+	+	+	+	+
Isótopo $\delta^{15}\text{N}$	n.s	n.s	+	n.s	+
P Olsen	n.s	+	n.s	n.s	+
P total	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
K intercambiable	+	+	+	+	+
Ca intercambiable	+	n.s	n.s	n.s	n.s
Mg intercambiable	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Densidad aparente	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Número de bostas época seca y lluviosa	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
<b>Época seca</b>					
Gramíneas	n.s	n.s	-	n.s	n.s
Ciperáceas	n.s	n.s	+	n.s	n.s
Gramíneas consumidas	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Gramíneas no consumidas	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Hoja ancha Leguminosas	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Hoja ancha No Leguminosas	n.s	n.s	+	n.s	n.s
Blechum pyramidatum	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
<b>Época lluviosa</b>					
Gramíneas	n.s	n.s	n.s	-	n.s
Ciperáceas	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Gramíneas consumidas	n.s	n.s	n.s	-	n.s
Gramíneas no consumidas	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Hoja ancha Leguminosas	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Hoja ancha No Leguminosas	n.s	n.s	n.s	+	n.s
Blechum pyramidatum	n.s	n.s	+	+	+
Baltimora recta	n.s	n.s	n.s	-	n.s

+ significa: significativamente mayor por debajo de la copa del árbol

- significa: significativamente menor por debajo de la copa del árbol

n.s.: no se encontraron diferencias significativas

Estos resultados indican que efectivamente la presencia de árboles aislados esta asociada con diferencias en algunas características edáficas en los primeros 10 cm del suelo que se consideran importantes desde un punto de vista productivo y/o ambiental. Sin embargo, es importante tener en cuenta en la interpretación de los datos que los resultados encontrados pueden ser validos solamente para una proporción pequeña de los suelos de un sistema silvopastoril, pues se compararon dos posiciones extremas: la de máxima influencia del árbol y el de (presumiblemente) mínima influencia.

Los resultados encontrados en este estudio demuestran una mayor concentración de carbono bajo la copa de los árboles, creando el interrogante qué esta causando la diferencia. Al respecto, son relevantes los datos encontrados por Sandoval (2006) y datos no publicados del proyecto Pasturas Degradadas, quines midieron durante casi dos años la producción de hojarasca aérea de pastos y de las especies arbóreas Guácimo y Genízaro en la misma zona de estudio. En el Cuadro 31, se observa que la producción de los pastos es mayor que la de los árboles y que la producción combinada de hojarasca arbórea y de los pastos por de debajo de la copa es un 15 a 30% menor que la producción del pasto solo en campo abierto.

*Cuadro 31. Producción de hojarasca (en g/m2 año)*

<b>Cobertura herbácea</b>	<b><i>Brachiaria brizantha</i></b>		<b><i>Paspalum conjugatum</i></b>	
<b>Ubicación respecto al árbol</b>	<b>Bajo copa</b>	<b>Campo abierto</b>	<b>Bajo copa</b>	<b>Campo abierto</b>
Producción de hojarasca del pasto	2100	3500	1450	2400
Producción de hojarasca del guácimo	494	0	494	0
Combinado	2594	3500	1944	2400
Producción hojarasca del pasto	2100	3500	1450	2400
Producción de hojarasca del genízaro	573	0	573	0
Combinado	2673	3500	2023	2400

Fuente: Sandoval (2006) y datos no publicados del proyecto Pasturas Degradadas

Aunque se considera que estos valores presentan un amplio margen de error debido a la variabilidad espacial de la caída de hojarasca y a que los datos fueron tomados en lugares donde prácticamente no había especies herbáceas del tipo hoja ancha (una situación poco común, ver pagina 47), los datos indican que es poco probable que las diferencias encontradas en los suelos en este estudio se deben a un mayor cantidad de caída de hojarasca aérea por debajo de los árboles. Esto es respaldado por un estudio realizado en la misma zona por Zapata (2010), que encontró una menor Productividad Primaria Neta Aérea de gramíneas y

ciperáceas bajo la copa de árboles de las especies Roble, Guácimo y Carao en comparación con el pasto abierto, mientras especies de hierbas tipo hoja ancha mostraron una tendencia de producir más bajo la copa, pero su contribución era menos que el 20% de la producción total.

Esta aparente contradicción, mayor producción total de hojarasca en pasto abierto y mayor contenido en C orgánico bajo la copa, sugiere que la descomposición de la hojarasca de pasto es más elevada, mientras que la del árbol es menor y que se incorpora en mayor medida al suelo. Esto estaría en consonancia con las diferencias en la calidad de la hojarasca depositada. Mayores concentraciones de nitrógeno en el suelo se encontraron por debajo del guácimo y genízaro. Posiblemente las diferencias sean causadas por las diferentes cantidades de nitrógeno que son depositadas en la superficie del suelo o por diferencias en la calidad de la hojarasca, como el diferente contenido de polifenoles o lignina, causando procesos de descomposición diferentes. Estas diferencias posiblemente también son responsables de las diferencias en pH del suelo observadas.

Al respecto, Sandoval (2006) determinó que ambas especies depositan una cantidad considerable de nitrógeno por medio de hojarasca en forma de hojas, frutos, flores, ramas y epifitas (Cuadro 32), lo que podría ayudar a explicar por que el guácimo esta generando diferencias en nitrógeno total siendo una especie no leguminosa.

*Cuadro 32. Contribución de Nitrógeno en los diferentes componentes de hojarasca en %*

<b>Especie</b>	<b>Hojas</b>	<b>Raquis</b>	<b>Ramas</b>	<b>Flores</b>	<b>Frutos</b>	<b>Epifitas</b>
<b>Guácimo</b>	1.35	-----	1.35	2.11	1.29	1.71
<b>Genízaro</b>	2.67	1.75	1.42	3.60	3.08	1.32

Fuente: Datos Sandoval (2006)

Por otra parte, también la falta de diferencias en el nitrógeno potencialmente mineralizable (NPM) sugiere procesos de mineralización distintos bajo copa y en pasto abierto. La hojarasca de los árboles, con un contenido de polifenoles y/o lignina presumiblemente más elevado que la de los pastos, puede modificar la composición microbiana del suelo e incidir en los procesos de mineralización de nitrógeno, resultando en un ciclado más lento de N bajo la copa de los árboles.

Aunque las diferencias encontradas en C y N puedan ser consecuencia de diferencias en calidad de la hojarasca como se ha discutido anteriormente, la descomposición por debajo de las copas también pueda ser influencia por la menor temperatura y posibles diferencias en la humedad de la hojarasca caída. Por último, otro factor que podría haber contribuido a crear las diferencias encontradas, pero que no se ha estimado, son diferencias en la cantidad o calidad de biomasa proveniente de las raíces.

En potasio (K), se encontró un contundente aumento en por debajo de los árboles, lo cual pareciera deberse al lavado de K que es liberado de las hojas (y eventualmente otros componentes como ramas o flores) y cae al suelo con la precipitación, además de la caída de hojarasca aérea de los árboles, relativamente rico en potasio comparado con la hojarasca de los pastos (Cuadro 33).

Sobre la hipótesis sobre la influencia del ganado bovino en la concentración y distribución de nutrientes se debe concluir que los muestreos realizados en este estudio no son suficientes para aceptar esta hipótesis, ya que la influencia del ganado fue estudiada solamente de manera indirecta a través de un conteo de bostas y la densidad aparente. Sin embargo, al agrupar todos los árboles independientemente de la especie en árboles preferidos, indiferentes y rechazados por el ganado (con base en el conteo de bostas) se encontró un aumento significativo del fósforo inorgánico ( $P_i$ , disponible) solamente en los árboles preferidos, lo cual a su vez podría ser la razón de las diferencias en  $P_i$  señaladas en. Debido a que la gran mayoría del P consumido por el ganado es regresado al potrero en forma de heces (Haynes y Williams 1993), y las heces son depositados preferiblemente en lugares donde descansa el ganado, parece probable que la deposición preferente de heces por debajo de ciertos árboles al menos en parte explica los mayores contenidos de  $P_i$  encontrados.

Una explicación alternativa sería que las diferencias encontradas en materia orgánica a su vez se pueden transmitiendo en mayores concentraciones de diferentes nutrientes como  $P_i$  en los suelos bajo los guácimos comparado con el área fuera de los árboles, pues la mayor cantidad de carbono podría aumentar la disponibilidad del fósforo en el suelo.

También, Sandoval (2006) indica que a través de la caída de hojarasca aérea *Guazuma ulmifolia* (hojas, ramas, frutos, epifitas), tiene mayores concentraciones K y P que *Albizia saman* o pastos (Cuadro 33). Por tanto, dependiendo de la especie, el reciclaje de nutrientes a través de hojarasca, además del probablemente lavado de las hojas en caso de K, son procesos importantes que ayudan a mejorar los niveles de P y K en el suelo, como se encuentra en este estudio donde el guácimo aumenta los niveles de fósforo y K en el suelo bajo la copa de los árboles.

*Cuadro 33. Concentraciones de K y P en los diferentes componentes de la hojarasca de guácimo y genízaro*

<b>Especie</b>	<b>Nutriente</b>	<b>Hojas</b>	<b>Raquis</b>	<b>Ramas</b>	<b>Flores</b>	<b>Frutos</b>	<b>Epifitas</b>
<b>Guácimo</b>	K	0.78	Datos no establecidos	0.78	1.16	1.58	2.15
	P	0.18		0.10	0.26	0.27	0.33
<b>Genízaro</b>	K	0.44	0.57	0.31	1.20	1.34	1.25
	P	0.11	0.07	0.05	0.23	0.16	0.07
<b>Pastos</b>	K	0.36	-----	-----	-----	-----	-----
	P	0.11	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: datos Sandoval (2006)

### **3.1.5 CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES**

- La metodología empleada, comparando de forma apareada muestras obtenidas bajo la copa y en pasto abierto, permitió detectar algunas diferencias en el contenido de C y de algunos nutrientes en los primeros 10 cm del suelo.
- La variabilidad natural que existe en el suelo como consecuencia de la historia del potrero, el manejo, carga animal y las características intrínsecas de los suelos, puede estar ocultando diferencias de efecto árbol. Por ejemplo, este podría haber sido el caso con las concentraciones de Ca y Mg, debido a que los contenidos de estos elementos en los suelos de la zona son tan grandes que la variabilidad natural existente que posiblemente no permite encontrar pequeñas diferencias ocasionadas por la presencia de los árboles.
- Los contenidos de carbono orgánico (OC), y potasio asimilable (K) en el suelo son superiores bajo la copa de todas las especies de árboles estudiadas respecto al pasto abierto y probablemente son consecuencia de la presencia del árbol.
- Las especies de guácimo y genízaro parecen aportar más nitrógeno al suelo que la pastura sola.
- No se observan diferencias en los patrones de los nutrientes relacionado con el hecho de que la especie de árbol sea o no leguminosa. La existencia de diferencias entre bajo y fuera de la copa más bien parecen estar relacionadas con otras características de los árboles, como su altura, densidad de copa etc.
- Las diferencias puntuales en Pi y Ca están relacionadas con determinadas especies en estudio, o con la presencia preferencial del ganado a situarse bajo la copa.
- Las diferencias encontradas en las características químicas del suelo no parecen estar afectadas por diferencias en el estrato herbáceo (dominancia de gramíneas y hojas anchas).
- Con vistas al futuro, para aumentar la posibilidad de encontrar diferencias en el suelo causadas por la presencia de los árboles en sistemas silvopastoriles, se podría pensar en evaluar sistemas con condiciones de manejo semi controladas en cuanto al diseño del estrato arbóreo y el tipo de pasturas sembradas.

### **3.2 ARTICULO 2. ANÁLISIS EXPLORATORIO ESPACIAL (GEOESTADISTICA) DE LA DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES ALREDEDOR DE LA COPA DE CUATRO ESPECIES ARBOREAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DE MUY MUY, NICARAGUA**

#### **RESUMEN**

Se estudio la distribución espacial de nutrientes alrededor del árbol de cuatro especies arbóreas leguminosas (*Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman*) y no leguminosas (*Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*) en sistemas silvopastoriles, de Muy Muy, Nicaragua. Para esto, se ubicó un árbol de cada especie con criterios rigurosos de aislamiento con el fin de realizar un estudio de geoestadística con la menor interferencia posible. En cada árbol y centrada en su base, se situó una parcela de 24 x 24 m, dividida en una grilla de 2x2 m (ó 1.5x1.5m para el roble) de manera que un tercio de la parcela se situaba bajo el área de la copa y dos tercios alrededor de la copa en la pastura abierta, obteniendo aproximadamente 150 muestras de suelo por parcela. Se realizaron análisis de Carbono (OC), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM), Fósforo Olsen inorgánico (Pi) y total (Pt), Potasio (K), Calcio (Ca), magnesio (Mg) y Suma de bases (SB). Además, se evaluó en época seca y lluviosa la cobertura herbácea clasificada en grupos funcionales y la influencia del ganado por medio de conteo de bostas. Obteniendo resultados que indican que las especies en estudio parecen estar afectando la distribución espacial de determinados nutrientes (OC, K, Pi); en cambio otros nutrientes presentarían un patrón espacial ligado a factores a escala mayor o menor a la de la presencia del árbol (p.e. Ca, Mg, NPM). Diferencias causadas posiblemente por factores como la cantidad y calidad de la hojarasca que entra al sistema, el lavado de nutrientes de la copa de los árboles, el aporte de heces y orina del ganado y por la variabilidad natural del suelo. Se determino también, que las gramíneas son las que presentan mayor abundancia de cobertura tanto en pastura abierta como bajo la copa de los árboles y hay muy poco porcentaje de hojas anchas que puedo llegar a ser relevantes en la interpretación de los resultados encontrados para los análisis de suelos.

### ***3.2.1 INTRODUCCIÓN***

Las distribuciones espaciales de organismos, factores abióticos e interacciones ecológicas juegan un papel fundamental en el mantenimiento de la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas. Siendo el análisis espacial de datos la forma rigurosa de obtener conocimiento a partir de los procesos que observamos y medimos (Maestre y Escudero 2008). Permitiendo por ejemplo comprender como la distribución espacial de factores abióticos como la precipitación, los nutrientes y el agua disponible para las plantas sigue complejos patrones espacio-temporales, en ocasiones asociados a los de distintos organismos (Stenger et ál. 2002, Gallardo et ál. 2005). En función de la intensidad y tipología de los estreses abióticos y bióticos, las plantas interactúan de manera compleja con resultados globales positivos o negativos. Así, los árboles y las herbáceas pueden competir por la luz, el espacio, el agua o los nutrientes. Sin embargo, los árboles pueden proteger a las hierbas de los extremos climáticos y proveer de recursos adicionales mediante la deposición de hojarasca, la intercepción de nutrientes dispersos en la atmósfera (en forma de polvo, p.e.) y posterior lavado de la copa, cambios en la composición microbiana del suelo etc. Además en sistemas silvopastorales, los animales interactúan con la relación árbol-cubierta herbácea de múltiples maneras. Así, la posible concentración de animales bajo las copas altera los ciclos biogeoquímicos con la deposición de excretas, líquidas y sólidas, el pisoteo y posible compactación del suelo o la fragmentación de la hojarasca. Estimar la heterogeneidad espacial de los recursos del suelo puede contribuir a conocer los posibles procesos involucrados y su importancia.

La presencia de esta heterogeneidad espacial en la distribución de los factores abióticos se ha probado que afecta a un sinnúmero de procesos ecológicos, modificando atributos como la diversidad y composición de las comunidades (Wilson 2000; Maestre et ál. 2005). Donde, la detección e interpretación de los patrones espaciales de organismos y procesos ecológicos se encuentran fuertemente influidos por la escala de observación (Levin 1992; Maestre et ál. 2005). En muchas ocasiones, dependiendo de la escala de estudio, tales elementos pueden describirse aceptablemente mediante sus coordenadas espaciales (x, y), generándose así un conjunto de datos que recibe el nombre de patrón espacial de puntos (Diggle 2003).

La mayoría de los ambientes naturales muestran heterogeneidad a una escala lo suficientemente grande como para permitir la aparición de patrones agregados. En tanto que a una escala menor, la variación ambiental puede ser menos acentuada y el patrón estará determinado por la intensidad y la naturaleza de las interacciones entre los individuos (Diggle 2003).

El uso más habitual de las técnicas de análisis de patrones de puntos ha sido la descripción de los mismos, realizando una clasificación en una de las tres categorías (aleatorio, agregado y regular), normalmente a partir de algún test de aleatoriedad espacial. Y aunque se ha mencionado con frecuencia que dichos tests no tienen un interés intrínseco, ya que la distribución aleatoria suele ser la excepción más que la norma en la naturaleza, estos pueden ser un primer paso para generar hipótesis interesantes respecto al origen de los patrones y su génesis (Gallardo y Maestre 2008).

Los árboles pueden influenciar la distribución y dinámica de los nutrientes en sistemas silvopastorales (Gallardo et ál 2000; Gallardo et ál 2006; Deng 2009) y esto puede variar con la escala de observación. Para un determinado tipo de suelo y posición en el relieve, el tipo de árbol, su densidad (árboles por ha) y el manejo del sistema silvopastoral se consideran variables relevantes a escala local, de potrero. Por tanto, este estudio realiza una evaluación espacial (geoestadística) de la distribución de nutrientes alrededor de la copa de cuatro especies arbóreas (*Guazuma ulmifolia*, *Albizia saman*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea*) en sistemas silvopastoriles de Muy Muy, Nicaragua, con el fin de conocer como la copa puede influir, ya sea directa o indirectamente, en los patrones espaciales de los nutrientes.

### **3.2.2 METODOLOGÍA**

#### **3.2.2.1 Localización y caracterización de la zona de estudio**

Esta investigación se realizó de enero a agosto de 2009, en fincas ganaderas del municipio de Muy Muy, ubicado en el departamento de Matagalpa, Nicaragua (85°45'N;12°40'O) cuya extensión territorial es de 375 km<sup>2</sup>, con una topografía de 32.1% terrenos planos, 41.0% ondulados y 26.9% quebrados. Cuenta con una población de 16.378 habitantes documentada en el año 2003, de los cuales el 74 % habita en áreas rurales. Su

economía se basa principalmente en la ganadería, teniendo un 80 % del área destinada a pasturas (Levard et ál. 2001; INEC 2005; INIFOM 2007).

Esta zona tiene una temperatura promedio que oscila alrededor del 27°C y una precipitación promedio anual entre 1200 y 1800 mm, una estación lluviosa (invierno) que dura aproximadamente ocho meses entre mayo y diciembre y una estación seca (verano) que va desde enero hasta abril (Cerrud 2005; INIFOM 2007).

Los suelos de la zona son predominantemente arcillosos, pesados, siendo en determinadas áreas muy difíciles de arar. Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER 2005 y confirmado durante recorridos en el campo, en Matagalpa predominan Vertisoles, Mollisoles e Inceptisoles.

### **3.2.2.2 Selección de potreros y árboles**

Para este estudio, se seleccionaron cuatro árboles, uno de cada especie: guácimo (*G. ulmifolia*), genízaro (*A. saman*), guanacaste (*E. cyclocarpum*) y roble (*T. rosea*), los cuales deberán cumplir rigurosamente los criterios de aislamiento y fisiografía expuestos en la metodología del artículo anterior, debido a que fueron evaluados detalladamente. Dichos árboles forman parte del grupo escogido para el estudio anterior y presentan las siguientes características detalladas (Cuadro 34) mas detalles de cada árbol se presentan en el Anexo 10.

Cuadro 34. Características generales de los árboles en estudio

<b>Características</b>	<b>genízaro</b>	<b>guanacaste</b>	<b>guácimo</b>	<b>roble</b>
Longitud (UTM16)	0652867	0652972	0653856	0648022
Latitud (UTM16)	1417097	1417072	1414584	1412535
Altitud m.s.n.m	275	275	288	331
Pendiente (%)	0-2	0-2	0-2	0-2
Años en pastura	30	30	> 30	> 20
Tipo Suelo	Mollisol/Vertico	Mollisol /Vertico	Vertisol	Inceptisol/Vertico
Pastura predominante	<i>Paspalum virgatum</i> , <i>Dichromena ciliata</i> , <i>Melinis minutiflora</i>	<i>Paspalum virgatum</i> , <i>Dichromena ciliata</i> , <i>Melinis minutiflora</i>	<i>Paspalum notatum</i> , y <i>P. conjugatum</i>	<i>Paspalum notatum</i> , y <i>P. conjugatum</i>
dap (cm)	39,5	48	78,5 y 48,2	50
Edad estimada del árbol (años)	16	18	33	12
Copa Diametro NE-SO (m)	15	16,5	19,5	9,5
Copa Diametro NE-SE (m)	15	17	18,5	11,6
Altura total (m)	9,5	10,5	9	13,5
Altura base (m)	5	5,5	4	3,5
Altura Copa (m)	4,5	5	5	10

### 3.2.2.3 Muestreo de suelos

La parcela general, de forma cuadrangular, se ubicó centrada en el tronco del árbol, de manera que un tercio de la parcela se situaba bajo el área de la copa y dos tercios alrededor de la copa en la pastura abierta. La coordenada (0,0) se hizo coincidir con la posición E respecto al tronco y la coordenada (24,24) en la posición W. Para cada punto de muestreo se registró la posición con respecto al dosel del árbol (bajo o fuera de la copa) y la localización según ejes cardinales (N, S, E y O) en metros respecto al centro de cada uno de los cuadrantes (subáreas de muestreo) (Figura 6).

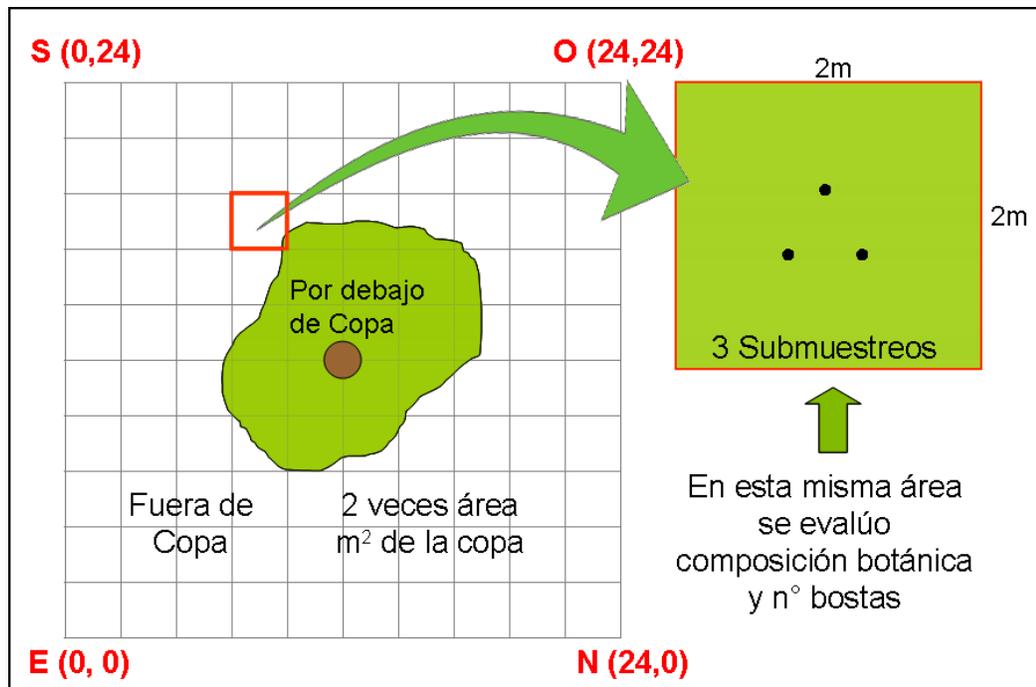


Figura 6. Ilustración del muestreo

El número de muestras a tomar por árbol dependió de la copa del mismo; por ejemplo, para una copa de 16 por 16 metros =  $201\text{m}^2$ , salieron 144 cuadrantes de 2 x 2 metros más 12 muestras a menor distancia muestreadas tanto en cuadrantes dentro como fuera de la copa; teniendo así el siguiente número de muestras por especie: guácimo (156), genízaro (156), guanacaste (156) y roble (133), para un total de 601 muestras de suelo. La copa del roble tenía una superficie menor a la de las otras especies siendo la malla de 1,5 x 1,5 m.

La recolección de las muestras se realizó con barreno sobre los primeros 10 cm del suelo, tomando 3 submuestras sistemáticamente en el centro de cada cuadrante para conformar así una sola muestra; evitando puntos donde se evidencia la reciente deposición de heces o especies no forrajeras que pudieran alterar el contenido de nutrientes en el suelo.

Posteriormente estas muestras fueron secadas a temperatura ambiente, tamizadas en una malla de (2x2 mm), limpiadas, pesadas y rotuladas para enviarlas al laboratorio donde se les realizó análisis de Carbono (C), Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM), Fósforo inorgánico disponible (Pi) y total (Pt) por el método Olsen modificado, y la disponibilidad de y de bases de intercambio: Potasio (K) Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) según se ha descrito con detalle en el capítulo anterior. (Anexo 15 protocolos completos).

### **3.2.2.4 Método para evaluar la influencia del ganado**

En los cuatro árboles seleccionados, se estudio la influencia del ganado mediante un conteo de bostas en cada cuadrante de 2 x 2 m; al final de la época seca (abril) y cuando se estableció la época lluviosa (agosto). Este método asume que la distribución durante el periodo de estudio es representativa de la existida en los años anteriores aunque cabe tener en cuenta que la preferencia de los animales puede cambiar de un año a otro o con el desarrollo del árbol.

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

Para evaluar la composición botánica sobre los sitios de muestreo se estimó la cobertura total de las especies presentes mediante evaluación visual en porcentaje de cada subárea (Mendoza y Lascano 1984). Esto se realizó igualmente en época seca y lluviosa en cada área de 2x2 m (Figura 5), teniendo cuidado de registrar el criterio bajo de copa y pastura abierta, debido a que el tipo de cobertura presente podría relacionarse con el grado de iluminación solar, pequeñas variaciones en otros factores del suelo y preferencias del ganado.

### **3.2.2.6 Método de descripción general de los suelos en estudio**

Mediante observaciones de calicatas y barrenadas se describió el terreno y sus características morfológicas en cada uno de los potreros donde se encontraban los árboles, siguiendo la metodología de la FAO (1977), evaluando: (a) pendiente, (b) drenaje, (c) predregosidad, (d) profundidad del suelo, (e) secuencia de horizontes, (f) color de los horizontes y (g) textura al tacto.

### **3.2.2.7 Método análisis de datos**

En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio de los datos. Aquellas variables con distribución no normal, según el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, se transformaron aplicando el logaritmo natural (más la unidad para evitar números negativos). Resultado de este análisis, todas las variables fueron transformadas excepto el carbono orgánico (OC) que ya presentaba un distribución normal. Además se identificaron y eliminaron los casos extremos en las áreas de muestreo para cada especie y cada variable

mediante un boxplot y un mapa de distribución de puntos en relación a los cuarteles. Se eliminaron sólo aquellos casos más extremos (con una desviación típica superior a 3 veces la del promedio de las muestras) que podían distorsionar el análisis geoestadístico. Como resultado de esta exploración sólo se eliminó una o dos muestra por árbol (Figura 7).

Posteriormente se realizaron, para cada variable y especie de árbol, los semivariogramas empíricos y semivariogramas anisotrópicos mediante el módulo geoR del software libre R (<http://leg.ufpr.br/geoR/>). Los semivariogramas empíricos se ajustaron a un modelo hemisférico con el mismo módulo. Además se obtuvieron los semivariogramas cruzados de distintas variables de suelo. Estos semivariogramas se realizaron con el módulo Gstat de R (<http://www.gstat.org/>). También, se realizaron Análisis de Correlación (Pearson), Análisis de regresión lineal entre algunos nutrientes evaluados.

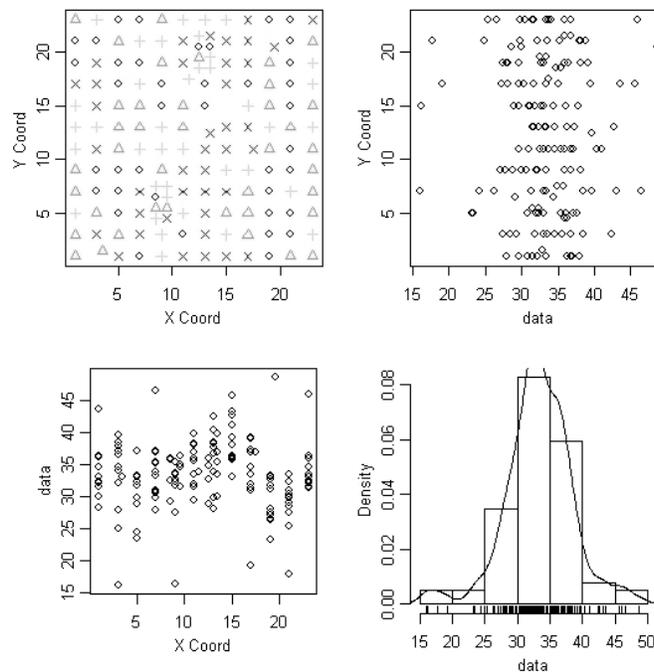


Figura 7. Ejemplo de análisis de distribución del carbono orgánico alrededor del *Enterolobium ciclocarpum* realizado con Geo R. a) mapa de la parcela; b y c) valores carbono respecto a los ejes X y Y respectivamente; d) histograma de frecuencias.

### 3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.2.3.1 Descripción general de los suelos en estudio.

Los suelos donde se encontraban los cuatro árboles en estudio se identificaron como mollisol vertico para *Enterolobium* y *Albizia*, Vertisol para *Guazuma* e inceptisol vertico para *Tabebuia* (Cuadro 35). Describiéndose en general como suelos de ácidos a ligeramente ácidos en los primeros centímetros, que se acercan a la neutralidad a mayor profundidad, siendo de franco arcillosos a arcillosos. Que aumentan las concentraciones de Ca y Mg y disminuye la cantidad de C a mayor profundidad. Mientras que para K y P el suelo de guanacaste, genízaro y guácimo disminuye sus concentraciones a mayor profundidad, en tanto el suelo del roble aumenta hasta los 50 cm el K y disminuye el P. Por lo cual, los árboles, aunque no en alta concentración pero si en cantidad, están tomando al parecer nutrientes de los estratos inferiores del suelo según la distribución y profundidad de sus raíces en los perfiles del suelo. Se observa, además, que el suelo donde se encuentra el guácimo es el que tiene las concentraciones más altas de K, P, OC, Ca y Mg en los primeros centímetros en comparación con las otras calicatas realizadas.

Cuadro 35. Análisis químicos y físicos de los suelos de las cuatro especies

Horizontes	Profundidad	Textura	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	O.C.
Unidades	Cm	----	H <sup>2</sup> O	-----cmol(+)/kg-----				mg/kg	%
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> y <i>Albizia saman</i> - Mollisol características verticas									
A1	0-15	Franco arcilloso	6.34	0.07	15.03	3.76	0.21	3.40	3.40
A2	15-28	Franco arcillo arenoso	6.82	0.05	10.73	2.61	0.21	3.30	1.51
B	28-70	Arcilloso	7.13	0.06	27.17	8.62	0.13	0.20	0.73
2B	70-95 +	Arcilloso	7.17	0.06	29.37	9.18	0.10	0.20	0.46
<i>Guazuma ulmifolia</i> – Vertisol									
A	0-14	Arcilloso	6.52	0.09	28.89	6.57	0.59	1.90	4.64
AB	14-60	Arcilloso	6.18	0.22	45.78	8.39	0.20	0.20	1.77
C	60-100 +	Arcilloso	6.14	0.41	50.10	7.92	0.13	0.50	0.81
<i>Tabebuia rosea</i> - Inceptisol características verticas									
A1 – A2	0-20	Arcilloso	5.88	0.14	14.03	3.66	0.20	1.80	3.59
B	20-50	Arcilloso	6.60	0.06	27.09	6.50	0.83	0.50	1.23
BC	50-60 +	Arcilloso	7.09	0.06	27.60	6.10	0.63	0.40	0.55

### 3.2.3.2 Semivariogramas empíricos

Antes de realizar kriging, fue necesario realizar *semivariogramas empíricos* para representar la varianza espacial en las concentraciones de las propiedades edáficas, con el fin de definir el grado de dependencia entre muestras y escala de variación espacial. Explicando así cuál es la distancia a la cual las muestras se vuelven independientes en el espacio.

Los semivariogramas obtenidos para *Enterolobium cyclocarpum* (Figura 8) en OC (rango=2.6) y el K (rango=3.5) presentan una fuerte dependencia espacial a pequeñas distancias donde el modelo esférico se ajusta bien a los datos empíricos. Así se observa que para estas variables a partir de 2 a 4 metros de distancia entre las muestras estas son independientes, estén o no bajo la copa del árbol. En cambio, NPM (rango=13.4), Pt total (rango=14), Ca (rango=14), Mg (rango=14) y (S) suma de bases (rango=14) presentan un patrón que tiende a estabilizarse a distancias superiores (12-14 m), presentando para estas variables un modelo esférico de menor ajuste. Cabe la posibilidad que otro tipo de modelo muestre un mejor ajuste, y el rango disminuya sobretodo para NPM, Pt. Mientras que Pi inorgánico tiene un comportamiento lineal, sin rango, expresando varianzas a escalas mayores que el efecto del guanacaste sobre la parcela.

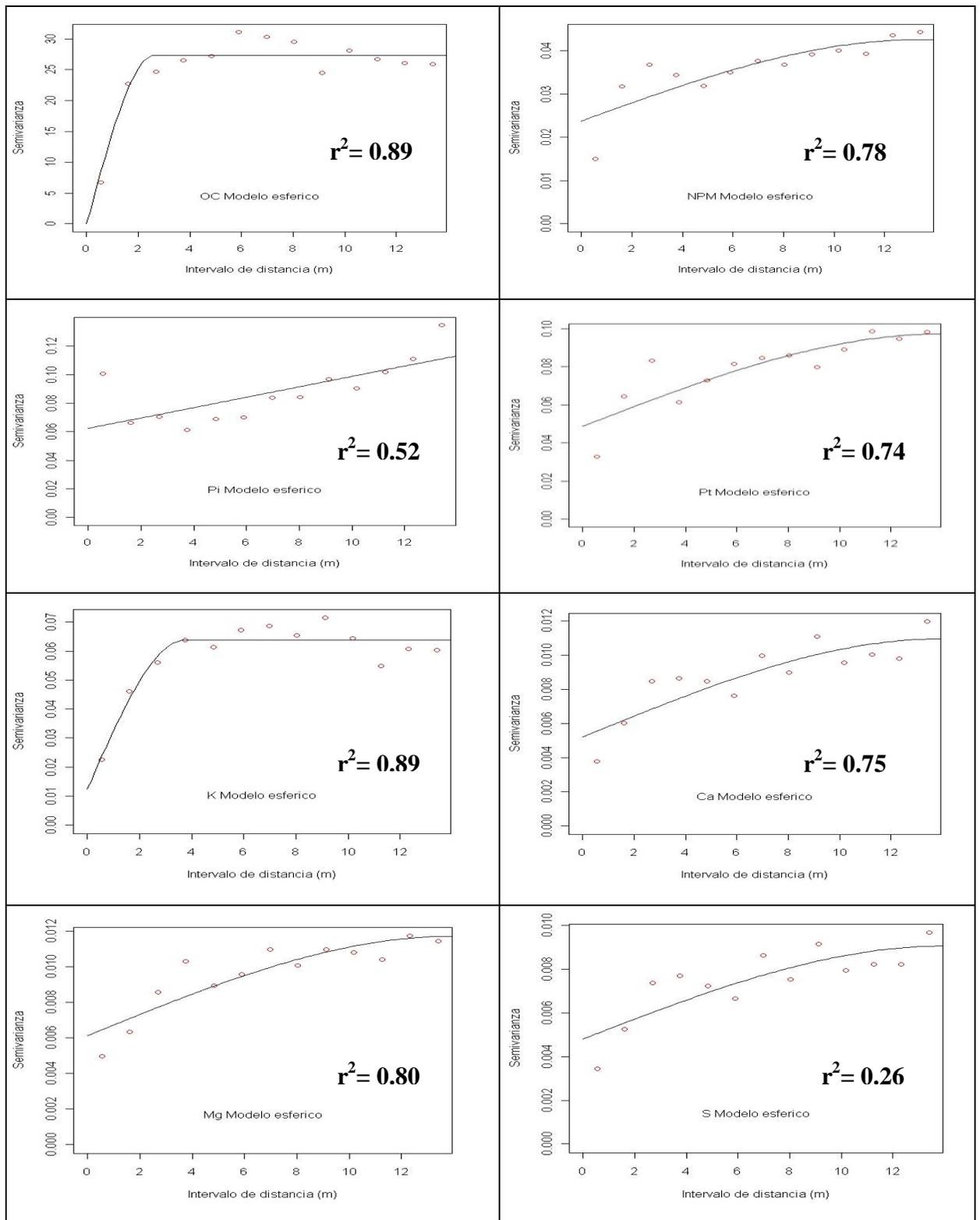


Figura 8. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para *Enterolobium cyclocarpum*.

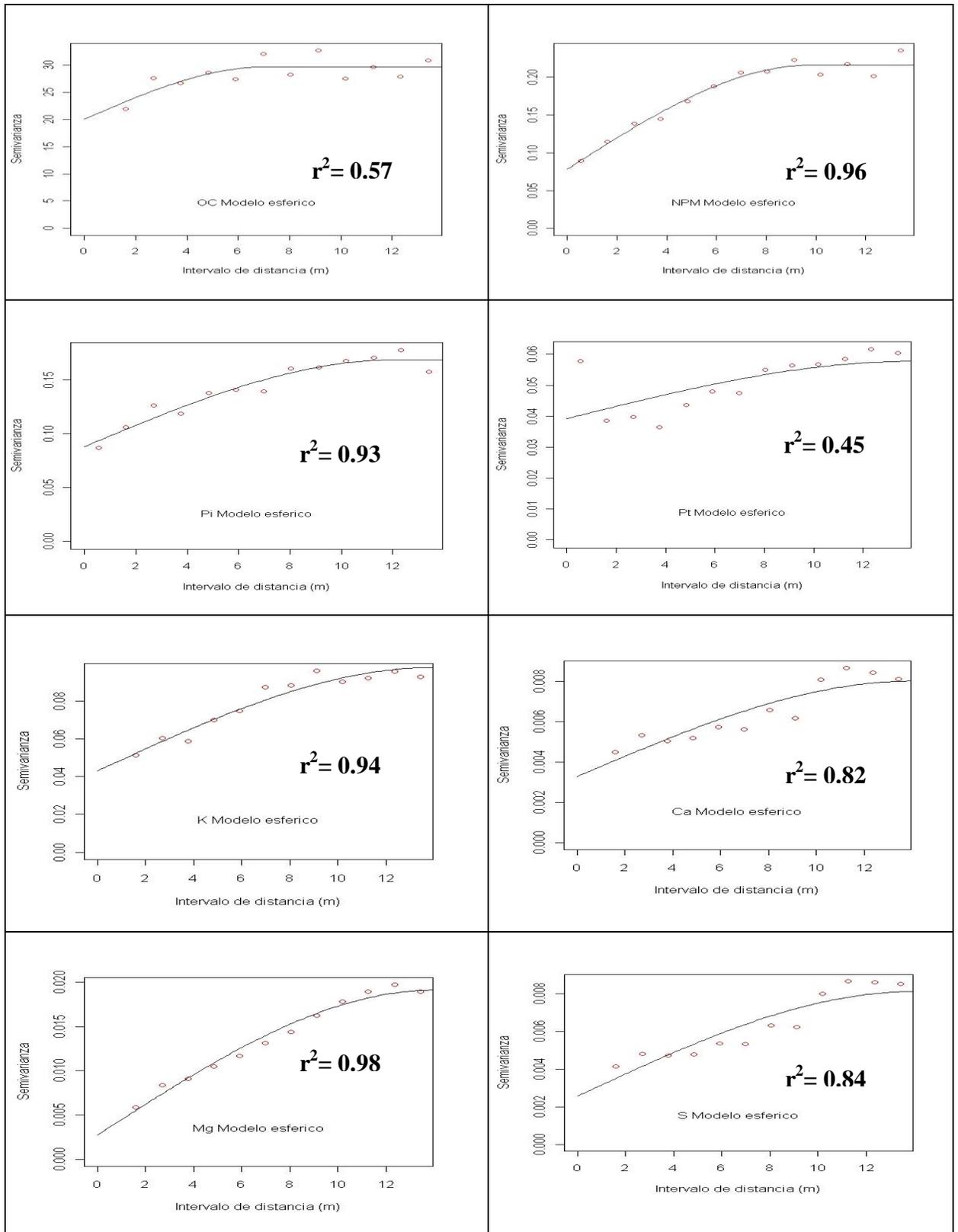


Figura 9. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para Albizia saman

En *Albizia saman*, los semivariogramas empíricos (Figura 9) exponen que OC (rango=7.08) y NPM (rango=9.84) son las variables que presentan el rango más corto. Mientras que el resto de variables Pi (rango=12.12), K (rango=14), Ca (rango=14), Mg (rango=14) y (S) suma de bases (rango=14) alcanzan la máxima varianza a distancias iguales o mayores a los 14 metros. Estando presumiblemente todas las variables afectadas espacialmente por la presencia del árbol en la parcela.

Los semivariogramas para *Guazuma ulmifolia* (Figura 10) muestran que el NPM (rango=2.17) es el único que alcanza su máxima varianza a corta distancia por tanto se estima que es una variable muy sensible a pequeña escala en el suelo. Mientras que elementos como P (rango=14.72), K (rango=15.41) y Mg (rango=14) son variables con semivarianza a distancias mayores, o sea a partir de estas distancias estos elementos son totalmente independientes. Así mismo OC (rango=3800), Ca (rango=2191) y S (rango=1453) tienen un comportamiento lineal, interpretándose como variables afectadas por factores a mayor escala que la parcela de estudio. No obstante, el comportamiento lineal de OC puede ser debido a un comportamiento anisotrópico, como se explicará mas adelante.

En *Tabebuia rosea* (Figura 11) las variables edáficas que a corta distancia se vuelven independientes son OC (rango=3.1), NPM (rango=2.4) y Pi (rango=5.4), lo que se traduce en sensibilidad a variación o independencia a pocos metros en la parcela. Mientras que K (rango=9.7) Mg (rango=14) y Suma de bases (rango=14) presentan independencia a una distancia mayor incluso que el diámetro de la copa. A diferencia del Ca (rango=1726) que se comporta como una variable lineal que no refleja independencia, o sea su concentración no se ve afectada por la presencia del árbol.

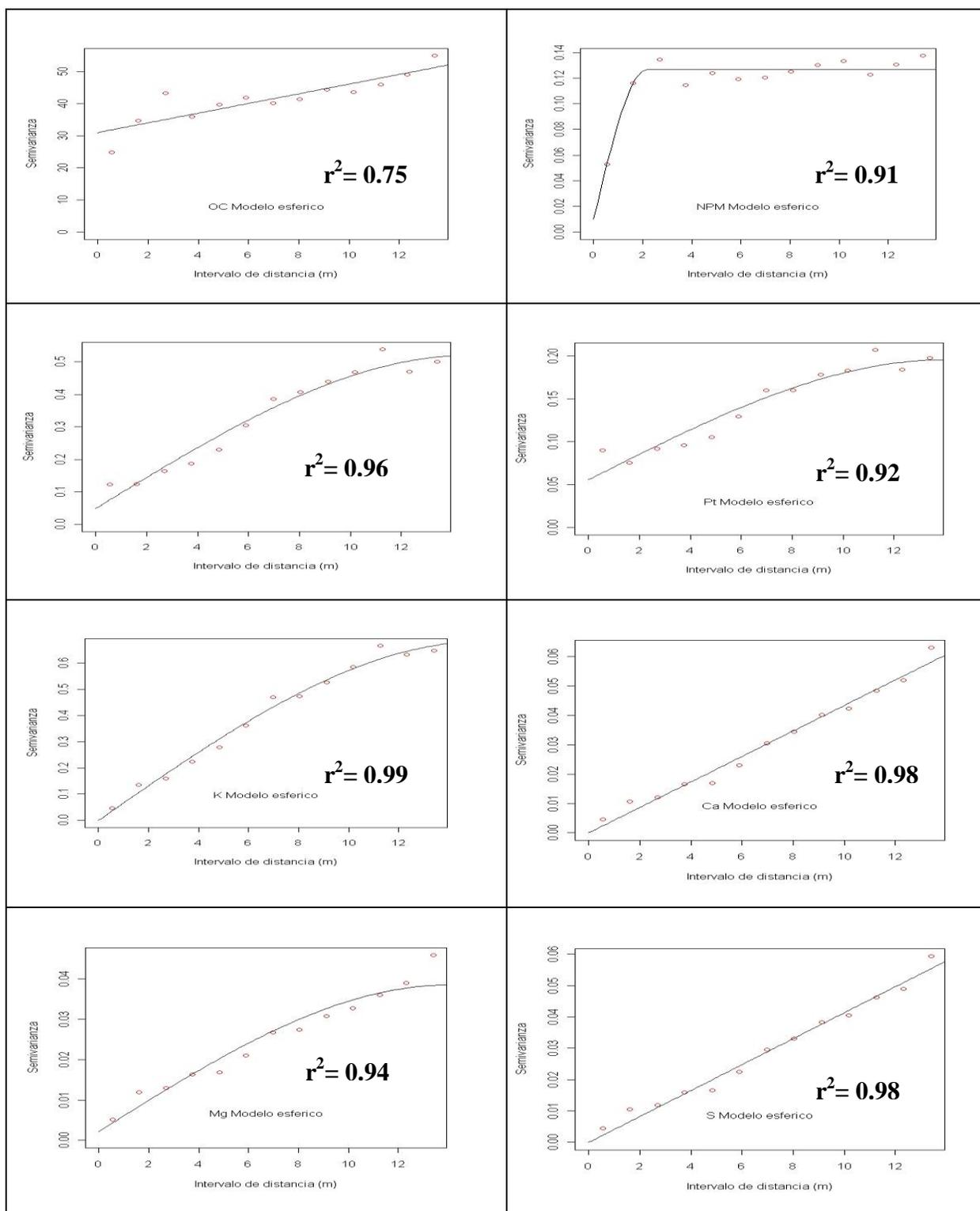


Figura 10. Semivariogramas empiricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para Guazuma ulmifolia

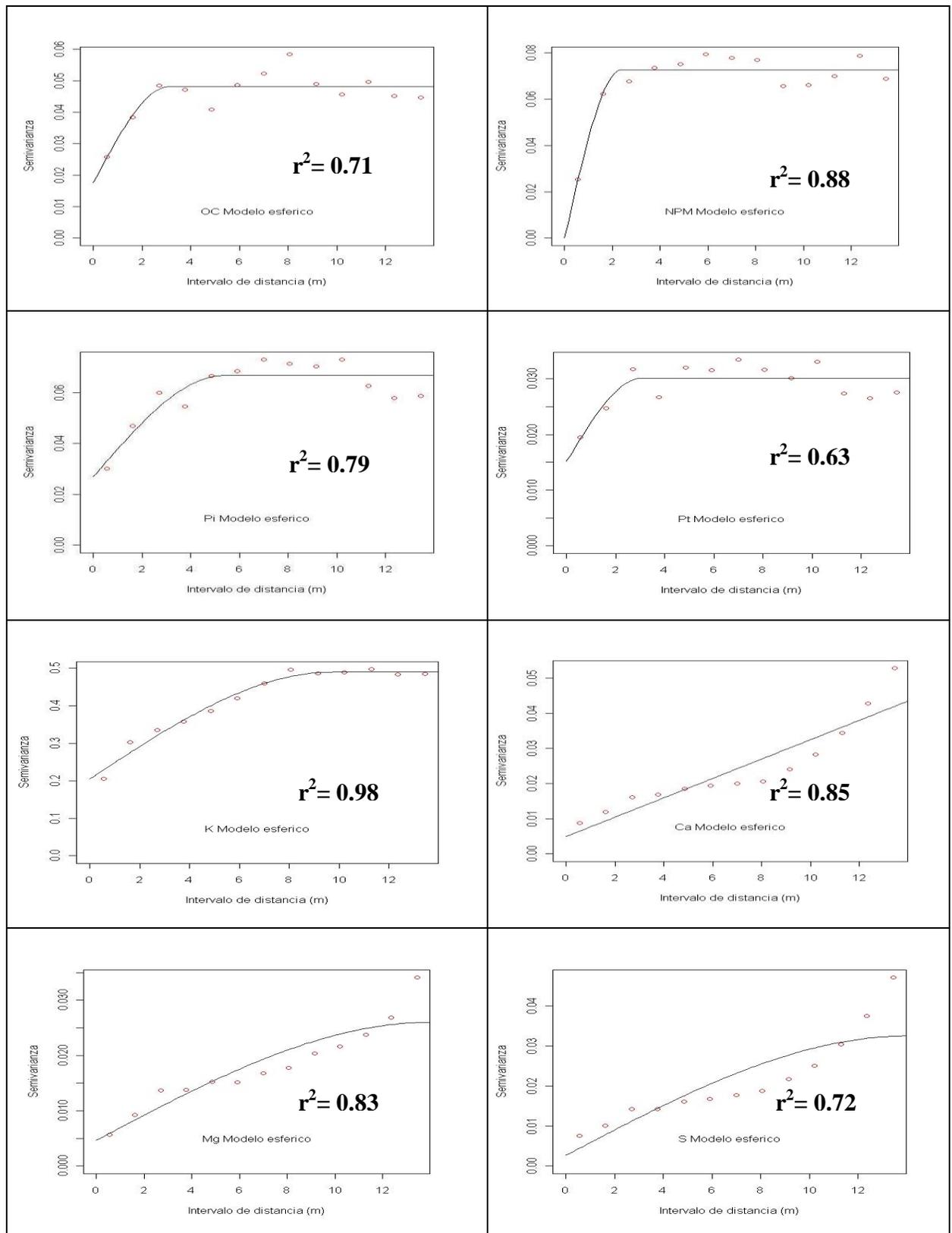


Figura 11. Semivariogramas empíricos (puntos) y ajuste esférico (línea continua) de OC, NPM, Pi, Pt y K, Ca, Mg y (S) suma de bases para *Tabebuia rosea*

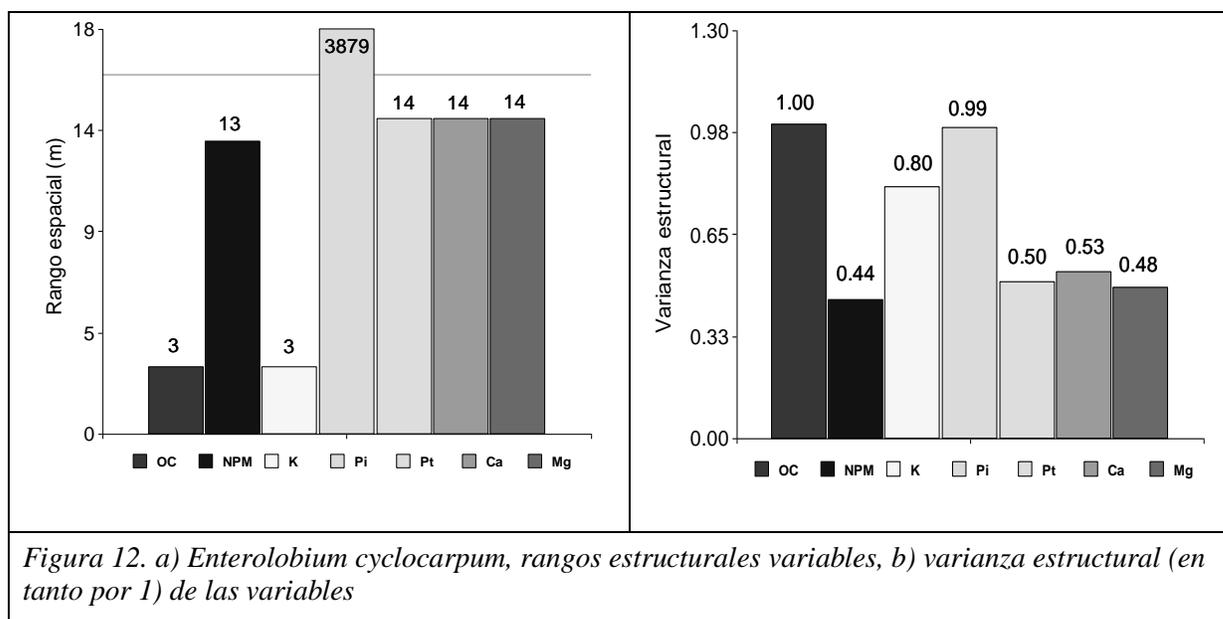
### 3.2.3.3 Rango y estructura espacial

Realizando el ajuste esférico para cada variable se obtuvieron los parámetros estadísticos descriptivos de los distintos semivariogramas (Cuadro 36), de éstos, el rango es fundamental por representar la distancia entre muestras con máxima semivarianza, a partir de la cual hay independencia. Estos valores fueron graficados para observar si hay una influencia directa de la copa sobre la concentración de los nutrientes como muestra Gallardo y Maestre (2008). Igualmente, se graficó la varianza estructural con el fin de observar la dependencia espacial de las variables edáficas encontradas. Un aspecto importante antes de comprender estos gráficos es que como regla general solo se presenta en los semivariogramas las distancias aproximadas a la mitad de la dimensión de la parcela (Goovaerts 1997) debido a que se requiere un mínimo de pares para representar un punto en el semivariograma (mayor de 30). Por tanto solo se esperaba ver representado para este estudio (parcela 24 x 24 m) un máximo de 12 a 14 metros.

*Cuadro 36. Parámetros estimados según el ajuste esférico de los semivariogramas empíricos de cada variable y especie de árbol.*

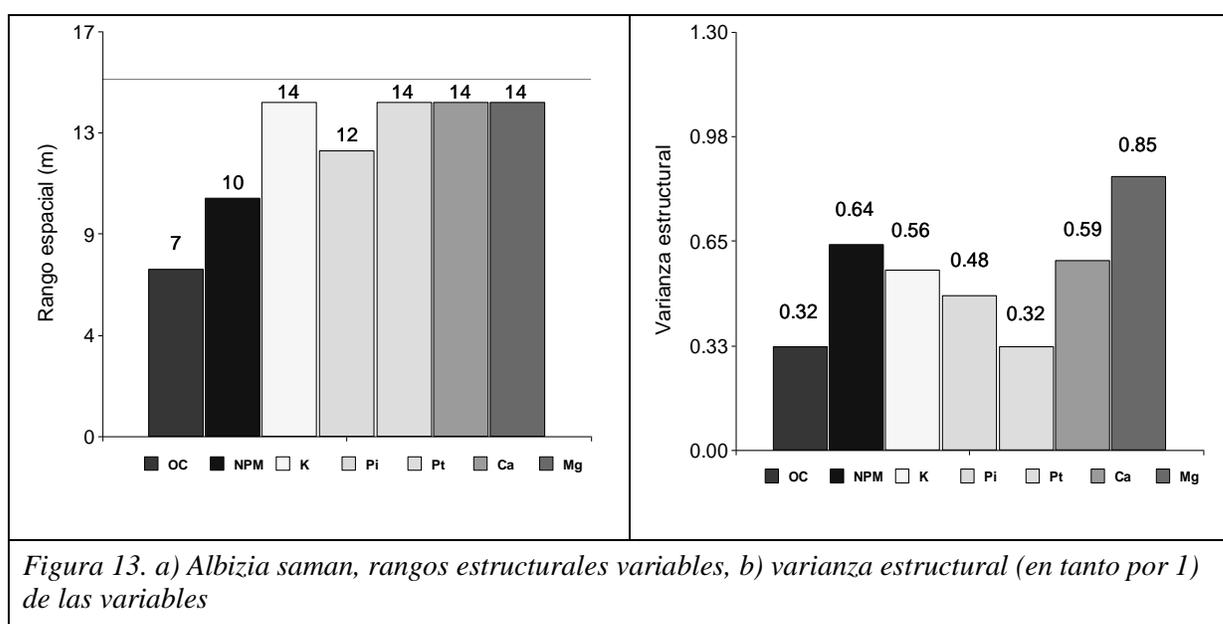
Estadístico	Esférico	OC	NPM	K	Pi	Pt	Ca	Mg	S
<i>Guazuma ulmifolia</i>									
<b>Nugget</b>	<b>Co</b>	31	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00
<b>Varianza</b>	<b>C</b>	3816	0.12	0.68	0.47	0.14	6.34	0.04	4.00
<b>Rango</b>	<b>Ao</b>	3800	2.17	15.41	14.72	14	2191	14.00	1453
<b>Sill</b>	<b>Sill</b>	3847	0.13	0.68	0.52	0.20	6.34	0.04	4.00
<b>Var Estre</b>	<b>C/(C+Co)</b>	0.99	0.92	1.00	0.90	0.71	1.00	0.94	1.00
<b>R2</b>		0.75	0.91	0.99	0.96	0.92	0.98	0.94	0.98
<i>Enterolobium Cyllocarpum</i>									
<b>Nugget</b>	<b>Co</b>	0.0	0.02	0.01	0.06	0.05	0.01	0.01	0.00
<b>Varianza</b>	<b>C</b>	27	0.02	0.05	9.35	0.05	0.01	0.01	0.00
<b>Rango</b>	<b>Ao</b>	2.6	13.4	3.5	3869.0	14.0	14.0	14.0	14.0
<b>Sill</b>	<b>Sill</b>	27.35	0.04	0.06	9.41	0.10	0.01	0.01	0.01
<b>Var.estruc</b>	<b>C/(C+Co)</b>	1.00	0.44	0.80	0.99	0.50	0.53	0.48	0.47
<b>R2</b>		0.89	0.78	0.89	0.52	0.74	0.75	0.80	0.26

Estadístico	Esférico	OC	NPM	K	Pi	Pt	Ca	Mg	S
<i>Albizia saman</i>									
Nugget	Co	20	0.08	0.04	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00
Varianza	C	9.57	0.14	0.06	0.08	0.02	0.00	0.02	0.01
Rango	Ao	7.08	9.84	14.00	12.12	14.00	14.00	14.00	14.00
Sill	Sill	29.62	0.22	0.10	0.17	0.06	0.01	0.02	0.01
Var.estruc	C/(C+Co)	0.32	0.64	0.56	0.48	0.32	0.59	0.85	0.68
R2	R2	0.57	0.96	0.94	0.93	0.45	0.82	0.98	0.84
<i>Tabebuia rosea</i>									
Nugget	Co	0.02	0.00	0.21	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
Varianza	C	0.03	0.07	0.28	0.04	0.01	3.17	0.02	0.30
Rango	Ao	3.1	2.4	9.7	5.4	3.1	1726.	14.0	14.0
Sill	Sill	0.05	0.07	0.49	0.07	0.03	3.18	0.03	0.30
Var.estruc	C/(C+Co)	0.63	1.00	0.58	0.60	0.50	1.00	0.82	0.99
R2		0.71	0.88	0.98	0.79	0.63	0.85	0.83	0.72



En *Enterolobium cyclocarpum* se observó que exclusivamente OC y K tienen los rangos más bajos, seguida del NPM. Mientras que para las otras variables (Pt, Ca, Mg) es superior llegando a los 14 metros, que representan el límite hasta donde se puede evaluar la semivarianza en la parcela en estudio (Figura 12) e incluso por su comportamiento lineal el Pi

presenta rangos extremadamente altos. Según esto, se podría indicar que existen factores a escala menor que la copa (16m) que están afectando espacialmente a OC y K. Mientras que la fluctuación de las otras variables se relacionaría con factores a una escala superior cercana a la copa y de Pi, por factores a escala mucho mayor. Por otra parte, el porcentaje de varianza estructural indicaría que existe una fuerte dependencia espacial a la escala muestreada para OC, Pi y K, mientras que para las otras variables existiría una variabilidad elevada a escalas inferiores a la muestreada (2 m), sin embargo estos resultados son dependientes de la fiabilidad del ajuste del modelo esférico para cada variable (Cuadro 36).



Para *Albizia saman*, OC, NPM y Pi tienen rangos menores, por lo cual su distribución espacial puede estar influenciada por la copa (15 m) (Figura 13). Sin embargo OC tiene un nugget alto por lo cual se estima que puede existir variabilidad a una escala menor que la muestreada posiblemente debido a factores fisicoquímicos relacionados con la litología o biológicos como la heterogeneidad del pasto o de la caída de la hojarasca entre otros. Mientras que el resto de nutrientes parecen ser indiferentes y afectados por una escala mayor a la evaluada en esta parcela. En tanto, la varianza estructural refleja una dependencia espacial alta principalmente para Mg, la cual decrece para las otras variables (MPN, Ca, K, Pi, OC y Pt) (Cuadro 36).

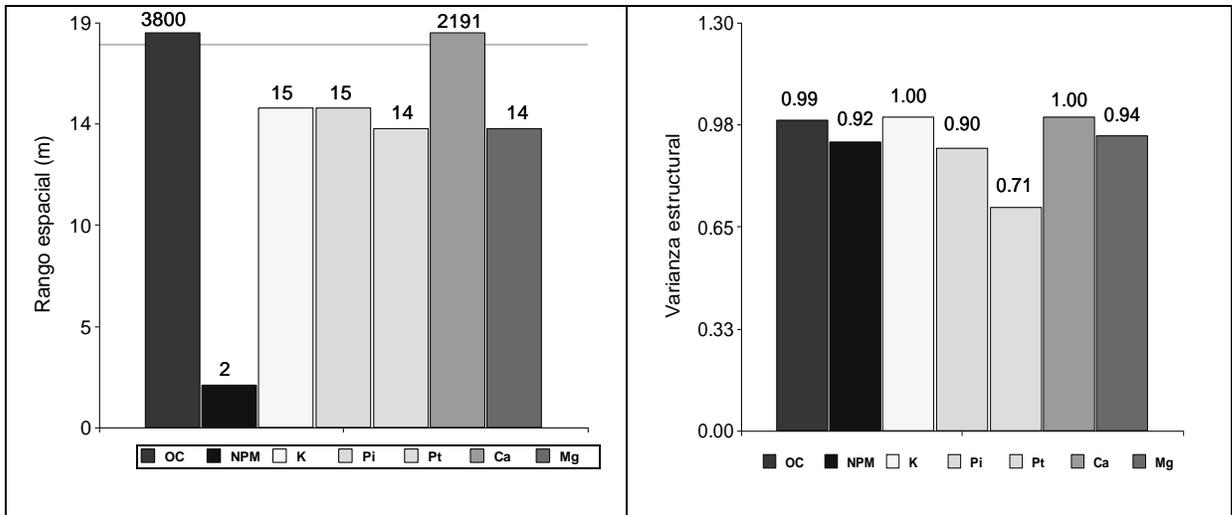


Figura 14. a) *Guazuma ulmifolia*, rangos estructurales variables, b) varianza estructural (en tanto por 1) de las variables

Para el caso de *Guazuma ulmifolia* (Figura 14) como se expresó en los semivariogramas; la variable que parece estar influenciada por una escala menor incluso a la presencia de copa (18m) es NPM por tener el menor rango (2m). Mientras que el resto de variables (K, Pi, Pt, Mg), tienen un componente espacial menor a la dimensión de la copa del árbol. Sin embargo, OC y Ca tienen rangos con comportamiento lineal y, específicamente OC tiene un nugget alto, indicando que puede existir variabilidad a una escala menor que la muestreada (Cuadro 36). No obstante, se debe analizar si hay alguna dependencia espacial anisotrópica como se verá más adelante. Por otro lado, se encontró que la varianza estructural es alta en todos los elementos, indicando que hay una dependencia espacial alta en todas las variables edáficas.

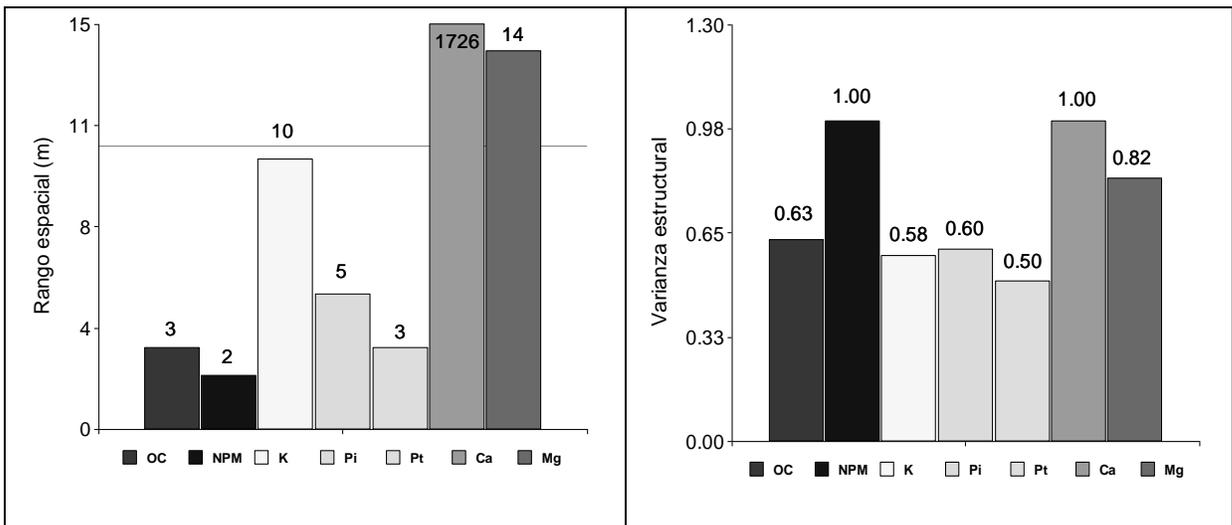


Figura 15. a) *Tabebuia rosea*, rangos estructurales, b) varianza estructural (en tanto por 1) variables

En *Tabebuia rosea*, se observa que variables como OC, NPM, Pi y Pt parecen estar influenciadas espacialmente por algún factor con una variación espacial menor a la del árbol, mientras que el K si tiene su rango cerca al diámetro de copa (10 m) a diferencia de Ca y Mg, que parecen ser influenciadas por factores a una escala espacial mayor posiblemente por la constitución natural del suelo (Figura 15). Por otra parte, NPM y Ca tienen una varianza estructural alta lo que se interpreta como mayor dependencia a la escala muestreada (2m), la cual disminuye para las otras variables y específicamente para K muestra un nugget alto indicando existe varianza que aun no es explicada por el modelo.

En resumen, se encontró gran variabilidad dependiendo de la especie, ya que en general las variables que parecen estar afectadas espacialmente a menor escala que el efecto árbol (OC, K, NPM, Pi, Pt), otras que si están muy cerca del diámetro de copa de los árboles (NPM, Pi, Pt, K, Ca, Mg) y otras que tienen rangos afectados por una escala superior de comportamiento lineal (Pi, OC, Ca) demostrando una gran variabilidad sin un patrón claro sobre el comportamiento espacial de los diferentes nutrientes para las cuatro especies, al estar en ocasiones interpretados como respuesta de factores pequeños, como efecto del árbol y en otros como variabilidad mucho mayor al árbol. Por lo cual se estima que solo viendo la distribución de las concentraciones reales de los nutrientes en la parcela y realizando una interpolación se puede interpretar mejor si hay efecto árbol o no lo hay.

#### **3.2.3.4 Kriging**

Es una técnica de interpolación que se basa en los semivariogramas indica la capacidad predictora que tiene cada punto en función de la distancia que lo separa con otro punto, prediciendo el comportamiento de una variable en el espacio (Gallardo 2006). Como resultado se obtiene un mapa con los valores interpolados de cada variable donde toda el área muestreada es referenciada por coordenadas Este (X,0; Y,0); Oeste (X,24 ; Y,24); Sur (X,0 ; Y,24) y, Norte (X,24 ; Y,0), como se muestra a continuación (Figuras 16, 17, 18 y 19).

Asimismo, se estudiaron los resultados puntuales en cada árbol, para cada variable por medio de los gráficos de distribución representando en un gradiente de puntos y colores las concentraciones según los intervalos entre percentiles (mínimo, 25%, 50% 75% y máximo) ver anexos 11, 12, 13 y 14.

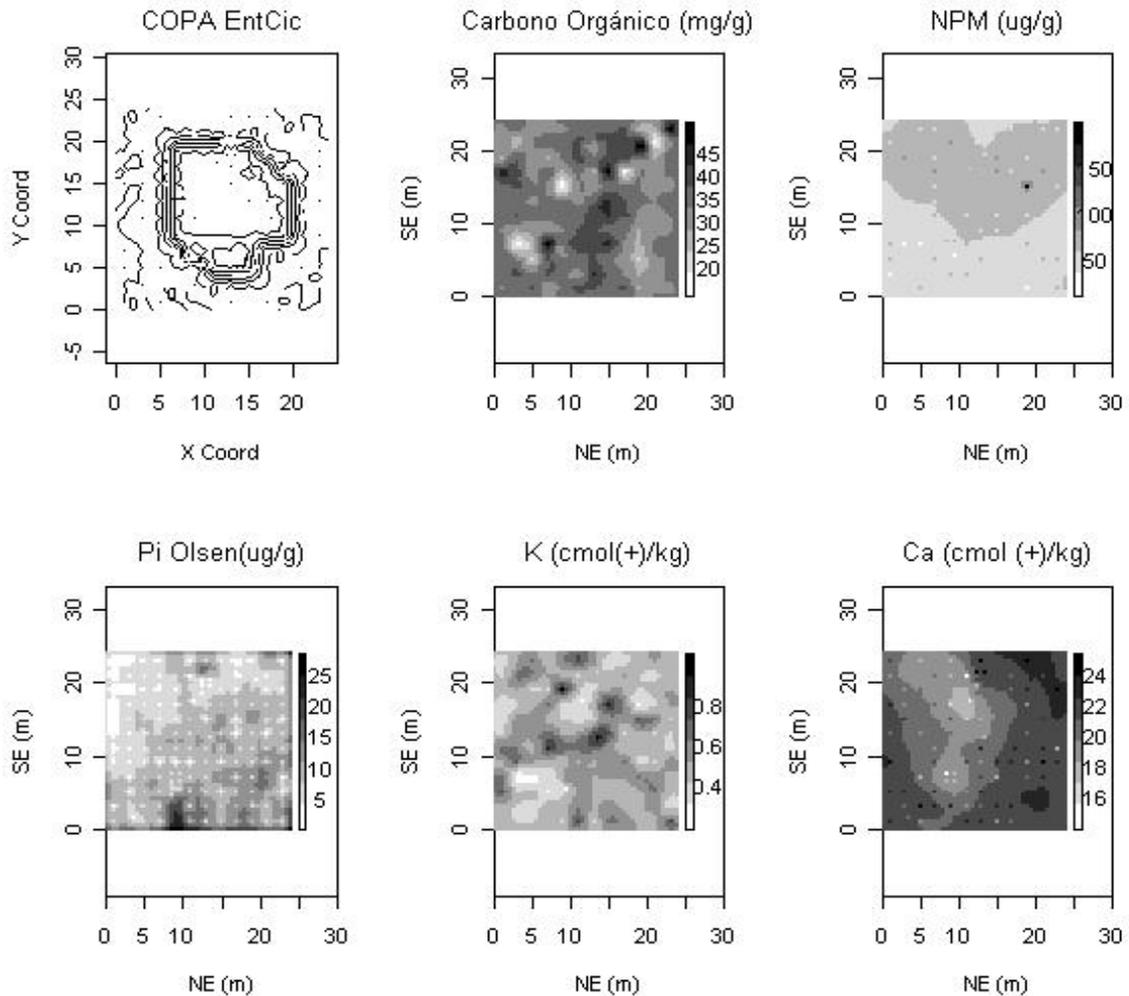


Figura 16. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de *Enterolobium cyclocarpum*

Observando la distribución espacial del OC, NPM, K y Ca en *Enterolobium cyclocarpum* (Figura 16) sobre el área de muestreo se puede mencionar que las concentraciones más elevadas no están claramente ligadas a los puntos de muestreo realizados bajo la copa. Aunque una parte de altas concentraciones de OC y K se observan bajo el área de influencia de la copa. Se observa también que el Ca presenta una distribución periférica y el Pi tiene una concentración mayor hacia el NE. Asimismo, tampoco se encuentra una clara relación entre la distribución de nutrientes y el patrón de distribución de la hojarasca, que según Sandoval (2006) debería situarse hacia el Sur Oeste, por la influencia del viento dominante procedente del Noreste.

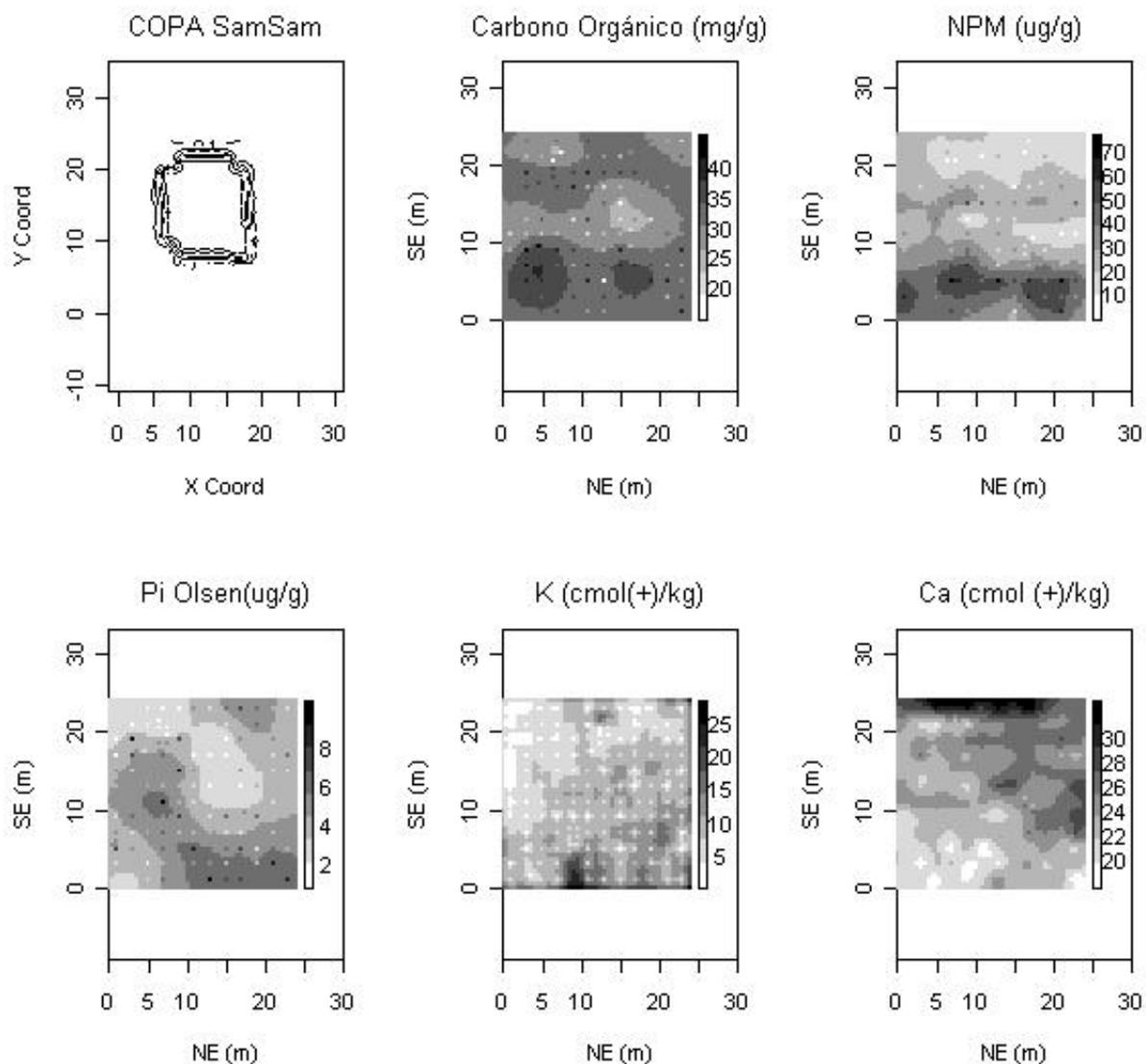


Figura 17. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de *Albizia saman*

En *Albizia saman* se observó que las mayores concentraciones de OC, NPM y Pi están ubicadas principalmente hacia el NE y fuera de la influencia cercana de la copa (Figura 17), aunque una parte de las altas concentraciones de Pi, se observan bajo influencia de la copa. Igualmente el K parece tener una distribución de sus mayores concentraciones fuera de la copa. Mientras que el Ca esta completamente dividido en el espacio teniendo sus mayores concentraciones de entre el SO y SE.

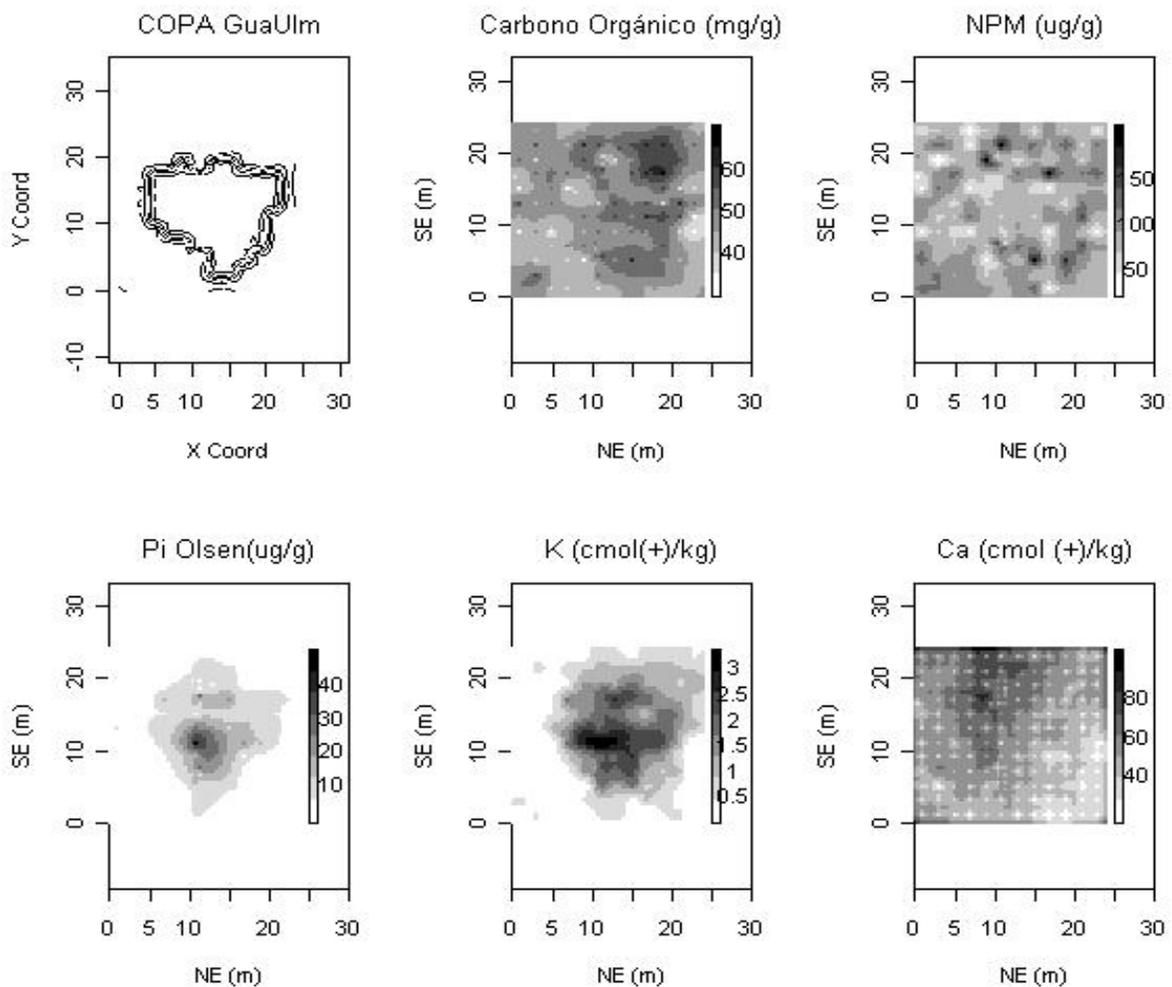


Figura 18. Krigin para OC, NPM, Pi, K y Ca de *Guazuma ulmifolia*

*Guazuma ulmifolia* por el contrario, parece seguir el patrón de distribución de hojarasca reportado por Sandoval (2006), ya que las mayores concentraciones de OC se observan hacia el SO y SE de la parcela aunque no en su mayor expresión bajo la copa del árbol, posiblemente debido a la acumulación de hojarasca mayor fuera de la copa hacia esta dirección (Figura 18). Asimismo, la representación de distribución refleja acumulaciones mayores en el SO para Ca y sin un patrón claro para NPM. A diferencia de Pi y K donde si se observa un claro efecto al representarse las mayores concentraciones exactamente en los cuadrantes influenciados por la copa del guácimo. Resultados que coinciden con lo encontrado en los muestreos extensivos de este mismo estudio, teniendo la mayor concentración de K para *Guazuma ulmifolia* y diferencias significativas en Pi, ambos a favor de los muestreos bajo copa.

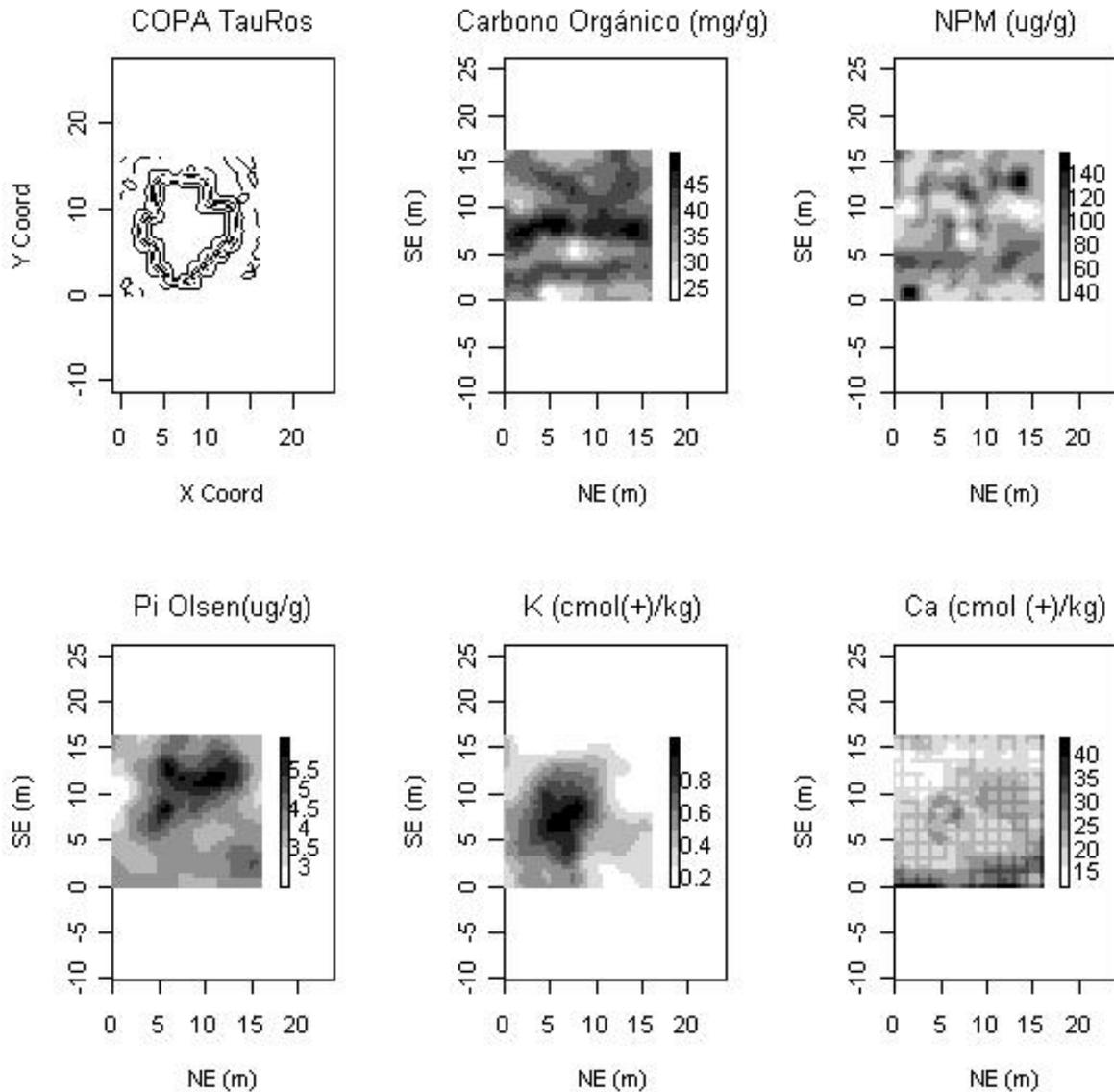


Figura 19. Kriging para OC, NPM, Pi, K y Ca de *Tabebuia rosea*

En *Tabebuia rosea* la distribución de los nutrientes en el kriging demuestra influencia de la copa sobre OC, Pi y K y una gran heterogeneidad espacial para NPM al no tener las mayores concentraciones bajo un patrón determinado. En tanto, el Ca parece estar mostrando un patrón distinto al tener las mayores concentraciones hacia el NE (Figura 19).

Por tanto en general en los mapas de interpolación (kriging) se destaca cierta influencia por especie a tener mayores concentraciones de nutrientes bajo la copa de la siguiente manera: Para *Enterolobium cyclocarpum* OC y K; *Albizia saman* posiblemente OC y Pi, *Guazuma*

*ulmifolia* OC, fósforo inorgánico (Pi) y Potasio (K) y para *Tabebuia rosea* OC, Fósforo inorgánico (Pi) y Potasio (K). Más no se observan efectos a aumentar la concentración de NPM y Ca, bajo la copa de los árboles, si no que por el contrario presentan poco o nulo efecto, aumentando incluso a veces su concentración hacia los bordes de las parcelas, lo que se puede atribuir a un posible efecto de la constitución natural del suelo.

### 3.2.3.5 Semivariogramas anisotrópicos

Estos semivariogramas se realizaron con el fin de observar más al detalle las tendencias de variación a distintas direcciones en el espacio (anisotropías), ya que según los kriging se observan algunas orientaciones mas favorecidas que otras y que los anteriores *semivariogramas empíricos* (omnidireccionales) no indicaban por que en ellos se asumió que la variación del valor de las variables con respecto al espacio es igual en todas las direcciones, es decir que la variable tiene un comportamiento isotrópico.

Para este análisis de la semivarianza se restringieron los pares de datos a comparar según distintas orientaciones en el espacio ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  relativas de acuerdo a una esfera situada en el centro de la parcela, donde la orientación  $0^\circ$  correspondiente al eje NE-SO,  $90^\circ$  al eje NO-SE,  $45^\circ$  al eje E-O y  $135^\circ$  al eje N-S en cualquier sentido del vector, con un ángulo de tolerancia de  $22^\circ$  de manera tal que todos los puntos de la parcela fueran analizados). La existencia de anisotropía indicaría la existencia de un gradiente en una determinada dirección (en ambos sentidos) pero no indica si la variable aumenta o disminuye en ese sentido. Cabe tener en cuenta que al restringir las orientaciones, el número de pares a comparar se reduce a una cuarta parte del total y, por tanto, los ajustes empeoran.

Se realizaron por tanto, semivariogramas anisotrópicos para variables que se considero podrían presentar un comportamiento anisotrópico en cada especie (Figura 20, 21, 22, 23).

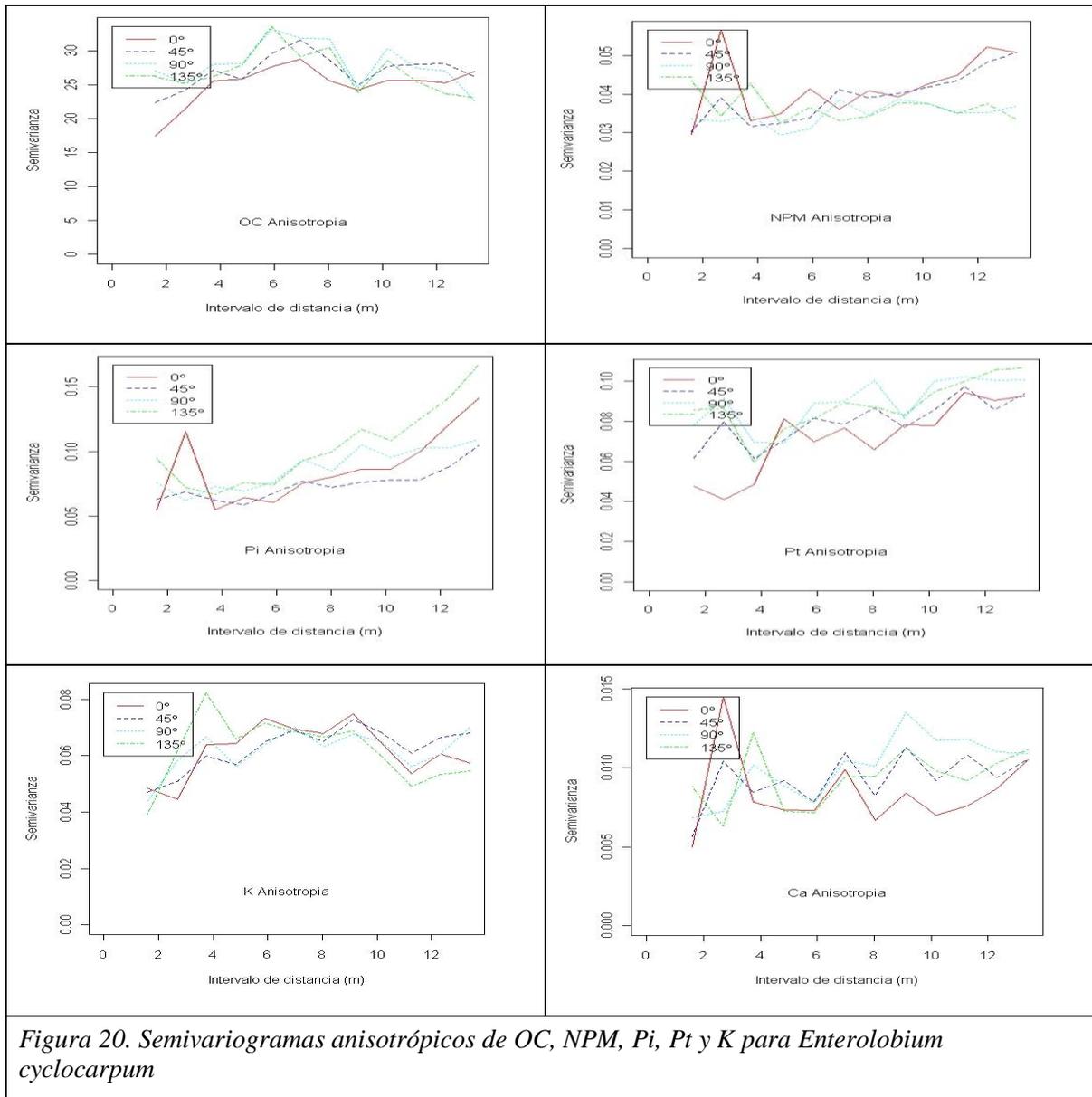


Figura 20. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt y K para *Enterolobium cyclocarpum*

Para *Enterolobium cyclocarpum* se encontró que las variables OC, Pt, K y Ca presentan un comportamiento isotrópico (igual en todas las direcciones) mientras que NPM y Pi y en menor medida Pt, presentaban anisotropía a escalas mayores de 9 metros según dos grupos de direcciones (Figura 20). Así para el NPM la varianza aumenta para las direcciones relativas de la parcela 0° y 45° (direcciones NE-SO y E-O) y parece mantenerse más estable para direcciones relativas de 90° y 135° (direcciones NO-SE y N-S) mientras que para el Pi, se observa diferencia de mayor varianza en dirección 135° y 0° (N-S y NE-SO) y menor a 90° y 45° (NO-SE y E-O).

Estos resultados sugieren que para NPM y Pi tienen en común una dirección (NE a SO) y un factor espacial que las afectando a tener mayor semivarianza o inestabilidad a mayor escala. Mientras que para OC, K, Pt y Ca no se observa ningún patrón claro, ni difieren según la orientación.

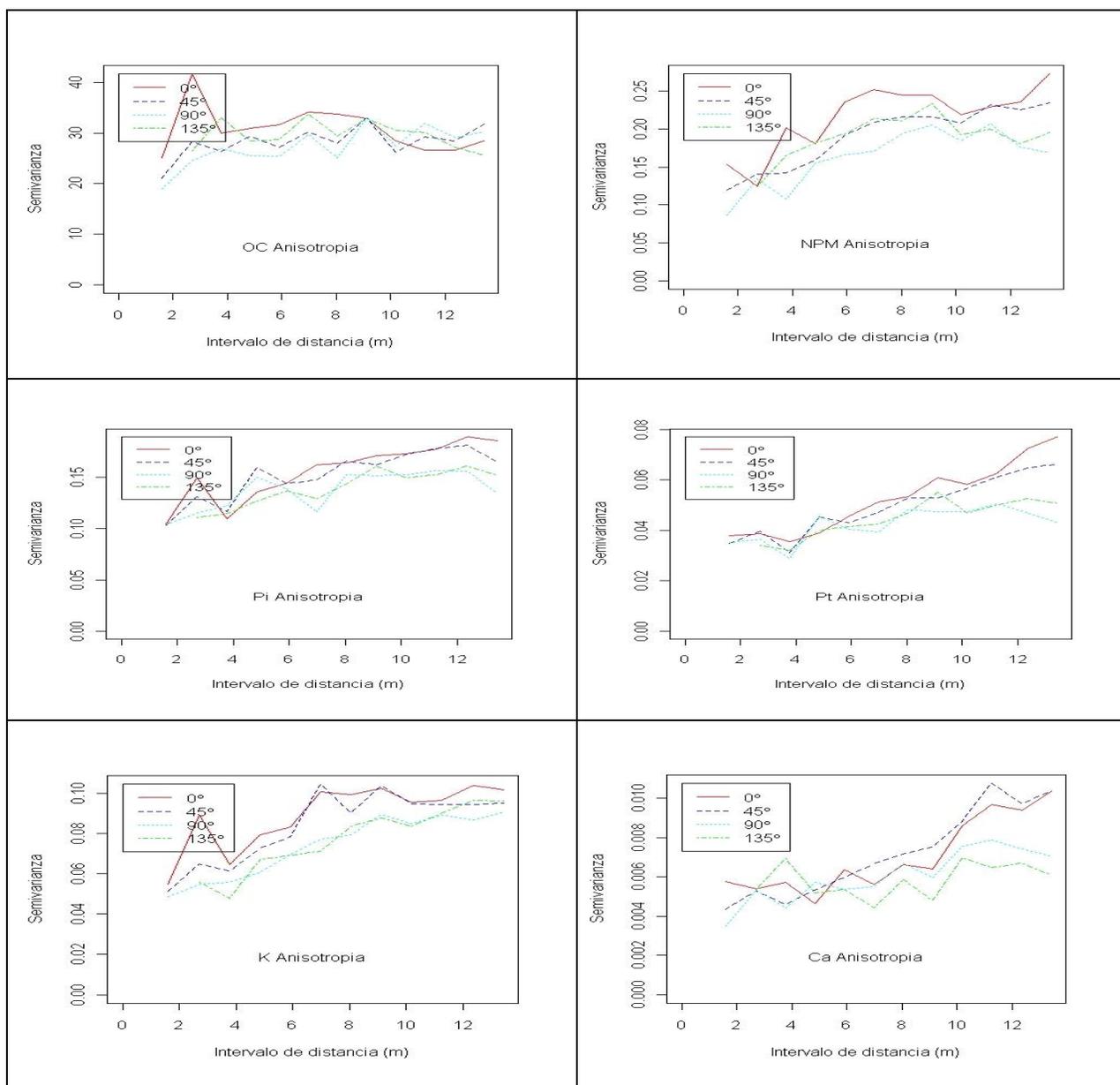


Figura 21. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt K y Ca para *Albizia saman*

Los análisis anisotrópicos en *Albizia saman* indican que las variables OC, Pi y K presentan una distribución isotrópica con algunas variantes a los cero grados a un intervalo de 3 metros. Mientras que para NPM, Pt y Ca parece existir anisotropía según dos patrones a 0° y

45° (direcciones NE-SO y E-O) con semivarianza mayor tendiendo a estabilizarse a distancias superiores y otro patrón a 90° y 135° (direcciones NO-SE y N-S) que tienen a estabilizarse a distancias más cortas, por tanto NPM, Pt y Ca pareciera que son más estables en esta orientación y dependen de factores a menor escala (Figura 21).

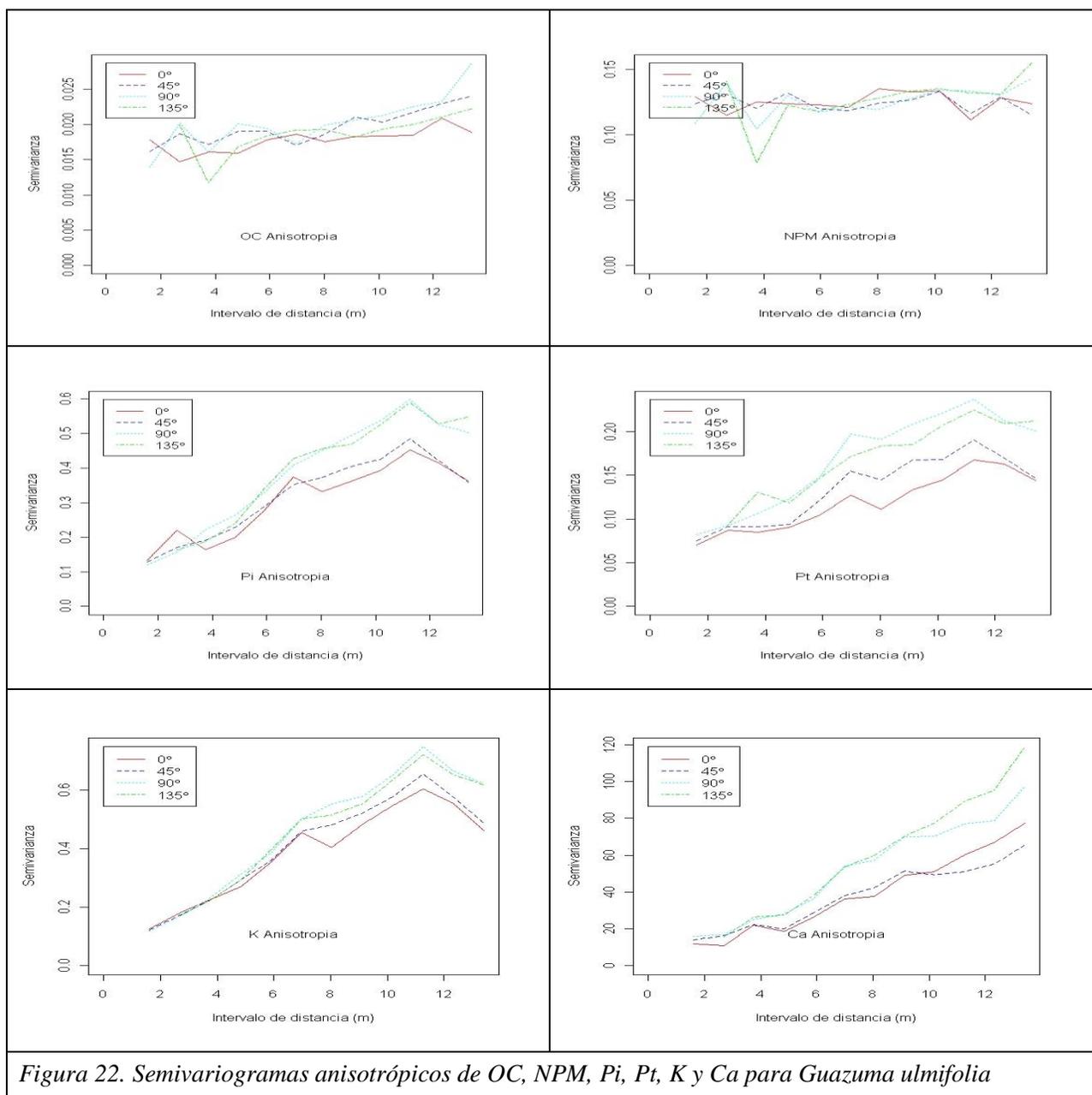


Figura 22. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt, K y Ca para *Guazuma ulmifolia*

Los variogramas anisotrópicos de *Guazuma ulmifolia* muestran que OC y NPM son principalmente isotrópicos. Mientras que para Pi, Pt, K y Ca parece existir anisotropía a partir de los 5-6 metros que se divide en dos patrones a 0°-45° (direcciones NE-SO y E-O) con

menor semivarianza y a 90°-135° (direcciones NO-SE y N-S) que muestran un gradiente más elevado sin rango definido a esta orientación causal de factores espaciales mayores (Figura 22).

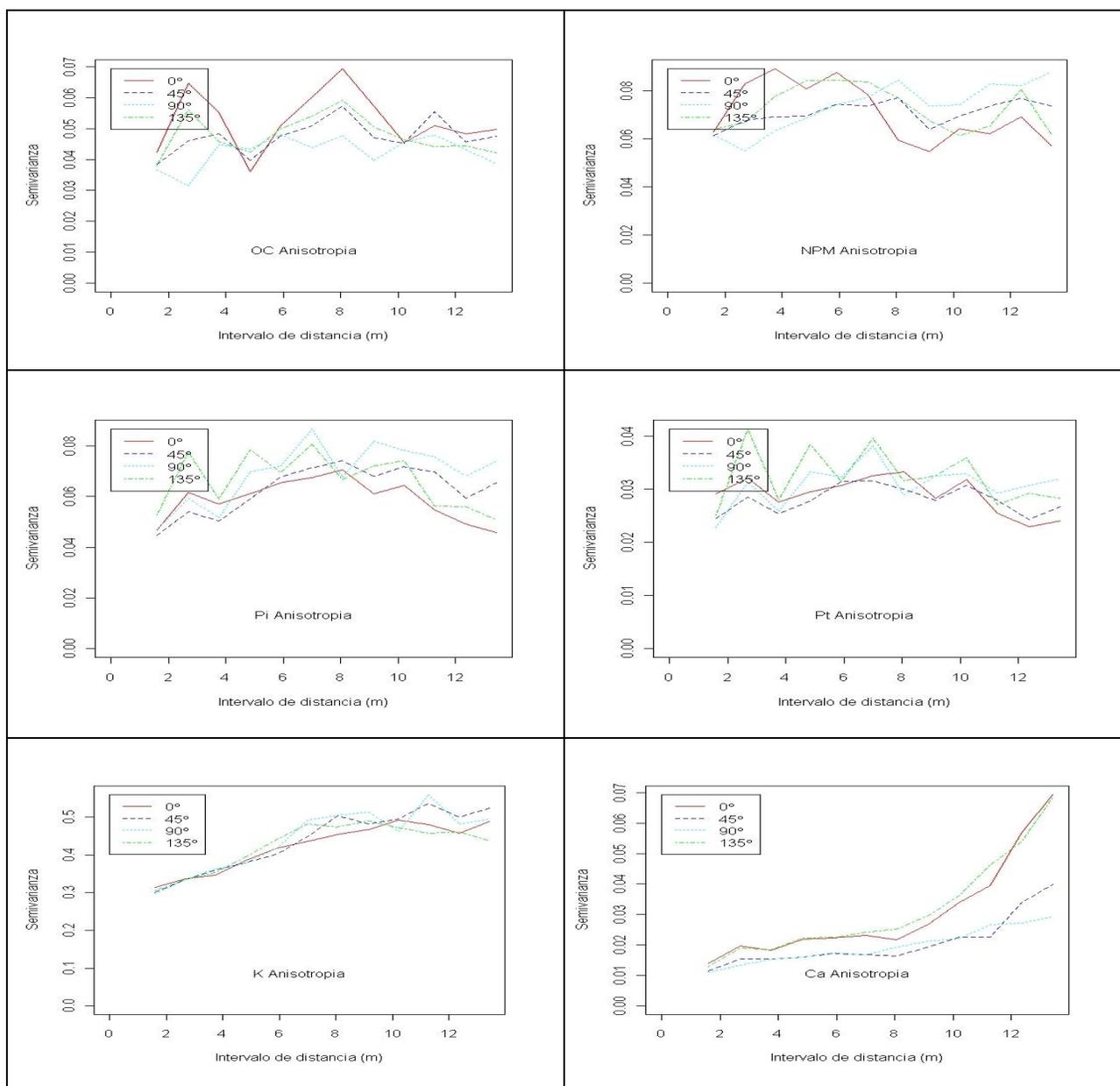


Figura 23. Semivariogramas anisotrópicos de OC, NPM, Pi, Pt, K y Ca para *Tabebuia rosea*

En general, todas las variables estudiadas para *Tabebuia rosea* muestran un comportamiento isotrópico excepto para el Ca, que, a partir de los 9 m presenta una diferenciación en dos grupos: en dirección 0° y 135°, (NE-SO y N-S) donde aumenta la

semivarianza indicando la posible existencia de un gradiente a escala superior y mas estable en dirección 45° y 90° (E-O y NO-SE), (Figura 23).

En resumen, el C orgánico y el K presentan, en general, un carácter isotrópico mientras que el resto de variables presentan cierta anisotropía en función de las distintas orientaciones (Cuadro 37). Esto conjuntamente con los mapas obtenidos con el kriging sugiere un efecto predominante de la proyección de la copa en la distribución de estos elementos. Para otros nutrientes, en *Enterolobium cyclocarpum* (NPM y Pi) y *Albizia saman* (NPM, Pt y Ca), existiría un mayor gradiente de varianza paralelo a la dirección 0°- 45° (NE-SO y E-O); mientras que para *Guazuma ulmifolia* (Pi, Pt, K y Ca) existiría pero en dirección aproximadamente perpendicular de 90°-135° (direcciones NO-SE y N-S). Mientras que en *Tabebuia rosea*, sólo se observa anisotropía en el Ca en dirección 0° y 135°, (NE-SO y N-S).

*Cuadro 37. Anisotropía de las distintas variables edáficas para cada especie de árbol. Se indican las direcciones con un gradiente mayor (mayor semivarianza) ó isotrópico*

<b>Variables/Especie</b>	<b>EntCic</b>	<b>AlbSam</b>	<b>GuaUlm</b>	<b>TauRos</b>
OC	Isotrópico	isotrópico	isotrópico	isotrópico
NPM	NE-SO y E-O	NE-SO y E-O	isotrópico	isotrópico
Pi	N-S y NE-SO	isotrópico	NO-SE y N-S	isotrópico
Pt	Isotrópico	NE-SO y E-O	NO-SE y N-S	isotrópico
K	Isotrópico	isotrópico	NO-SE y N-S	isotrópico
Ca	Isotrópico	NE-SO y E-O	NO-SE y N-S	NE-SO y N-S

### **3.2.3.6 Variogramas cruzados**

Para aprovechar la información espacial que contienen otras variables que pueden covariar entre ellas, se realizó semivariogramas donde la varianza representada no es entre puntos de la misma variable sino de una variable con respecto a otra (excepto en el primer gráfico de cada columna donde se muestra el semivariograma de cada variable). Se representa así los semivariogramas de cada variable en la parte superior de las columnas y los cruzados en los niveles inferiores (Figuras 24, 25, 26, 27). Sin embargo se debe tener en cuenta que la información que tiene una variable sobre otra es siempre menor que la que tiene sobre si misma.

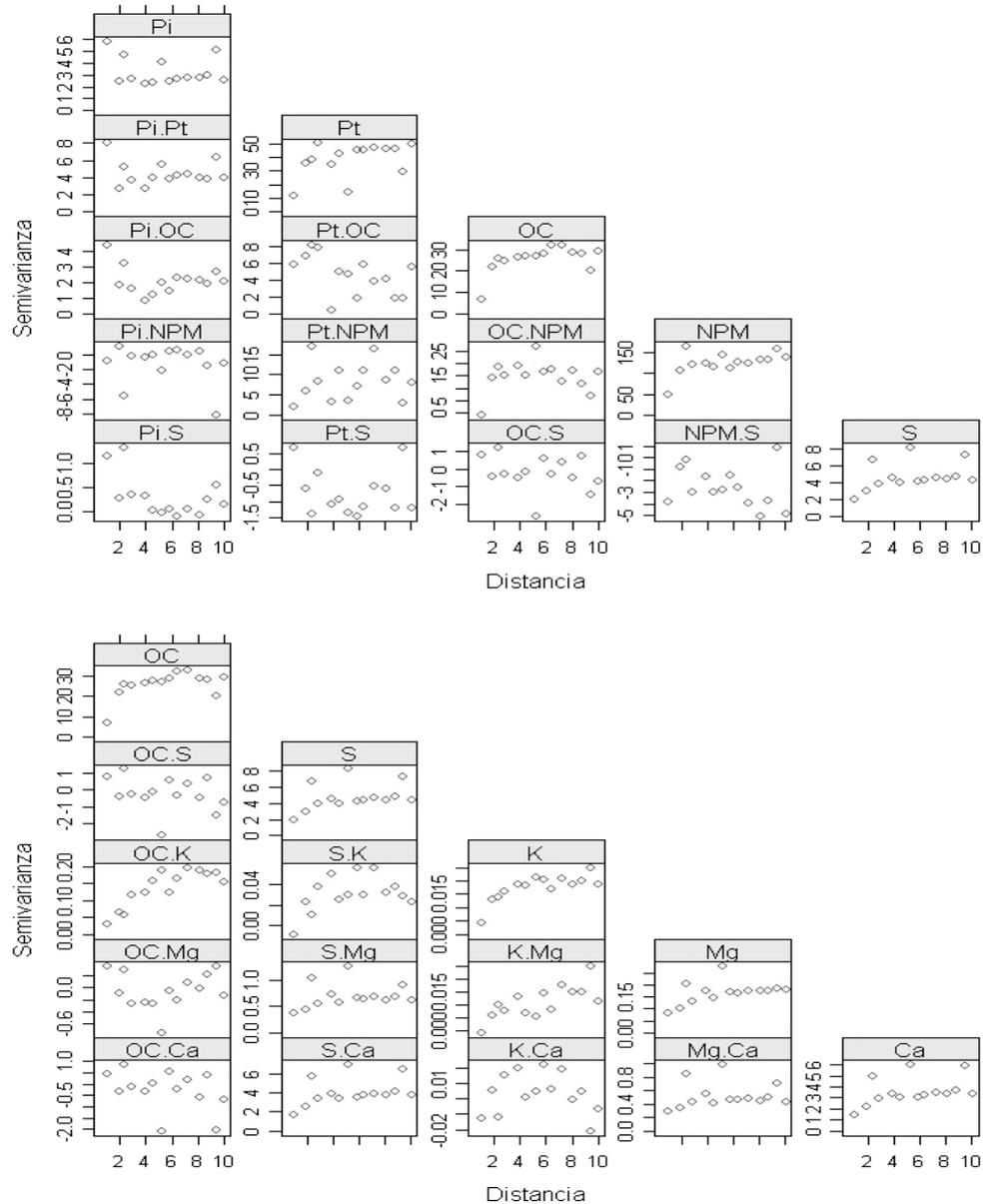


Figura 24. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en *Enterolobium cyclocarpum*

En los semivariogramas cruzados de guanacaste, *Enterolobium cyclocarpum*, se observa una independencia espacial en casi la totalidad de las variables, indicando que la presencia de un nutriente poco afecta la varianza de otro, excepto para el OC vs NPM y el OC vs K (Figura 24) donde se observa una tendencia de semivarianza parecida, lo que se interpreta como nutrientes que están afectados espacialmente por un mismo factor, posiblemente la presencia del árbol. Asimismo, como era previsible se observa una relación

entre Mg y Ca o entre la suma de bases (S) y el Ca o el Mg. En cambio no existe una relación clara entre el C orgánico y la suma de bases o el Ca o el Mg.

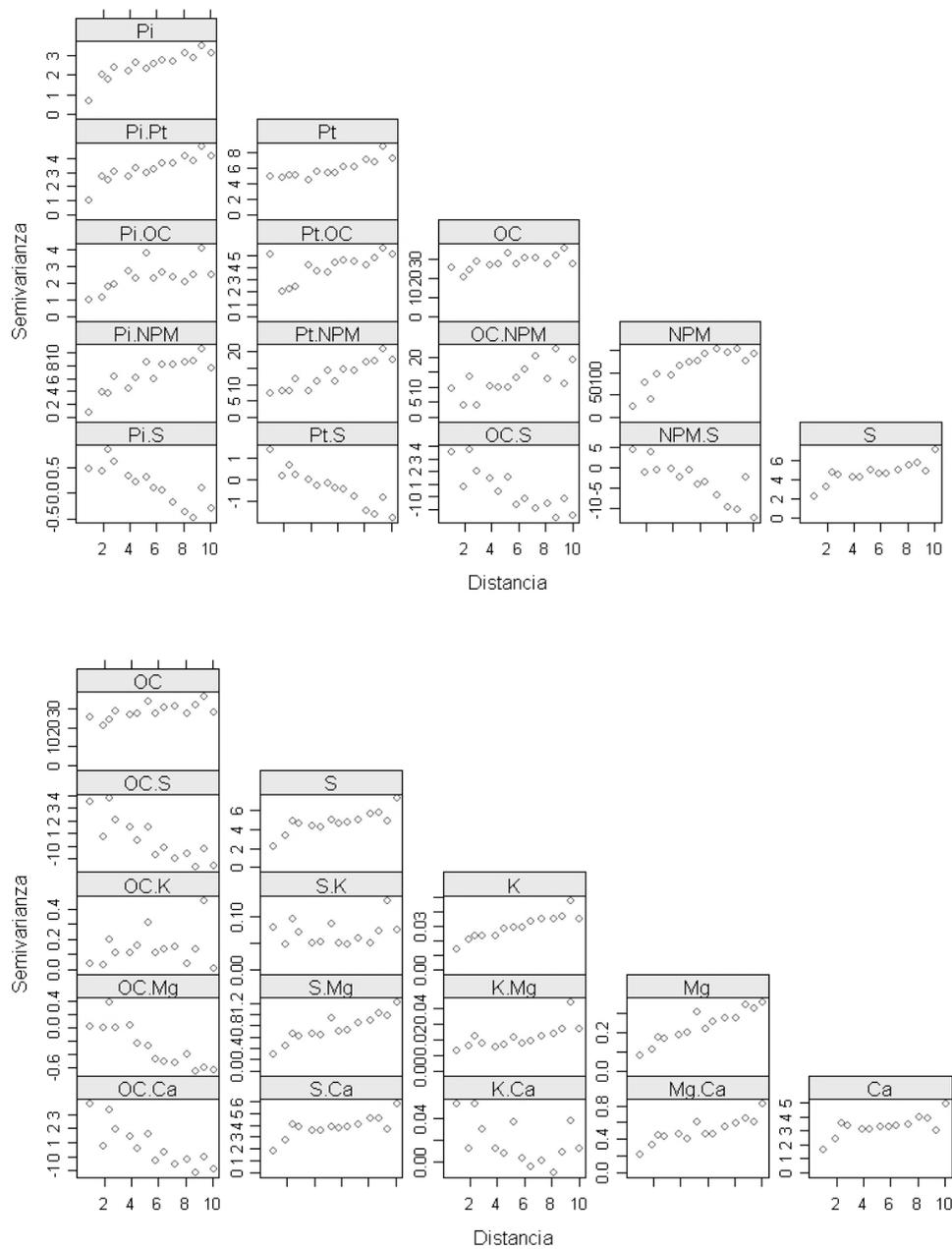


Figura 25. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en *Albizia saman*

En *Albizia saman*, se observa una fuerte relación entre el fósforo inorgánico y fósforo total y que estos a su vez pueden estar afectados espacialmente por el mismo factor de distribución de OC y NPM. Por lo cual, posiblemente, aumentos y la distribución de OC en la parcela afecten la semivarianza de Pi, Pt y NPM. No obstante, la falta de correlación espacial

entre OC y la suma de bases sugiere que los mecanismos de distribución pueden ser completamente distintos, quizás ligados a abundancia natural de bases en el suelo. Por otra parte, también se observó una clara relación entre Mg y Ca o entre la suma de bases (S) y el Ca o el Mg (Figura 25).

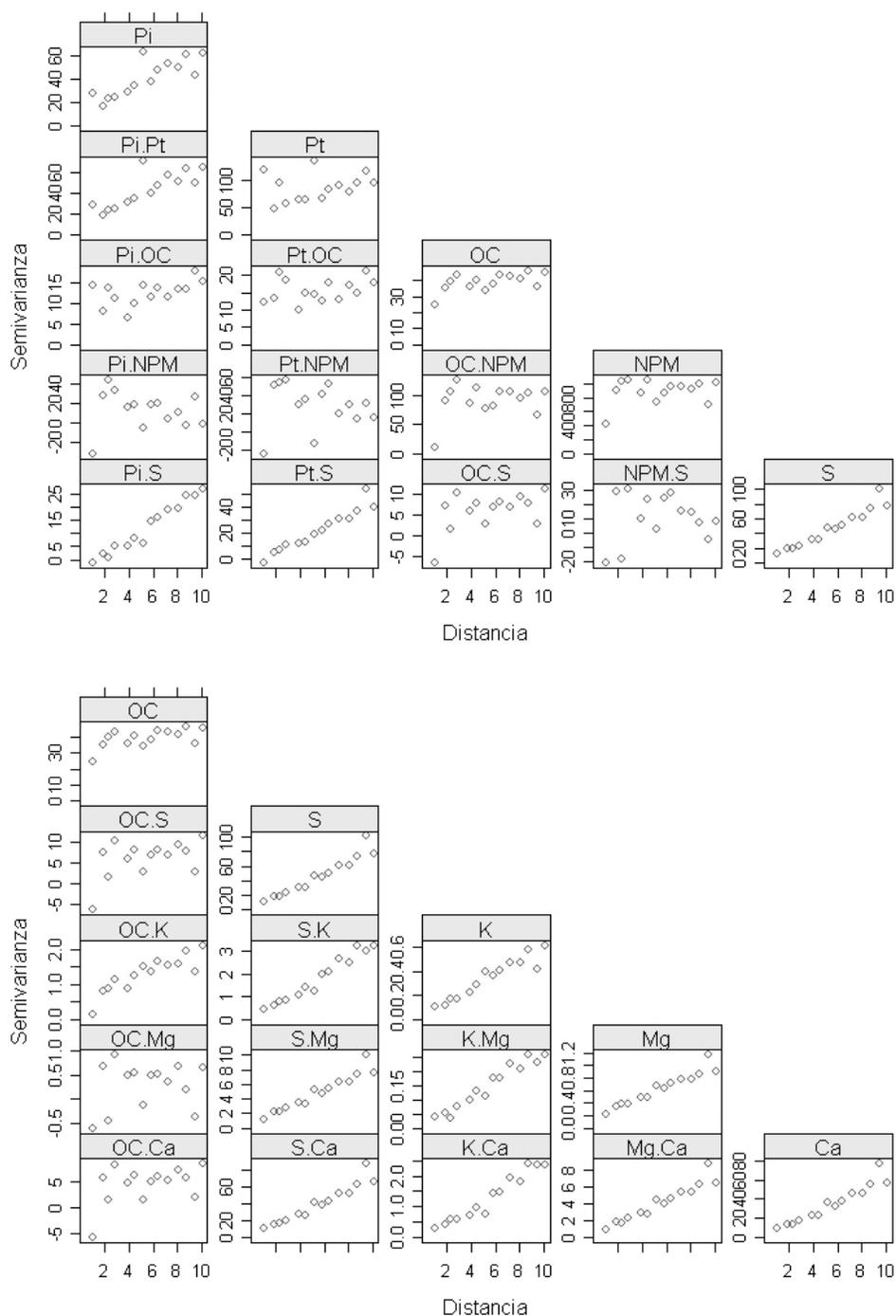


Figura 26. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en *Guazuma ulmifolia*.

Los semivariogramas cruzados de *Guazuma ulmifolia* generaron relaciones entre fósforo inorgánico y orgánico y estos a su vez con la suma de bases (Figura 26). Asimismo, se observa una correlación fuerte entre todas las bases y K, indicando que su distribución espacial depende posiblemente de un factor en común como el tipo de suelo.

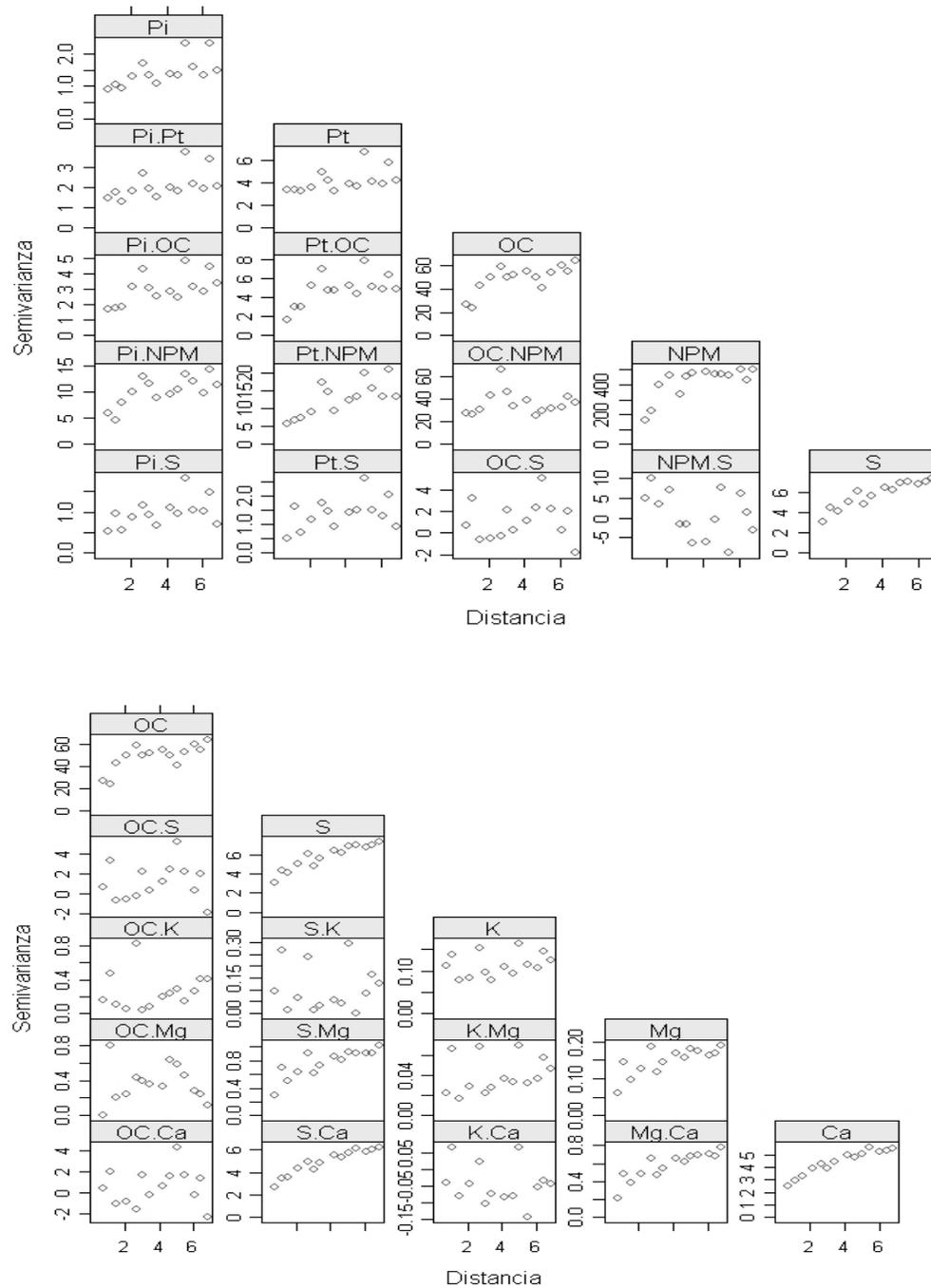


Figura 27. Semivariogramas cruzados entre las variables edáficas evaluadas en *Tabebuia rosea*

No se observa una relación clara entre los semivariogramas de las diferentes variables edáficas para *Tabebuia rosea* (Figura 27). Se observan tendencias entre fósforo inorgánico y NPM, además de la ya reportada correlación que existe entre Mg y Ca y la suma de bases (S). Por tanto se puede interpretar como variabilidad espacial diferente entre todos los nutrientes, donde el patrón de distribución estaría dependiendo de factores diversos en la parcela, ya sea de tipo biológico como geoquímico, sin poder diferenciar los efectos exclusivos que genera la presencia del árbol.

En resumen general, en todos los árboles existe una buena correlación espacial entre C orgánico y NPM; y entre K y Mg o Ca. Además una buena correlación espacial entre las bases Ca y Mg (Cuadro 38). Esto podría indicar una relación causa-efecto en el NPM: mayor mineralización potencial de N en zonas con mayor contenido de C orgánico; mientras que la falta de correlación espacial entre el C orgánico y las bases o el fósforo sugiere la existencia de procesos independientes.

*Cuadro 38. Correlaciones espaciales entre las distintas variables de suelo para cada especie de árbol según los correlogramas cruzados.*

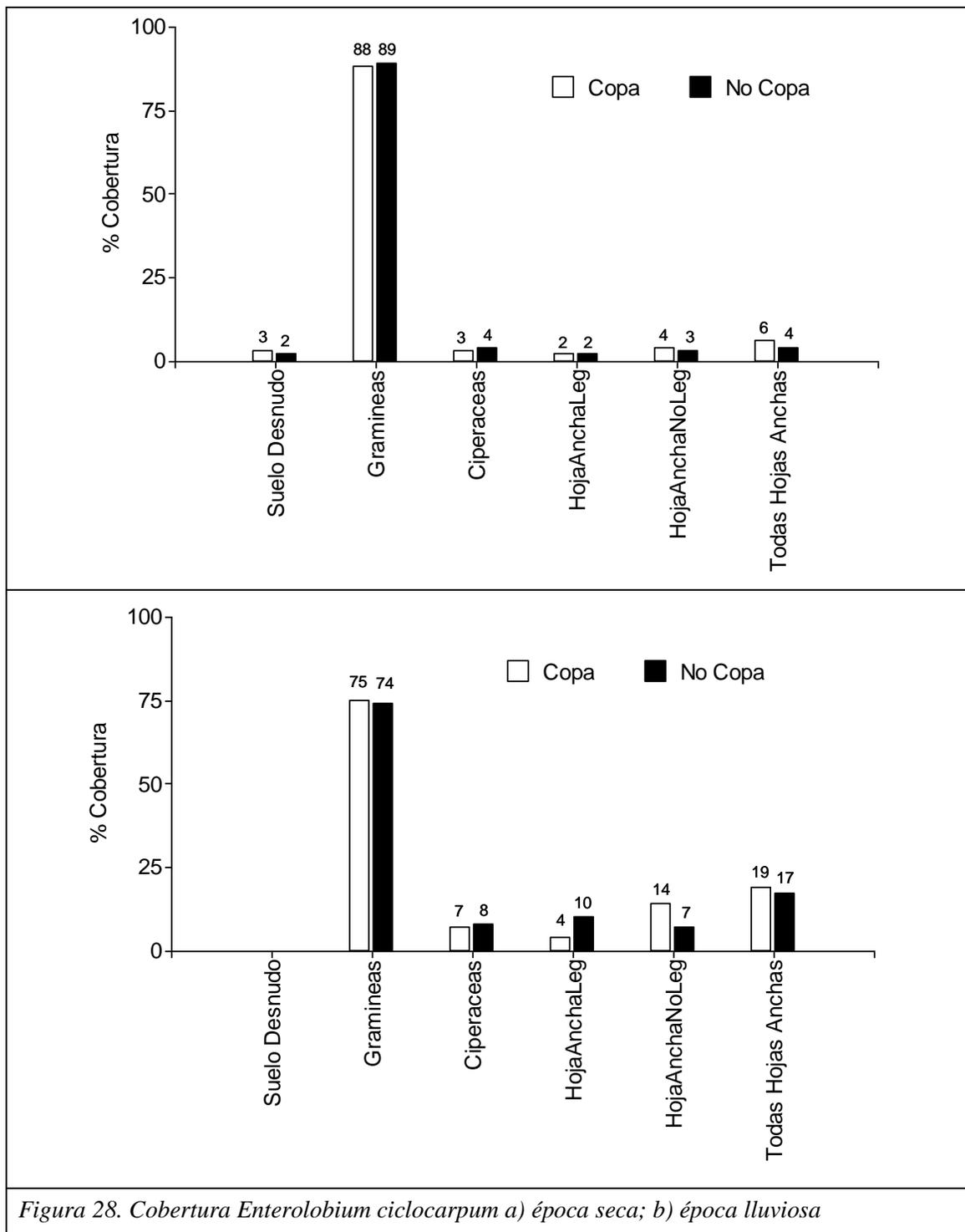
<b>Variables/Especies</b>	<b>EntCic</b>	<b>AlbSam</b>	<b>GuaUlm</b>	<b>TauRos</b>
<b>OC vs NPM</b>	x	x	x	n.p
<b>Pi vs Pt</b>	n.p	x	x	n.p
<b>OC vs K</b>	x	n.p	x	n.p
<b>OC vs Pi</b>	n.p	x	n.p	x
<b>NPM vs Pi</b>	n.p	x	n.p	x
<b>K vs Mg o Ca</b>	x	x	x	n.p
<b>Mg vs Ca</b>	x	x	x	x

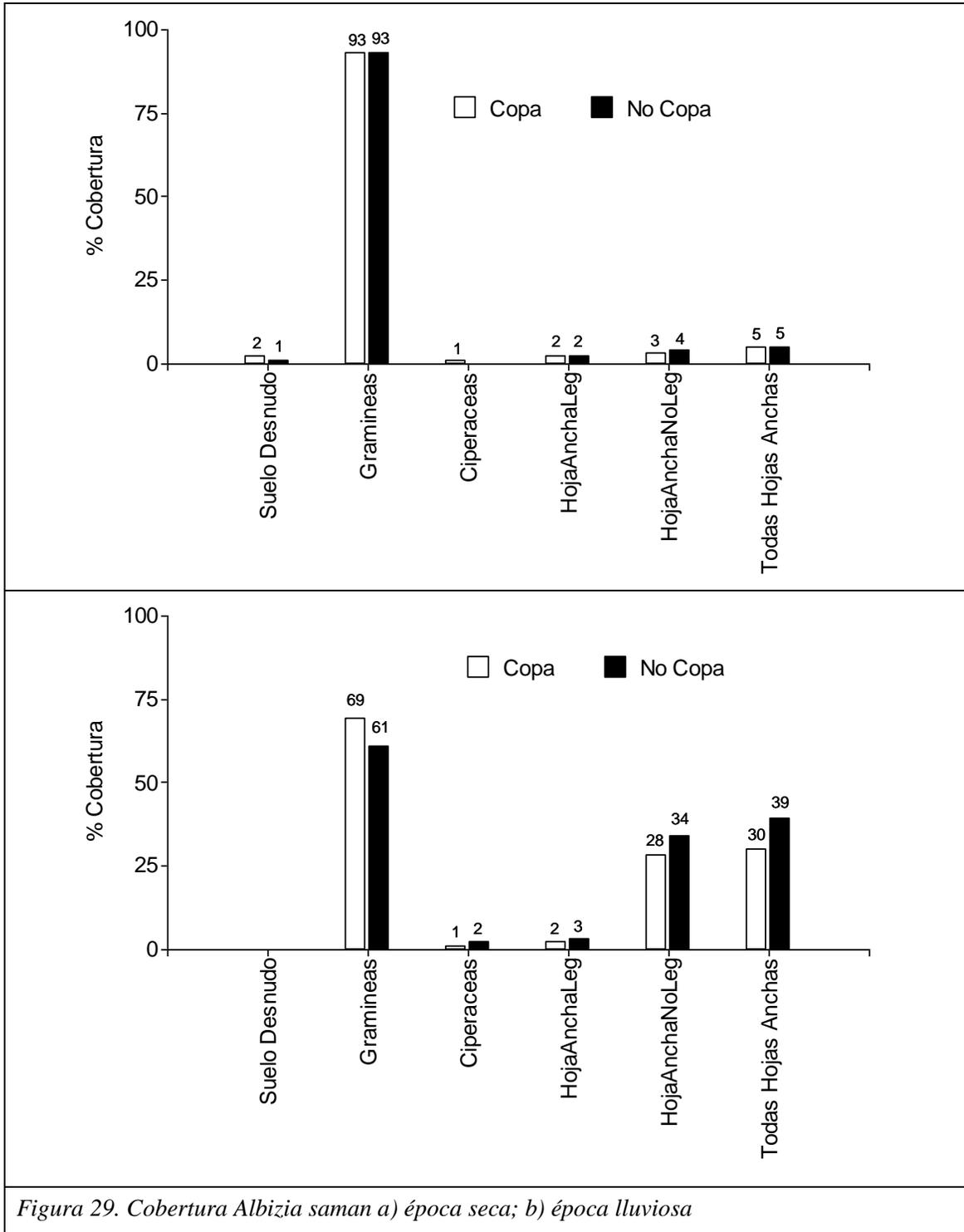
x: presencia de correlación espacial y n.p: no presencia de correlación.

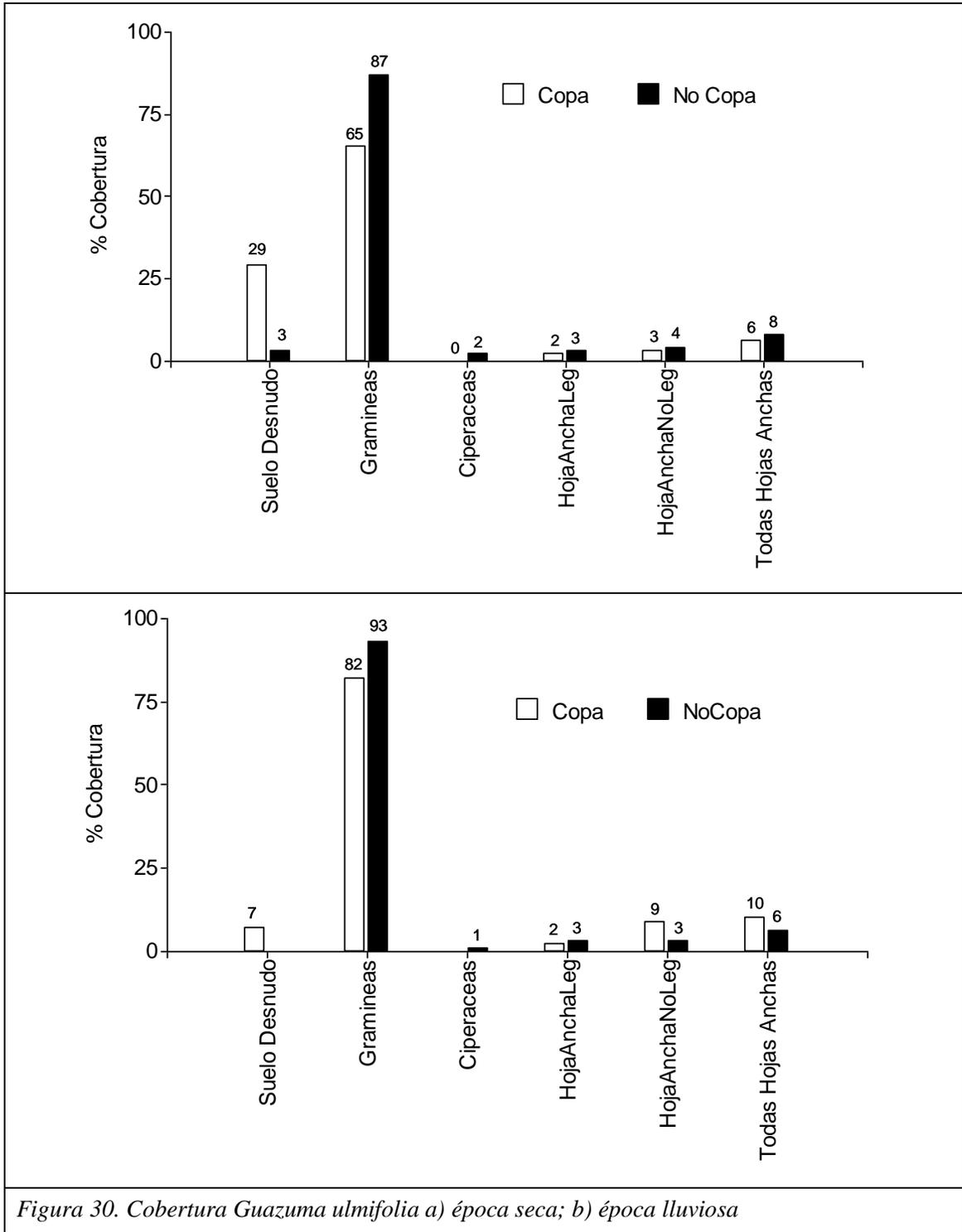
### **3.2.3.7 Datos Vegetación**

Los registros de vegetación se realizaron en porcentaje de cobertura por especie, para luego realizar agrupaciones en grupos funcionales a) Gramíneas, b) Ciperáceas, c) Hojas Anchas Leguminosas y d) Hojas Anchas No Leguminosas. Tanto para la época seca (abril) como para la época lluviosa (agosto). De manera similar en el primer artículo se encontró que el porcentaje más alto de cobertura en cualquier época está siempre representado por las gramíneas. Mientras que las otras agrupaciones tienen baja cobertura en época seca y aumentan en época lluviosa, sobre todo las hojas anchas no leguminosas (Figura 28, 29, 30 y

31). En general se presentan bajos porcentajes de especies leguminosas, por lo cual se asume no hay interferencia en los resultados de suelos por este grupo funcional.







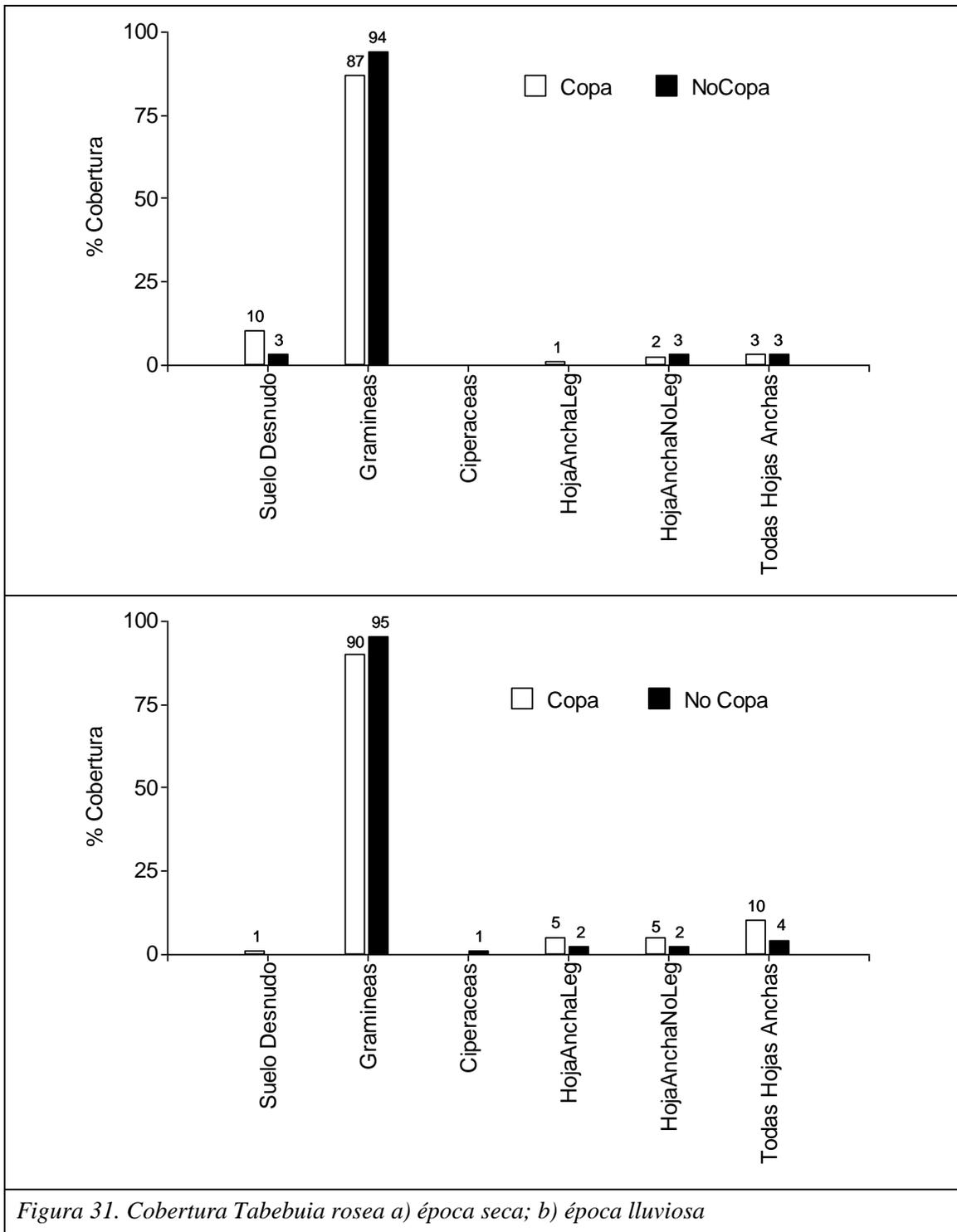


Figura 31. Cobertura *Tabebuia rosea* a) época seca; b) época lluviosa

### 3.2.3.8 Relación bostas, carbono y fósforo inorgánico

Con los datos de bostas (heces) de cada uno de los árboles se realizó análisis de correlación y se observó que existe una correlación positiva entre Pi y Bostas únicamente para el genízaro aunque con un  $r^2=0.04$  muy bajo (Cuadro 39). Además, también se observó que el Pi y el OC están correlacionados significativamente, por tanto, pareciera que el carbono orgánico y las bostas están correlacionados aunque en niveles bajos con los aportes de fósforo inorgánico al suelo.

Cuadro 39. Resultados análisis correlación Pearson

Especie	Estadísticos	Pi- Bostas	Pi – OC	OC - Bostas
Guácimo	P (Valor)	-0.09	<b>3.70E-05</b>	-0.16
	r	0.24	0.32	0.05
Genízaro	P (Valor)	<b>0.04</b>	<b>9.00E-05</b>	0.12
	r	0.17	0.32	0.13
Guanacaste	P (Valor)	0.81	0.26	0.26
	r	-0.02	0.09	0.09
Roble	P (Valor)	0.2	<b>1.10E-04</b>	0.39
	r	0.11	0.33	0.07

Por otra parte, se realizó análisis de regresión lineal entre Pi y Bostas y se encontró que el genízaro es el único con modelo significativo aunque con  $r^2$  muy bajos. Mientras que entre Pi y OC se encontró modelos significativos para el guácimo, genízaro y roble aunque igualmente con  $r^2$  bajos (Cuadro 40). Resultados que no generan una evidencia clara de los aumentos de fósforo en relación con el número de bostas, por lo cual se necesita plantear muestreos específicos pensados para encontrar diferencias entre Pi y Bostas.

Cuadro 40. Resultados análisis de regresión lineal entre Pi, OC y Bostas.

Especie	Variable dependiente	Variable regresora	P (valor)	$r^2$	R <sup>2</sup> Ajustado	Valor Estimado (Est)
Guácimo	Pi	Bostas	0.2416	0.01	2.5E-03	-0.27
Genízaro	Pi	Bostas	<b>0.0409</b>	0.03	0.02	0.19
Guanacaste	Pi	Bostas	0.8102	3.8E-04	0.00	-0.05
Roble	Pi	Bostas	0.2044	0.01	4.8E-03	0.08
Guácimo	Pi	OC	<b>&lt;0.0001</b>	0.11	0.10	0.30
Genízaro	Pi	OC	<b>0.0001</b>	0.10	0.09	0.10
Guanacaste	Pi	OC	0.2592	0.01	1.8E-03	0.06
Roble	Pi	OC	<b>0.0001</b>	0.11	0.10	0.05

### ***3.2.4 DISCUSIÓN GENERAL***

La distribución espacial de los nutrientes específicamente para el guanacaste demostró que no hay un patrón claro que manifieste aumento de concentraciones en los cuadrantes bajo la copa. No obstante, se señala que hay una dependencia espacial de corta distancia para OC, K, seguida de NPM, mientras que Pt, Ca, Mg y S tienen dependencias a distancias similares o mayores a la dimensión de la copa (12 m) y Pi sin patrón de dependencia en la escala evaluada dentro de la parcela (comportamiento lineal). Y una varianza estructural alta para OC, Pi y K indicando que la distribución espacial estimada mediante los modelos ajustados tiene fiabilidad. Se señala una isotropía de OC y K en guanacaste lo que, conjuntamente con los mapas de distribución, sugieren una fuerte influencia de la proyección de la copa en estos elementos. De forma contraria, NPM y Pi presentan anisotropía, de manera que aumentan su semivarianza en dirección  $0^\circ$  y  $45^\circ$  (direcciones NE-SO y E-O) y  $135^\circ$  y  $0^\circ$  (N-S y NE-SO) respectivamente, con rangos superiores indicando que factores externos a una escala mayor están generando cambios en la semivarianza y dirección de estos elementos. Asimismo, al realizar semivariogramas cruzados y encontrar semivarianzas (correlaciones) muy similares para OC y K, pareciera que estos elementos están afectados espacialmente por una misma escala y son resultado de influencia a la presencia del guanacaste en la parcela.

En general, los datos de distribución espacial del genízaro no mostraron un patrón claro para ninguno de los nutrientes bajo la copa del árbol ni hacia el SO, más si lo muestran para OC, NPM y Pi hacia el NE de la parcela. Sin embargo, los semivariogramas empíricos muestran los menores rangos para las mismas variables (OC, NPM y Pi); por tanto, estos elementos están afectados espacialmente por la presencia del genízaro. Mientras que los demás parecen ser indiferentes o afectados por una escala espacial mayor a la copa del árbol. No obstante se observa una dependencia estructural media a baja para las variables (MPN, Ca, K, Pi, OC y Pt) lo que puede indicar que los muestreos a una escala diferente podrían mejorar la semivarianza de estos datos. De hecho OC tiene un nugget elevado, indicando que hay una buena proporción de los datos que no están siendo explicados por el modelo y que posiblemente al disminuir la escala se pueda mejorar. No obstante, evaluando las direcciones, se observa que OC, Pi y K tienen una semivarianza estable en todas las direcciones cardinales (isotrópico) mientras que NPM, Pt y Ca presentan patrones que dividen la semivarianza en dos posiciones: a partir de los 9 metros en dirección  $0^\circ$  y  $45^\circ$  (NE-SO y E-O) con sill menor; y  $90^\circ$

y 135° (NO-SE y N-S) un sill mayor. O sea que el rango o distancia a la cual las muestras se vuelven independientes es menor para la ubicación NO-SE y N-S y mayor en direcciones NE-SO y E-O. Por tanto, OC y Pi tienen un menor rango y con cierta estabilidad cardinal en la parcela de estudio, además parecen estar afectadas por el mismo factor de distribución espacial generada por la copa del genízaro. Esto se relaciona, en parte, con los semivariogramas cruzados, que demuestran semivarianzas similares (correlación) para Pi, Pt y OC y sugieren mecanismos de distribución similares para estos elementos.

Se determinó, en general, que el suelo del guanacaste y genízaro tiene concentraciones menores de K y P extraídos de los estratos inferiores ya que la tendencia general es a disminuir sus concentraciones a mayor profundidad; aunque, los horizontes inferiores son más gruesos y aporta en conjunto más K y P en cantidad total. Por tanto, OC, K y P se pueden asociar al efecto árbol y otros aportes orgánicos, pero se desconoce en que proporciones.

En el guácimo, en general, se observó un patrón a encontrar las concentraciones mayores de OC hacia el SO de la parcela aunque no claramente bajo la copa del árbol y, específicamente, para Pi y K se ve una clara diferenciación de mayores concentraciones justo bajo la copa. También se determinó que únicamente el NPM tiene un rango menor indicando que a cortas distancias las muestras llegan a ser independientes y que están afectadas por algún factor presumiblemente biológico a pequeña escala. Mientras que OC tiene un nugget muy alto (varianza no explicada) por lo cual se estima que puede existir variabilidad a una escala menor que la muestreada (2m) y que en la escala estudiada no hay claras tendencias anisotrópicas. A diferencia de Pi, Pt, K y Ca quienes presentan dos patrones cardinales diferentes donde aumenta la máxima semivarianza (sill) en dirección (NO-SE y N-S) aunque con rangos a distancias similares que pueden ser reflejo de pequeñas variaciones en el espacio. El fósforo inorgánico se encontró por los semivariogramas cruzados relacionado con el fósforo orgánico que es su reserva biológica. Mientras que el K tiene semivarianzas similares a todas las bases, pareciendo que tienen factores biológicos y geológicos en común que determinan su distribución espacial.

El roble, en tanto, parece estar influenciando espacialmente sobre las mayores concentraciones de OC, Pi y K, coincidiendo con ser variables que tienen rangos menores que el diámetro de la

copa e indicando que a corta distancia alcanzan su máxima semivarianza y se vuelven independientes. A diferencia de NPM que no tiene un patrón concreto y Ca que tiene una semivarianza de crecimiento lineal siendo efecto de una escala mucho mayor a la presencia del roble. Por otra parte, los semivariogramas anisotrópicos muestran un comportamiento isotrópico en todas las variables menos en Ca, que aumenta su semivarianza en dirección 45° y 90° (E-O y NO-SE). Mientras que el K se presentó como el más estable en todas las direcciones y parece ser un nutriente que de acuerdo a los análisis de suelo puede tener mayor bombeo a profundidades entre 20 y 50 cm donde se encontró la mayor concentración de K. Mientras que los semivariogramas cruzados no muestran comportamientos similares entre las diferentes variables, lo que es congruente con la variabilidad que se ha observado.

En síntesis, el muestro intensivo demostró que principalmente para guanacaste y genízaro, las variables OC y NPM tienen un patrón de variabilidad que a escala detallada (2-5 m) puede estar relacionado con bostas, suelo desnudo, microrelieve y factores a pequeña escala. En cambio para guácimo y roble (no leguminosas) se encontró claramente que el K y el Pi está ligado a la copa, debido posiblemente al lavado de nutrientes de la copa que con las lluvias se deposita en el suelo y, también, posiblemente debido a la influencia del ganado al aportar K y Pi por medio de heces y orina. En tanto Ca y Mg mostraron, en general, escalas mayores que los implican como dependientes principales de la variabilidad del suelo y no del efecto árbol.

Respecto al contenido de nutrientes en los potreros donde se ubican los árboles, en general mostraron mayor concentración a estratos inferiores. Aunque específicamente para el guanacaste y el genízaro el K y P disminuye su concentración a estratos inferiores teniendo su mayor concentración en los primeros 30 cm del suelo. En tanto Ca y Mg tienen siempre su mayor concentración a estratos inferiores del suelo. El guácimo tiene el mayor promedio de K y P en los primeros 15 cm del suelo. A diferencia del roble que hasta los 50 cm muestra las concentraciones altas más de K y P. Por tanto, en algunos casos los estratos inferiores aunque con menor concentración si tienen una buena cantidad de nutrientes que pueden ser utilizados por las raíces de los árboles, sin embargo no se conoce que tan significativos son estos aportes o si por el contrario otras fuentes orgánicas (hojarasca, heces y orina) depositadas en estratos más superficiales están generando un ciclado mayor y más constante de nutrientes.

Al respecto, Deng (2009) estudió la distribución de carbono en *Acacia Senegal* (suelos ferruginosos, arenosos, con sistema de drenaje de medio a pobre) y, a diferencia de esta investigación demostró que existe una fuerte dependencia espacial entre el carbono relacionada con la presencia concentrada de árboles y que estas variaciones no son perceptibles a más de 10 cm de profundidad. Sin embargo, si coincide en que la distribución espacial fuera de la copa de los árboles puede ser consecuencia de topografía, textura o vegetación herbácea.

Por otra parte, Gallardo et ál (2000) quien estudio la heterogeneidad del suelo en una dehesa de *Quercus ilex* en suelo ácido tipo Haplic Acrisol, asume que la mayor heterogeneidad temporal en el dosel arbóreo puede explicarse por el aumento de temporal de la materia orgánica y elementos minerales en los suelos situados bajo las copas de árbol debido en parte a la caída de las hojas y a la hojarasca en la primavera y verano. Lo que coincide con esta investigación que asume que las diferencias a demás de su origen en la variabilidad natural del suelo pueden provenir de la calidad de la hojarasca de las especies. Sobre esto, se ha encontrado que la calidad de la hojarasca al relacionarla con el contenido de metabolitos secundarios como los taninos puede ser la causa de una disminución en la tasa de mineralización de la materia orgánica bajo el dosel y generar una mayor heterogeneidad edáfica en comparación con los pastizales abiertos (Gallardo y Merino 1992). Además, parece que la excreción de los animales también pueden jugar un papel en dicha heterogeneidad, al ser los animales de pastoreo atraídos por los árboles en ocasiones escasos en un pastizal, aportando axial nutrientes bajo el dosel (Jofree et ál. 1998).

En conclusión, aunque no se ve claramente en todas las especies, la presencia de la copa de las especies en estudio parece afectar el comportamiento espacial y aporte de mayores concentraciones de nutrientes como OC, K, Pi. Los cuales son ciclados principalmente por la hojarasca, bostas y posiblemente también por el bombeo de nutrientes del subsuelo y, que la magnitud de esta contribución parece depender también de la cantidad y calidad de las fuentes que están generando el aporte de estos nutrientes. A diferencia de otros elementos que no muestran patrones claros de distribución espacial y parecen tener dependencia espacial por factores a escala menor o mayor a la presencia del árbol.

### **3.2.5 CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES**

- De acuerdo a los resultados obtenidos por la geoestadística, las especies en estudio parecen estar influenciando espacialmente los contenidos bajo la copa principalmente de K y Pi y en menor proporción de OC.
- Al observar los resultados de distribución espacial, los mapas de distribución espacial y los semivariogramas, sobre todo anisotrópicos, no está claro que existan mayores concentraciones de nutrientes en dirección sur de las parcelas, por lo cual se debería revalidar la idea que el efecto del árbol sobre los nutrientes sea mayor en dirección SO, como lo plantea Sandoval (2007).
- La vegetación registrada mostró bajos porcentajes de hojas anchas leguminosas y no leguminosas, siendo un factor irrelevante para llegar a alterar los análisis de suelos.
- La edad de los árboles, el tiempo en el uso de la tierra para pasturas y la variabilidad natural del suelo parecen ser factores que determinan los resultados del efecto de la presencia de dichos árboles sobre el sistema.
- Por mas que se trate de realizar una evaluación semi controlada por medio de criterios que aíslen el efecto de un árbol sobre la pastura, siempre podrán existir factores (geológicos, biológicos, manejo, estructura y cobertura vegetal), que interfieran o alteren (varianza no explicada) los resultados de las variables evaluadas en el suelo.
- En general, se debe destacar que estos son estudios de caso o exploración detallada del efecto que puede estar generando a nivel edáfico la presencia de un individuo de cuatro especies sobre sistemas silvopastoriles y que no necesariamente tienen que demostrar los resultados expresados por las evaluaciones extensivas realizadas a 12 individuos del artículo anterior.
- A nivel metodológico se sugiere muestrear más puntos a escala inferior a 2 metros para analizar más la variabilidad a pequeña escala y muestrear algunos puntos a mayor distancia de la copa para tener comparaciones más contrastantes.
- Debido a que en este estudio, la distancia máxima para los semivariogramas fue de 14 metros que en general se corresponde a la dimensión de la copa y que coincidió con que la mayoría de las variables alcanzan una semivarianza entre 10-14m, hubiera sido necesario muestrear una parcela de mayor tamaño (40 m x 40 m) a escalas de 3 m con algunas subparcelas con escala de muestreo de 0,5 m. No obstante esto quizá no sería siempre posible por no disponer de árboles suficientemente aislados.

## 4 DISCUSIÓN GENERAL DE TESIS

A efectos de la discusión general, al artículo uno se le llamará muestro extensivo y al artículo dos, muestreo intensivo. Además, se debe tener cuidado al extrapolar los resultados de este estudio, ya que son producto de muestreos realizados en sistemas silvopastoriles de una zona específica comparando puntos “extremos”, es decir, con máxima y mínima influencia de la hojarasca arbórea, en suelos con características vérticas. Por otra parte, el muestro intensivo es un estudio de caso, por tener sólo un individuo estudiado de cada especie.

Respecto a las hipótesis sobre las características del suelo de acuerdo a la ubicación de las muestras (bajo dosel – en pasto abierto) y la variabilidad espacial de las mismas alrededor de los árboles, se encontró que existe una relación entre determinadas características edáficas en los primeros 10 cm del suelo y la presencia de las diferentes especies de árboles (Cuadro 30), principalmente, al aumentar bajo la copa las concentraciones de carbono orgánico (OC) y potasio (K) en todas las especies, fósforo inorgánico (Pi) para guácimo y nitrógeno total (Nt) para guácimo y genízaro. Por otra parte, el pH aumenta bajo la copa de tres especies y se reduce bajo la copa del Roble. En cambio, en el muestreo intensivo no se encontró (Figuras 16, 17, 18 y 19) una clara relación de variación espacial entre CO y presencia del árbol. Lo que si coincide claramente es el K y fósforo inorgánico para el guácimo y roble intensivos (árboles con mas de 30 años), mostrando muestreo intensivo que las mayores concentraciones están bajo la copa de estos árboles. Estos nutrientes (K y Pi) parecen entrar en el sistema por la hojarasca, por un posible lavado de nutrientes de la copa y por el la preferencia del ganado de descansar bajo los árboles, depositando K y P por medio de heces y orina.

En nitrógeno no se logró diferenciar grupos funcionales (leguminosas – no leguminosas) en ninguno de los dos tipos de muestreo. Por el contrario, mediante el muestreo extensivo se encuentran aumentos de N total bajo la copa de los árboles de guácimo (no leguminosa) y genízaro (leguminosa), sin embargo, al estimar el N disponible (Nitrógeno Potencialmente Mineralizable, NPM) en los muestreos intensivos no se observa en el capeado una mayor concentración de NPM bajo la copa de estas especies y se obtienen rangos, en general, pequeños. Esto estaría indicando que, a cortas distancias, las muestras son independientes y que los valores obtenidos están afectados por algún factor (posiblemente biológico) a menor escala que el árbol, como deposiciones de excretas animales, pequeñas depresiones en el suelo, variaciones de humedad, además de la calidad y cantidad de la

hojarasca que esta entrando al sistema, la cual, de acuerdo a la especie, parece variar en contenidos de polifenoles y ligninas, causando procesos de descomposición diferentes.

Respecto a la procedencia de la materia orgánica, el muestreo intensivo no clarifica una mayor concentración de C bajo la copa de los árboles, por el contrario parece que no hay un patrón claro de distribución, generando heterogeneidad en las áreas de muestreo. No obstante, los análisis de  $\delta^{13}\text{C}$  del extensivo logran determinar que un alto porcentaje de la materia orgánica en el suelo bajo la copa de los árboles procede de especies con fotosíntesis C3 (árboles, arbustos, hierbas del tipo hoja ancha, alguna gramínea).

En cuanto a Ca y Mg, no se encontraron diferencias en el muestro extensivo. El muestreo intensivo determinó que la variación espacial de estos elementos parece ser resultado de efectos a una escala mayor a la presencia del árbol (comportamiento lineal de las variables, rangos muy elevados), debido a que los contenidos de estos elementos en los suelos de la zona son muy elevados y que la variabilidad natural existente posiblemente puede ocultar pequeñas diferencias ocasionadas por la presencia de los árboles.

Referente a la hipótesis sobre el papel del ganado bovino sobre la distribución de nutrientes en los sistemas silvopastoriles, se determinó mediante el muestreo extensivo que al clasificar los árboles en preferidos, indiferentes y rechazados en relación al número de bostas debajo de la copa respecto al encontrado en pasto abierto, al parecer los árboles preferidos estaban reduciendo su relación C/N y aumentando un poco el contenido de fósforo inorgánico (Cuadro 20). Sin embargo, al realizar análisis de correlación y de regresión entre Pi y Bostas para los árboles del muestreo intensivo se encontró que sólo para el genizaro fue significativo aunque con baja relación (Cuadro 40). Por lo tanto, para responder mejor a las preguntas formuladas, se debe realizar estudios adicionales que probablemente requieren de una metodología diferente.

Por otro lado, las evaluaciones de vegetación reflejaron que las gramíneas representan la cobertura más alta del suelo, tanto en época seca como en época lluviosa, y que otros grupos funcionales (ciperáceas, hojas anchas leguminosas, hojas anchas no leguminosas) tienen baja cobertura y pocas diferencias en las posiciones dentro y fuera de la copa de los árboles, por lo cual se asume que las diferencias obtenidas en las variables edáficas parecen no estar relacionadas con la cobertura herbácea.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

Aldana Judith y Suniaga 2005. Manual de Ganadería Doble Propósito. 2005. Capítulo 11 Sistemas Silvopastoriles (en línea). Universidad de Los Andes Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. p. 204-207. Consultado el 01 de Noviembre. Disponible en: [avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo11-s3.pdf](http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo11-s3.pdf).

Alfaia SS, Ribeiro GA, Nobre AD, Luizao RC, Luizao FJ (2004) Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in western Amazonia. *Agr Ecosyst Environ* 102:409–414.

Bellows B. 2001 Nutrient Cycling in Pastures. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA) (en línea). Consultado el 08 de Noviembre de 2008. Disponible en: <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/nutrientcycling.pdf>.

Belsky, A.J.; Mwonga, S.M. y Duxbury, J.M. 1993. Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannahs. *Agroforestry Systems* 24: 1-20.

Belsky, A.J. 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology* 75, 922-932.

Bernhard-Reversat F. 1982. Biogeochemical cycle of nitrógeno in a semi-arid savanna. *Oikos* 38:321-32.

Bertsch F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costaricense de la Ciencia del Suelo. San Jose. 157 p.

Boddey, R.M., Macedo, R., Tarré, R.M., Ferreira, E., de Oliveira, O.C., Rezende, C. de P., Cantarutti, R.B., Pereira, J.M., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline *Agric. Ecosyst. Environ.* 103, 389–403.

Boddey, R.M., Rao, I.M., Thomas, R.J., 1996. Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pasture. In: Miles, J.W., Maass, B.L., Valle, C.B. do (Eds.), *Brachiaria: The Biology, Agronomy and Improvement*. CIAT Publication 259, Cali, Colombia, pp. 72–86.

Brasil, 1992. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

Burgess T M, R Webster 1980. Optimal interpolation and isarithmic zapping of soil properties. I. The semi-variogram and punctual kriging . *J. Soil Sci.* 31:315-331.

Bustamante, J; y Romero, F. 1991. Producción ganadera en un contexto agroforestal. Sistemas silvopastoriles. Carta de RISPAL No 20 p 3.

Camero A. e Ibrahim M. 1995. Bancos de proteína de poró (*Erythrina berteroana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). *Agroforestería en las Américas*. Año 2 No. 8 Oct. – Dic. Consultado el 04 de Noviembre de 2008. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6307S/X6307S00.pdf> .

Camero, A. 1996. Desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. *In* Uribe, CA. ed. *Memorias de dos seminarios internacionales sobre sistemas silvopastoriles 1995-1996: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva*. Cali, CORPOICA-FEDEGAN-COLCIENCIAS-Ministerio de Agricultura y desarrollo rural de Colombia. p. 13-32.

Carvalho, M.M.; Cruz Filho, A.B. 2000. Desenvolvimento de pastagens em áreas de relevo acidentado. *In*: CARVALHO, M.M., ALVIM, M.J. eds. *Pastagens para gado de leite em regiões de influência da Mata Atlântica*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 178 p. p. 53-81.

Castro H. 1998. *Fundamentos para el conocimiento y manejo de los suelos agrícolas*. Instituto Universitario Juan de Castellanos Tunja. 361p.

Cerrud, H. 2005. Efecto del pago por servicios ambientales y otras variables socioeconómicas en la adopción de usos de suelo amigables con el ambiente en zonas ganaderas de Esparza, Costa Rica y Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 167p.

Chilès, J. P. y Delfiner, P. 1999. *Geostatistics: Modelling Spatial Uncertainty*. Wiley.

Daccarett, M.; Blydenstein, J. 1968. La influencia de árboles leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. *Turrialba, Turrialba*, 18 (4): 405-408.

Deng Fan 2009. *Spatial Distribution of soil Carbon in an Acacia Senegal agroforestry System: Case Study in Dieri Biran, Senegal*. Memoire de stage AgroParisTech-ENGREF Centre Montpellier. 60p.

Diggle, P. J. 2003. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. 2<sup>a</sup> ed. Arnold, Londres, Reino Unido.

Dudal, R. 1965. *Dark clay soils of tropical and subtropical regions*. FAO agric. Devel. Paper 83, Rome, Italy.

Ebina, J., Tsutsui, T., Shirai, T. 1983. Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in water using peroxodisulphate oxidation. *Wat. Res.* 17: 1721-1726.

Escudero A. Garcia B, Gomex JM, E.L. 1985. The nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* and *Q. pyrenaica* ecosystem of Spain. *Oecol. Plant*, 6:73-86.

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*, Vol. 5 no. 17-18 39-43.

- FAO 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. pp. 70. Roma.
- FAO 2007. Ganadería y deforestación (en línea). Consultado el 01 de Noviembre de 2008. Políticas Pecuarias – 3. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.
- Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CR, CATIE. 491 p.
- Gallardo, A., Rodríguez-Saucedo, J. J., Covelo, F., y Fernández-Alés, R. 2000. Soil nitrogen heterogeneity in a Dehesa ecosystem. *Plant and Soil* 222: 71-82.
- Gallardo, A., Paramá, R. y Covelo, F. 2005. Soil ammonium vs. nitrate spatial pattern in six plant communities: simulated effect on plant populations. *Plant and Soil* 277: 207–219.
- Gallardo A. 2006. Geoestadística. *Ecosistemas* 15 (3): 48-58. Septiembre 2006.
- Gallardo, A., Paramá R. y Covelo F. 2006. Differences between soil ammonium and nitrate spatial pattern in six plant communities. Simulated effect on plant populations. *Plant and Soil* 279: 333-346.
- Gallardo A. y Maestre F. 2008. Métodos geoestadísticos para el análisis de datos ecológicos espacialmente explícitos. Capítulo 6, 215-272p. En: Introducción al análisis espacial de datos y ciencias ambientales métodos y aplicaciones. Mestre F., Escudero A. y Bonet A. Universidad rey Juan Carlos. Madrid.
- Gallardo A. y Merino J. 1992. Nitrogen immobilization in leaf litter at two Mediterranean ecosystems of SW Spain. *Biogeochemistry* 15, 213-228.
- Georgiadis NJ. 1989. Microhabitat variation in an African savanna: effect of Woody cover and herbivores in Kenya. *J.Trop. Ecol.* 5:93-108.
- Gil, J.; Espinoza, Y. y Obispo, N. 2005. Relaciones suelo-planta-animal en sistema silvopastoriles (en línea). Revista Digital CENIAP HOY Número 9, septiembre-diciembre 2005. ISSN: 1690-4117, Depósito Legal: 200302AR1449, Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado 07 Octubre 2009. Disponible en: [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gil\\_1/arti/gil\\_1.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gil_1/arti/gil_1.htm).
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford University Press, Nueva York.
- González Álvaro 2007. Flujos de nutrientes y sus implicaciones para la sostenibilidad en sistemas silvopastoriles con y sin *Arachis pintoi* en Muy Muy Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 154 p.
- Gonzalo 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 447 p.

Harvey, C.A.; N.I.J. Tucker y A. Estrada. 2004. Live fences, isolated trees, and windbreaks: Tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Páginas 262-289 en G. Schroth; G.A.B. da Fonseca; C.A. Harvey; C. Gascon; H.L. Vasconcelos y A.-M. N. Izac, editores. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washintong.

Haynes R; and Williams P; 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, Vol. 49. New Zaland Institute for crop and food researchs, centerbury agriculture and science centre, Christchurch, New Zealand.

Hernández M; Sánchez S; Simon L. 2008. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 319-321. 2008.

Hernández, I; Milera M; Simon, L; Hernández, D; Iglesias, J; Lamela, L; Toral, O; Matías, C y Francisco, G. 1999. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. En: *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal 143.*(Ed: M Sánchez y M Rosales) Roma pp 89-106.

Holmann, P. Argel, L. Rivas, D. White, R.D. Estrada, C. Burgos, E. Perez, G. Ramírez, y A. Medina. 2004. Degradación de pasturas y pérdidas de productividad animal: Una evaluación económica desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras F. Consultado el 10 de Noviembre de 2008. Disponible en: [http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/articulos.pdf/Degradacion de pasturas.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/articulos.pdf/Degradacion%20de%20pasturas.pdf) .

Hoyos, P., O. García, y M. I. Torres. 1995. Manejo y utilización de pasturas en suelos ácidos de Colombia. Fascículo 4 de la Serie “Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos”. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pp. 120.Cali.

Hunter, I.R. y Stewart, J.L. 1993. Foliar nutrient and nutritive content of Central American multipurpose tree species growing at Comayagua, Honduras. *Commonwealth Forestry Review*. 72 (3):193-197

Ibrahim M., Canto G y Camero A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo. In M. Ibrahim y J. Beer (eds) *Agroforestry prototypes for Belize*, CATIE /GTZ, Costa Rica, pp 15 –39.

INEC. 2005. *Censos Nacionales. Cifras oficiales finales* INEC, Managua. 46 p. Consultado septiembre 7 2009. Disponible en: <http://www.inide.gob.ni/censos2005/censo2005.htm>

INETER Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales 2005. Ordenamiento Territorial. Descripción taxonómica de los suelos a nivel de orden. Consultado el 02 de Diciembre de 2008. 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)

INIFOM. 2007. Ficha Municipal Matiguás Matagalpa (en línea). Consultado 03 Octubre 2009. Disponible en <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/matiguas.pdf> .

INFOSTAT. 2003. Di Rienzo JA, Balzarini M, Casanoves F, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW, InfoStat Software Estadístico. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Jofre R. Vacher J. De los llanos C. y Long G. 1998. The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special referente to the Sierra Morena area of Spain. *Agroforest Syst.* 6, 71-96.

Kass, D. 1998. Fertilidad de suelos. Ed. J Nuñez Solís. San José, CR, UNED. 272 p.

Keeney, D. 1985. Mineralization of nitrógeno from legume residues- En: R.F. Barnes; P.R. Ball; R.W. Brougham, G.C. Marten y D.J. Minson (eds). Forage legumes for energy efficient animal production. Springfield, U.S.A. USDA/ARS. 177-182.

Kellman M. 1979. Soil enrichment by neotropical savanna trees. *J. Ecol.* 67:565-77.

Kuo, H. 1996. In *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.* (Ed. D.L. parks), SSSA-ASA, Madison, WI, USA.

Lax, A; A Roig; F Costa. 1986. A method for determining the cation-exchange capacity of organic materials. *Plant and Soil* 94: 349-355.

Legendre, P. y Fortin, M. J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.

Legendre, P., Dale, M. R. T., Fortin, M. J., Casgrain, P. y Gurevitch, J. 2004. Effects of spatial structures on the results of field experiments. *Ecology* 85: 3202-3214.

Legendre, P., Dale, M. R. T., Fortin, M. J., Gurevitch, J. y Myers, D. E. 2002. The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography* 25: 601-615.

Levard, L., Marín, Y., Navarro, I. 2001. Municipio de Matiguás, potenciales y limitantes del desarrollo agropecuario. *Cuaderno de Investigación* 11, Universidad Centroamericana, Managua. 83 p.

Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943-1976.

Maecha L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Rev Col Cienc Pec* Vol. 15: 2. 226-231p.

Maestre, F. T., Rodríguez, F., Bautista, S., Cortina, J. y Bellot, J. 2005. Spatial associations and patterns of perennial vegetation in a semi-arid steppe: a multivariate geostatistics approach. *Plant Ecology* 179: 133-147.

Maestre F y Escudero A. 2008. Is the patch-size distribution of vegetation a suitable indicator of desertification processes? *Ecology* 90: 1729-1735.

Martínez Sánchez, J. L. 2005. Efecto de los nutrientes del suelo de los árboles del pastizal del trópico húmedo en el crecimiento de plántulas Cuba. ISBM 959-250-156-4. Consultado 5 noviembre 2010. Disponible en: [www.dama.gov.co](http://www.dama.gov.co).

Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Comm. Soil Sci. Plant An.* 15: 1409-1416.

Mendoza P; y Lascano C. 1984. Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. En: *Evaluación de Pasturas con Animales*. Ed: C. Lascano y E Pizarro. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali. Pp :143-165. Consultado el 02 de Noviembre. Disponible en: [http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion\\_pasturas\\_08.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion_pasturas_08.pdf).

Menezes, RS; Salcedo, IH; Elliott, ET. 2002. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. *Agroforestry Systems* 56:27-28.

Murphy, J. and J.P Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27: 31-36.

Nair P. 1993. *An introduction to agroforestry*. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic.

Nair, P. 1984 *Soil Productivity Aspects of Agroforestry*. Science and Practice of Agroforestry No. 1. ICRAF. Nairobi.

Odum E. y Sarmiento F. 1998. *Ecología el puente entre ciencia y sociedad*. MacGraw-Hill Interamericana. 343 p.

Oliveira O; Oliveira I; Alves B; Urquiaga S; y Boddey R.M. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103, 289–300.

Oliveira, M.E.; Leite, L.L.; & Castro, L.H. 2000. Influência de árvores de baru (*Dipterix alata*) e pequi (*Cayocarbrasilinense*) no solo sob pastagens de braquiaria. En: *Intern. Symposium Soil Functioning Under Pastures in Intertropical areas 2000*. Brasilia, Memorias. Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA – Cerrados).

Ong Chinn K. and Huxley Peter. 1996. A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. In: *Tree crop interactions. A Physiological Approach*. CAB International. ICRAF. 386p.

Ospina, S. 2005. Rasgos funcionales de las plantas herbáceas y arbustivas y su relación con el régimen de pastoreo y la fertilidad edáfica en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 88 p.

Palm 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30:105.124.

Paulino, V.T.; Beisman, D.A. & Ferrari Jr., E. 1995. Fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* durante o período da seca. Pasturas Tropicales, Cali, 17(2):20-24.

Pezo, D; e Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles: Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. 2 ed. Turrialba, CR, CATIE. p. 3-79.

Pierson y Wight, 1991. Variability of near-surface soil temperature on sagebush rangeland. J. Range Manag, 44:491-497.

Pineda N; Pérez E; Vásquez F; 2009. Evaluación de la selectividad animal de plantas herbáceas y leñosas forrajeras durante dos épocas en la zona alta del municipio de Muy Muy, Nicaragua. Agroforestería en las Américas No 47 2009.

Pomareda, C. 1999. Situación y perspectiva de la ganadería e industrias afines en Centroamérica. En: taller regional sobre desafíos y oportunidades de la ganadería e industrias afines en Centroamérica. Consejo agropecuario centroamericano / Proyecto RUTA-Banco Mundial. Guatemala, Guatemala. 12 p.

Razz R. y Clavero T., 2006. Cambios en las características químicas de suelos en un banco de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2006, 23: 326-331.

Reis G; Quintão A; Martins R; Quintão R. Machado R; Borges I; Quinzeiro T. 2009. Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savannah. Plant Soil. DOI 10.1007/s11104-009-0144-5.

Rhoades C; Eckert G. and Coleman, D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical Montane Forest Restoration. Restoration ecology 6 (3): 262 - 270.

Robertson, F.A.; Myers, R.J.K. & Safrigna, P.G. 1993. Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grasslands soils in subtropical Queensland. Aust. J. Agric. Res., Melbourne, 31:611-619.

Rossi RE, DJ Mulla, AG Journal y Franz EH 1992. Geoestadísticos herramientas para el modelado y la interpretación ecológica dependencia espacial. Ecol. Monogr. 63, 227 -- 314.

Russo R; Botero B. 2005. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles (en línea). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, EARTH, San José, Costa Rica. Consultado el 05 de Noviembre de 2008. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/manejo%20silvopastoril/42-componente\\_arboreo.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/42-componente_arboreo.pdf) .

Rusell, J.S. 1986. In "Australian Soils: The Human Impact" (J.S. Rusell and R.F. Isbell, eds.) University of Queensland Press, St Lucia, Queensland, Australia. pp. 374-396.

Russo, R.O. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 10, pp. 241-252.

Sadeghian, S., J.M. Rivera y M.E. Gómez. 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de los suelos en los Andes de Colombia. Conferencia electrónica FAO-CIPAV sobre "Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica". (En línea). <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Siavosh6.pdf>.

Sanchez PA. 1995. Science in agroforestry. *Agroforest Syst* 30:5-55.

Sánchez S; Crespo G; Hernández M; García G. 2008. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala* *Zootecnia Trop.*, 26(3): 269-273.

Sánchez, D; Harvey, C; Grijalva, A; Medina, A. Vílchez S; Hernández B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 53 (3-4): 387-414p.

Sanderson, M; Stair, D; Hussey, MA. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Advances in Agronomy* 59:171-224.

Sandoval Isabel 2006. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arbóreas y dos gramíneas en pasturas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 160 p.

Schaug, J., Iversen, T. y Pedersem, U. 1993. Comparison of Measurements and Model Results for Airborne Sulphur and Nitrogen Components with Kriging. *Atmospheric Environment* 27A: 831-844.

Scholes RJ. 1990. The influence of soil fertility on the ecology of African savannas. *J. Biogeog.* 17:417-19.

Schroth G; Lehmann J; and Barrios E. 2003. Soil nutrient availability and acidity. Chapter 5. En: Schroth G. and Sinclair F. 2003. *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods.* CABI Publishing. 437 p.

Schroth G. and Sinclair F. 2003. *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods.* CABI Publishing. 437 p.

Solórzano, N.; Arends, E. & Escalante, E. 1998. Efectos del Saman (*Samanea saman* (Jacq.) Merrill) sobre la fertilidad del suelo en un pastizal de *Cynodon nlemfuensis* (Vanderyst) en Portuguesa. *Revista Forestal Venezolana.* 42:149.

Soon Y.K. & Abboud S. 1991. A comparison of some methods for soil organic carbon determination. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:943-954.

Spain, J. M. y R. Gualdrón. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pp. 283.Cali.

Steinfeld Henning 2002. Producción animal y el medio ambiente en Centroamérica. Capitulo 1. Ganadería y medio ambiente en Centroamérica. Deposito de documentos de la FAO. Consultado el 05 de Noviembre. Disponible en: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/x6366s/x6366s01.htm> .

Stenger, R., Priesack, E. y Beese, F. 2002. Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale. *Geoderma* 105: 259-275.

Szott, L.T; Fernandes E. y Sanchez P. 1991. Soil-plant interactions in agroforestry Systems. *Forest ecology and Management* 45: 127-152.

Tilman, D. y Kareiva, P. (eds) 1997. *Spatial Ecology: The Role of Space in Population Dynamics and Interspecific Interactions*. Princeton University Press, Princeton, USA.

USDA 1971. Causas de la acidificación de suelos (en línea). Consultado noviembre 2009. Disponible en: <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Suelos/AcidificacionSuelos.htm>

Valles de la Mora B; Cadisch G; Gallegosa E. 2002. Mineralización de nitrógeno en suelos de pasturas con *Arachis pintoi* Nitrogen mineralization from soils under *Arachis pintoi*-based pastures. *Téc Pecu Méx* 2008;46(1):91-105.

Velasco A, Ibrahim M, Kass D, Jimenez F, Rivas G. 1999. Concentraciones de fósforo en suelos bajo sistema silvopastoriles de *Acacia mangium* con *Bracharia humidicola*. *Agroforestería de las Américas*. Vol 6 No. 23. 45-47 p.

Velasco Trejo, JA. 1998. Productividad forrajera, aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrizicos y lombrices, en una pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asocio con *Acacia mangium*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 88 p.

Velásquez Vélez, R. A. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE.

Veldkamp E. 1993. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. 117 p.

Virginia R.A. 1986. Soil development under legume tree canopies. *For . Ecol. Manage.* 16:69-79.

Waring S.A. Bremner J.M. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature*, 4922, 951-952.

Wilson, S. D. 2000. Heterogeneity, diversity and scale in plant communities. En: *The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity* (eds. Hutchings, M. J., John, E. A. y Stewart, A. J. A.), pp. 53-70. Blackwell Science, Cambridge, Reino Unido.

Wong, C.C; y Wilson, J.R. 1980. Effects of Shandong on the growth and nitrógeno contenido f green panic and sitrato in pure mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research* 31: 269-285.

Yost R S, G Uehara, R L Fox. 1982. Geostatistical análisis of soil Chemicals properties of large landa reas. I. Semi-variograms. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 46:1028-1032.

Young A. 1989. *Agroforestry for soil conservation*. CABI-ICRAF, Nairobi, Keyna.

Young A. 1997. *Agroforestry for soil management*. 2 edition. CAB International. ICRAF. 320 p.

Zapata P. 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 sistemas de árboles dispersos en Muy Muy y Matiguás, Nicaragua. Tesis MSc CATIE, Turrialba, Costa Rica.

## 6 ANEXOS

### Anexo 1. Información de las fincas en estudio

#	Localidad	Nombre Productor	Nombre de la finca	Hace cuantos años tiene la finca	area finca (manz)	# potreros de la finca	Número de Arboles en estudio	Tenia algún cultivo antes? Cual? y hace cuanto?	Carga Animal		Ciclo Pastoreo		Ha Arado	Realiza Quemadas	Manejo Malezas	
									# animales verano (horras, ordeño, terneros, toros)	# animales invierno (horras, ordeño, terneros, toros)	Verano	Invierno	SI-NO, hace cuanto?	SI-No, hace cuanto?	Químico	Chapia
1	Matiguás	Victor Blandon	La Garnacha	10 meses	22	7	2	No Tenia	18 vacas paridas, 18 terneros lact 1 toro, 1 caballo	18 vacas paridas, 18 terneros lact 1 toro, 1 caballo	3 - 4 días	3 - 4 días	No	No	2 veces al año	3 veces al año
2	Matiguás	Fortunato Castro	El Rodeo	15 Años	300	16	6	No Tenia	50 vacas paridas, 50 terneros lact, 90 horras, 4 toros, 2 caballos, 4 mulas 78 novillos	70 vacas paridas, 70 terneros lact, 70 horras, 4 toros, 2 caballos, 4 mulas	15 - 20 dias	15 - 20 dias	No	No	2 veces al año	3 veces al año
3	Matiguás	Rafael Mendoza	Las Miradas	18 años	27	6	2	No Tenia	15 vacas paridas 15 terneros lact 20 forras, 11 terneros 2 toros,	11 vacas paridas, 11 terneros lact, 24 forras, 2 toros, 4 terneros	Pastoreo libre	4 días	No	No	2 veces al año	3 veces al año
4	Matiguás	Rafael Reyes	San Martin	19 Años	65	23	5	No Tenia	30 vacas paridas, 30 terneros lact 3 caballos	30 vacas paridas, 30 terneros lact 3 caballos, 20 novillos	5 días	2 días	No	No	3 veces al año	3 veces al año
5	Matiguás	Hector Tinoco	Los bonetes	4 años	49	12	3	No Tenia	14 vacas paridas 14 terneros lact 1 toro, 3 caballos	16 vacas paridas 16 terneros lact 1toro, 3 caballos	3 días	4 días	No	Por accidente	1 ves al año	3 veces al año
6	Matiguás	Bernabela Arauz	Dos aguilas	18 años	400	15	3	No Tenia	75 vacas paridas 75 terneros lact 3 toros, 12 caballos 39 horras	100 vacas paridas, 100 terneros lact, 38 horras, 42 vaquillas, 50 novillos, 5 toros, 12 caballos.	20-25 días	3 días	No	No	2 veces al año	2 veces al año

7	Matiguás	Ernesto Gonzales	El malinche	24 años	45	7	1	No Tenia	40 vacas paridas 40 terneros lact 2 Toros	36 vacas paridas, 36 terneros lact 2 Toros	3-4 días	5 - 8 días	No	Algunas accidentales	1 ves al año	2 veces al año
8	Muy Muy	Anael Mendoza	La Esperanza	16 años	400	8	2	No Tenia	100 vacas paridas 100 terneros lact 37 horras, 3 toros 3 Bueyes	82 vacas paridas 82 terneros lact 3 Toros, 3 bueyes 45 horras	hasta 20 días	4 días	NO	No	3 veces al año	2 veces al año
9	Muy Muy	Noe Valenzuela	El Laurel	16 años	600	16	2	No Tenia	80 vacas paridas 80 terneros lact 47 horras, 2 bueyes 103 vaquillas, 2 toros 12 caballos	92 vacas paridas 92 terneros lact 35 horras, 2 bueyes 103 vaquillas, 2 Toros 12 caballos	5 días	3 días	NO	No	2 veces al año	3 veces al año
10	Muy Muy	Adolfo Orozco	San Rafael	16 años	54	4 grandes, pero en total 11	2	No Tenia	14 vacas ordeño y 17 machos	28 vacas paridas 28 terneros lact 1 toro, 7 horras, 5 vaquillas, 5 novillos	5 - 6 días	5 días	No	No	1 ves al año	2 veces al año
11	Muy Muy	Donal Bucardo	La lucha	25 años	128	18 potreros	5	No Tenia	45 vacas paridas 45 terneros lact 30 forras, 20 vaquillas 35 novillos, 1toro 2 Bueyes, 10 caballos	38 vacas paridas 38 terneros lact 25 horras, 20 vaquillas 14 novillos, 1toro 2 Bueyes, 10 caballos	6 días	6 días	NO	No	1 ves al año	2 veces al año
12	Muy Muy	Guillermo Martinez	El Zapotal	14 años	32	5	1	Maiz y Algodón años 80	40 ordeño y 40 terneros	30 vacas paridas sin terneros lactantes	3 a 4 días	3 días	en los 80	No hace 10 años	No	SI, 3 veces año
13	Muy Muy	Adolfo Falcon	Taiwan	Desde el 92 -95	90	10	3	No Tenia	43 vacas paridas 43 terneros lact 2 toros	48 vacas paridas 48 terneros lact 2 toros, 5 vaquillas	2 días	2 días	NO	No	1ves al año	3 veces al año
14	Muy Muy	José Lazo	San Jose	19 años	35	4	1	No Tenia	25 vacas paridas 25 terneros lact 29 vaquillas, 1 toro 2 caballos, 1 macho	23 vacas paridas 23 terneros lact 21 vaquillas, 1 toro, 2 caballos, 1 macho	3 días	2 días	No	No	1 ves al año	2 veces al año

15	Muy Muy	William Centeno	La Querencia	7 años	118	11	1	No Tenia	30 vacas paridas 30 terneros lact 25 horras, 1 toro 20 vaquillas, 2 bueyes 2 caballos	18 vacas paridas 18 terneros lact 30 vaquillas, 20 horras 3 toros, 2 bueyes	hasta 20 días x potre ro	10 días	No	No	2 veces al año	2 veces al año
16	Muy Muy	Virgilio Gonzales	San Juan	15 años	80	13	2	No Tenia	40 vaquillas 40 novillos	4 forras, 5 vaquillas 2 Toros, 10 terneras 1 buey	8 días	8 días	No	No	No	3 veces al año
17	Muy Muy	Santiago Ospina	La cruz	7 años	110	14	2	No Tenia	30 vacas paridas 30 terneros lact 16 horras, 1 toro 3 novillos	30 vacas paridas 30 terneros lact 16 horras, 1 toro 3 novillos	2 días	2 días	NO	No	1 ves al año	2 veces al año
18	Muy Muy	Raúl Ernesto Sosa	Las conchas	70 años	180	7	1	No Tenia	50 vacas paridas 50 terneros lact 40 horras, 4 toros 4 novillos, 2 bueyes	50 vacas paridas 50 terneros lact 40 horras, 3 toros 2 novillos, 2 bueyes	3 días	8 días	15 años con Bueyes	No	No	2 veces al año
19	Muy Muy	Canuto Membreño	La lucha	40 años	200	10	1	No Tenia	100 paridas con sus crias	110 vacas paridas 110 terneros lact 7 Toros	3 - 4 días	2 días	No	No	Si	Si
20	Muy Muy	Luis Rocha	Santo Tomas	30 años	83	12	1	No Tenia	22 vacas paridas 22 terneros lact 18 vaquillas, 1 toro 2 bueyes, 8 horras	25 vacas paridas 25 terneros lact 22 vaquillas, 1 toro 2 bueyes, 2 horras	4 - 5 días	6 días	No	No desde hace 30 años	No	Si
21	Muy Muy	Hector Valenzuela	San Antonio	30 años	350	14	1	No Tenia	50 vacas paridas 50 terneros lact 4 toros, 16 forras 30 novillos	39 vacas paridas 39 terneros lact 30 vaquillas, 12 caballos, 112 novillos	20- 25 días	4 días	No	No	No	2 veces al año
23	Muy Muy	Humberto Jarquin	La laguna	2 años	40	4	1	Hace 15 años fue montaña natural	21 vacas paridas 21 terneros lact 1 toro, 10 horras 50 novillos	15 vacas paridas 15 terneros lact 10 horras, 1 caballo 1 toro, 6 novillos	8 días x potre ro	8 días	No	No	No	4 veces al año

**Anexo 2.** Medidas dasométricas, características de suelo y pastura de los 49 individuos estudiados.

#	Especie de árbol	dap (cm)	Altura total (m)	Altura de Base (m)	Altura de Copa (m)	Copa NE-SO	Copa NE-SE	GPS (Lat)	GPS (Long)	Altitud msnm	Tipo de suelo estimado	Color Munsell	Textura	Pendiente	Fenología (en muestreo)	Especies forrajeras
1	Genizaro	47	9	4.5	4.5	13.3	16.5	0664805	1419187	311	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Franco arcilloso	2-6%	perdiendo hojas	P. notatum
2	Genizaro	59.5	12	5	7	21.6	21.8	0665770	1418462	320	características verticas	7.5 YR 3/2	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas	P. conjugatum, Blecum p
3	Genizaro	39.5	9.5	5	4.5	15	15	0652867	1417097	285	Mollisol con car. verticas	10YR 3/3	Arcilloso	0-2%	con hojas	P. virgatum
4	Genizaro	69	15	6	9	22.3	21.6	0653771	1415754	269	características verticas	10 YR 3/1	Arcilloso	0-2%	perdiendo hojas	Oplismenum p, Panicum laxum, P. conjugatum
5	Genizaro	85	15	7	8	28	28	0653882	1414429	300	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas	P. notatum, P. conjugatum, Cynodon dactilum
6	Genizaro	44.6 y 60.6	15	7	8	22.0	23.3	0653394	1417561	270	características verticas	10 YR 3/1	Arcilloso	0-2%	perdiendo hojas	P. notatum, P. virgatum, Cynodon dactilum, Blechum p.
7	Genizaro	39	10.5	4.5	6	17.4	16.4	0652071	1417756	289	características verticas	Gley 2.5	Arcilloso	0-2%	con hojas	P. virgatum, Blecum p. Panicum laxum
8	Genizaro	46	11	8	3	19.2	18	0657977	1415627	264	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas	P.virgatum, Cynodon dactilum, Blecum p.
9	Genizaro	95.5	18	7	11	32.4	27	0658447	1414828	270	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Franco arcilloso	0-2%	saliendole hojas y con frutos	P. virgatum, Cynodon dactilum, Dichantium aristatum
10	Genizaro	54.4	11	7	4	17.4	16	-----	-----	-----	características verticas	-----	Franco arcilloso	0-2%	Con hojas y flores	P. virgatum, Blechum p.
11	Genizaro	96	18	7	11	24.6	19.8	0657271	1413883	316	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas verdes	P. virgatum, Escleria melaneuca
12	Genizaro	72	10	6	4	24	22.4	653902	1407871	272	características verticas	10 YR 3/1	Franco arcilloso	0-2%	con flores y hojas	Panicum laxum, Cynodon dactilum, P. conjugatum, Sida acuta
13	Guacimo	78.5 - 48.2	9	4	5	19.5	18.5	0653856	1414584	288	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas y frutos	notatum, conjugatum
14	Guacimo	30.5	8	3	5	13.3	12.3	0665748	1419240	304	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas y frutos	Cynodon dactilum, P. notatum, Blecum p.
15	Guacimo	32.5 y 28	7	3	4	13	13.5	0665155	1418457	323	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas	P. virgatum y P. notatum
16	Guacimo	58.4	9	2	7	12.5	12.3	0653296	1414787	301	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas y frutos	P. virgatum

17	Guacimo	39	7	2	5	13.4	10.3	0652309	1414340	313	características verticas	-----	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas y pocos frutos	P. virgatum, P. centrale
18	Guacimo	20.5 - 22.5 - 18	7	3	4	11.5	12.3	0652005	1417663	289	características verticas	2.5 YR 2.5/1	Arcilloso	0-2%	con hojas y frutos	P. virgatum
19	Guacimo	57.5	11	4	7	17.8	20.8	0658401	1420526	313	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas y pocos frutos	P. conjugatum, Melinis minutiflora
20	Guacimo	68	13	3.5	9.5	19.8	18	0658804	1420399	300	características verticas	Gley 2.5	Arcilloso	0-2%	perdiendo hojas y con frutos	Melinis minutiflora, Panicum laxum
21	Guacimo	32.5 y 35	10	2	8	18	17.2	0652045	1417634	288	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Arcilloso	0-2%	con hojas y frutos	P. virgatum, Panicum laxum
22	Guacimo	45	8.5	2.2	6.3	13.7	13.6	0652663	1414717	301	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Arcilloso	0-2%	perdiendo hojas y frutos	P. virgatum, P. centrale
23	Guacimo	19.9 y 26 - 21 y 15.5	8, - 7	3, - 3		17.8	13.7	0651989	1417455	295	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Arcilloso	0-2%	perdiendo hojas, con frutos	Panicum laxum, Blechnum p.
24	Guacimo	26.2 y 26	25	8	17	12	11	0651955	1413610	282	características verticas	-----	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas, con frutos	P. virgatum, Blechnum p, P. conjugatum
25	Guanacaste	48	10.5	5.5	5	16.5	17	0652972	1417072	275	Posible Mollisol con car. verticas	10 YR 3.1	Arcilloso	0-2%	sin hojas, con frutos	P. virgatum
26	Guanacaste	54	15	6	9	17.8	18.8	0663824	1418875	318	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	2-6%	pocas hojas y frutos	P. notatum, P. virgatum
27	Guanacaste	94	15	5	10	26.8	26.8	0663836	1418782	315	características verticas	10 YR 3/1	Franco arcilloso	2-6%	sin hojas con frutos	P. notatum
28	Guanacaste	48.8	14	7	7	16.40	16.4	0657507	1414451	273	características verticas	Gley 2.5	Arcilloso	0-2%	sin hojas pero con frutos	P. virgatum, Panicum maximu, Melinis minutiflora
29	Guanacaste	77	17	8	9	18.8	17.5	0655905	1406683	304	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	sin hojas, con frutos	P. notatum, P. conjugatum
30	Guanacaste	111	21	11	10	29.2	30	0651933	1413614	280	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Franco arcilloso	0-2%	sin hojas, con frutos	P. notatum, Panicum laxum, Blechnum p. Cynodon dactilum
31	Guanacaste	95	16	7	9	29.3	31.4	0665869	1418450	311	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Franco	2-6%	sin hojas, con frutos	P. conjugatum, Blechnum p.
32	Guanacaste	68 y 42.6	16 y 11	9 y 6	7 y 5	23	22.5	0653043	1417248	285	características verticas	2.5 Y 2.5/1	Arcilloso	0-2%	sin hojas, con frutos	Panicum maximum, P. virgatum, Blechnum p.

33	Guanacaste	61.5	18	6	12	20	17.3	0664840	1419163	311	características verticas	10 YR 3/2	Franco arcilloso	2-6%	saliendo hojas, con frutos	P. notatum, Panicum laxum, P. virgatum
34	Guanacaste	44.5	10	6	4	16	15.6	664938	1419041	317	características verticas	Gley 2.5	Arcilloso	2-6%	con hojas, flores y algo de frutos	P. virgatum, P. notatum, Melinis minutiflora
35	Guanacaste	118	30	12	18	31	32	664633	1418018	325	características verticas	-----	Franco arcilloso	0-2%	con hojas y frutos	P. virgatum, Cynodon dactilum, P. notatum
36	Guanacaste	65.5 y 57.3	16	5	11	26	29.5	0664865	1419008	301	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	sin hojas y con frutos	P. virgatum, P. notatum
37	Roble	27.7	10	2.7	7.3	9.6	9.8	0665781	1419234	304	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	presencia de hojas	Cynodon dactilum, P. notatum, Bleum p.
38	Roble	41	10	4	6	15.5	13.3	0664799	1419067	300	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	flores y perdiendo hojas	P. conjugatum, P. notatum
39	Roble	27	8	3	5	12	10.4	0665738	1418542	312	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Arcilloso	0-2%	con hojas	P. notatum, P. conjugatum
40	Roble	29	6	2.5	3.5	10	8.6	0664993	1418577	326	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Franco arcilloso	0-2%	con hojas	P. virgatum y P. Notatum
41	Roble	67.2	17	6	11	17.2	17.7	0652349	1414380	307	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas	P. virgatum, P. centrale
42	Roble	49.8	14	4	10	15.7	15	0650124	1412761	294	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	casi sin hojas y con flores	Dichantium aristatum, Cynodon dactilum, P. notatum
43	Roble	50	13.5	3.5	10	9.5	11.6	0648022	1412535	331	Inceptisol con características verticas	2.5 Y 4/2	Arcilloso	0-2%	florecido perdiendo hojas	P. notatum, P. centrale
44	Roble		9	3	6	10.5	11	0663766	1418755	316	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Franco arcilloso	2-6%	hojas y pocas flores	P. notatum, P. virgatum
45	Roble	52	15	4	11	15	15.1	0660183	1480099	283	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	con hojas	P. virgatum, P. notatum
46	Roble	38	14	3	11	14.4	14.6	0652362	1407110	329	características verticas	5Y 3/1	Franco arcilloso	0-2%	con hojas	P. conjugatum
47	Roble	29.6	10	4	6	10.4	9.8	0665192	1416822	283	características verticas	7.5 YR 2.5/1	Franco arcilloso	0-2%	sin hojas ni flores	P. virgatum, Bleum p.
48	Roble	27.5	10	6	4	11.4	10.7	665249	1417068	288	características verticas	Gley 2.5	Arcilloso	0-2%	perdiendo hojas y sin flores	P. conjugatum, P. notatum, P. virgatum
49	Roble	23	9	4	5	9.4	8.4	0651771	1418610	304	características verticas	Gley 2.5	Franco arcilloso	0-2%	perdiendo hojas	Cynodon dactilum, P. conjugatum

**Anexo 3.** Parametros de suelo, diferencias entre pasto abierto y bajo la copa en cuatro especies de árboles. Media  $\pm$  SE (entre parentesis), n=12. Se indica la significación de las medias repetidas. Copa, muestra diferencia entre dos factores pasto abierto y factores árbol. Grupo Funcional GF. Leguminosa y no leguminosa.

		Especies No Leguminosas						Especies Leguminosas						Significancia (p-valor)		
		Roble			Guacimo			Genizaro			Guanacaste			Copa	Copa Sp	Copa x GF
		No-Copa	Copa	p-value	No-Copa	Copa	p-value	No-Copa	Copa	p-value	No-Copa	Copa	p-value			
DA	g cm <sup>-3</sup>	0,98 (0,03)	0,99 (0,02)	0,691	1.04 (0.03)	1.01 (0.03)	0,399	1.03 (0.03)	1.02 (0.03)	0,887	1.01 (0.04)	1.00 (0.04)	0,771	0.618	0.836	0.957
OC	%	4,44 (,13)	4,88 (,21)	0,069	3,93 (,16)	5,02 (,18)	0,001	3,97 (,25)	5,03 (,31)	0,002	4,49 (0,25)	4,93 (0,30)	0,061	<0.001	0.028	0.764
Nt	%	0,36 (,02)	0,37 (,01)	0,639	0,30 (,01)	0,37 (,01)	0,037	0,34 (,02)	0,40 (,02)	0,026	0,35 (,02)	0,37 (,02)	0,154	0.001	0.218	0.338
C/N		11,57 (,35)	11,30 (,28)	0,343	11.00 (,31)	11,71 (,26)	0,225	11,27 (,29)	11.00 (,20)	0,502	11,81 (,35)	11,35 (,28)	0,045	0.212	0.151	0.210
NPM	µg g <sup>-1</sup>	91,14 (7,77)	94,17 (6,98)	0,755	95,79 (7,89)	95,66 (7,37)	0,990	82,01 (7,37)	70,96 (8,40)	0,379	91,97 (11,53)	81,37 (7,60)	0,299	0.367	0.687	0.227
NPM/Nt	ug g <sup>-1</sup> N	0,26 (,02)	0,26 (,02)	0,951	0,30 (,02)	0,26 (,02)	0,318	0,24 (,01)	0,20 (,02)	0,038	0,26 (,02)	0,22 (,02)	0,268	0.033	0.454	0.238
d <sup>13</sup> C	‰	-18,03 (,40)	-19,58 (,44)	0,001	-20.00 (,47)	-21,59 (,42)	0,001	-19,19 (,45)	-21.00 (,42)	0,000	-18,64 (,67)	-20,05 (,68)	0,007	<0.001	0.782	0.797
d <sup>15</sup> N	‰	4,28 (,23)	4,60 (,14)	0,139	4,7 (,15)	4,98 (,12)	0,168	4,59 (,15)	4,5 (,20)	0,697	4,64 (,10)	4,87 (,11)	0,101	0.040	0.405	0.205
Pi	ug g <sup>-1</sup>	5,70 (,46)	6,82 (,81)	0,132	9,28 (2,05)	12,00 (1,79)	0,035	7,08 (1,29)	9,65 (1,30)	0,177	8,18 (1,71)	8,01 (1,28)	0,863	0.012	0.294	0.576
Po	µg g <sup>-1</sup>	8,19 (,65)	7,13 (,38)	0,146	10,47 (,68)	8,91 (,65)	0,022	8,52 (1,17)	7,09 (,80)	0,177	9,67 (,38)	6,77 (,85)	0,012	<0.001	0.418	0.295
Pt	ug g <sup>-1</sup>	13.89 (0,94)	13.95 (0,77)	0,952	19.75 (2,48)	20.91 (2,03)	0,406	15.60 (1,96)	16.75 (1,16)	0,583	17.85 (1,98)	14.78 (1,98)	0,112	0.822	0.199	0.334
Mg	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	7,24 (,77)	7,02 (,74)	0,689	5,59 (,65)	5,82 (,52)	0,557	6,23 (,78)	6,48 (,86)	0,550	6,96 (,72)	7,21 (,56)	0,473	0.547	0.821	0.549

Ca	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	26,82	25,69	0.525	20,49	23,10	0.187	20,25	23,10	0.064	24,16	23,83	0.728	0.196	0.165	0.711
		(3,09)	(2,14)		(1,82)	(1,86)		(1,93)	(2,03)		(1,90)	(1,58)				
K	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	0,41	0,57	0.024	0,57	0,82	0.056	0,50	0,67	0.066	0,49	0,61	0.051	<0.001	0.784	0.504
		(,04)	(,06)		(,06)	(,09)		(,08)	(,08)		(,04)	(,05)				
Na	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	0,64	0,65	0.889	0,50	0,58	0.191	0,52	0,64	0.219	0,48	0,46	0.549	0.200	0.582	0.938
		(,07)	(,06)		(,04)	(,05)		(,05)	(,09)		(,04)	(,04)				
S	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	35,10	33,93	0.572	27,15	30,32	0.193	27,49	30,89	0.077	32,09	32,10	0.990	0.152	0.220	0.679
		(3,67)	(2,79)		(2,45)	(2,33)		(2,60)	(2,80)		(2,53)	(1,97)				
pH		6,25	6,10	0.009	5,99	6,30	0.001	5,97	6,26	0.001	5,96	6,26	0.001	<0.001	<0.001	0.001
		(,03)	(,05)		(,04)	(,04)		(,03)	(,03)		(,02)	(,02)				
Al	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	0,01	0,00	0.041	0,01	0,00	0.105	0,01	0,00		0,01	0,01	0.955	0.003	0.332	0.506
		(,00)	(,00)		(,00)	(,00)		(,00)	(,00)		(,00)	(,00)				

D.A. densidad aparente; OC, carbono orgánico; Nt, Total N; NPM, mineralizable N; d<sup>13</sup>C and d<sup>15</sup>N, C y N isotopos en abundancia natural; Pt, Fósforo olsen labil; Pi Olsen labil reactivo molibdene; Po, No-Reactivo a MolibdenoMolibdene; S, suma de cationes intercambiables.

**Anexo 4.** Tabla categoría química de suelos Bertsch

Características	Categoría		
	Baja	Media	Alta
pH agua 1:2.5	< 5.5	5.6 a 6.5	> 6.5
acidez (cmol(+)/l)	< 0.5	0.5 a 1.5	> 1.5
Saturación acidez %	< 10	10 a 50	> 50
suma de bases (cmol(+)/l)	< 5	5 a 25	> 25
CICE (cmol(+)/l)	< 5	5 a 25	> 25
Ca (cmol(+)/l)	< 4	4 a 20	> 20
Mg (cmol(+)/l)	< 1	1 a 5	> 5
K (cmol(+)/l)	< 0.2	0.2 a 0.6	> 0.6
Ca/Mg		2 a 5	
Ca/K		5 a 25	
Mg/K		2.5 a 15	
Ca+Mg/K		10 a 40	
P (mg/l)	< 10	10 a 20	> 20
Zn (mg/l)	< 2	2 a 10	> 10
Mn (mg/l)	< 5	5 a 50	> 50
Fe (mg/l)	< 10	10 a 100	> 100
Cu (mg/l)	< 2	2 a 20	> 20

Fuente: Bertsch (1998)

**Anexo 5.** Resultados análisis laboratorio, conteo de bostas y densidad aparente de los 49 individuos (dentro y fuera)

#	Especie	Productor	Loca lidad	Ubica ción	OC	$\delta^{13}\text{C}$	Nt	NPM	$\delta^{15}\text{N}$	C/N	pH	Pi	Pt	Po	Ca	K	Na	Mg	SB	# Bost	Bost	da
					%	‰	%	$\mu\text{g g}^{-1}$	‰	----	----	ug/gsuelo				cmol(+) Kg <sup>-1</sup>					x m <sup>2</sup>	%
1	Roble	Victor	MATI	dentro	5.33	-19.4	0.4	0.11	4.75	10.88	5.93	6.63	16.18	9.55	15.18	0.49	0.49	4.68	20.83	0.23	26	0.97
2	Roble	Victor	MATI	dentro	4.58	-20.84	0.36	0.08	4.64	10.93	5.88	4.18	16.15	11.97	19.96	0.38	1.08	5.61	27.03	0.49	51	1.03
3	Roble	Luis Rocha	MUY	dentro	4.05	-18.16	0.36	0.12	5.09	9.93	5.95	5.96	11.39	5.43	19.53	0.37	0.40	3.58	23.89	0.66	68	0.99
4	Roble	Bernabela	MATI	dentro	5.93	-19.77	0.39	0.09	4.29	12.83	6.07	13.20	15.76	2.56	25.55	0.52	0.43	4.06	30.56	0.43	49	1.07
5	Roble	Hector Tinoco	MATI	dentro	4.7	-17.31	0.29	0.03	4.29	12.84	6.08	3.81	20.07	16.25	34.14	0.57	0.61	9.24	44.57	0.25	55	0.80
6	Roble	Canuto	MUY	dentro	4.37	-18.43	0.4	0.12	5.17	9.84	5.87	5.96	12.72	6.76	12.00	0.77	0.56	3.52	16.84	1.13	67	1.03
7	Roble	Raul	MATI	dentro	4.16	-21.41	0.27	0.08	3.55	11.73	6.32	11.66	13.93	2.27	32.23	0.97	0.64	9.31	43.15	0.81	55	1.02
8	Roble	Virgilio	MUY	dentro	3.49	-21.62	0.35	0.10	4.4	11.09	6.37	8.95	18.77	9.82	28.61	0.86	0.46	7.23	37.16	0.18	33	1.05
9	Roble	Fortunato	MATI	dentro	4.34	-18.05	0.31	0.11	3.89	12.7	6.31	3.96	14.54	10.58	30.24	0.58	0.65	10.25	41.72	0.29	49	0.96
10	Roble	Fortunato	MATI	dentro	5.26	-18.16	0.4	0.08	5.06	10.74	6.15	4.58	10.93	6.35	21.51	0.33	0.92	5.83	28.58	0.52	47	1.04
11	Roble	Rafael Reyes	MATI	dentro	6.9	-19.03	0.46	0.08	4.73	11.52	6.18	7.86	11.22	3.37	38.79	0.35	0.64	9.98	49.76	0.91	72	0.83
12	Roble	Donal	MUY	dentro	5.28	-22.4	0.38	0.11	4.92	11.31	6.15	5.81	14.91	9.10	28.45	0.56	0.67	7.25	36.94	1.27	56	1.03
13	Roble	Rafael Mendoza	MATI	dentro	5.38	-19.88	0.42	0.12	5.02	10.59	6.03	6.09	13.81	7.72	27.82	0.65	0.87	10.71	40.05	1.57	59	1.06
14	Guacimo	Santiago	MUY	dentro	5.03	-23.26	0.43	0.10	5.44	10.97	6.21	29.57	14.64	14.93	23.00	1.04	0.59	5.39	30.03	0.95	36	1.09
15	Guacimo	Donal	MUY	dentro	4.2	-20.42	0.32	0.09	4.58	10.87	6.1	11.26	39.26	28.00	14.21	0.66	0.33	3.95	19.15	0.48	57	0.78
16	Guacimo	Julio Centeno	MUY	dentro	5.12	-21.83	0.34	0.08	4.97	12.2	6.21	9.38	19.22	9.84	22.55	0.65	0.68	5.27	29.15	0.22	43	1.08
17	Guacimo	Donal	MUY	dentro	4.04	-22.65	0.34	0.05	4.63	11.24	6.14	16.86	19.02	2.15	19.31	1.17	0.82	4.82	26.11	0.27	33	1.14
18	Guacimo	Bernabela	MATI	dentro	5.66	-23.93	0.44	0.14	5.28	11.04	6.24	12.30	29.46	17.16	19.37	0.68	0.53	5.37	25.95	0.67	48	1.02
19	Guacimo	Bernabela	MATI	dentro	5.31	-22.5	0.4	0.11	4.98	11.78	6.34	7.44	24.09	16.64	23.63	0.69	0.95	6.37	31.64	0.36	40	1.01
20	Guacimo	Virgilio	MUY	dentro	5.42	-21.19	0.42	0.10	5.48	11.16	6.36	11.53	18.57	7.04	26.15	0.84	0.72	6.87	34.59	0.34	30	0.81
21	Guacimo	William	MUY	dentro	5.41	-22.86	0.37	0.10	4.83	11.21	6.35	8.79	21.54	12.75	21.55	0.77	0.44	4.29	27.06	0.61	55	0.99
22	Guacimo	Fortunato	MATI	dentro	5.3	-19.6	0.31	0.09	4.33	14.23	6.32	7.04	15.42	8.38	31.75	0.79	0.41	8.50	41.46	0.23	42	1.00
23	Guacimo	Adolfo	MUY	dentro	6.04	-21.01	0.4	0.07	5.39	11.99	6.69	11.38	13.39	2.01	35.76	1.51	0.60	6.53	44.40	0.6	62	0.94
24	Guacimo	Donal	MUY	dentro	4.18	-19.59	0.31	0.09	4.41	11.95	6.39	11.56	18.34	6.78	13.50	0.40	0.49	3.21	17.60	0.61	46	1.16
25	Guacimo	Rafael Mendoza	MATI	dentro	5.49	-20.25	0.39	0.14	5.5	11.84	6.22	6.89	23.55	16.66	26.42	0.59	0.40	9.32	36.73	0.89	58	1.04
26	Genizaro	Noe Valenzuela	MUY	dentro	5.05	-22.78	0.35	0.08	4.07	9.92	6.16	7.86	17.36	9.50	16.33	0.48	0.94	4.76	22.51	0.27	57	1.09

27	Genizaro	Hector Valenzuela	MUY	dentro	5.89	-20.8	0.46	0.09	4.4	11.21	6.1	6.91	16.70	9.79	27.93	0.51	1.16	5.63	35.23	0.13	49	1.04
28	Genizaro	Fortunato	MATI	dentro	6.99	-21.87	0.55	0.12	3.9	11.24	6.15	10.88	14.39	3.51	37.05	0.62	0.69	10.57	48.92	0.47	54	0.91
29	Genizaro	Anael Men.	MUY	dentro	7.01	-19.99	0.32	0.04	5.08	11.5	6.13	12.19	15.55	3.37	16.66	0.50	0.63	5.87	23.66	0.39	57	0.99
30	Genizaro	Anael Men.	MUY	dentro	4.63	-21.18	0.5	0.13	3.65	12.02	6.24	9.51	16.96	7.45	27.45	0.46	1.08	10.73	39.73	0.36	51	1.10
31	Genizaro	Guillermo	MUY	dentro	4.29	-22.33	0.34	0.05	5.89	10.33	6.22	11.93	14.48	2.55	18.92	0.43	0.46	4.03	23.83	0.22	48	1.09
32	Genizaro	Adolfo O.	MUY	dentro	5.43	-22.06	0.44	0.07	5.21	10.53	6.38	17.24	20.86	3.63	23.27	1.34	0.47	4.51	29.59	0.35	42	0.99
33	Genizaro	José Lazo	MUY	dentro	4.6	-22.91	0.4	0.07	4.07	10.9	6.32	2.67	23.75	21.08	18.83	0.53	0.82	4.28	24.46	0.51	34	1.02
34	Genizaro	Adolfo	MUY	dentro	5.47	-19.59	0.43	0.08	4.66	11.28	6.38	6.44	17.49	11.06	25.09	0.75	0.40	6.90	33.14	0.38	58	0.94
35	Genizaro	Fortunato	MATI	dentro	3.69	-20.7	0.29	0.03	4.33	10.78	6.39	6.35	13.56	7.21	18.77	0.83	0.24	4.51	24.35	0.26	49	1.11
36	Genizaro	Rafael Reyes	MATI	dentro	5.37	-18.61	0.35	0.06	3.74	12.4	6.32	6.35	14.38	8.03	32.43	0.62	0.38	12.27	45.71	1	47	0.82
37	Genizaro	Donal	MUY	dentro	4.19	-19.09	0.33	0.05	5.21	11.36	6.33	17.53	15.57	-1.96	14.42	1.00	0.41	3.74	19.56	0.66	56	1.19
38	Guanacaste	Ernesto	MATI	dentro	4.15	-20.47	0.35	0.07	4.63	11.14	6.2	6.23	26.51	20.28	17.67	0.59	0.86	7.11	26.22	0.48	64	1.07
39	Guanacaste	Rafael Reyes	MATI	dentro	4.85	-17.63	0.33	0.08	4.55	12.08	6.29	3.09	14.50	11.41	23.76	0.60	0.40	8.33	33.10	0.4	49	0.96
40	Guanacaste	Rafael Reyes	MATI	dentro	5.42	-17.87	0.39	0.09	5.43	11.37	6.13	6.09	10.28	4.19	24.93	0.53	0.64	9.70	35.81	0.17	49	0.89
41	Guanacaste	Fortunato	MATI	dentro	5.34	-18.34	0.39	0.10	4.81	11.42	6.29	11.02	14.94	3.92	29.37	0.78	0.44	9.73	40.32	0.45	54	0.89
42	Guanacaste	Adolfo Falcon	MUY	dentro	3.46	-20.69	0.29	0.06	5.16	10.54	6.23	5.41	21.44	16.03	17.11	0.81	0.30	6.04	24.27	0.49	57	1.21
43	Guanacaste	Santiago	MUY	dentro	5.99	-24.31	0.32	0.12	4.52	10.53	6.33	19.02	14.21	-4.81	22.65	0.66	0.46	6.58	30.35	0.31	54	1.04
44	Guanacaste	Humberto	MUY	dentro	6.74	-23.54	0.55	0.08	4.21	11.87	6.18	12.21	18.59	6.38	31.54	0.49	0.45	7.10	39.59	0.44	51	1.10
45	Guanacaste	Noe Valenzuela	MUY	dentro	2.51	-22.43	0.27	0.04	5.01	9.42	6.37	8.55	22.26	13.72	20.23	0.77	0.33	3.65	24.98	0.32	55	1.05
46	Guanacaste	Hector	MATI	dentro	5.65	-19	0.41	0.05	5.32	13.02	6.34	5.80	13.54	7.74	28.39	0.33	0.38	7.31	36.42	0.26	74	0.94
47	Guanacaste	Hector	MATI	dentro	5.67	-17.07	0.36	0.09	5.14	12.49	6.3	4.17	13.00	8.82	28.21	0.41	0.40	9.09	38.11	0.23	45	0.97
48	Guanacaste	Adolfo Falcon	MUY	dentro	3.87	-19.89	0.28	0.08	4.59	10.75	6.27	5.14	11.78	6.65	14.48	0.89	0.35	4.13	19.85	0.15	34	1.16
49	Guanacaste	Rafael Reyes	MATI	dentro	6.61	-19.37	0.49	0.13	5.04	11.63	6.2	9.37	13.42	4.05	27.60	0.50	0.44	7.69	36.22	0.31	51	0.79
50	Roble	Victor	MATI	fuera	5.21	-17.53	0.4	0.08	3.89	11.56	6.287	7.40	16.17	8.77	21.04	0.40	0.77	5.16	27.38	0.67	74	0.96
51	Roble	Victor	MATI	fuera	4.57	-19.12	0.44	0.11	3.53	10.64	6.183	2.99	9.54	6.55	22.12	0.64	1.22	9.92	33.88	0.46	49	0.96
52	Roble	Luis Rocha	MUY	fuera	4.45	-16.71	0.38	0.07	4.55	9.81	6.205	5.13	15.18	10.05	14.63	0.16	0.51	2.95	18.24	0.31	32	0.98
53	Roble	Bernabela	MATI	fuera	4.39	-19.86	0.38	0.10	5.01	10.82	6.145	8.51	20.94	12.42	23.78	0.68	0.41	4.46	29.33	0.45	51	0.98
54	Roble	Hector	MATI	fuera	4.97	-16.66	0.33	0.05	4.53	13.7	6.195	3.82	10.70	6.88	35.96	0.47	0.36	10.35	47.14	0.21	45	0.83



84	Guanacaste	Ernesto	MATI	fuera	3.91	-20.2	0.36	0.14	4.28	10.74	5.81	7.00	24.44	17.44	14.56	0.42	0.68	6.13	21.79	0.27	36	1.03
85	Guanacaste	Rafael Reyes	MATI	fuera	4.84	-14.9	0.35	0.07	5.07	12.29	5.95	4.02	16.43	12.41	26.60	0.45	0.33	9.10	36.48	0.41	51	0.81
86	Guanacaste	Rafael Reyes	MATI	fuera	4.7	-18.27	0.37	0.07	5.09	12.54	5.91	5.20	13.15	7.95	27.49	0.53	0.44	9.71	38.17	0.18	51	0.93
87	Guanacaste	Fortunato	MATI	fuera	3.83	-15.19	0.31	0.08	4.32	12.97	6.02	5.73	15.13	9.40	29.39	0.43	0.54	9.70	40.06	0.38	46	1.19
88	Guanacaste	Adolfo Falcon	MUY	fuera	3.85	-20.65	0.28	0.06	4.74	10.41	5.92	8.31	14.60	6.29	15.64	0.52	0.31	3.70	20.18	0.36	43	1.12
89	Guanacaste	Santiago	MUY	fuera	4.65	-20.37	0.36	0.12	4.87	10.79	5.89	25.48	19.61	-5.87	23.59	0.90	0.50	6.22	31.21	0.26	46	1.12
90	Guanacaste	Humberto	MUY	fuera	5.44	-21.36	0.44	0.11	4.17	11.41	6.02	12.32	36.84	24.52	25.75	0.53	0.74	5.32	32.34	0.41	49	1.12
91	Guanacaste	Noe Valenzuela	MUY	fuera	3.66	-21.06	0.31	0.06	4.73	10.45	5.96	3.61	23.96	20.35	16.14	0.48	0.25	3.54	20.40	0.27	45	1.08
92	Guanacaste	Hector	MATI	fuera	5.25	-17.14	0.32	0.09	4.31	14.04	5.995	5.55	11.27	5.72	31.40	0.31	0.56	9.31	41.58	0.09	26	0.81
93	Guanacaste	Hector	MATI	fuera	5.34	-16.9	0.33	0.08	5.01	13.28	6.08	5.62	13.58	7.96	30.98	0.47	0.50	9.84	41.79	0.29	55	0.96
94	Guanacaste	Adolfo Falcon	MUY	fuera	3.03	-20.46	0.25	0.03	4.77	11.58	6.05	8.09	14.70	6.61	17.14	0.47	0.34	3.96	21.90	0.29	66	1.16
95	Guanacaste	Rafael Reyes	MATI	fuera	5.95	-17.19	0.48	0.18	4.35	11.21	5.95	7.20	18.77	11.57	31.24	0.34	0.59	6.98	39.16	0.3	49	0.85
96	Roble	Virgilio	MUY	fuera	3.82	-18.89	0.31	0.06	4.68	12.88	6.08	5.88	13.86	7.97	23.99	0.48	0.69	6.24	31.41	0.38	67	0.91
97	Roble	Rafael Mendoza	MATI	fuera	4.36	-18.34	0.4	0.12	5.34	10.98	6.08	6.03	17.18	11.15	26.80	0.51	0.32	8.83	36.46	1.11	41	1.05
98	Guacimo	Santiago	MUY	fuera	4.65	-20.37	0.36	0.12	4.87	10.79	5.89	25.48	19.61	-5.87	23.59	0.90	0.50	6.22	31.21	1.7	64	1.18

### Anexo 6. Porcentajes cobertura vegetación época seca

Especie	Posición	# LB	Su_Des	Gramineas	Ciperaceas	H_An_Legu	H_An_No_Leg	Todas_H_An	Gram+Ciper	Gram_Consumu	Gram_No_Consumu	Blechum	Conjugatum	Notatum	Mimo_Pu	Virgatum
Geni	Dentro	72	9	86	0	0	5	5	86	86	0	0	9	0	0	0
Geni	Dentro	74	2	92	3	4	0	4	94	87	5	0	0	87	0	5
Geni	Dentro	75	4	95	0	0	2	2	95	7	13	1	0	0	0	13
Geni	Dentro	76	7	88	0	0	5	5	88	2	84	1	0	0	0	86
Geni	Dentro	77	3	91	0	1	6	7	91	91	0	0	0	1	1	2
Geni	Dentro	78	6	69	0	1	24	25	69	69	0	0	0	91	0	0
Geni	Dentro	79	6	90	0	0	4	5	90	90	0	0	0	1	0	0
Geni	Dentro	81	9	87	1	0	3	3	88	85	3	1	0	96	0	2
Geni	Dentro	80	3	94	1	0	2	2	95	93	1	0	5	0	0	6
Geni	Dentro	82	0	99	0	0	0	1	99	99	0	0	0	0	0	64
Geni	Dentro	83	10	84	0	1	5	6	84	8	75	0	0	0	0	0
Geni	Fuera	4	5	90	3	1	1	2	93	77	1	0	0	0	0	0
Geni	Fuera	8	2	97	1	0	1	1	97	92	2	0	0	49	0	6
Geni	Fuera	10	2	93	1	2	2	4	94	93	0	0	0	96	0	0
Geni	Fuera	11	7	93	0	0	0	0	93	93	0	1	2	94	0	0
Geni	Fuera	13	5	94	0	1	0	1	94	0	86	1	0	24	1	0
Geni	Fuera	14	7	83	0	1	9	10	83	10	73	0	0	0	0	87
Geni	Fuera	30	7	89	0	2	3	4	89	89	0	0	0	2	0	0
Geni	Fuera	32	0	97	2	0	0	0	99	91	6	0	0	0	0	64
Geni	Fuera	41	3	93	0	1	3	4	93	23	69	1	0	23	1	0
Geni	Fuera	42	1	96	0	2	2	4	96	0	95	0	0	0	0	95
Geni	Fuera	45	4	90	3	0	3	3	93	39	49	0	22	69	0	0
Geni	Dentro	73	3	90	1	1	5	6	91	0	90	2	0	0	0	90
Geni	Fuera	43	1	97	0	1	1	2	97	97	0	0	0	86	1	3
Guaci	Dentro	61	7	87	0	0	6	6	87	12	75	0	0	0	0	0
Guaci	Dentro	62	6	90	0	2	2	4	90	0	88	1	0	63	0	87
Guaci	Dentro	63	8	91	0	1	1	2	91	9	82	0	0	0	0	83
Guaci	Dentro	64	1	97	0	0	2	2	97	0	0	1	63	6	0	0
Guaci	Dentro	65	1	91	3	1	5	6	93	43	2	0	0	0	0	0
Guaci	Dentro	66	12	84	0	2	2	4	84	11	73	1	0	57	0	24
Guaci	Dentro	67	3	94	0	2	1	3	94	4	90	1	0	10	0	92
Guaci	Dentro	68	7	68	19	3	4	6	87	2	66	0	0	24	1	91
Guaci	Dentro	69	6	93	0	0	1	1	93	92	0	0	0	65	0	56
Guaci	Dentro	70	6	88	0	3	4	6	88	19	69	0	0	0	0	0

Guaci	Dentro	71	9	86	1	1	3	4	87	6	81	0	3	0	0	0
Guaci	Dentro	60	8	92	0	0	1	1	92	92	0	0	0	91	0	0
Guaci	Fuera	2	1	91	1	2	6	8	92	0	91	0	0	24	0	0
Guaci	Fuera	3	2	96	1	1	0	1	97	96	0	0	0	0	1	0
Guaci	Fuera	15	2	91	2	0	6	6	93	0	0	0	65	30	1	0
Guaci	Fuera	17	2	95	0	3	0	3	95	2	91	0	0	2	0	88
Guaci	Fuera	17	2	95	0	3	0	3	95	2	91	0	0	81	0	0
Guaci	Fuera	19	1	96	1	2	0	2	97	71	6	0	0	27	0	45
Guaci	Fuera	25	4	92	0	1	2	3	93	0	92	0	0	0	0	71
Guaci	Fuera	26	3	94	0	2	2	3	94	8	16	2	0	0	0	15
Guaci	Fuera	28	7	88	0	2	3	5	88	88	0	0	0	0	1	7
Guaci	Fuera	29	6	94	0	0	0	0	94	26	0	0	0	47	0	0
Guaci	Fuera	39	6	90	0	1	4	5	90	8	1	0	0	0	0	0
Guaci	Fuera	40	9	91	0	0	0	0	91	91	0	0	0	63	0	0
Guana	Dentro	84	7	87	0	0	6	6	87	87	0	0	0	0	0	0
Guana	Dentro	85	3	96	1	0	0	0	97	88	3	0	0	88	0	7
Guana	Dentro	86	0	97	1	1	1	2	98	75	22	0	0	75	0	0
Guana	Dentro	87	5	95	0	0	0	0	95	95	0	0	47	26	0	0
Guana	Dentro	88	6	90	0	0	4	4	90	24	0	0	0	0	0	0
Guana	Dentro	89	10	89	0	0	1	1	89	89	0	0	13	74	0	0
Guana	Dentro	90	5	88	0	2	5	6	88	0	88	1	0	0	1	81
Guana	Dentro	91	1	95	0	0	4	4	95	0	95	0	0	0	0	75
Guana	Dentro	92	4	91	0	1	4	5	91	90	1	0	0	95	0	2
Guana	Dentro	93	1	94	0	1	4	5	94	93	1	0	2	90	0	0
Guana	Dentro	94	4	91	2	2	1	3	93	23	67	0	22	71	0	0
Guana	Dentro	95	6	89	0	1	4	5	89	86	2	2	0	92	0	0
Guana	Fuera	6	0	97	2	0	0	1	99	97	0	1	0	97	0	0
Guana	Fuera	9	0	95	2	2	1	3	97	95	0	0	0	6	1	0
Guana	Fuera	21	7	90	0	0	3	3	90	6	84	0	0	0	0	5
Guana	Fuera	23	0	92	1	4	3	7	93	61	31	1	0	61	0	0
Guana	Fuera	31	3	90	1	1	4	6	91	24	64	0	59	35	0	0
Guana	Fuera	33	1	96	0	1	2	3	96	96	0	1	0	0	0	44
Guana	Fuera	36	3	94	2	0	2	2	96	93	1	0	0	92	0	1
Guana	Fuera	37	2	93	2	3	0	3	95	93	0	0	0	93	0	0
Guana	Fuera	38	3	97	0	0	0	0	97	96	0	0	50	45	0	0
Guana	Fuera	40	9	91	0	0	0	0	91	91	0	0	0	42	0	0
Guana	Fuera	44	0	99	0	0	1	1	99	99	0	0	1	94	0	0

Guana	Fuera	46	2	96	0	0	2	2	96	96	0	1	0	93	0	0
Roble	Dentro	47	0	98	2	0	0	0	100	98	0	0	34	39	0	8
Roble	Dentro	48	0	95	0	2	3	5	95	74	21	2	0	49	2	3
Roble	Dentro	49	6	91	0	0	3	3	91	91	0	0	14	10	0	0
Roble	Dentro	50	1	95	2	1	0	1	98	93	2	0	0	22	0	2
Roble	Dentro	51	2	97	0	0	2	2	97	97	0	1	0	91	0	0
Roble	Dentro	52	3	90	0	2	5	7	90	90	0	1	0	97	0	0
Roble	Dentro	53	11	83	2	2	2	4	85	77	2	1	0	88	0	0
Roble	Dentro	55	0	94	2	2	2	4	96	42	52	0	0	24	0	88
Roble	Dentro	56	0	96	1	0	2	2	97	95	1	1	24	2	0	0
Roble	Dentro	57	2	93	0	0	6	6	93	92	1	0	0	99	0	0
Roble	Dentro	58	9	90	0	2	0	2	90	90	0	1	42	44	0	2
Roble	Dentro	54	2	92	0	2	4	6	92	0	92	0	0	10	0	74
Roble	Dentro	59	5	88	2	1	4	5	90	44	45	1	1	1	0	0
Roble	fuera	1	0	73	22	3	2	5	95	70	3	1	61	9	0	6
Roble	Fuera	5	1	97	0	1	1	2	97	97	0	1	0	95	0	0
Roble	Fuera	7	11	89	0	0	0	0	89	79	0	0	0	98	0	0
Roble	Fuera	12	9	79	0	0	12	12	79	16	63	0	0	0	0	0
Roble	Fuera	16	3	87	3	3	4	7	90	41	0	0	0	0	0	0
Roble	Fuera	18	4	94	1	1	1	3	95	34	33	0	0	2	0	90
Roble	Fuera	20	7	91	0	1	1	2	91	51	40	0	2	67	0	49
Roble	Fuera	22	0	95	1	1	4	4	96	28	67	1	0	25	1	0
Roble	Fuera	22	6	89	1	1	4	4	90	27	62	1	0	24	1	0
Roble	Fuera	24	2	89	3	2	5	6	92	65	24	1	0	0	0	0
Roble	Fuera	27	5	91	0	1	3	4	91	5	84	2	0	0	0	85
Roble	Fuera	34	6	88	0	0	6	6	88	2	86	0	0	3	0	0
Roble	Fuera	35	5	93	0	1	1	2	93	0	92	0	0	0	0	2

**Anexo 8.** Porcentajes cobertura vegetación época lluviosa

Especie	Posición	# LB	Su_Des	Gramineas	Ciperaceas	H_An_Leg	H_An_No_Leg	Todas_An	Gram+Cyper	Gram_Consum	Gram_No_Consum	Blechum	Conjugatum	Notatum	Mimo_Pu	Baltimoria	Virgatum
Roble	Dentro	47	0	52	1	3	44	47	53	49	3	86	21	45	2	31	2
Roble	Dentro	48	0	69	1	3	27	30	70	0	69	47	0	0	2	4	0
Roble	Dentro	49	0	41	0	54	5	59	41	39	3	3	0	52	0	0	0
Roble	Dentro	50	0	90	2	5	3	8	92	45	45	0	0	85	4	42	2
Roble	Dentro	51	0	97	1	0	2	2	99	97	0	2	0	97	0	0	0
Roble	Dentro	52	0	94	3	2	1	3	97	68	25	2	0	68	0	0	0
Roble	Dentro	53	1	28	2	21	48	69	30	25	3	47	0	0	2	93	4
Roble	Dentro	55	0	76	0	24	1	25	76	27	48	2	0	37	0	0	64
Roble	Dentro	56	0	97	1	1	1	3	98	95	2	2	0	95	2	0	0
Roble	Dentro	57	0	18	0	0	81	81	19	11	8	81	0	11	2	89	0
Roble	Dentro	58	0	98	0	2	1	2	98	73	25	0	84	0	2	11	0
Guaci	Dentro	61	0	12	0	1	87	88	12	9	2	83	2	0	0	2	0
Guaci	Dentro	62	80	11	1	1	7	8	12	0	11	5	0	0	0	0	11
Guaci	Dentro	63	0	93	0	2	5	7	93	92	1	0	0	0	0	3	2
Guaci	Dentro	64	1	97	0	0	2	2	97	92	5	0	6	0	0	33	0
Guaci	Dentro	65	0	89	2	2	7	9	91	82	7	2	8	0	0	26	7
Roble	Dentro	54	0	68	0	1	31	32	68	0	68	0	0	0	0	0	67
Guaci	Dentro	66	0	77	0	2	22	23	77	4	73	0	0	8	2	0	72
Guaci	Dentro	67	24	73	0	3	0	3	73	44	29	0	88	0	0	0	12
Guaci	Dentro	68	21	74	0	5	1	6	74	43	31	3	0	86	0	8	31
Guaci	Dentro	69	0	72	0	1	27	28	72	72	0	27	2	72	0	0	0
Guaci	Dentro	70	4	64	1	0	32	32	64	41	23	35	0	0	0	0	0
Roble	Dentro	59	0	98	0	1	1	2	98	49	49	0	0	0	0	0	0
Guaci	Dentro	71	0	78	0	0	22	22	78	53	25	44	40	0	0	0	2
Geni	Dentro	73	0	95	0	1	4	5	95	22	74	4	86	0	0	0	50
Geni	Dentro	72	1	14	0	1	84	85	14	14	0	56	7	0	3	0	0
Geni	Dentro	74	0	93	0	3	5	7	93	22	70	3	0	0	2	0	62
Geni	Dentro	75	0	95	0	1	4	5	95	93	2	3	0	0	0	0	2
Geni	Dentro	76	0	97	0	2	2	3	97	1	96	2	0	0	0	0	70
Geni	Dentro	77	0	72	0	0	27	28	72	72	0	48	0	0	0	0	0
Geni	Dentro	78	0	55	0	22	23	45	55	47	8	2	0	93	0	0	0
Geni	Dentro	79	4	94	0	2	0	2	94	72	23	0	0	0	2	0	0
Geni	Dentro	81	0	72	0	1	27	28	72	8	64	3	0	11	0	0	0

Geni	Dentro	80	0	97	0	0	2	3	97	52	46	3	3	51	0	0	0
Geni	Dentro	82	0	98	0	1	1	2	98	97	1	2	0	97	2	21	0
Geni	Dentro	83	0	26	0	1	73	74	26	26	0	47	0	0	0	0	0
Guana	Dentro	84	0	94	0	0	6	6	94	72	23	3	0	0	0	3	0
Guana	Dentro	85	2	96	0	1	1	2	97	94	2	0	0	94	2	2	3
Guana	Dentro	86	0	98	0	1	2	2	98	89	9	3	0	89	0	2	0
Guana	Dentro	87	0	95	0	0	5	5	95	95	0	2	60	50	0	22	0
Guana	Dentro	88	0	79	1	0	20	20	80	77	2	2	0	0	0	17	0
Guana	Dentro	89	2	2	0	94	2	96	2	0	2	6	0	0	0	17	0
Guaci	Dentro	60	0	98	0	2	1	2	98	95	3	2	0	94	0	0	0
Guana	Dentro	90	0	81	0	3	15	19	81	80	1	3	80	0	5	0	0
Guana	Dentro	91	0	92	0	1	7	8	92	1	91	2	0	0	0	0	91
Guana	Dentro	92	0	94	0	1	5	6	94	93	0	3	2	93	0	0	0
Guana	Dentro	93	0	96	1	1	2	3	97	96	0	3	0	96	0	93	0
Guana	Dentro	94	0	87	0	1	12	13	87	0	87	2	0	0	0	0	0
Guana	Dentro	95	0	91	0	5	3	9	91	67	24	3	0	67	0	47	0
Roble	Fuera	1	0	97	1	1	0	2	98	97	0	0	33	64	2	0	0
Roble	Fuera	2	0	73	2	2	23	25	75	68	5	88	0	91	2	0	0
Roble	Fuera	3	0	94	3	3	0	3	97	94	0	0	24	70	2	0	0
Roble	Fuera	4	0	94	0	2	3	6	95	92	2	3	0	86	2	0	3
Roble	Fuera	5	0	95	3	1	2	2	98	95	0	3	2	94	0	0	0
Roble	Fuera	6	0	95	1	3	0	4	96	87	9	2	0	87	0	0	0
Roble	Fuera	7	1	98	0	0	0	0	99	98	0	2	0	15	0	2	0
Roble	Fuera	8	1	95	4	0	0	0	99	93	2	0	0	93	0	5	3
Roble	Fuera	9	0	93	7	0	0	0	100	93	0	0	43	50	0	6	0
Roble	Fuera	10	0	85	13	0	2	2	98	85	1	3	0	85	0	0	0
Roble	Fuera	11	0	93	0	7	1	7	93	89	4	0	0	76	2	2	0
Guaci	Fuera	12	0	92	0	0	7	7	93	92	1	0	25	0	0	0	0
Guaci	Fuera	13	0	96	1	1	3	3	97	49	47	0	0	0	0	0	46
Guaci	Fuera	14	0	48	0	3	49	52	48	47	1	2	0	3	3	13	0
Guaci	Fuera	15	0	98	0	1	1	2	98	98	0	0	66	0	0	0	2
Guaci	Fuera	16	0	86	1	2	11	13	87	83	3	0	0	0	0	0	0
Roble	Fuera	17	0	87	0	0	13	13	87	0	87	0	0	0	0	0	84
Guaci	Fuera	17	0	87	0	0	13	13	87	0	87	0	0	0	0	12	84
Guaci	Fuera	18	38	35	0	3	24	27	36	34	1	84	0	33	2	0	0
Guaci	Fuera	19	0	95	4	1	0	1	99	93	2	0	0	92	0	8	6
Guaci	Fuera	20	0	96	0	2	2	4	96	96	0	0	0	92	0	2	0

Guaci	Fuera	21	0	26	1	0	73	73	27	26	0	2	0	0	2	0	0
Roble	Fuera	22	0	95	2	1	2	3	97	24	71	3	0	0	0	0	0
Guaci	Fuera	22	0	95	2	1	2	3	97	24	71	0	0	0	0	0	0
Geni	Fuera	23	0	73	0	2	25	27	73	71	2	32	88	51	0	27	2
Geni	Fuera	24	0	56	1	3	40	43	57	0	56	2	0	0	3	3	0
Geni	Fuera	25	0	49	47	2	3	4	96	24	25	3	0	0	0	0	46
Geni	Fuera	26	0	96	0	2	2	4	96	49	47	2	0	0	0	0	47
Geni	Fuera	27	0	96	0	2	2	5	96	52	44	3	0	0	0	0	44
Geni	Fuera	28	0	65	0	3	33	35	65	17	48	3	0	0	3	2	2
Geni	Fuera	29	0	71	0	1	28	29	71	49	22	2	0	96	0	0	0
Geni	Fuera	30	2	74	0	0	24	24	74	73	2	5	0	90	0	3	0
Geni	Fuera	31	0	69	0	2	29	31	69	48	22	4	75	11	0	47	0
Geni	Fuera	32	0	96	3	2	0	2	98	93	3	0	2	92	0	4	0
Geni	Fuera	33	0	97	1	1	2	3	97	96	0	2	0	96	0	0	2
Geni	Fuera	34	3	27	0	2	68	70	27	22	5	3	0	0	2	0	0
Guana	Fuera	35	0	49	1	2	49	51	49	1	47	2	0	0	0	48	0
Guana	Fuera	36	0	98	1	0	0	0	100	94	5	0	0	92	0	52	6
Guana	Fuera	37	0	97	2	1	0	1	99	96	1	0	0	96	0	0	0
Guana	Fuera	38	0	96	1	0	3	3	97	94	2	2	6	92	0	0	0
Guana	Fuera	39	0	89	0	9	2	11	89	83	6	0	0	0	0	0	0
Guana	Fuera	40	0	99	0	0	2	2	99	98	0	0	2	2	0	0	0
Guaci	Fuera	40	0	99	0	0	2	2	99	98	0	0	2	2	0	0	0
Guana	Fuera	41	0	96	0	3	1	4	96	94	2	0	82	50	4	0	0
Guana	Fuera	42	0	90	0	1	9	11	90	2	87	2	0	0	0	0	87
Guana	Fuera	43	0	97	2	0	1	1	99	96	0	2	0	96	0	0	0
Guana	Fuera	44	0	98	1	1	0	1	99	97	1	0	0	97	2	2	0
Guana	Fuera	45	0	94	0	3	3	6	94	46	48	4	0	0	0	0	0
Guana	Fuera	46	0	94	4	2	0	2	98	85	9	0	0	85	2	0	0

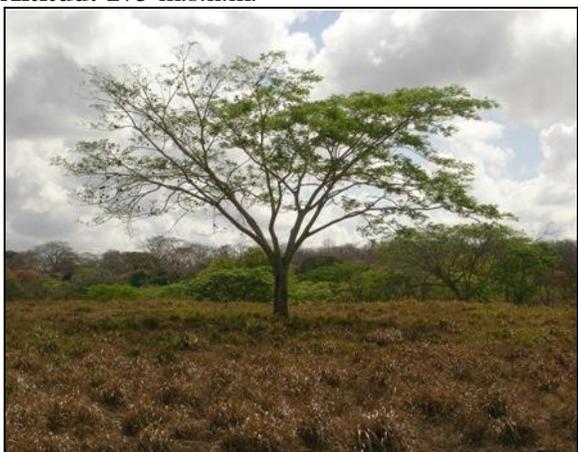
**Anexo 9.** Lista de especies herbáceas encontradas

<b>Nombre_vulgar</b>	<b>Nombre_cientifico</b>	<b>Familia</b>	<b>Agrupación</b>
Estrella blanca	<i>Dichromena Ciliata</i>	Cyperaceae	Ciperácea
Navajueta	<i>Scleria melaleuca</i>	Cyperaceae	Ciperácea
Angleton	<i>Dichanthium aristatum</i>	Poaceae	Gramínea
Asia	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae	Gramínea
Cola burro	<i>Paspalum centrale</i>	Poaceae	Gramínea
Conjugatum	<i>Paspalum conjugatum</i>	Poaceae	Gramínea
Estrella	<i>Cynodon dactylum</i>	Poaceae	Gramínea
Gramma conejo	<i>Oplismenum burmanni</i>	Poaceae	Gramínea
Jaragua	<i>Melinis minutiflora</i>	Poaceae	Gramínea
Notatum	<i>Paspalum Notatum</i>	Poaceae	Gramínea
Panicula	<i>Panicum laxum</i>	Poaceae	Gramínea
Pasto peludo	<i>Setaria parviflora</i>	Poaceae	Gramínea
Pata de Gallina	<i>Eleucina Indica</i>	Poaceae	Gramínea
Zacaton	<i>Paspalum virgatum</i>	Poaceae	Gramínea
Oplismenum	<i>Oplismenum p.</i>	Poaceae	Gramínea
Aromo	<i>Phitecellobium oblongum</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Bifoliada		Leguminosa	Hoja Ancha Leguminosa
Bledo	<i>Amaranthus sp.</i>	Amaranthaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Calopo		Leguminosa	Hoja Ancha Leguminosa
Canum	<i>Desmodium distortum</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Centro_puben	<i>Centrosema pubescens</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Cornisuelo	<i>Acacia cornigera</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Desmodium	<i>Desmodium pre</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Fructicosa	<i>Desmodium trifolium</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Mimosa Albida	<i>Mimosa albida</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Mimosa Pigra	<i>Mimosa Pigra</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Mimosa Pudica	<i>Mimosa pudica</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Pico pajaró	<i>Senna obstusifolia</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Plumierito		Mimosa sp	Hoja Ancha Leguminosa
Rinchosia	<i>Rhynchosia minima</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Rompe Bota	<i>Acacia farnesina</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Umanda	<i>Senna eskineri</i>	Fabaceae	Hoja Ancha Leguminosa
Aserrada		Euphorbiaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Batatilla	<i>Ipomoea hederifolia</i>	Convolvulaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Bidens	<i>bidens pilosa</i>	Asteraceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Blechum 1	<i>Blechum pyramidatum</i>	Acanthaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Blechum 2	<i>Blechum sp</i>	Acanthaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Blechum 3	<i>Dyschrister quadrangularis</i>	Acanthaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Bola blanca	<i>Hyptis capitata</i>	Lamiaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Chaguiton	<i>Maranta arundinacea</i>	Marantaceae	Hoja Ancha No Leguminosa

Cinco_negrito	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Cissus		Marantaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Cola iguana	<i>Solanum Jamaicense</i>	Solanaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Escoba 3	<i>Sida jussieana</i>	Malvaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Escoba lisa	<i>Sida Acuta</i>	Malvaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Escoba San Antonio	<i>Elephantopus spicatus</i>	Asteraceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Flor Azul	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Flor_Amarilla	<i>Baltimora recta</i>	Asteraceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Gusanito		Euphorbiaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Junco melenillo		Solanaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Monte de caballo	<i>Trunfeta lupolium</i>		Hoja Ancha No Leguminosa
Papa miel	<i>Combretum fruticosum</i>	Combretaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Papa Miel	<i>Combretum fruticosum</i>	Combretaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Peludo 1	<i>Malachra alceifolia</i>	Malvaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Picha Gato	<i>Achyranthes aspera L.</i>	Amaranthaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Polilla	<i>Jussiaea decurrens</i>	Onagraceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Pysalis		Solanaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
Viborana	<i>Asclepias curassavica</i>	Asclepiadaceae	Hoja Ancha No Leguminosa
	<i>Sida spp.</i>	Malvaceae	Hoja Ancha No Leguminosa

\* Otras especies encontradas se evaluaron como individuos no identificados, la mayoría hojas anchas.

**Anexo 10.****INFORMACIÓN ÁRBOLES INTENSIVOS****Finca:** Taiwan**Productor:** Adolfo Falcon**Ubicación:** Maizama**Altitud:** 275 m.s.n.m.

	<b>Información dasometrica</b> <b>Copa NE-SO = 16.5</b> <b>Copa NE-SE = 17</b> <b>dap = 48</b> <b>Altura total = 10.5</b> <b>Altura de base = 5.5</b> <b>Altura de copa = 5</b>
<b>Guanacaste 11-Muy, recuperando hojas finales de marzo</b>	

	<b>Información dasometrica</b> <b>Copa NE-SO = 15</b> <b>Copa NE-SE = 15</b> <b>dap = 39.5</b> <b>Altura total = 9.5</b> <b>Altura de base = 5</b> <b>Altura de copa = 4.5</b>
<b>Genizaro 12- Muy, con hojas nuevas principios de abril</b>	

**Datos generales de la Finca:**

La finca fue adquirida por el año 92-95, sin embargo se conoce que en los años 80 por un proyecto se sembró pasto estrella y posteriormente en algunos potreros tenían mejorada, la cual se fue degradando por la carga animal, volviendo a tener con los años potreros de pasto natural.

La finca Taiwán tiene una carga animal de 43 paridas sus terneros, existen 10 Potreros. El ganado entra 2 días y regresa a los 20 aproximadamente. No quemar hace 5 años. Usa químicos para manejo de malezas.

**Descripción del potrero en estudio:**

El potrero donde se encuentran los árboles en estudio tiene un área de 8 mzn y 15 árboles. La fisiografía es una llanura ondulada con montículos escasos, terreno de llano a casi llano (0-2%) de pendiente. La vegetación predominante es el Zacaton (*Paspalum virgatum*), Jaragua (*Melinis minutiflora*), Cola burro (*Paspalum centrale*) y Grama de conejo (*Oplismenum burmanni*). Como

especies no forrajeras se encuentran muy poco el Cornizuelo (*Acacia cornigera*) y Umanda (*Senna esquineri*).

**Descripción suelo:**

Posible suelo Mollisol con características verticas, suelo con presencia leve de grietas, agregados de estructura granulosa, en seco es color café oscuro (3/2 10YR) y en húmedo se torna mas claro (2/1 10YR), con textura franco arcillosa. Es un suelo moderadamente bien drenado donde el agua permanece sobre el perfil durante periodos cortos de tiempo manteniendo buena humedad en los perfiles inferiores.

Se determino pedregosidad nula, sin piedras o muy pocas siendo insuficientes para intervenir con la labranza. La realización de la calicata (60x60x80) permitió observar cuatro horizontes (A1, A2, B y 2B), donde se encontraron raíces hasta los 55 cm y grietas con aberturas hasta los 80 cm de profundidad.

<b>HORIZONTES</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>B</b>	<b>2B</b>
<b>Profundidad "cm"</b>	0-15	15-28	28-70	70-95 +
<b>Color Observado</b>	Café oscuro	Gris	Negro	Marron de claro a oscuro
<b>Color Munsell – seco</b>	10 YR 2/1	10 YR 4/1	10 YR 3/1	7.5 YR 4/3
<b>Color Munsell – húmedo</b>	10 YR 3/2	10 YR 3/2	10 YR 3/1	7.5 YR 4/3
<b>Manchas de color Pocas, Frecuentes ó Muchas</b>	Muy pocas	Frecuentes (naranjas)	pocas	pocas
<b>Textura</b>	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Arcilloso pesado	Arcilloso
<b>Grado de estructura</b>	Bloques subangulares pequeños	Bloques subangulares pequeños	Bloques angulares grandes	Bloques angulares pequeños
<b>Porosidad</b>	Muchos	Muchos	Muy pocos	Muy pocos
<b>* Abundancia de fragmentos rocosos y minerales</b> <b>* Tamaño de fragmentos</b> <b>* Naturaleza de los fragmentos rocosos o minerales</b>	Ausentes	Ausentes	Fragmentos de toba, hasta 5% del volumen. Pueden tener hasta 5 cm de diámetro	Frecuentes muy pequeños
<b>Contenido de raíces = Muy finas, finas, medianas o gruesas</b>	Muchas = Muy finas, finas y medias	Pocas = Finas y medias	Muy pocas = finas	-----

**Finca:** San Rafael  
**Productor:** Adolfo Orozco  
**Ubicación:** Carretera Principal a Matiguás, después de Maizama  
**Altitud:** 288 m.s.n.m.

	<p><b>Información dasométrica</b>  <i>Copa NE-SO = 19.5</i>  <i>Copa NO-SE = 18.5</i>  <i>dap = 78.5 - 48.2</i>  <i>Altura total = 9</i>  <i>Altura de base = 4</i>  <i>Altura de copa = 5</i></p>
<p><b>Guacimo 19-Muy, en febrero</b></p>	

#### **Datos generales de la Finca:**

La finca fue adquirida hace más de 16 años y cuando la compraron ya era potrero, siempre ha sido pasto natural. Tiene 54 manzanas distribuidas en 4 potreros grandes y 7 potreros pequeños y otros con millón o son zacateras. Actualmente tienen 14 vacas de ordeño con sus terneros y 17 terneros machos, sin embargo en invierno aumenta la carga animal a 35-40 vacas paridas aproximadamente. La rotación del ganado en los potreros en época lluviosa esta entre 5 y 6 días, en época seca permanecen abiertos. Solo en un potrero cerca de la laguna han sembrado maíz pero no se pudo mantener el cultivo. No acostumbran a quemar, en el potrero de 13 manzanas donde se encuentra el Guacimo en estudio no han arado y en cuanto al manejo de malezas a veces aplican químico, aunque la mayoría del tiempo realizan chapias.

#### **Descripción del potrero en estudio:**

El potrero donde se encuentran los árboles en estudio tiene un área de 13 mzn con un número de 5 árboles. La fisiografía es una llanura ondulada con montículos escasos, terreno de llano a casi llano (0-2% de pendiente). La vegetación predominante es el Notatum (*Paspalum Notatum*) y Conjugatum (*Paspalum conjugatum*) y como especies no forrajeras se encuentran muy poco el Cornizuelo (Acacia cornigera) y especies de Blechum.

#### **Descripción suelo:**

Posible suelo Vertisol con grietas bien pronunciadas y estructura en bloques subangulares. En seco su coloración es café oscuro (2/1 10YR), en húmedo se torna mas claro (3/1 10 YR), con textura franco arcillosa. Por las lluvias que se han presentado las semanas anteriores, se observa que este es un suelo moderadamente bien drenado, donde el agua se elimina con cierta lentitud y el perfil permanece mojado durante periodos cortos de tiempo. Se describe como un potrero con pedregosidad nula o muy poca para interferir con la labranza.

En la realización de la calicata de (60x60x80) se observaron tres perfiles (A, AB y CB) donde las raíces bajaron hasta 50 cm y se observaron grietas hasta los 80 cm de profundidad. Presentando una estructura prismatica que al quebrar se vuelve bloques angulares y muy duros.

<b>HORIZONTES</b>	<b>A</b>	<b>AB</b>	<b>C</b>
<b>Profundidad "cm"</b>	0-14	14- 60	60-100 +
<b>Color Observado</b>	Café oscuro	Negro	Grisáceo
<b>Color Munsell - seco</b>	10 YR 3/1	7.5 YR 2/1	10 YR 4/1
<b>Color Munsell - húmedo</b>	10 YR 2/1	Gley 2.5	10 YR 3/2
<b>Manchas de color Pocas, Frecuentes ó Muchas</b>	ausentes	Pocas (son por presencia de roca)	Frecuentes (naranjas) son por presencia de roca
<b>Textura</b>	Franco arcilloso	arcilloso	arcilloso
<b>Grado de estructura</b>	Bloques pequeños y medios angulares	Bloques angulares grandes	Bloques angulares grandes
<b>Porosidad</b>	Muchos	Pocos	Muy pocos
* Abundancia de fragmentos rocosos y minerales * Tamaño de fragmentos * Naturaleza de los fragmentos rocosos o minerales	ausentes	ausentes	ausentes
<b>Contenido de raíces = Muy finas, finas, medianas o gruesas</b>	Abundantes= Muy finas, finas y medias	Pocas = Finas y medias	Muy pocas= finas

**Muestreo Intensivo para el gunacaste, genízaro y guácimo:**

El área a muestrear fue de 24 x 24 metros de donde se obtuvieron 144 cuadrantes de 2x2. Se tomaron 3 submuestras en el centro de cada cuadrante y además teniendo en cuenta el criterio sombra, no sombra se seleccionaron cuatro cuadrantes para tomar cuatro muestras sistemáticas dentro de estos, obteniendo cuatro muestras por un cuadrante para un total de 156 puntos muestreados por árbol.

**Finca:** La Lucha  
**Productor:** Canuto Membreño  
**Ubicación:** Via a Matagalpa  
**Altitud:** 331 m.s.n.m.

	<p><b>Información dasométrica</b> <i>Copa NE-SO = 9.5</i> <i>Copa NE-SE = 11.6</i> <i>dap = 50</i> <i>Altura total = 13.5</i> <i>Altura de base = 3.5</i> <i>Altura de copa = 10</i></p>
<p><b>Roble 26-Muy, en febrero</b></p>	

#### **Datos generales de la Finca:**

Hace más de 20 años adquirieron la finca y siempre ha sido ganadera, esta tiene 200 manzanas divididas en 10 potreros donde pastorea el ganado 3-4 días para una rotación de 25 – 30 días. Actualmente mantiene 100 cabezas de ganado solo de ordeño y sus crías. Siempre ha sido una finca ganadera y se referencia que hace 20 años atrás tenían la costumbre de quemar los potreros, así mismo, realizan chapias y usan agroquímicos para el control de malezas. El dueño menciona que esta siempre ha sido una buena finca para la época de lluvia porque el suelo se mantiene bien por su textura arenosa.

#### **Descripción del potrero en estudio:**

El potrero donde se encuentran los árboles en estudio tiene un área aproximada de 5 mzn, con 12 árboles dispersos. La fisiografía es un valles con colinas onduladas, encontrándose el lugar de muestreo en la parte alta de la colina, con un microrelieve poco aparente. La vegetación predominante es el Notatum (*Paspalum notatum*) y Conjugatum (*Paspalum conjugatum*) y como especies no forrajeras se encuentran principalmente Cornizuelo (*Acacia cornigera*) y escoba lisa (*Sida acuta*).

#### **Descripción suelo:**

Posible suelo Inceptisol con características verticas, estructura poco consistente, tiene una profundidad limitada debido a los afloramientos rocosos que se encontraron a los 60 cm. En seco y en húmedo la coloración del suelo es café claro (3/2 7.5 YR), con textura franco arcillosa. En la parte superficial del potrero no se observan casi piedras, permitiendo su labranza en los primeros 30 centímetros del suelo. En cuanto a su drenaje es un suelo bien drenado principalmente por la topografía del terreno

En la realización de la calicata de (1x1x70) se observaron cuatro horizontes (A1, A2, B y BC) donde las raíces bajaron hasta una profundidad de 50 cm y se observaron grietas hasta los 60 cm.

En el potrero, el drenaje externo es excelente por la topografía y forma del terreno, mientras el drenaje interno es lento por el contenido de arcillas y la textura del suelo, se observa que la capa superior se puede decir que los primeros 15 centímetros son los que se encuentran en constante movimiento sobre todo en época lluviosa por el efecto del ganado.

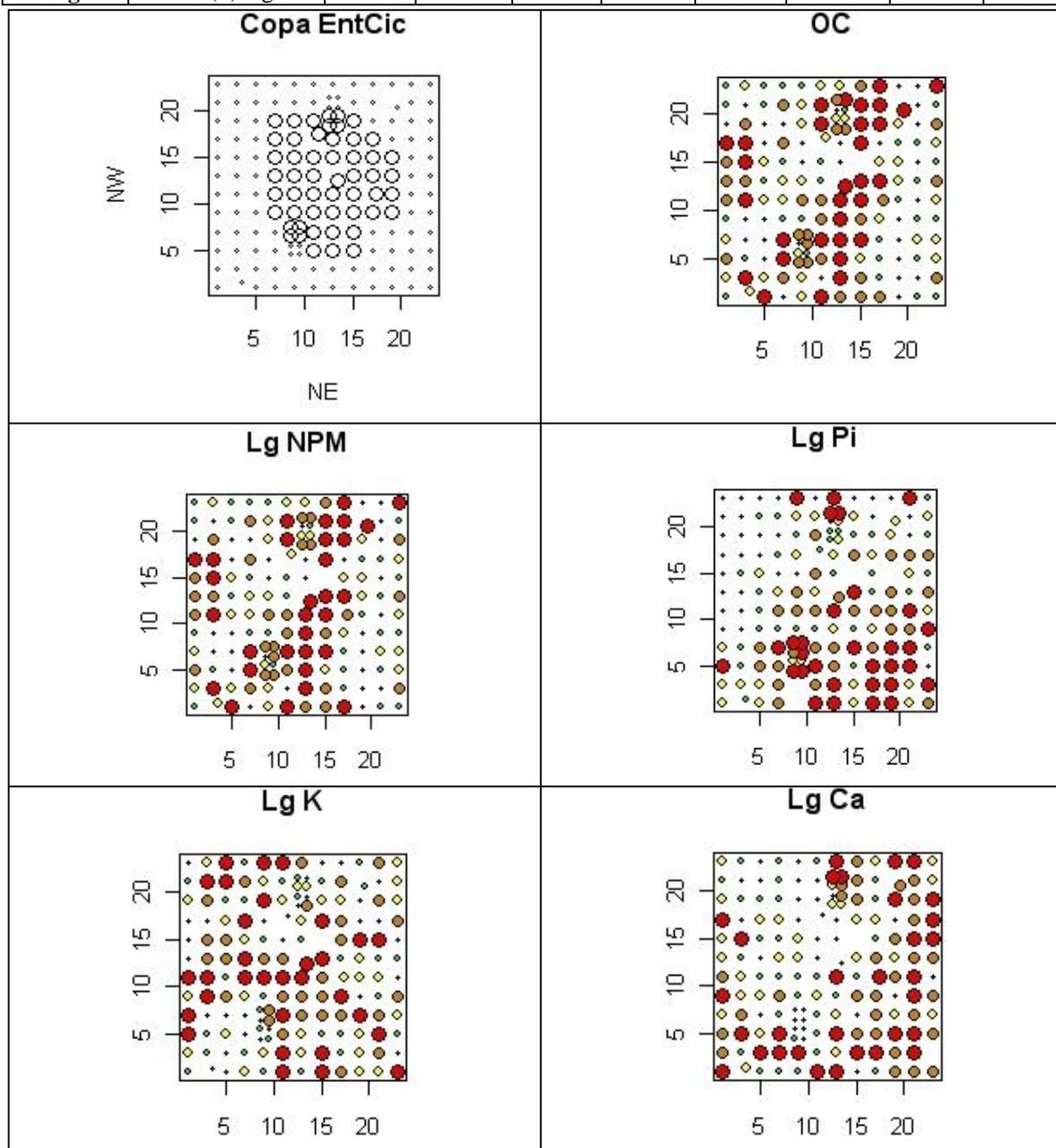
<b>HORIZONTES</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>B</b>	<b>BC → C</b>
<b>Profundidad "cm"</b>	0-10	10-20	20-50	50-60 +
<b>Color Observado</b>	Café claro	Café claro	Gris Oscuro	Gris claro
<b>Color Munsell – seco</b>	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	2.5 YR 3/1	Gley 4/5
<b>Color Munsell – húmedo</b>	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	2.5 YR 4/1	Gley 4/5
<b>Manchas de color Pocas, Frecuentes ó Muchas</b>	frecuentes	frecuentes	ausentes	ausentes
<b>Textura</b>	Franco arcilloso	arcilloso	arcilloso	arcilloso
<b>Grado de estructura</b>	Moderada, granular, bloques subangulares	Moderada, bloques subangulares	Moderada bloques angulares de finos a moderados	Moderada
<b>Abundancia de fragmentos rocosos y minerales = Muy pocos, pocos, frecuentes o abundantes</b>	-----	Muy pocos	Muy pocos	Muy pocos
<b>Tamaño de fragmentos rocosos y minerales = Grava, piedra o pedregon</b>	-----	-----	-----	-----
<b>Naturaleza de los fragmentos rocosos o minerales Ejm: granito, caliza, cuarzo, feldespató..</b>	-----	-----	-----	Toba volcánica
<b>Contenido de raíces = Muy finas, finas, medianas o gruesas</b>	Muy finas, finas y medias	Finas y medias	Finas y medias	finas

#### **Muestreo Intensivo para el Roble:**

El área a muestrear fue de 16.5 x 16.5 metros de donde se obtuvieron 121 cuadrantes de 1.5x1.5. Se tomaron 3 submuestras en el centro de cada cuadrante y además teniendo en cuenta el criterio sombra, no sombra se seleccionaron cuatro cuadrantes para tomar cuatro muestras sistemáticas dentro de estos, obteniendo cuatro muestras por un cuadrante para un total de 133 puntos muestreados.

**Anexo 11.** *Enterolobium cyclocarpum* estadística descriptiva valores extremos y percentiles

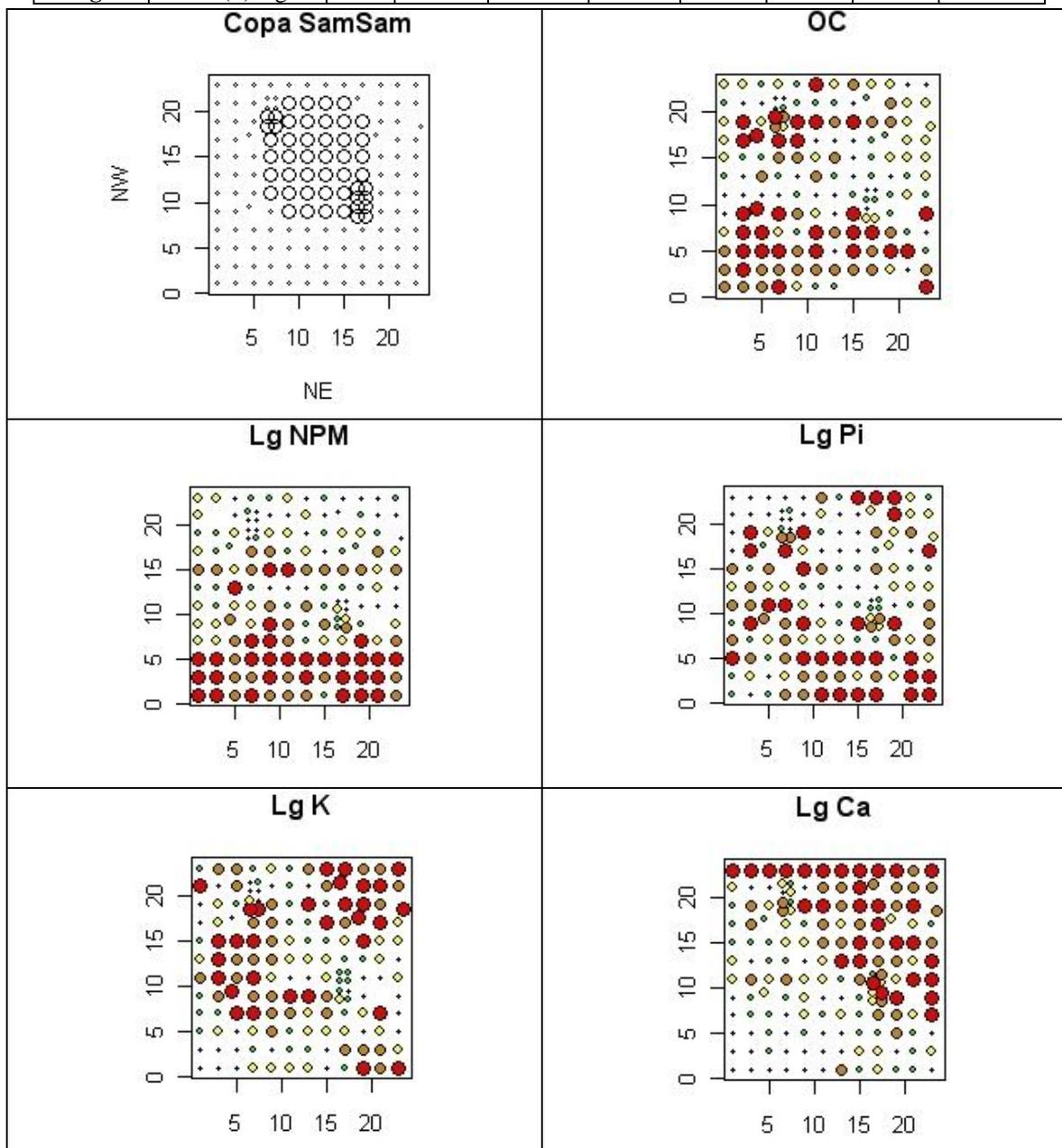
Variable	unidades	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(25)	P(50)	P(75)
<b>OC</b>	mg/g	155	33.31	5.14	16.1	48.6	30.8	33.2	36.2
<b>NPM</b>	ug/g	156	63.17	16.42	0	186.9	55	62.3	70.7
<b>Pi</b>	ug/g	156	5.88	3.32	0	30.3	4.2	5.5	6.7
<b>Pt</b>	ug/g	156	18.12	7.77	0	48.8	13.8	15.9	18.6
<b>K</b>	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	0.51	0.13	0.24	0.99	0.42	0.49	0.59
<b>Ca</b>	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	20.54	2	12.44	24.53	19.31	20.72	22
<b>Mg</b>	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	4.09	0.47	2.21	5.74	3.82	4.06	4.37



Distribución espacial *Enterolobium cyclocarpum*. a) puntos de muestreo bajo copa y fuera copa (círculos y puntos, respectivamente en b, c, d y e) concentraciones de OC, NPM, Pi, K y Ca. Tamaños crecientes de los puntos corresponden con concentraciones crecientes según los distintos percentiles.

Anexo 12. *Albizia saman* estadística descriptiva valores extremos y percentiles

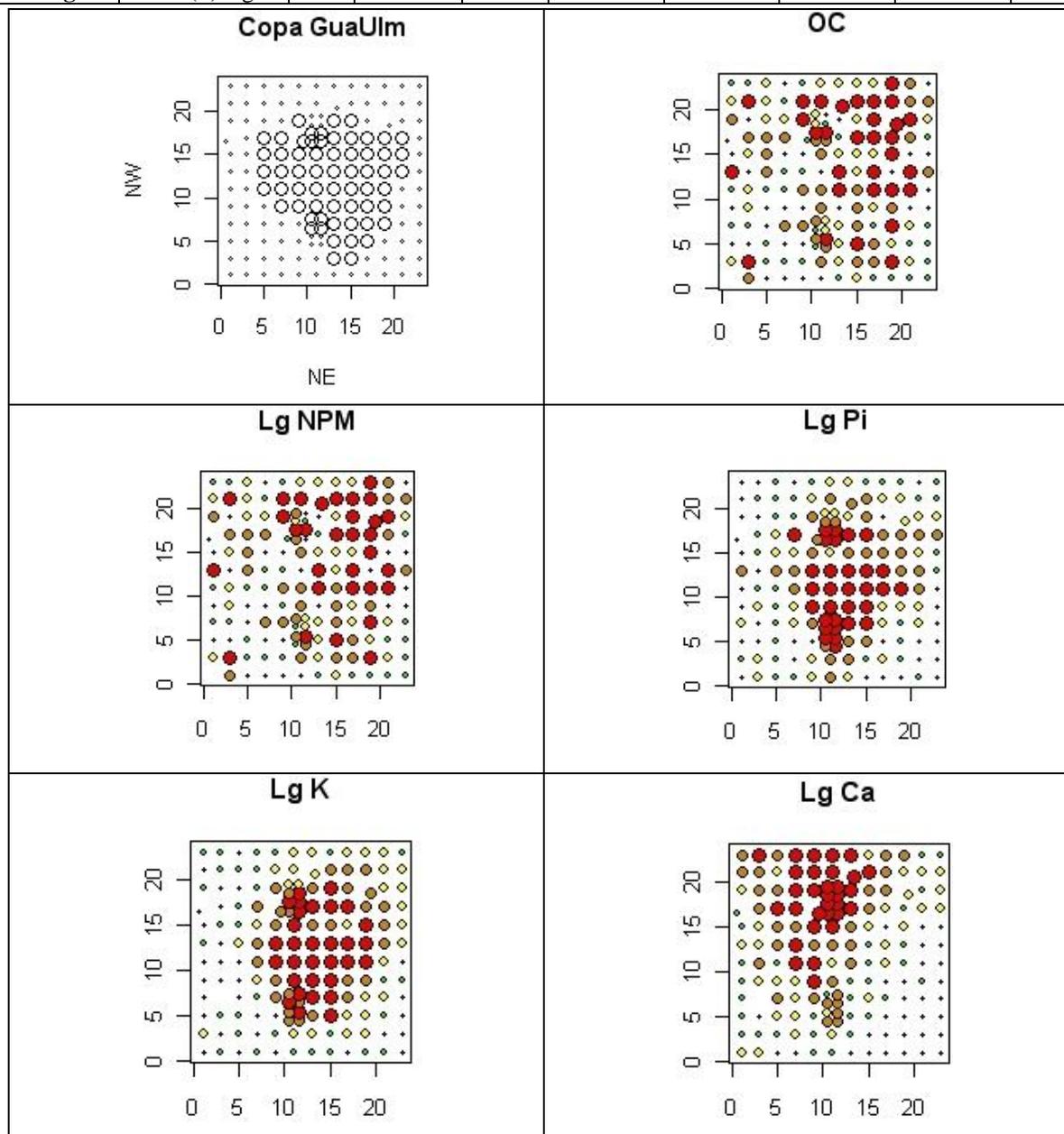
Variable	unidades	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(25)	P(50)	P(75)
OC	mg/g	150	30.51	5.3	16.7	43.1	26.9	30.6	34.3
NPM	ug/g	154	28.9	13.26	4.1	71.6	18.5	26.4	37.3
Pi	ug/g	153	4.27	1.73	1.4	9.7	2.8	3.9	5.3
Pt	ug/g	154	11.94	2.95	5.7	21.8	9.8	11.6	13.8
K	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	154	0.65	0.19	0.31	1.32	0.5	0.61	0.8
Ca	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	23.98	2.38	18.73	31.8	22.44	23.84	25.37
Mg	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	4.35	0.61	3.16	6.24	3.95	4.23	4.58



Distribución espacial *Albizia saman*. a) puntos de muestreo bajo copa y fuera copa (círculos y puntos, respectivamente en b, c, d y e) concentraciones de OC, NPM, Pi, K y Ca. Tamaños crecientes de los puntos corresponden con concentraciones crecientes según los distintos percentiles.

Anexo 13. *Guazuma ulmifolia* estadística descriptiva valores extremos y percentiles

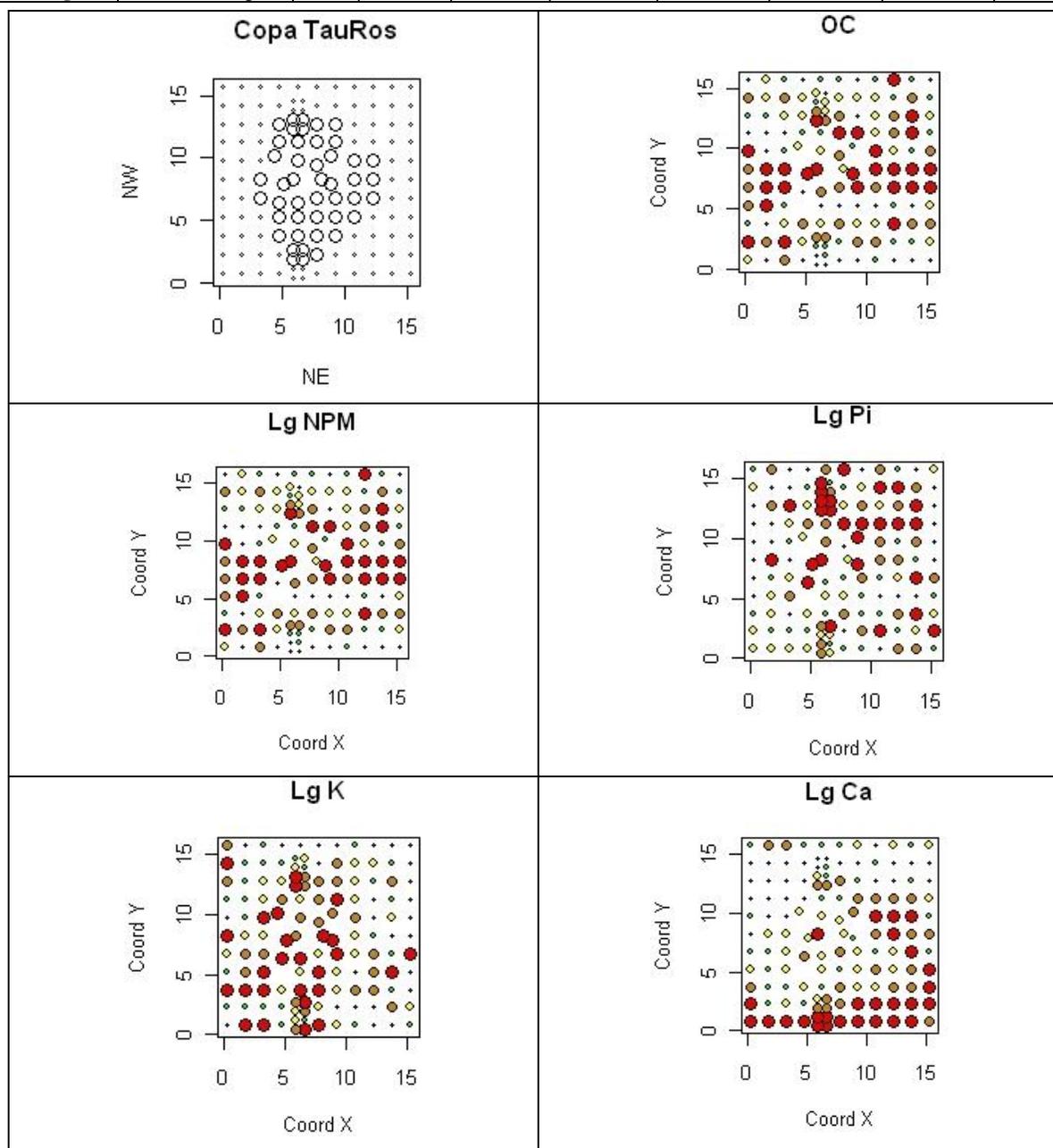
Variable	unidades	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(25)	P(50)	P(75)
OC	mg/g	155	47.74	6.69	31.8	67.5	43	47.8	52.2
NPM	ug/g	155	89.93	30.56	30.1	196.1	67.7	87.4	108.6
Pi	ug/g	156	8.23	6.19	1.6	46.4	4.3	5.8	10
Pt	ug/g	156	18.72	8.7	6.7	66.9	12.9	16	21.5
K	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	1.03	0.66	0.19	3.08	0.46	0.9	1.49
Ca	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	38.66	8.07	20.92	57.12	32.8	38.69	43.57
Mg	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	155	5.65	1.01	3.17	8.64	5.09	5.73	6.32



Distribución espacial *Guazuma ulmifolia*. a) puntos de muestreo bajo copa y fuera copa (circulos y puntos, respectivamente en b, c, d y e) concentraciones de OC, NPM, Pi, K y Ca. Tamaños crecientes de los puntos corresponden con concentraciones crecientes según los distintos percentiles

**Anexo 14.** *Tabebuia rosea* estadística descriptiva valores extremos y percentiles

Variable	unidades	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(25)	P(50)	P(75)
<b>OC</b>	mg/g	132	37.32	7.38	15.8	55.7	31.8	38.2	41.7
<b>NPM</b>	ug/g	132	81.4	21.77	34.4	170.3	64.7	80.6	93.3
<b>Pi</b>	ug/g	132	4.26	1.17	2	9.5	3.5	4	4.6
<b>Pt</b>	ug/g	132	10.98	1.97	6.8	18.4	9.8	10.6	11.8
<b>K</b>	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	132	0.47	0.33	0.08	1.88	0.23	0.41	0.59
<b>Ca</b>	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	132	16.07	2.85	10.4	24.45	14.31	15.61	16.89
<b>Mg</b>	cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	132	3.33	0.5	2.32	4.64	2.96	3.33	3.61



Distribución espacial *Tabebuia rosea*. a) puntos de muestreo bajo copa y fuera copa (círculos y puntos, respectivamente en b, c, d y e) concentraciones de OC, NPM, Pi, K y Ca. Tamaños crecientes de los puntos corresponden con concentraciones crecientes según los distintos percentiles

## Anexo 15. METODOLOGIAS ANÁLISIS DE LABORATORIO

### (1). NITROGENO POTENCIALMENTE MINERALIZABLE (NPM mg/gsoil)

#### Método de incubación anaeróbica y lectura del $\text{NH}_4$ resultante

##### Finalidad:

Este método constituye un índice que permite la comparación de la capacidad de un suelo de suministrar nitrógeno disponible para las plantas a partir de la mineralización de la materia orgánica. El método se basa en la comparación del amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) producido como resultado de la incubación de suelo en condiciones anaeróbicas a temperatura controlada y durante un periodo de tiempo determinado (Waring y Bremner, 1964).

La concentración de  $\text{NH}_4^+$  de la muestra se compara colorimetricamente respecto a concentraciones conocidas de solución patrón según el método del fenol y Solución básica de citrato.

##### Materiales y Métodos:

###### Material

Potes de plástico 30 y 60 ml.	Beakers (100 ml, 500 ml, 1000 ml)
Filtros Whatman, No. 1 110 mmØ	Balon aforado o matraz (100 ml, 500 ml, 1000 ml)
Estufa incubación o fitotron para incubar a 40°C	Barras magnéticas (pescaditos)
Spectrofotometro (T80 UV/VIS)	Micropipetas
Agitador orbital ó Shaker	Dosificadores
Balanza analítica ( $\pm 0.001$ g)	

###### Reactivos

Nitrógeno gas (PRAXAIR 99.99)	$\text{Na}_3(\text{Fe}(\text{NO})(\text{CN})_5)_2\text{H}_2\text{O}$ .
KCl, PA.	Citrato Sódico ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
Cloruro de Amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) PA	Hidróxido de Sodio
Fenol puro ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )	Hipoclorito de Sodio
Etanol	Agua destilada
Nitroprusiato sódico deshidratado	

##### Procedimiento

###### 1. Preparación de soluciones

*Estas soluciones hay que prepararlas diariamente y la solución de Fenol protegerla de la luz*

**Solución KCl:** 1M KCl = 1Equ  $\rightarrow 74.55\text{g/l} \times 4 = 298.2$  g, disolver en vaso de precipitados en caliente y aforar a 1000 ml con agua destilada.

**Solución de fenol:** disolver 22.5 g de Fenol puro ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) en 25 ml de Etanol y agregar 0.25 g de Nitroprusiato sódico deshidratado  $\{\text{Na}_3(\text{Fe}(\text{NO})(\text{CN})_5)_2\text{H}_2\text{O}\}$ , aforado con  $\text{H}_2\text{O}$  en un balón de 500 ml. *Esta solución se debe preparar en cámara para evitar inhalación del fenol, proteger de la luz poniendo papel de aluminio y luego guardar en la nevera.*

**Solución básica de citrato:** disolver 200g de Citrato Sódico ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) + 10 g de hidróxido de sodio, aforados con  $\text{H}_2\text{O}$  en un balón de 1000 ml.

*Esta solución se debe conservar en la nevera*

**Reactivo A:** 100 ml de la solución de Fenol

**Reactivo B:** 4 ml de Hipoclorito de Sodio, en un balón de 100 ml y aforar con la solución de Citrato

###### 2. Procedimiento Incubación y obtención del extracto:

- \* Pesar en tubos de 30 ml  $5.00 \pm 0.5$  g de suelo, registrando cada uno de los pesos.
- \* Agregar  $12.5 \pm 0.1$  g. de agua destilada agitando un poco disolver la tierra para sacar el aire que quede.
- \* preparar unos tubos sin suelo y sólo agua destilada, como blancos. Sería conveniente también incubar algunos patrones para controlar posibles problemas con concentraciones conocidas y diferentes de  $\text{NH}_4$ .
- \* Poner un poco de Nitrógeno gas (PRAXAIR 99.99% pureza) para desplazar el aire antes de cerrar los tubos para la incubación anaeróbica.
- \* Poner a incubar por 7 días a 40°C en cámara de incubación o fitotron.
- \* Sacarlos a temperatura ambiente y agregar 12.5 g de KCl 4N (extracción 1: 5 p:v, KCl 2N)
- \* Agitar todos los tubos durante 1 hora en un agitador (Shaker)
- \* Con filtros Whatman n.º 1 de 110 mmØ, filtrar la solución de cada uno de los tubos obteniendo así el extracto KCl de  $\text{NH}_4$  para el análisis.

### 3. Preparación de patrones

Se realiza una solución Madre de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  para realizar los patrones de lectura, para esto se debe tener (0.107 g de Cloruro de Amonio PA (Merck) en un balón o matraz de 1000 ml) obteniendo así una concentración de  $2000 \mu\text{mol l}^{-1}$ .

A partir de la solución madre se deben hacer diluciones de está, en balones aforados ó matraces de 100 ml, de la siguiente manera.

<u>Sln Interm. #</u>	<u>Sln Madre</u>	<u>[ ] ppm N</u>
p0	0 ml / 100 $\text{H}_2\text{O}$	0
p1	0.5 ml / 100 $\text{H}_2\text{O}$	5
p2	1.0 ml / 100 $\text{H}_2\text{O}$	10
p3	1.5 ml / 100 $\text{H}_2\text{O}$	15
p4	2.5 ml / 100 $\text{H}_2\text{O}$	25

Posteriormente a partir de estas diluciones en tubos de 30 ml, se realizan las diluciones finales de los patrones 1:10 de forma similar al proceso de las muestras y de la siguiente manera.

<u>#</u>	<u>Sln Interm.</u>	<u>KCL (4N)</u>	<u>H2O</u>	<u>[ ] ppm N</u>
p0	0.5 ml p0	0.5 ml	9 ml	0
p1	0.5 ml p1	0.5	9 ml	0.25
p2	0.5 ml p2	0.5	9 ml	0.5
p3	0.5 ml p3	0.5	9 ml	0.75
p4	0.5 ml p4	0.5	9 ml	1.25

Los patrones se pueden conservar en la nevera durante un máximo de 8 días.

### 4. Determinación de $\text{NH}_4$ por colorimetría

Dependiendo el caso si se obtienen diferentes coloraciones, se toma entre 0.5 y 1 ml de la solución filtrada siendo menor la cantidad a mayor concentración de color, para evitar que se pasen del límite de los patrones preparados.

\* Posteriormente se calcula cuanto se agrega a cada tubo de agua destilada para completar 10 ml de Sln, para esto se emplean micropipetas y dosificador.

\* En la cámara, se agrega a cada tubo de muestra o patrón 0.5 ml del Reactivo A y se espera 1 minuto para luego agregar 1ml del Reactivo B. Es conveniente agregar el reactivo A por grupos de unas 10 muestras y luego el reactivo B.

\* Dejar reaccionar durante 1 hora para leer en el espectrofotometro. Se ha comprobado que el color es estable entre 1 h y 12 h.

\* Lectura de la absorbancia de la muestra con espectrofotómetro a 640 nm, primero se pasan los patrones a los que se les ha realizado el mismo procedimiento que las muestras y luego se inician a pasar todas las muestras en secuencia de la menos a la mas concentrada de ser posible para evitar contaminación entre lecturas de las cubetas. Las cubetas se limpian entre muestra y muestra con un poco de la muestra a leer. En el caso de pasar una muestra muy concentrada es conveniente lavar con agua destilada.

\* El residuo con fenol es altamente tóxico para el medio ambiente por tanto debe de ser guardado y desechado según reglamentación ambiental.

### 6. Cálculos:

Para calcular el NPM ( $\mu\text{g/g}$  suelo):

$\text{NPM } (\mu\text{g/g suelo}) = (\text{Concentración } [\text{mg/l}] \text{ que da el espectrofotómetro} / 1000) * (\text{Sln tubo } 10 \text{ ml} / \text{ml agregados de cada muestras } 0.3, 0.5 \dots 1 \text{ ml}) * (25 \text{ ml del extracto} / \text{peso g Muestra "5.000 gr"}) * 1000.$

### Referencias bibliográficas:

Powers R.F. 1980. Mineralizable soil nitrogen as an index of nitrogen availability to forest trees. Soil Sci. Am. J. 44, 1314-1320.

Waring S.A. Bremner J.M. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. Nature, 4922, 951-952.

## (2). CARBONO ORGÁNICO

### Método dicromato en medio ácido

#### Finalidad:

Análisis de Carbono Orgánico para muestras líquidas mediante la oxidación de Dicromato Potásico, donde el  $\text{Cr}^{3+}$  produce como consecuencia de la reducción del dicromato al oxidar la materia orgánica a un color verde bien diferente al color naranja original del dicromato potásico. Según Soon & Abboud (1991), el método colorimétrico dará mejores resultados que el método volumétrico clásico. El método utilizado constituye una modificación realizada por Mebius de la clásica digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico y dicromato potásico del método Walkley-Black consistente en mantener la temperatura de 155°C controlada durante 30 minutos mediante un bloque digestor. El exceso de dicromato no consumido en la digestión se determina mediante diversos procedimientos. En este caso se emplea un método colorimétrico respecto a patrones de concentración conocida de C.

#### Materiales y Métodos

##### Material

Tubos de cristal Pyrex para digestión  
Estufa para digestión (40 plazas)  
Vortex  
Balanza analítica ( $\pm 0.001$  g)  
Spectrofotometro (T80 UV/VIS)  
Balón aforado o matraz (1000 ml)

Barras magnéticas (pescaditos)  
Beakers (100 ml, 500 ml, 1000 ml)  
Gradillas  
Micropipetas  
Dosificadores

##### Reactivos

Dicromato Potásico 1N  
Glucosa  
Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  
Água destilada  
Sal de Mohr

#### Procedimiento

##### 1. Preparación de soluciones

**Solución de Dicromato Potásico:** Dicromato Potásico 1N (49.05g en 1 lt) el reactivo se ha de secar previamente a 60 – 105°C en la estufa para pesarlo sin humedad

##### 2. Procedimiento y análisis

\* De cada muestra a analizar se pesa en tubos digestores de cristal Pyrex (que tolera altas temperaturas), entre 65 y 70 mg de suelo previamente triturado

\* A todas las muestras y a los patrones se les agrega 5 ml de la Sln de Dicromato Potásico la cual oxidará el carbono presente (se estima que 1 ml de Dicromato 1N puede oxidar un máximo de 3 mg de carbono). El bloque digestor es de 40 plazas. Preparar este número entre patrones y muestras. Es conveniente añadir en cada digestión sucesiva 3 patrones.

\* Igualmente a todas las muestras se les agrega 7.5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , despacio porque se produce una reacción fuerte.

\* Previamente se debe poner a precalentar el bloque digestor a 155°C, para poner en digestión las muestras durante 30 minutos. Poner en marcha el bloque antes de añadir el Dicromato.

\* Luego de pasados los 30 minutos se bajan del digestor, se dejan enfriar (2-5 minutos) y luego se agrega 10 ml de agua destilada.

\* Cada tubo se deberá homogenizar bien con ayuda de un Vortex

##### 4. Determinación por colorimetría

Cuando la solución se encuentre a temperatura ambiente se puede proceder a valorar el dicromato no oxidado mediante la sal de Mohr.

##### 3. Cálculos

El porcentaje de materia orgánica se estima como resultado de multiplicar el C orgánico por el factor 1,7.

### Referencias Bibliográficas:

Soon Y.K. & Abboud S. (1991). A comparison of some methods for soil organic carbon determination. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22:943-954.

## (3). CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO, ALUMINIO Y BASES EXTRACTABLES

### Finalidad:

El método se basa en la extracción de los cationes y aniones de cambio por lavado del suelo mediante una solución de cloruro de bario (Mehlich, 1948 con modificaciones de Lax et al 1986). El método descrito por estos autores se realiza en una columna de precolación. Sin embargo, en este protocolo se sustituyen por tubos de centrifuga. El contenido en cationes y aluminio se determina por IPC en un laboratorio acreditado.

### Materiales y Métodos

#### Material

Potes de 30 ml resistentes a centrifugación	Embudos de vidrio
Filtros Whatman No. 1 de 100 mmØ	Barras magnéticas (pescaditos)
Balanza analítica ( $\pm 0.001$ g)	Micropipetas
Beakers (100 ml, 500 ml, 1000 ml)	Dosificadores
Balon aforado o matraz (1000 ml)	

#### Reactivos

Sln A, Cloruro de bario ( $\text{Cl}_2\text{Ba}2\text{H}_2\text{O}$ ) – 0,2 N

Sln B, Cloruro de bario ( $\text{Cl}_2\text{Ba}2\text{H}_2\text{O}$ ) – 0,1 N

Agua destilada

Acido Nítrico

### Procedimiento:

#### 1. Preparación de Solución:

\* **Solución tampon A** ( $\text{Cl}_2\text{Ba}2\text{H}_2\text{O}$ ) 2N

( $\text{Cl}_2\text{Ba}$ , 1M= 2Equ  $\rightarrow$  p.m 244.28 / 2 \* 0.2 = 24,428 g/l, agregar esta cantidad en un balón o matraz de 1000 ml y aforar con agua destilada).

#### 2. Procedimiento y obtención de extracto a analizar

\* Pesar en tubos resistentes a centrifuga (capacidad 25-30ml) exactamente  $2,50 \pm 0,05$  g de tierra fina y anotar la cantidad exacta que se peso para cada muestra.

*No olvidar preparar dos blancos sin tierra pero donde se debe de hacer todos los pasos (soluciones y filtrado)*

\* A cada tubo se debe agregar 25 ml de la Sln A (0,2 N), agitar un poco y dejarlos reposar mínimo por 4 horas.

\* Centrifugar a 2500 rpm entre 4 y 5 minutos

\* Verter el sobrenadante de cada tubo en un recipiente con capacidad para 100 ml

\* Volver a agregar 25 ml de Sln B ( $\text{Cl}_2\text{Ba}2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,1N al tubo, agitar brevemente y dejar reposar unos 30 minutos.

\* Verter el sobrenadante al respectivo recipiente de 100 ml (en este caso no es necesario centrifugar)

\* Agregar 20 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  d, agitar brevemente y dejar los tubos reposar, 30 minutos

\* Verter la Sln de nuevo en el recipiente de 100 ml

\* Repetir el paso 8 y 9 otra vez.

\* El contenido acumulado en el recipiente (alrededor de 90 ml) se filtra a un matraz a forado de 100 ml con la ayuda de un embudo y filtros Whatman n°. 1. 100mmØ. Enrasar a 100 ml con agua destilada y verter nuevamente en los recipientes de 100ml.

\* A la Sln filtrada se le añade 1 ml de Ácido Nítrico para conservarla en la nevera hasta su análisis.

*Esta solución se envía a otro laboratorio para determinar*

*Ca, Na, Mg, K y Al. Mediante IPC*

### Referencias Bibliográficas:

Lax, A, A Roig, F Costa 1986 A method for determining the cation-exchange capacity of organic materials. Plant and Soil 94: 349-355

## (4). FÓSFORO INORGÁNICO

### Método P Olsen

#### Finalidad:

La extracción se realiza mediante una solución alcalina tamponada de acuerdo al método Olsen (1954) y se determina el fósforo mediante el método del ácido ascórbico (Murphy & Riley, 1962).

#### Materiales y Métodos

##### Material

Potes de plástico con capacidad para 60 ml	Beakers (100 ml, 500 ml, 1000 ml)
Filtros Whatman 70 mmØ	Balones aforados o matraces (100 ml, 500 ml, 1000 ml)
Balanza analítica ( $\pm 0.001$ g)	
Spectrofotometro (T80 UV/VIS)	Barras magnéticas (pescaditos)
Agitador o Shaker	Micropipetas
Balones aforados o matraces de 25 ml	Dosificadores

##### Reactivos

Sln de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) 0.5 M	Ácido Sulfúrico concentrado 95-98%
Hidroxido de Sódio em pastillas (NaOH)	Ácido ascórbico
Água destilada	Sln p-nitrophenol
$\text{KH}_2\text{PO}_4$ anhidre (Merck. 5092)	Molibdato Amónico
Ácido nítrico	Tartrato Potasio III

#### Procedimiento Fósforo Inorgánico:

##### 1. Preparación de Soluciones:

\* **Sln de Bicarbonato de Sodio 0.5 M a pH=8.5** (42 g de  $\text{NaHCO}_3$  aforando a 1 litro de agua destilada donde se ajusta el

pH, para subirlo se añaden pastillas de NaOH y para bajarlo gotas de HCl). Aproximadamente para 4 litros hay que añadir

entre 35 y 40 pastillas de NaOH.

\* **Solución Patron Madre:** 0,4393 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  anhidre (Merck. 5092) secado previamente a  $105^\circ\text{C}$ , 20 ml de ácido nítrico, aforados en 1 litro de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada.

\*  **$\text{H}_2\text{SO}_4$  2.5 M** (10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 90 ml de agua destilada aproximadamente)

\* **Sln p-nitrophenol** (0,25 g de p-nitrophenol y 10 ml de Etanol, enrasando a 100 ml)

\* **Solución A** (24 g de Molibdato Amónico, 0,5816 gr. de Tartrato Potasio III y 282 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado 95-98 %,

aforado en un balón de 4 litros). Se debe añadir de ultimas el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y luego dejarlo enfriar para terminar de enrasarlo.

\* **Reactivo B** (2.64 g ácido ascórbico disueltos en 500 ml de solución A).

*Este reactivo B, se debe preparar siempre justo antes de usarlo.*

##### 2. Extracción y Filtrado

\* Pesar  $2.00 \pm 0.5$  g de muestra de tierra seca y anotar su peso exacto.

\* A cada tubo con las muestras de tierra se añaden 40 ml de Bicarbonato de Sodio 0.5 M. (No Olvidar los Blancos B1 y B2 solo con Sln filtrada).

\* Agitar todas las muestras durante 30 minutos en el shaker

\* Filtrar con Whatman n°42 70 mmØ y si quedan residuos de muestra hacer una segunda filtración (Después de agitar se debe filtrar inmediatamente).

### 3. Procedimiento para análisis de la Solución

\* Lavar con agua destilada los balones aforados de 25 ml

\* En cada uno de los balones aforados o matraces de 25 ml, agregar 10 ml de la muestra filtrada, haciendo lo mismo con los patrones y blancos. *En el caso de poco contenido de P en las muestras, se puede añadir hasta (15) ml del extracto problema en función de la concentración prevista. Los patrones se siguen haciendo con la misma cantidad (5 ml).*

\* A cada balón de 25 ml con la muestra agregar 3 gotas de la Sln p-nitrophenol que sirve como indicador del pH, el cual se ajusta añadiendo al principio 500 ul de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2.5 M y luego entre 6 y 10 gotas hasta que la Sln pierda el color amarillo limón del p-nitrophenol. Cuando esto suceda se estima que ha alcanzado un pH=5. No es necesario hacer este procedimiento con los patrones.

*Si se observa que durante la acidificación se forman grumos, indica que la materia orgánica esta precipitando y por tanto puede arrastrar fósforo inorgánico. Entonces es necesario repetir el proceso partiendo de menos cantidad de muestra.*

### 4. Preparación de patrones

A partir de la solución madre se preparan los patrones en balones aforados o matraces de 100ml como se indica a continuación.

#	ml Sln Madre	[ ] µgP/ml
PO	0	0
P1	0.1	0.1
P2	0.5	0.5
P3	1	1
P4	2	2
P5	4	4

### 5. Procedimiento para reacción por coloración

\* Una vez ajustado el pH se añade 4 ml del reactivo B (previamente es mejor agregar agua destilada a los balones de 25 pero dejando espacio para los 4 ml del Reactivo B y para aforar luego con agua destilada), esta bien hacerlos por grupos puede ser de 6 e inmediatamente después de aforar taparlos y agitarlos un poco. Puede ocurrir que algunos tapones salten por la reacción, esto es normal.

### 6. Determinación por colorimetría

13. Esperar 1 hora mientras toma la coloración y luego leer en el espectrofotómetro a 882 nm. Mínimo se debe esperar 30 minutos, máximo 12 horas.

### Cálculos

De la solución filtrada se toman 10 ml y los patrones se realizan con 5 ml por tanto se deberá dividir la concentración obtenida por 2.

$$[ ] \mu\text{gP/ml} = (\text{ug} / \text{ml} * 2) * (40 \text{ ml} / \text{x g soil})$$

### Referencias Bibliográficas:

Murphy, J. and J.P Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27: 31-36.

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Wantanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939. U.S. Government Printing Office, Whashington D.C.

## (5). FÓSFORO TOTAL

### Método mineralización oxidante con peroxidisulfato

#### Finalidad:

Para esto se siguió el protocolo descrito por Ebina, J., Tsutsui, T. y Shirai, T. (1983), conocido como el método por mineralización oxidante con peroxidisulfato.

## **Materiales y Métodos**

### ***Materiales***

Potes de plástico con capacidad para 60 ml  
Filtros Whatman n°. 42. 70 mmØ  
Balanza analítica ( $\pm 0.001$  g)  
Spectrofotometro (T80 UV/VIS)  
Agitador o Shaker  
Autoclave  
Tubos Pirex para digestión

Balones aforados o matraces de 25 ml  
Beakers (100 ml, 500 ml, 1000 ml)  
Balones aforados o matraces (100 ml, 500 ml, 1000 ml)  
Barras magnéticas (pescaditos)  
Micropipetas  
Dosificadores

### ***Reactivos***

Sln de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) 0.5 M  
Hidroxido de Sódio em pastillas (NaOH)  
Água destilada  
 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  anhidre (Merck. 5092)  
 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  recristalizado  
Ácido nítrico

Ácido sulfúrico concentrado 95-98%  
Ácido ascórbico  
Sln p-nitrophenol  
Molibdato Amónico  
Tartrato Potasio III

## **Procedimiento Fósforo Total:**

### **1. Preparación de Soluciones:**

\* **Sln de Bicarbonato de Sodio 0.5 M a pH=8.5** (42 g de  $\text{NaHCO}_3$  aforando a 1 litro de agua destilada donde se ajusta el

pH, para subirlo se añaden pastillas de NaOH y para bajarlo gotas de HCl). Aproximadamente para 4 litros hay que añadir

entre 35 y 40 pastillas de NaOH.

\* **Sln Patron Madre:** 0,4393 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  anhidre (Merck. 5092) secado previamente a  $105^\circ\text{C}$ , 20 ml de ácido nítrico,

aforados en 1 litro de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada.

\* **Sln  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2.25 M** (62,05 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en 500 ml de agua, agregarlos con cuidado por que hay reacción de efervescencia

\* **Sln  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2.5 M** (10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 90 ml de agua destilada aproximadamente)

\* **Sln p-nitrophenol** (0,25 g de p-nitrophenol y 10 ml de Etanol, enrasando a 100 ml)

\* **Solución A** (24 g de Molibdato Amónico, 0,5816 gr. de Tartrato Potasio III y 282 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado 95-98%,

aforado en un balón de 4 litros). Se debe añadir de ultimas el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y luego dejarlo enfriar para terminar de enrasarlo.

\* **Reactivo B** (2.64 g ácido ascórbico disueltos en 500 ml de solución A).

*Este reactivo B, se debe preparar siempre justo antes de usarlo.*

\* **Solución Oxidante** (20 g De  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  recristalizado y 3 g de NaOH, aforados en 1 litro de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada)

### **2. Extracción y Filtrado**

\* Pesar  $2.00 \pm 0.5$  g de muestra de tierra seca y anotar su peso exacto.

\* A cada tubo con las muestras de tierra se añaden 40 ml de Bicarbonato de Sodio 0.5 M. (No Olvidar los Blancos B1 y B2 solo con Sln filtrada).

\* Agitar todas las muestras durante 30 minutos en el shaker

\* Filtrar con Whatman 42 mmØ y si quedan residuos de muestra hacer una segunda filtración (Después de agitar se debe filtrar inmediatamente).

### **3. Procedimiento de digestión**

\* En tubos de vidrio Pyrex (aptos para realizar digestión), agregar 5 ml del extracto que fue filtrado, 500 ul de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2.25 M y 5 ml de la solución oxidante. Es conveniente usar tubos de mínimo 10-15 ml.

\* Autoclavar las muestras a  $120^\circ\text{C}$  durante 30 minutos (las muestras quedaran transparentes o incoloras). *Los patrones no es necesario auto-clavarlos pero los blancos, si.* Asimismo, para acelerar el proceso de enfriado se pueden poner en cubetas con agua.

#### 4. Procedimiento para análisis de la Solución

\* Traspasar a los balones aforados de 25 ml toda la muestra que fue digerida con ayuda de pequeños embudos de vidrio. En el caso de que la concentración de P prevista sea alta, entonces es necesario coger sólo una alícuota (de 5ml, 3 ml...)

\* Igualmente se debe ajustar el pH con agregando 3 gotas de p-nitriphenol y gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2.5 M hasta que se torne transparente la solución. Si no hay cambio de color es por que el pH ya esta ajustado por tanto no será necesario agregar las gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2.5 M.

\* A cada tubo añadir 4 ml de reactivo B aforando rápidamente con H<sub>2</sub>O destilada, poniendo posteriormente los tapones y moviendo un poco los matraces. Para ello, es mejor trabajar en tandas de 6 muestras ya que para poder aforar rápidamente después de añadir el reactivo B. *En este paso hay que priorizar la rapidez en añadir el agua a la exactitud del aforado.*

#### 5. Preparación de patrones

A partir de la solución madre se preparan los patrones en balones aforados o matraces de 100ml como se indica a continuación.

#	ml Sln Madre	[ ] µgP/ml
PO	0	0
P1	0.1	0.1
P2	0.5	0.5
P3	1	1
P4	2	2
P5	4	4

#### 6. Determinación por colorimetría

\* Esperar 1 hora mientras toma la coloración y luego leer en el espectrofotómetro a 882 nm. Mínimo se debe esperar 30 minutos, máximo 12 horas.

##### Cálculos

En estos se analizo la misma cantidad, 5ml de solución filtrada de las muestras y 5ml de las diluciones de patrones.

$$[ ] \mu\text{gP/ml} = (\text{ug} / \text{ml}) * (40 \text{ ml} / \text{x g soil})$$

#### Referencias Bibliográficas:

Ebina, J., Tsutsui, T., Shirai, T. (1983). Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in water using peroxodisulphate oxidation. Wat. Res. 17: 1721-1726

**Anexo 16.** Análisis laboratorio y bostas de *Guazuma ulmifolia*

Especie arbol	X_m	Y_m	X,Y	Copa_ No_copa	Bostas (Abril)	OC	NPM	Pi	Pt	Po	Ca	K	Na	Mg	Al	SB
						mg	µg g <sup>-1</sup>	ug/gsuelo			cmol(+) Kg <sup>-1</sup>					
Guazuma	1	1	1,1	0	2	43.86	76.72	4.20	13.15	8.95	26.89	0.32	0.45	3.87	0.00	31.54
Guazuma	3	1	1,2	0	4	42.25	87.17	4.95	13.13	8.18	25.86	0.62	0.46	4.20	0.00	31.14
Guazuma	5	1	1,3	0	5	43.11	79.30	3.56	9.27	5.70	21.63	0.51	0.52	3.28	0.00	25.94
Guazuma	7	1	1,4	0	4	43.02	45.85	2.19	8.00	5.81	21.74	0.20	0.64	3.33	0.00	25.91
Guazuma	9	1	1,5	0	5	48.55	132.82	3.36	12.16	8.80	30.35	0.48	0.65	4.53	0.00	36.02
Guazuma	11	1	1,6	0	6	42.96	97.92	6.18	15.97	9.79	29.56	0.63	0.48	4.88	0.00	35.55
Guazuma	13	1	1,7	0	7	38.67	80.90	7.85	15.66	7.81	34.31	0.59	0.44	5.44	0.00	40.79
Guazuma	15	1	1,8	0	10	41.65	93.65	5.49	18.06	12.57	32.08	0.37	0.53	5.22	0.00	38.20
Guazuma	17	1	1,9	0	4	38.60	107.50	4.59	18.56	13.97	29.19	0.49	0.35	4.67	0.07	34.69
Guazuma	19	1	1,10	0	4	40.31	104.52	5.15	14.75	9.60	30.37	0.36	0.44	4.87	0.01	36.04
Guazuma	21	1	1,11	0	10	49.35	123.00	6.69	17.98	11.29	38.73	0.59	0.40	6.58	0.00	46.30
Guazuma	23	1	1,12	0	1	-----	131.97	4.00	15.00	11.01	38.17	0.38	0.42	6.61	0.00	45.58
Guazuma	1	3	2,1	0	5	42.58	73.19	3.84	11.11	7.27	25.68	0.27	0.48	3.87	0.01	30.30
Guazuma	3	3	2,1	0	4	47.73	83.78	3.85	11.86	8.01	29.43	0.37	0.52	4.41	0.00	34.73
Guazuma	5	3	2,3	0	3	54.07	124.35	4.47	12.43	7.96	30.43	0.78	0.71	4.44	0.00	36.36
Guazuma	7	3	2,4	0	4	50.13	77.79	6.46	13.69	7.23	28.19	0.92	0.52	4.25	0.00	33.88
Guazuma	9	3	2,5	1	5	49.68	76.34	4.46	10.97	6.51	29.14	0.45	0.57	4.48	0.00	34.65
Guazuma	11	3	2,6	1	6	48.77	112.08	8.39	18.41	10.01	34.52	0.79	0.47	5.50	0.00	41.28
Guazuma	13	3	2,7	0	4	52.23	84.58	7.30	46.51	39.22	37.83	0.87	0.49	6.42	0.00	45.61
Guazuma	15	3	2,8	0	6	43.10	67.75	5.44	15.96	10.52	32.67	0.56	0.52	5.44	0.00	39.19
Guazuma	17	3	2,9	0	2	44.46	103.18	3.97	15.72	11.75	38.32	0.32	0.46	5.95	0.04	45.06
Guazuma	19	3	2,10	0	2	43.82	91.74	4.28	14.36	10.08	34.84	0.47	0.43	5.37	0.00	41.11
Guazuma	21	3	2,11	0	4	57.55	124.80	5.63	30.66	25.03	32.63	0.27	0.35	5.52	0.00	38.77
Guazuma	23	3	2,12	0	1	47.78	108.58	4.66	12.54	7.88	35.43	0.73	0.36	6.39	0.00	42.92
Guazuma	1	5	3,1	0	5	43.09	76.04	3.56	12.13	8.57	25.14	0.26	0.64	3.88	0.00	29.93
Guazuma	3	5	3,2	0	3	44.90	106.31	4.13	12.86	8.73	21.32	0.52	0.56	3.45	0.07	25.85
Guazuma	5	5	3,3	0	7	48.82	161.01	4.96	11.59	6.63	31.02	0.91	0.55	4.94	0.00	37.42
Guazuma	7	5	3,4	1	5	50.69	87.18	4.19	9.98	5.79	29.96	0.84	0.50	4.28	0.01	35.58
Guazuma	9	5	3,5	1	2	59.60	191.50	11.44	22.78	11.35	33.26	1.76	0.72	5.20	0.00	40.94
Guazuma	11	5	3,6	1	3	47.95	74.74	8.39	16.69	8.30	35.78	1.10	0.45	6.03	0.00	43.36
Guazuma	12.5	4.5	3,7	0	4	49.50	95.25	12.03	66.93	54.91	41.67	1.58	0.40	6.42	0.00	50.08
Guazuma	13.5	4.5	3,7	0	0	42.21	67.25	7.72	24.59	16.87	43.32	1.29	0.49	6.84	0.00	51.94

Guazuma	12.5	5.5	3,7	0	0	56.30	97.44	11.74	22.29	10.55	43.57	1.87	0.45	6.31	0.00	52.20
Guazuma	13.5	5.5	3,7	0	0	52.85	104.64	17.68	25.69	8.02	39.77	1.24	0.48	6.26	0.00	47.75
Guazuma	15	5	3,8	0	1	35.50	47.13	3.84	14.40	10.56	33.80	0.26	0.49	5.17	0.00	39.71
Guazuma	17	5	3,9	0	4	38.34	96.53	3.83	14.95	11.12	39.02	0.36	0.53	6.06	0.00	45.97
Guazuma	19	5	3,10	0	2	43.91	100.86	4.39	15.91	11.52	39.07	0.53	0.46	6.51	0.04	46.56
Guazuma	21	5	3,11	0	5	39.28	82.98	4.00	15.25	11.24	25.61	0.46	0.26	4.17	0.01	30.51
Guazuma	23	5	3,12	0	4	40.85	132.29	3.66	12.70	9.04	32.53	0.19	0.47	5.22	0.00	38.42
Guazuma	1	7	4,1	0	3	43.60	95.25	4.13	12.73	8.60	25.39	0.23	0.79	3.38	0.00	29.79
Guazuma	3	7	4,2	0	5	48.49	143.73	5.24	13.04	7.80	29.88	1.05	0.48	4.61	0.00	36.02
Guazuma	5	7	4,3	1	5	55.80	103.82	4.25	11.84	7.59	30.55	0.90	0.51	4.90	0.00	36.86
Guazuma	7	7	4,4	1	5	45.53	67.38	6.07	12.60	6.53	33.46	1.21	0.66	5.14	0.00	40.46
Guazuma	9	7	4,5	1	3	52.43	111.62	14.00	28.19	14.19	36.75	2.22	0.56	5.29	0.00	44.82
Guazuma	11	7	4,6	1	2	47.81	125.30	20.71	33.33	12.63	36.02	1.82	0.57	5.96	0.00	44.37
Guazuma	12.5	6.5	4,7	1	1	48.72	117.01	11.54	20.51	8.97	43.35	1.70	0.40	6.25	0.00	51.70
Guazuma	13.5	6.5	4,7	1	0	43.02	110.13	12.76	24.52	11.76	44.32	1.78	0.59	6.76	0.00	53.46
Guazuma	12.5	7.5	4,7	1	0	48.05	70.99	26.36	35.89	9.53	43.26	2.26	0.45	6.30	0.00	52.27
Guazuma	13.5	7.5	4,7	1	0	51.37	136.51	15.15	26.49	11.35	34.86	1.13	0.43	5.31	0.00	41.73
Guazuma	15	7	4,8	0	3	52.03	70.76	9.95	19.69	9.74	44.34	1.43	0.73	6.86	0.00	53.36
Guazuma	17	7	4,9	0	5	49.78	92.61	5.71	16.18	10.47	38.74	0.45	0.40	5.34	0.01	44.93
Guazuma	19	7	4,10	0	2	39.32	63.69	4.40	14.75	10.35	40.69	0.24	1.02	6.28	0.00	48.22
Guazuma	21	7	4,11	0	2	44.78	72.00	4.20	18.01	13.81	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Guazuma	23	7	4,12	0	3	44.62	112.78	5.42	15.18	9.76	33.84	0.24	0.36	5.67	0.00	40.11
Guazuma	1	9	5,1	0	4	31.81	41.77	2.60	9.85	7.25	20.92	0.42	0.97	3.18	0.02	25.50
Guazuma	3	9	5,2	0	5	40.58	79.26	5.51	14.61	9.10	31.80	0.56	0.56	4.82	0.01	37.74
Guazuma	5	9	5,3	1	7	51.25	108.56	6.04	13.98	7.94	27.92	1.49	0.66	4.27	0.00	34.33
Guazuma	7	9	5,4	1	5	48.21	45.74	6.67	11.11	4.44	22.22	1.36	0.52	3.23	0.00	27.32
Guazuma	9	9	5,5	1	4	51.19	73.24	14.94	21.64	6.70	33.80	2.38	0.85	4.70	0.01	41.72
Guazuma	11	9	5,6	1	1	40.76	92.04	26.20	35.96	9.76	36.43	1.79	0.54	5.75	0.00	44.51
Guazuma	13	9	5,7	1	2	49.93	59.86	14.12	22.08	7.96	45.11	1.80	0.52	6.88	0.00	54.30
Guazuma	15	9	5,8	1	8	42.05	74.57	11.74	22.52	10.79	50.60	1.33	0.59	7.64	0.00	60.16
Guazuma	17	9	5,9	1	6	40.98	49.26	5.66	15.23	9.57	38.99	0.89	0.46	5.62	0.00	45.96
Guazuma	19	9	5,10	0	4	33.75	54.35	4.40	12.71	8.31	38.30	0.34	0.45	5.93	0.00	45.01
Guazuma	21	9	5,11	0	4	45.61	70.79	5.28	16.37	11.09	39.99	0.29	0.37	6.19	0.00	46.84
Guazuma	23	9	5,12	0	2	35.42	49.07	3.38	11.19	7.81	36.13	0.30	1.06	5.79	0.02	43.28
Guazuma	1	11	6,1	0	3	33.44	81.55	3.24	11.01	7.78	21.91	0.26	0.69	3.17	0.05	26.03
Guazuma	3	11	6,2	0	5	54.82	150.93	7.38	17.89	10.52	31.14	1.08	0.63	5.09	0.00	37.94

Guazuma	5	11	6,3	1	5	58.25	93.70	13.37	21.73	8.35	33.76	2.17	0.59	5.09	0.00	41.60
Guazuma	7	11	6,4	1	4	59.31	112.55	19.21	27.35	8.15	37.26	2.29	0.46	5.30	0.00	45.31
Guazuma	9	11	6,5	1	5	49.59	65.62	15.71	24.99	9.28	35.73	2.10	0.75	5.04	0.00	43.62
Guazuma	11	11	6,6	1	1	56.99	89.28	26.39	29.74	3.35	42.67	2.89	0.90	6.20	0.00	52.66
Guazuma	13	11	6,7	1	2	50.92	66.67	46.43	64.17	17.73	37.56	3.08	0.51	5.49	0.00	46.64
Guazuma	15	11	6,8	1	3	52.90	81.02	19.63	31.60	11.97	50.76	2.63	0.59	7.06	0.00	61.04
Guazuma	17	11	6,9	1	5	45.39	116.01	8.78	34.55	25.76	45.77	1.64	0.53	6.70	0.00	54.63
Guazuma	19	11	6,10	1	6	45.05	68.39	5.20	15.67	10.47	32.80	0.35	0.33	5.23	0.02	38.71
Guazuma	21	11	6,11	0	4	47.88	61.88	4.34	15.03	10.68	40.90	0.40	0.37	6.08	0.00	47.76
Guazuma	23	11	6,12	0	1	44.04	103.10	3.72	13.34	9.62	35.17	0.37	0.48	5.67	0.00	41.69
Guazuma	1	13	7,1	0	5	51.95	111.93	4.82	13.59	8.76	31.19	1.06	0.32	5.34	0.00	37.92
Guazuma	3	13	7,2	1	5	61.75	119.46	10.92	23.08	12.16	30.30	1.28	0.62	4.82	0.00	37.03
Guazuma	5	13	7,3	1	3	40.25	58.22	7.28	11.97	4.68	36.05	1.80	0.64	5.60	0.00	44.08
Guazuma	7	13	7,4	1	2	54.61	88.01	17.41	25.50	8.09	39.75	1.81	0.69	5.77	0.01	48.03
Guazuma	9	13	7,5	1	1	47.75	76.55	12.81	27.70	14.89	35.25	2.06	0.79	5.27	0.00	43.36
Guazuma	11	13	7,6	1	2	57.58	85.15	20.12	25.98	5.85	42.32	2.22	0.48	6.00	0.00	51.02
Guazuma	13	13	7,7	1	1	39.88	79.04	27.62	35.05	7.43	43.00	1.81	0.48	6.45	0.01	51.75
Guazuma	15	13	7,8	1	6	42.98	60.88	13.62	21.35	7.72	44.10	2.32	0.40	5.70	0.00	52.51
Guazuma	17	13	7,9	1	5	44.96	106.28	10.13	21.53	11.40	49.09	1.41	0.59	7.71	0.00	58.80
Guazuma	19	13	7,10	1	4	49.69	54.08	9.80	21.54	11.74	40.54	0.98	0.37	6.17	0.01	48.06
Guazuma	21	13	7,11	0	4	41.60	-----	2.71	11.87	9.15	37.77	0.35	0.37	5.83	0.00	44.32
Guazuma	23	13	7,12	0	3	58.55	107.81	9.33	21.40	12.07	39.85	0.48	0.38	5.96	0.00	46.66
Guazuma	1	15	8,1	0	2	38.44	87.50	4.39	11.55	7.16	30.31	0.80	0.45	4.76	0.00	36.33
Guazuma	3	15	8,2	1	3	37.12	85.65	6.54	14.01	7.47	29.60	1.51	0.46	4.34	0.00	35.91
Guazuma	5	15	8,3	1	5	54.45	83.43	10.94	19.39	8.46	37.61	1.89	0.50	5.54	0.00	45.53
Guazuma	7	15	8,4	1	8	46.51	45.89	8.00	13.73	5.73	29.93	0.92	0.58	4.34	0.00	35.78
Guazuma	9	15	8,5	1	5	47.26	54.05	7.90	29.69	21.79	39.23	1.31	0.61	5.31	0.00	46.46
Guazuma	11	15	8,6	1	6	46.90	82.35	9.22	20.23	11.01	42.88	1.74	0.46	5.96	0.00	51.04
Guazuma	13	15	8,7	1	3	52.56	65.97	6.95	18.18	11.23	53.29	1.89	0.42	5.85	0.00	61.45
Guazuma	15	15	8,8	1	7	40.83	51.96	9.33	20.04	10.71	51.00	1.33	0.68	7.34	0.00	60.34
Guazuma	17	15	8,9	1	2	34.70	44.76	5.40	14.31	8.91	42.94	0.82	0.48	6.50	0.00	50.75
Guazuma	19	15	8,10	1	3	51.96	94.88	5.90	17.48	11.58	42.67	0.49	0.42	6.32	0.00	49.90
Guazuma	21	15	8,11	0	3	45.70	116.43	4.27	13.24	8.97	38.26	0.47	0.47	5.98	0.00	45.18
Guazuma	23	15	8,12	0	6	35.35	46.95	1.64	6.73	5.09	31.63	0.21	0.29	4.41	0.00	36.53
Guazuma	1	17	9,1	0	5	45.34	130.38	7.23	15.87	8.64	38.59	0.87	0.47	5.94	0.06	45.87
Guazuma	3	17	9,2	1	6	52.06	115.13	10.68	18.02	7.34	38.69	1.23	0.58	5.57	0.00	46.07

Guazuma	5	17	9,3	1	6	67.52	111.23	11.01	20.84	9.82	35.74	1.30	0.45	4.98	0.00	42.47
Guazuma	7	17	9,4	1	4	61.30	191.62	9.79	17.59	7.80	39.26	1.96	0.44	5.53	0.02	47.19
Guazuma	9	17	9,5	1	6	55.63	101.06	23.89	34.41	10.52	44.14	2.04	0.54	6.15	0.02	52.87
Guazuma	11	17	9,6	1	5	45.33	117.58	15.47	30.27	14.80	49.55	2.42	0.42	6.40	0.00	58.78
Guazuma	12.5	16.5	9,7	1	6	49.40	81.85	12.73	20.39	7.66	50.52	1.75	0.37	5.97	0.00	58.61
Guazuma	13.5	16.5	9,7	1	0	52.49	56.63	14.29	28.97	14.68	48.57	1.69	0.42	7.17	0.00	57.84
Guazuma	12.5	17.5	9,7	1	0	58.26	78.61	24.41	36.97	12.57	50.54	1.99	0.46	6.94	0.00	59.93
Guazuma	13.5	17.5	9,7	1	0	55.53	103.94	13.71	28.23	14.52	53.77	1.76	0.44	7.08	0.00	63.04
Guazuma	14.5	16.5	9,8	1	4	42.97	60.75	7.80	22.82	15.02	56.97	1.30	0.59	8.64	0.00	67.51
Guazuma	17	17	9,9	1	4	50.13	72.79	14.87	25.95	11.07	50.82	1.74	0.51	7.93	0.01	61.01
Guazuma	19	17	9,10	1	7	52.64	132.12	5.53	17.54	12.01	46.37	0.52	0.37	6.73	0.02	53.99
Guazuma	21	17	9,11	0	6	51.53	102.98	4.88	16.79	11.91	40.74	0.27	0.38	5.89	0.00	47.29
Guazuma	23.5	16.5	9,12	0	2	38.73	44.46	3.05	10.54	7.49	36.30	0.26	0.45	6.01	0.00	43.02
Guazuma	1	19	10,1	0	5	47.23	109.16	5.71	12.56	6.85	37.53	0.96	0.46	5.15	0.08	44.10
Guazuma	3	19	10,2	0	5	55.21	70.63	5.44	12.00	6.56	34.75	0.80	0.47	4.70	0.00	40.72
Guazuma	4.5	18.5	10,3	0	5	54.34	109.92	5.84	12.40	6.56	37.75	1.17	0.49	5.16	0.00	44.57
Guazuma	7	19	10,4	0	4	55.42	76.54	3.99	9.43	5.44	40.53	1.15	0.47	5.25	0.00	47.40
Guazuma	9	19	10,5	1	4	49.00	91.45	10.61	22.57	11.97	44.89	1.85	0.47	6.13	0.00	53.34
Guazuma	11	19	10,6	1	6	39.06	55.63	6.05	15.01	8.96	48.61	1.22	0.67	6.84	0.00	57.33
Guazuma	12.5	18.5	10,7	0	9	44.92	84.76	7.15	20.71	13.55	48.93	1.93	0.59	6.68	0.00	58.12
Guazuma	13.5	18.5	10,7	0	0	47.59	114.49	8.06	19.17	11.11	51.36	1.42	0.47	7.04	0.00	60.29
Guazuma	12.5	19.5	10,7	0	0	39.92	91.29	6.68	21.22	14.54	53.59	1.00	0.40	6.75	0.00	61.74
Guazuma	13.5	19.5	10,7	0	0	49.01	65.30	6.41	20.07	13.66	52.35	1.05	0.59	7.28	0.00	61.28
Guazuma	15	19	10,8	1	6	56.61	178.22	8.77	25.68	16.91	48.45	1.44	0.36	6.41	0.02	56.66
Guazuma	17	19	10,9	0	6	47.00	74.74	5.06	13.62	8.55	50.18	0.48	0.36	6.15	0.03	57.16
Guazuma	19	19	10,10	0	4	46.40	68.77	4.39	19.06	14.67	43.19	0.31	0.32	6.11	0.00	49.94
Guazuma	21	19	10,11	0	3	38.63	30.07	2.98	12.80	9.82	41.32	0.29	0.46	6.30	0.00	48.36
Guazuma	23	19	10,12	0	4	52.51	90.35	3.72	13.35	9.62	39.36	0.45	0.40	5.89	0.00	46.09
Guazuma	1	21	11,1	0	3	50.11	114.39	4.88	13.42	8.54	38.85	0.96	0.65	5.55	0.06	46.01
Guazuma	3	21	11,2	0	2	50.89	65.90	4.60	12.98	8.39	36.46	0.95	0.71	5.12	0.05	43.23
Guazuma	5	21	11,3	0	7	62.95	133.69	6.74	15.97	9.23	37.42	1.20	0.45	5.02	0.00	44.09
Guazuma	7	21	11,4	0	4	60.36	87.53	5.30	11.30	6.00	41.70	1.14	0.39	5.39	0.00	48.63
Guazuma	9	21	11,5	0	4	56.93	120.98	11.36	22.29	10.93	53.69	1.23	0.48	7.08	0.00	62.48
Guazuma	10.5	20.5	11,6	0	5	56.49	108.43	7.88	18.16	10.28	49.81	1.08	0.47	6.40	0.00	57.76
Guazuma	13	21	11,7	0	6	54.92	196.07	9.31	21.07	11.76	51.28	1.09	0.37	6.87	0.00	59.60
Guazuma	15	21	11,8	0	3	61.09	107.69	6.20	19.93	13.73	55.04	0.92	0.76	6.74	0.00	63.46

<i>Guazuma</i>	17	21	11,9	0	5	43.88	50.29	4.48	16.26	11.78	48.37	0.63	0.36	6.52	0.05	55.88
<i>Guazuma</i>	19	21	11,10	0	4	46.19	90.51	4.34	15.26	10.93	39.20	0.52	0.28	5.82	0.00	45.82
<i>Guazuma</i>	21	21	11,11	0	7	54.21	128.99	5.20	17.69	12.49	40.41	0.62	0.36	6.25	0.00	47.64
<i>Guazuma</i>	23	21	11,12	0	6	48.37	87.45	4.12	12.00	7.88	41.47	0.36	0.33	6.07	0.00	48.23
<i>Guazuma</i>	1	23	12,1	0	7	41.61	43.18	4.41	11.88	7.47	34.28	0.52	0.69	4.80	0.00	40.30
<i>Guazuma</i>	3	23	12,2	0	8	49.83	90.06	3.85	11.85	8.00	32.38	0.73	0.67	4.48	0.01	38.26
<i>Guazuma</i>	5	23	12,3	0	5	54.01	66.71	5.03	12.72	7.69	41.61	0.79	0.85	5.33	0.00	48.58
<i>Guazuma</i>	7	23	12,4	0	1	46.07	101.50	4.46	12.13	7.67	43.69	0.72	0.66	5.51	0.00	50.58
<i>Guazuma</i>	9	23	12,5	0	8	46.32	55.13	4.32	19.17	14.85	39.15	0.46	0.40	5.44	0.01	45.45
<i>Guazuma</i>	11	23	12,6	0	2	48.15	94.64	7.12	15.44	8.32	45.84	0.67	0.41	5.73	0.00	52.65
<i>Guazuma</i>	13	23	12,7	0	3	46.96	94.69	6.89	19.31	12.42	47.65	0.89	0.39	5.71	0.01	54.65
<i>Guazuma</i>	15	23	12,8	0	1	42.37	64.64	4.66	17.85	13.18	57.12	0.40	0.58	6.64	0.00	64.75
<i>Guazuma</i>	17	23	12,9	0	2	41.60	33.89	3.39	12.14	8.75	49.59	0.49	0.42	6.25	0.04	56.74
<i>Guazuma</i>	19	23	12,10	0	3	47.09	76.85	4.35	13.40	9.05	42.05	0.36	0.40	5.79	0.00	48.60
<i>Guazuma</i>	21	23	12,11	0	3	44.83	62.70	3.85	13.49	9.63	45.49	0.51	0.34	6.56	0.00	52.91
<i>Guazuma</i>	23	23	12,12	0	2	45.50	50.89	3.82	9.25	5.42	42.38	0.42	0.36	6.54	0.00	49.70

**Anexo 17.** Análisis laboratorio y bostas de *Albizia saman*

Especie arbol	X_m	Y_m	x,y	Copa_ Nocopa	Bostas (Abril)	OC	NPM	Pi	Pt	Po	Ca	K	Na	Mg	Al	SB
						mg	µg g <sup>-1</sup>	ug/gsuelo			cmol(+) Kg <sup>-1</sup>					
<i>Albizia saman</i>	1	1	1,1	0	1	37.02	31.71	8.31	16.29	7.97	19.35	0.93	0.05	3.57	0.01	23.89
<i>Albizia saman</i>	3	1	1,2	0	0	----	57.72	6.27	12.49	6.21	22.85	0.72	0.07	4.11	0.01	27.75
<i>Albizia saman</i>	5	1	1,3	0	2	----	45.24	----	21.83	----	22.29	0.85	0.07	4.23	0.06	27.45
<i>Albizia saman</i>	7	1	1,4	0	3	----	39.26	6.83	16.38	9.55	23.31	0.57	0.06	4.10	0.03	28.03
<i>Albizia saman</i>	9	1	1,5	0	1	----	18.55	7.00	13.45	6.44	22.15	0.46	0.09	4.10	0.07	26.80
<i>Albizia saman</i>	11	1	1,6	0	6	28.53	35.56	9.71	19.56	9.85	24.76	0.61	0.08	4.68	0.08	30.12
<i>Albizia saman</i>	13	1	1,7	0	2	28.70	37.46	5.80	12.27	6.46	21.46	0.58	0.07	3.95	0.03	26.06
<i>Albizia saman</i>	15	1	1,8	0	3	30.13	37.08	5.23	13.44	8.21	20.08	0.60	0.07	3.79	0.01	24.54
<i>Albizia saman</i>	17	1	1,9	0	2	36.42	49.56	5.72	16.16	10.45	21.20	0.60	0.07	3.95	0.00	25.82
<i>Albizia saman</i>	19	1	1,10	0	0	34.13	37.96	3.47	13.58	10.11	19.48	0.42	0.08	3.36	0.04	23.32
<i>Albizia saman</i>	21	1	1,11	0	3	32.16	38.64	2.64	11.35	8.72	20.90	0.39	0.06	3.78	0.04	25.13
<i>Albizia saman</i>	23	1	1,12	0	3	32.41	52.22	2.77	13.55	10.78	21.14	0.31	0.10	3.82	0.06	25.37
<i>Albizia saman</i>	1	3	2,1	0	2	34.80	32.69	5.94	12.92	6.98	23.27	0.67	0.13	3.94	0.10	28.01
<i>Albizia saman</i>	3	3	2,2	0	1	24.65	43.37	8.19	16.60	8.41	22.76	0.79	0.09	3.88	0.08	27.52
<i>Albizia saman</i>	5	3	2,3	0	0	31.97	41.73	4.10	11.43	7.33	21.65	0.73	0.06	3.58	0.01	26.02
<i>Albizia saman</i>	7	3	2,4	0	1	34.59	57.91	5.65	15.00	9.35	24.04	0.79	0.07	4.09	0.01	28.99
<i>Albizia saman</i>	9	3	2,5	0	2	34.76	31.59	3.80	11.53	7.73	23.56	0.34	0.09	3.18	0.01	27.16
<i>Albizia saman</i>	11	3	2,6	0	4	34.69	38.53	4.59	13.92	9.33	20.30	0.55	0.09	3.83	0.02	24.77
<i>Albizia saman</i>	13	3	2,7	0	2	32.96	37.84	4.87	13.66	8.79	20.88	0.53	0.08	3.86	0.03	25.35
<i>Albizia saman</i>	15	3	2,8	0	3	34.02	44.06	4.81	14.49	9.68	19.90	0.39	0.09	3.59	0.03	23.98
<i>Albizia saman</i>	17	3	2,9	0	0	34.06	37.84	3.75	12.66	8.91	22.05	0.47	0.10	3.90	0.04	26.52
<i>Albizia saman</i>	19	3	2,10	0	0	32.96	35.07	2.20	10.14	7.93	22.42	0.45	0.08	3.81	0.01	26.76
<i>Albizia saman</i>	21	3	2,11	0	1	35.54	40.27	4.04	13.42	9.38	19.75	0.40	0.09	3.82	0.05	24.06
<i>Albizia saman</i>	23	3	2,12	0	2	33.89	61.79	3.05	11.71	8.66	21.92	0.38	0.09	4.11	0.02	26.51
<i>Albizia saman</i>	1	5	3,1	0	0	27.01	47.81	3.89	11.34	7.45	21.37	0.41	0.09	3.17	0.08	25.04
<i>Albizia saman</i>	3	5	3,2	0	1	37.52	68.25	6.57	16.60	10.03	22.46	0.57	0.08	3.64	0.03	26.75
<i>Albizia saman</i>	5	5	3,3	0	3	37.54	39.83	3.25	10.12	6.86	24.48	0.43	0.09	3.53	0.09	28.52
<i>Albizia saman</i>	7	5	3,4	0	1	33.96	55.12	7.62	16.58	8.96	22.44	0.62	0.06	3.86	0.11	26.97
<i>Albizia saman</i>	9	5	3,5	0	0	36.45	52.31	5.78	15.62	9.84	22.64	0.59	0.06	4.10	0.05	27.39
<i>Albizia saman</i>	11	5	3,6	0	7	19.37	65.00	5.95	15.55	9.61	21.99	0.63	0.04	4.22	0.13	26.88
<i>Albizia saman</i>	13	5	3,7	0	3	38.36	46.19	8.25	19.05	10.80	18.73	0.49	0.06	3.44	0.11	22.73
<i>Albizia saman</i>	15	5	3,8	0	4	32.51	52.02	6.55	16.80	10.26	22.88	0.75	0.06	4.19	0.04	27.89
<i>Albizia saman</i>	17	5	3,9	0	4	35.71	71.56	5.66	15.68	10.02	19.51	0.59	0.08	3.59	0.05	23.76
<i>Albizia saman</i>	19	5	3,10	0	2	38.18	37.58	3.54	13.81	10.28	22.49	0.43	0.11	4.03	0.08	27.05

<i>Albizia saman</i>	21	5	3,11	0	1	39.12	43.21	4.68	14.77	10.10	21.25	0.64	0.10	4.08	0.06	26.06
<i>Albizia saman</i>	23	5	3,12	0	4	34.31	54.52	6.97	15.87	8.90	21.95	0.54	0.07	4.34	0.10	26.90
<i>Albizia saman</i>	1	7	4,1	0	1	25.58	33.80	4.74	13.96	9.22	27.30	0.37	0.11	4.14	0.01	31.93
<i>Albizia saman</i>	3	7	4,2	0	3	26.32	24.16	4.37	9.06	4.69	24.31	0.84	0.09	3.60	0.14	28.84
<i>Albizia saman</i>	5	7	4,3	0	1	34.31	44.58	4.74	12.67	7.92	25.36	0.69	0.06	3.39	0.05	29.49
<i>Albizia saman</i>	7	7	4,4	0	5	36.61	26.38	2.97	10.39	7.41	25.36	0.55	0.08	3.50	0.08	29.50
<i>Albizia saman</i>	9	7	4,5	0	4	39.01	30.73	2.84	10.92	8.08	22.42	0.73	0.07	3.86	0.09	27.08
<i>Albizia saman</i>	11	7	4,6	0	1	35.10	17.79	4.32	12.66	8.34	23.49	0.70	0.06	4.35	0.05	28.60
<i>Albizia saman</i>	13	7	4,7	0	2	37.39	35.98	4.38	12.08	7.70	23.11	0.80	0.06	4.23	0.05	28.20
<i>Albizia saman</i>	15	7	4,8	0	1	26.48	54.80	4.45	12.49	8.04	23.63	0.78	0.07	4.17	0.02	28.65
<i>Albizia saman</i>	17	7	4,9	0	6	31.91	47.38	5.71	14.71	9.00	21.85	0.88	0.05	3.91	0.03	26.69
<i>Albizia saman</i>	19	7	4,10	0	3	38.26	37.10	4.31	15.13	10.81	22.93	0.93	0.07	3.94	0.03	27.87
<i>Albizia saman</i>	21	7	4,11	0	4	42.33	29.07	3.19	13.56	10.37	22.99	0.53	0.07	4.01	0.03	27.59
<i>Albizia saman</i>	23	7	4,12	0	3	30.46	30.66	4.58	14.17	9.59	20.73	0.50	0.07	4.10	0.02	25.40
<i>Albizia saman</i>	1	9	5,1	0	1	38.26	24.68	4.52	14.72	10.20	27.15	0.34	0.10	3.94	0.04	31.52
<i>Albizia saman</i>	3	9	5,2	0	3	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
<i>Albizia saman</i>	5	9	5,3	0	1	26.94	20.03	5.80	13.17	7.38	26.57	0.46	0.08	3.16	0.05	30.27
<i>Albizia saman</i>	6.5	8.5	5,4	1	2	31.85	34.77	3.87	12.31	8.44	24.71	0.55	0.06	3.23	0.05	28.56
<i>Albizia saman</i>	7.5	8.5	5,4	1	0	31.19	20.36	4.52	11.44	6.92	23.64	0.63	0.08	3.96	0.01	28.31
<i>Albizia saman</i>	6.5	9.5	5,4	1	0	----	28.35	4.81	14.22	9.42	25.89	0.44	0.07	3.77	0.05	30.16
<i>Albizia saman</i>	7.5	9.5	5,4	1	0	25.58	18.38	3.75	12.27	8.51	23.90	0.51	0.07	3.99	0.13	28.47
<i>Albizia saman</i>	9	9	5,5	1	2	37.47	32.50	5.92	15.36	9.44	22.67	0.71	0.05	4.55	0.07	27.99
<i>Albizia saman</i>	11	9	5,6	1	0	24.72	18.42	2.78	9.83	9.79	20.69	0.86	0.08	4.23	0.13	25.86
<i>Albizia saman</i>	13	9	5,7	1	0	31.95	31.11	4.22	14.26	10.04	21.90	0.83	0.06	4.07	0.06	26.85
<i>Albizia saman</i>	15	9	5,8	1	1	34.28	43.33	6.76	15.38	8.62	23.41	0.81	0.06	4.39	0.07	28.67
<i>Albizia saman</i>	17	9	5,9	0	0	38.37	24.65	5.31	15.69	10.39	22.25	0.75	0.07	3.94	0.05	27.00
<i>Albizia saman</i>	19.5	9.5	5,10	0	0	43.08	34.33	5.00	12.85	7.86	23.28	0.90	0.08	3.99	0.03	28.26
<i>Albizia saman</i>	21	9	5,11	0	3	41.41	29.62	6.41	14.84	8.43	22.10	0.71	0.06	4.05	0.00	26.92
<i>Albizia saman</i>	23	9	5,12	0	4	23.34	26.68	2.98	11.45	8.47	20.79	0.57	0.08	3.86	0.05	25.30
<i>Albizia saman</i>	1	11	6,1	0	4	27.27	12.12	4.52	12.76	8.24	26.46	0.61	0.07	4.53	0.13	31.66
<i>Albizia saman</i>	3	11	6,2	0	2	30.40	10.92	2.77	10.27	7.50	26.74	0.35	0.11	4.14	0.09	31.35
<i>Albizia saman</i>	5	11	6,3	0	1	29.35	15.30	2.48	9.59	7.12	23.82	0.38	0.10	3.59	0.10	27.90
<i>Albizia saman</i>	6.5	10.5	6,4	1	0	28.88	12.18	3.04	8.82	5.78	23.58	0.49	0.08	3.72	0.20	27.87
<i>Albizia saman</i>	7.5	10.5	6,4	1	0	29.49	24.30	3.05	10.15	7.09	26.61	0.54	0.09	4.52	0.03	31.77
<i>Albizia saman</i>	6.5	11.5	6,4	1	0	24.13	16.99	2.76	9.58	6.82	24.71	0.51	0.07	4.56	0.05	29.84
<i>Albizia saman</i>	7.5	11.5	6,4	1	0	20.97	17.21	2.75	9.27	9.22	22.66	0.48	0.08	4.23	0.16	27.45
<i>Albizia saman</i>	9	11	6,5	1	1	26.47	19.54	3.26	10.53	7.27	24.51	0.59	0.07	4.49	0.09	29.67
<i>Albizia saman</i>	11	11	6,6	1	1	23.83	34.26	3.12	11.84	8.72	22.89	0.46	0.09	4.34	0.02	27.78

<i>Albizia saman</i>	13	11	6,7	1	1	21.94	21.28	2.48	10.15	7.66	24.16	0.34	0.11	4.06	0.01	28.68
<i>Albizia saman</i>	15	11	6,8	1	5	26.91	35.22	4.38	11.70	7.32	23.72	0.69	0.07	4.26	0.01	28.74
<i>Albizia saman</i>	17	11	6,9	1	3	26.05	24.85	8.89	17.77	8.87	24.34	0.81	0.09	4.44	0.03	29.68
<i>Albizia saman</i>	19	11	6,10	0	1	22.13	28.29	5.80	14.87	9.07	24.28	0.81	0.08	4.15	0.01	29.31
<i>Albizia saman</i>	21	11	6,11	0	1	24.74	22.53	4.80	13.15	8.35	24.90	0.86	0.07	4.21	0.03	30.04
<i>Albizia saman</i>	23	11	6,12	0	2	20.59	29.61	5.07	14.43	9.36	24.33	0.73	0.11	4.39	0.02	29.56
<i>Albizia saman</i>	1	13	7,1	0	2	29.77	14.69	4.09	12.25	8.15	27.77	0.41	0.10	4.56	0.06	32.84
<i>Albizia saman</i>	3	13	7,2	0	1	28.18	30.80	3.68	12.47	8.79	24.25	0.65	0.08	4.58	0.02	29.56
<i>Albizia saman</i>	5	13	7,3	0	4	21.36	21.87	3.63	11.55	7.93	24.83	0.54	0.08	4.47	0.09	29.92
<i>Albizia saman</i>	7	13	7,4	1	4	27.23	21.02	2.02	8.51	6.50	24.60	0.51	0.09	4.45	0.09	29.65
<i>Albizia saman</i>	9	13	7,5	1	0	23.13	17.75	2.48	8.51	6.03	28.07	0.59	0.13	6.24	0.13	35.03
<i>Albizia saman</i>	11	13	7,6	1	0	28.87	16.56	2.43	7.61	5.19	27.15	0.58	0.16	6.06	0.25	33.94
<i>Albizia saman</i>	13	13	7,7	1	2	33.96	13.43	3.16	10.47	7.30	23.76	0.60	0.07	4.47	0.07	28.89
<i>Albizia saman</i>	15	13	7,8	1	2	21.01	4.09	3.56	8.15	4.58	21.28	0.78	0.10	3.97	0.16	26.13
<i>Albizia saman</i>	17	13	7,9	1	2	27.65	21.29	4.01	11.39	7.38	22.92	0.78	0.11	4.25	0.05	28.07
<i>Albizia saman</i>	19	13	7,10	0	0	33.73	38.54	4.01	10.56	6.56	23.20	0.81	0.10	4.24	0.09	28.35
<i>Albizia saman</i>	21	13	7,11	0	0	23.85	23.17	5.09	11.69	6.59	21.45	0.91	0.09	3.99	0.01	26.43
<i>Albizia saman</i>	23	13	7,12	0	2	27.87	23.25	3.68	10.00	6.32	24.22	0.62	0.15	4.14	0.07	29.12
<i>Albizia saman</i>	1	15	8,1	0	2	30.61	38.00	2.88	9.21	6.32	25.43	0.64	0.13	4.47	0.15	30.67
<i>Albizia saman</i>	3	15	8,2	0	0	29.68	25.03	2.82	10.47	7.64	25.86	0.62	0.14	4.45	0.11	31.07
<i>Albizia saman</i>	5	15	8,3	0	0	29.68	31.32	3.60	9.99	6.39	25.84	0.91	0.14	4.85	0.03	31.74
<i>Albizia saman</i>	7	15	8,4	1	3	29.53	37.27	4.76	12.10	7.34	25.30	0.68	0.17	5.37	0.15	31.53
<i>Albizia saman</i>	9	15	8,5	1	1	17.96	37.35	3.02	9.37	6.34	26.03	0.51	0.17	5.28	0.01	31.99
<i>Albizia saman</i>	11	15	8,6	1	1	33.03	32.57	3.36	10.16	6.81	24.44	0.50	0.08	4.82	0.08	29.85
<i>Albizia saman</i>	13	15	8,7	1	1	29.77	41.72	4.88	11.78	6.91	24.90	0.59	0.08	4.68	0.13	30.25
<i>Albizia saman</i>	15	15	8,8	1	2	32.99	48.18	9.10	18.62	9.52	24.17	0.80	0.06	4.55	0.06	29.58
<i>Albizia saman</i>	17	15	8,9	1	2	32.45	38.40	----	20.12	8.55	23.84	1.07	0.15	4.58	0.05	29.63
<i>Albizia saman</i>	19	15	8,10	0	1	27.09	28.62	5.27	11.25	5.97	22.72	0.91	0.05	4.33	0.06	28.01
<i>Albizia saman</i>	21	15	8,11	0	0	26.83	31.42	3.42	10.72	7.30	22.22	0.91	0.09	4.02	0.11	27.23
<i>Albizia saman</i>	23	15	8,12	0	2	30.55	34.17	5.49	12.63	7.13	23.02	0.55	0.10	4.46	0.09	28.13
<i>Albizia saman</i>	1	17	9,1	0	1	30.46	23.55	5.83	14.28	8.45	22.98	0.59	0.10	4.21	0.13	27.88
<i>Albizia saman</i>	3	17	9,2	0	1	29.71	34.62	2.75	9.34	6.59	23.48	1.32	0.08	4.73	0.13	29.61
<i>Albizia saman</i>	5.5	17.5	9,3	0	1	28.76	18.84	4.16	9.23	5.07	24.07	0.84	0.08	5.16	0.29	30.16
<i>Albizia saman</i>	7	17	9,4	1	4	28.04	20.91	2.83	8.15	5.33	26.13	0.76	0.12	5.79	0.13	32.81
<i>Albizia saman</i>	9	17	9,5	1	1	24.54	9.58	1.43	6.11	4.69	24.82	0.89	0.12	5.63	0.23	31.47
<i>Albizia saman</i>	11	17	9,6	1	0	22.81	26.40	2.42	7.30	4.89	24.21	0.50	0.13	4.52	0.02	29.36
<i>Albizia saman</i>	13	17	9,7	1	0	24.91	17.61	1.88	----	----	24.41	0.49	0.19	4.96	0.02	30.05
<i>Albizia saman</i>	15	17	9,8	1	2	36.96	32.89	3.82	10.18	6.36	23.25	0.80	0.04	4.35	0.02	28.44

<i>Albizia saman</i>	17	17	9,9	1	5	35.12	31.08	5.93	12.72	6.79	23.93	0.78	0.07	4.43	0.01	29.21
<i>Albizia saman</i>	19.5	17.5	9,10	0	4	36.21	23.20	3.21	9.34	6.12	22.79	0.45	0.10	3.97	0.00	27.31
<i>Albizia saman</i>	21	17	9,11	0	2	35.33	17.83	7.28	12.61	5.33	25.37	0.69	0.07	4.37	0.00	30.49
<i>Albizia saman</i>	23	17	9,12	0	2	30.49	26.38	2.15	7.87	5.71	22.65	0.44	0.15	3.92	0.01	27.16
<i>Albizia saman</i>	0.5	18.5	10,1	0	2	30.82	13.67	4.02	10.04	6.02	25.47	1.14	0.07	4.72	0.00	31.41
<i>Albizia saman</i>	3	19	10,2	0	0	30.73	20.73	5.03	11.67	6.65	27.43	0.72	0.29	4.92	0.01	33.36
<i>Albizia saman</i>	5	19	10,3	0	4	32.26	27.55	4.48	11.26	6.78	25.76	0.99	0.10	5.24	0.02	32.09
<i>Albizia saman</i>	7	19	10,4	1	2	35.08	24.14	4.55	10.97	6.42	26.57	1.02	0.15	5.58	0.02	33.32
<i>Albizia saman</i>	9	19	10,5	1	1	35.29	19.87	2.22	8.28	6.05	26.80	0.56	0.17	5.32	0.02	32.84
<i>Albizia saman</i>	11	19	10,6	1	5	33.88	13.73	2.75	10.32	7.57	25.53	0.84	0.11	5.17	0.01	31.65
<i>Albizia saman</i>	13	19	10,7	1	5	36.63	24.43	3.41	8.51	5.10	26.31	0.54	0.15	4.75	0.01	31.75
<i>Albizia saman</i>	15	19	10,8	1	0	35.51	26.27	6.77	14.13	7.37	26.00	0.76	0.13	4.58	0.02	31.48
<i>Albizia saman</i>	16.5	18.5	10,9	1	1	31.45	18.85	4.96	12.09	7.13	24.27	0.83	0.10	4.41	0.01	29.61
<i>Albizia saman</i>	17.5	18.5	10,9	1	0	35.02	15.15	4.83	11.29	6.45	25.00	0.92	0.06	4.40	0.01	30.37
<i>Albizia saman</i>	16.5	19.5	10,9	1	0	32.74	13.34	1.68	7.17	5.49	22.94	0.37	0.13	4.04	0.01	27.48
<i>Albizia saman</i>	17.5	19.5	10,9	1	0	35.12	15.29	3.09	9.92	6.83	24.67	0.58	0.07	4.41	0.00	29.73
<i>Albizia saman</i>	19	19	10,10	0	3	31.97	26.13	3.68	10.83	7.15	24.03	0.51	0.07	4.30	0.00	28.91
<i>Albizia saman</i>	21	19	10,11	0	0	39.44	22.18	9.21	18.04	8.83	24.42	0.65	0.08	4.43	0.00	29.58
<i>Albizia saman</i>	23	19	10,12	0	2	30.58	21.34	2.15	9.47	7.33	23.17	0.47	0.13	3.98	0.00	27.75
<i>Albizia saman</i>	1	21	11,1	0	3	30.52	14.56	3.87	9.88	6.00	25.49	0.74	0.10	4.99	0.01	31.32
<i>Albizia saman</i>	3	21	11,2	0	3	31.57	14.07	3.82	10.46	6.64	24.79	0.93	0.23	4.81	0.01	30.76
<i>Albizia saman</i>	5	21	11,3	0	2	33.10	23.51	5.91	12.65	6.75	24.58	0.92	0.36	4.93	0.00	30.79
<i>Albizia saman</i>	7.5	21.5	11,4	0	2	26.68	9.87	3.88	8.94	5.06	25.39	0.85	0.34	4.98	0.00	31.56
<i>Albizia saman</i>	9	21	11,5	1	1	26.12	13.57	2.55	10.33	7.77	25.89	0.80	0.13	4.79	0.01	31.61
<i>Albizia saman</i>	11	21	11,6	1	3	27.51	27.43	2.68	9.30	6.63	24.49	0.46	0.10	4.78	0.01	29.83
<i>Albizia saman</i>	13	21	11,7	1	2	27.56	11.29	3.89	8.67	4.79	24.70	0.55	0.12	4.89	0.01	30.26
<i>Albizia saman</i>	15	21	11,8	1	2	27.54	14.77	2.62	9.76	7.14	21.89	0.40	0.09	4.08	0.02	26.46
<i>Albizia saman</i>	16.5	20.5	11,9	0	1	27.54	11.59	2.36	8.69	6.34	23.47	0.46	0.15	4.19	0.02	28.27
<i>Albizia saman</i>	17.5	20.5	11,9	0	0	16.68	9.50	1.42	5.66	4.24	22.08	0.45	0.38	4.28	0.02	27.20
<i>Albizia saman</i>	16.5	21.5	11,9	0	0	16.76	15.27	2.95	9.91	6.96	23.25	0.52	0.16	4.27	0.02	28.20
<i>Albizia saman</i>	17.5	21.5	11,9	0	0	23.66	23.31	2.09	14.37	12.29	23.67	0.35	0.13	4.24	0.02	28.39
<i>Albizia saman</i>	19	21	11,10	0	2	24.36	14.40	1.88	8.66	6.78	20.15	0.80	0.07	4.05	0.04	25.07
<i>Albizia saman</i>	21	21	11,11	0	0	24.29	----	2.29	8.81	6.52	20.91	0.34	0.15	3.75	0.00	25.15
<i>Albizia saman</i>	23	21	11,12	0	2	26.79	26.77	2.56	8.29	5.74	24.14	----	0.07	4.05	0.01	29.96
<i>Albizia saman</i>	1	23	12,1	0	1	20.60	18.87	3.21	8.64	5.43	26.08	0.97	0.11	5.92	0.02	33.08
<i>Albizia saman</i>	3	23	12,2	0	4	23.43	13.23	3.75	9.90	6.14	25.76	0.76	0.18	5.34	0.01	32.03
<i>Albizia saman</i>	5	23	12,3	0	2	30.37	13.75	6.08	12.99	6.92	27.93	0.80	0.13	5.65	0.01	34.51
<i>Albizia saman</i>	7	23	12,4	0	2	31.23	10.69	7.63	13.33	5.69	31.80	1.06	0.14	5.88	0.00	38.88

<i>Albizia saman</i>	9	23	12,5	0	0	32.25	17.55	6.23	12.77	6.55	29.15	0.86	0.09	5.43	0.01	35.53
<i>Albizia saman</i>	11	23	12,6	0	2	31.45	13.88	2.82	8.42	5.60	30.80	0.72	0.09	5.32	0.01	36.93
<i>Albizia saman</i>	13	23	12,7	0	2	36.21	24.63	5.33	11.62	6.29	28.03	0.56	0.11	5.02	0.01	33.72
<i>Albizia saman</i>	15	23	12,8	0	0	29.03	21.85	2.34	9.07	6.72	30.91	0.70	0.29	5.36	0.01	37.26
<i>Albizia saman</i>	17	23	12,9	0	2	30.76	21.54	2.09	7.98	5.89	29.78	0.54	0.16	5.24	0.03	35.73
<i>Albizia saman</i>	19	23	12,10	0	2	28.22	17.14	2.42	7.03	4.61	30.45	0.75	0.23	5.66	0.02	37.09
<i>Albizia saman</i>	21	23	12,11	0	0	31.38	25.94	2.61	9.33	6.71	27.29	0.71	0.08	4.57	0.01	32.65
<i>Albizia saman</i>	23	23	12,12	0	0	30.70	24.17	2.63	8.83	6.21	27.13	0.49	0.13	4.48	0.08	32.23

**Anexo 18.** Análisis laboratorio y bostas de *Enterolobium cyclocarpum*

Especie arbol	X_m	Y_m	x,y	Copa_ No_copa	Bostas (Abril)	OC	NPM	Pi	Pt	Po	Ca	K	Na	Mg	Al	SB
							µg g <sup>-1</sup>	ug/gsuelo			cmol(+) Kg <sup>-1</sup>					
<i>Enterolobium</i>	1	1	1,1	0	0	43.86	76.72	4.20	13.15	8.95	26.89	0.32	0.45	3.87	0.00	31.54
<i>Enterolobium</i>	3	1	1,2	0	3	42.25	87.17	4.95	13.13	8.18	25.86	0.62	0.46	4.20	0.00	31.14
<i>Enterolobium</i>	5	1	1,3	0	1	43.11	79.30	3.56	9.27	5.70	21.63	0.51	0.52	3.28	0.00	25.94
<i>Enterolobium</i>	7	1	1,4	0	5	43.02	45.85	2.19	8.00	5.81	21.74	0.20	0.64	3.33	0.00	25.91
<i>Enterolobium</i>	9	1	1,5	0	0	48.55	132.82	3.36	12.16	8.80	30.35	0.48	0.65	4.53	0.00	36.02
<i>Enterolobium</i>	11	1	1,6	0	1	42.96	97.92	6.18	15.97	9.79	29.56	0.63	0.48	4.88	0.00	35.55
<i>Enterolobium</i>	13	1	1,7	0	3	38.67	80.90	7.85	15.66	7.81	34.31	0.59	0.44	5.44	0.00	40.79
<i>Enterolobium</i>	15	1	1,8	0	3	41.65	93.65	5.49	18.06	12.57	32.08	0.37	0.53	5.22	0.00	38.20
<i>Enterolobium</i>	17	1	1,9	0	3	38.60	107.50	4.59	18.56	13.97	29.19	0.49	0.35	4.67	0.07	34.69
<i>Enterolobium</i>	19	1	1,10	0	1	40.31	104.52	5.15	14.75	9.60	30.37	0.36	0.44	4.87	0.01	36.04
<i>Enterolobium</i>	20.5	1.5	1,11	0	1	49.35	123.00	6.69	17.98	11.29	38.73	0.59	0.40	6.58	0.00	46.30
<i>Enterolobium</i>	23	1	1,12	0	3	-----	131.97	4.00	15.00	11.01	38.17	0.38	0.42	6.61	0.00	45.58
<i>Enterolobium</i>	1	3	2,1	0	1	42.58	73.19	3.84	11.11	7.27	25.68	0.27	0.48	3.87	0.01	30.30
<i>Enterolobium</i>	3	3	2,2	0	0	47.73	83.78	3.85	11.86	8.01	29.43	0.37	0.52	4.41	0.00	34.73
<i>Enterolobium</i>	5	3	2,3	0	0	54.07	124.35	4.47	12.43	7.96	30.43	0.78	0.71	4.44	0.00	36.36
<i>Enterolobium</i>	7	3	2,4	0	0	50.13	77.79	6.46	13.69	7.23	28.19	0.92	0.52	4.25	0.00	33.88
<i>Enterolobium</i>	9	3	2,5	0	1	49.68	76.34	4.46	10.97	6.51	29.14	0.45	0.57	4.48	0.00	34.65
<i>Enterolobium</i>	11	3	2,6	0	1	48.77	112.08	8.39	18.41	10.01	34.52	0.79	0.47	5.50	0.00	41.28
<i>Enterolobium</i>	13	3	2,7	0	1	52.23	84.58	7.30	46.51	39.22	37.83	0.87	0.49	6.42	0.00	45.61
<i>Enterolobium</i>	15	3	2,8	0	4	43.10	67.75	5.44	15.96	10.52	32.67	0.56	0.52	5.44	0.00	39.19
<i>Enterolobium</i>	17	3	2,9	0	0	44.46	103.18	3.97	15.72	11.75	38.32	0.32	0.46	5.95	0.04	45.06
<i>Enterolobium</i>	19	3	2,10	0	0	43.82	91.74	4.28	14.36	10.08	34.84	0.47	0.43	5.37	0.00	41.11
<i>Enterolobium</i>	21	3	2,11	0	0	57.55	124.80	5.63	30.66	25.03	32.63	0.27	0.35	5.52	0.00	38.77
<i>Enterolobium</i>	23	3	2,12	0	1	47.78	108.58	4.66	12.54	7.88	35.43	0.73	0.36	6.39	0.00	42.92
<i>Enterolobium</i>	1	5	3,1	0	1	43.09	76.04	3.56	12.13	8.57	25.14	0.26	0.64	3.88	0.00	29.93
<i>Enterolobium</i>	3	5	3,2	0	0	44.90	106.31	4.13	12.86	8.73	21.32	0.52	0.56	3.45	0.07	25.85
<i>Enterolobium</i>	5	5	3,3	0	2	48.82	161.01	4.96	11.59	6.63	31.02	0.91	0.55	4.94	0.00	37.42
<i>Enterolobium</i>	7	5	3,4	0	2	50.69	87.18	4.19	9.98	5.79	29.96	0.84	0.50	4.28	0.01	35.58
<i>Enterolobium</i>	9	5	3,5	1	1	59.60	191.50	11.44	22.78	11.35	33.26	1.76	0.72	5.20	0.00	40.94
<i>Enterolobium</i>	11	5	3,6	1	1	47.95	74.74	8.39	16.69	8.30	35.78	1.10	0.45	6.03	0.00	43.36
<i>Enterolobium</i>	13	5	3,7	1	0	49.50	95.25	12.03	66.93	54.91	41.67	1.58	0.40	6.42	0.00	50.08
<i>Enterolobium</i>	14.5	4.5	3,8	0	3	42.21	67.25	7.72	24.59	16.87	43.32	1.29	0.49	6.84	0.00	51.94

<i>Enterolobium</i>	15.5	4.5	3,8	0	0	56.30	97.44	11.74	22.29	10.55	43.57	1.87	0.45	6.31	0.00	52.20
<i>Enterolobium</i>	14.5	5.5	3,8	0	0	52.85	104.64	17.68	25.69	8.02	39.77	1.24	0.48	6.26	0.00	47.75
<i>Enterolobium</i>	15.5	5.5	3,8	0	0	35.50	47.13	3.84	14.40	10.56	33.80	0.26	0.49	5.17	0.00	39.71
<i>Enterolobium</i>	17	5	3,9	0	0	38.34	96.53	3.83	14.95	11.12	39.02	0.36	0.53	6.06	0.00	45.97
<i>Enterolobium</i>	19	5	3,10	0	0	43.91	100.86	4.39	15.91	11.52	39.07	0.53	0.46	6.51	0.04	46.56
<i>Enterolobium</i>	21	5	3,11	0	0	39.28	82.98	4.00	15.25	11.24	25.61	0.46	0.26	4.17	0.01	30.51
<i>Enterolobium</i>	23	5	3,12	0	0	40.85	132.29	3.66	12.70	9.04	32.53	0.19	0.47	5.22	0.00	38.42
<i>Enterolobium</i>	1	7	4,1	0	1	43.60	95.25	4.13	12.73	8.60	25.39	0.23	0.79	3.38	0.00	29.79
<i>Enterolobium</i>	3	7	4,2	0	4	48.49	143.73	5.24	13.04	7.80	29.88	1.05	0.48	4.61	0.00	36.02
<i>Enterolobium</i>	5	7	4,3	0	1	55.80	103.82	4.25	11.84	7.59	30.55	0.90	0.51	4.90	0.00	36.86
<i>Enterolobium</i>	7	7	4,4	0	1	45.53	67.38	6.07	12.60	6.53	33.46	1.21	0.66	5.14	0.00	40.46
<i>Enterolobium</i>	9	7	4,5	1	0	52.43	111.62	14.00	28.19	14.19	36.75	2.22	0.56	5.29	0.00	44.82
<i>Enterolobium</i>	11	7	4,6	1	0	47.81	125.30	20.71	33.33	12.63	36.02	1.82	0.57	5.96	0.00	44.37
<i>Enterolobium</i>	13	7	4,7	1	0	48.72	117.01	11.54	20.51	8.97	43.35	1.70	0.40	6.25	0.00	51.70
<i>Enterolobium</i>	14.5	6.5	4,8	1	2	43.02	110.13	12.76	24.52	11.76	44.32	1.78	0.59	6.76	0.00	53.46
<i>Enterolobium</i>	15.5	6.5	4,8	1	0	48.05	70.99	26.36	35.89	9.53	43.26	2.26	0.45	6.30	0.00	52.27
<i>Enterolobium</i>	14.5	7.5	4,8	1	0	51.37	136.51	15.15	26.49	11.35	34.86	1.13	0.43	5.31	0.00	41.73
<i>Enterolobium</i>	15.5	7.5	4,8	1	0	52.03	70.76	9.95	19.69	9.74	44.34	1.43	0.73	6.86	0.00	53.36
<i>Enterolobium</i>	17	7	4,9	0	0	49.78	92.61	5.71	16.18	10.47	38.74	0.45	0.40	5.34	0.01	44.93
<i>Enterolobium</i>	19	7	4,10	0	1	39.32	63.69	4.40	14.75	10.35	40.69	0.24	1.02	6.28	0.00	48.22
<i>Enterolobium</i>	21	7	4,11	0	0	44.78	72.00	4.20	18.01	13.81	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Enterolobium</i>	23	7	4,12	0	0	44.62	112.78	5.42	15.18	9.76	33.84	0.24	0.36	5.67	0.00	40.11
<i>Enterolobium</i>	1	9	5,1	0	1	31.81	41.77	2.60	9.85	7.25	20.92	0.42	0.97	3.18	0.02	25.50
<i>Enterolobium</i>	3	9	5,2	0	3	40.58	79.26	5.51	14.61	9.10	31.80	0.56	0.56	4.82	0.01	37.74
<i>Enterolobium</i>	5	9	5,3	1	0	51.25	108.56	6.04	13.98	7.94	27.92	1.49	0.66	4.27	0.00	34.33
<i>Enterolobium</i>	7	9	5,4	1	1	48.21	45.74	6.67	11.11	4.44	22.22	1.36	0.52	3.23	0.00	27.32
<i>Enterolobium</i>	9	9	5,5	1	0	51.19	73.24	14.94	21.64	6.70	33.80	2.38	0.85	4.70	0.01	41.72
<i>Enterolobium</i>	11	9	5,6	1	0	40.76	92.04	26.20	35.96	9.76	36.43	1.79	0.54	5.75	0.00	44.51
<i>Enterolobium</i>	13	9	5,7	1	0	49.93	59.86	14.12	22.08	7.96	45.11	1.80	0.52	6.88	0.00	54.30
<i>Enterolobium</i>	15	9	5,8	1	0	42.05	74.57	11.74	22.52	10.79	50.60	1.33	0.59	7.64	0.00	60.16
<i>Enterolobium</i>	17	9	5,9	1	0	40.98	49.26	5.66	15.23	9.57	38.99	0.89	0.46	5.62	0.00	45.96
<i>Enterolobium</i>	19	9	5,10	0	0	33.75	54.35	4.40	12.71	8.31	38.30	0.34	0.45	5.93	0.00	45.01
<i>Enterolobium</i>	21	9	5,11	0	0	45.61	70.79	5.28	16.37	11.09	39.99	0.29	0.37	6.19	0.00	46.84
<i>Enterolobium</i>	23	9	5,12	0	0	35.42	49.07	3.38	11.19	7.81	36.13	0.30	1.06	5.79	0.02	43.28
<i>Enterolobium</i>	1	11	6,1	0	6	33.44	81.55	3.24	11.01	7.78	21.91	0.26	0.69	3.17	0.05	26.03
<i>Enterolobium</i>	3	11	6,2	0	0	54.82	150.93	7.38	17.89	10.52	31.14	1.08	0.63	5.09	0.00	37.94

<i>Enterolobium</i>	5	11	6,3	1	1	58.25	93.70	13.37	21.73	8.35	33.76	2.17	0.59	5.09	0.00	41.60
<i>Enterolobium</i>	6.5	11	6,4	1	1	59.31	112.55	19.21	27.35	8.15	37.26	2.29	0.46	5.30	0.00	45.31
<i>Enterolobium</i>	9	11	6,5	1	2	49.59	65.62	15.71	24.99	9.28	35.73	2.10	0.75	5.04	0.00	43.62
<i>Enterolobium</i>	11	11	6,6	1	0	56.99	89.28	26.39	29.74	3.35	42.67	2.89	0.90	6.20	0.00	52.66
<i>Enterolobium</i>	13	11	6,7	1	3	50.92	66.67	46.43	64.17	17.73	37.56	3.08	0.51	5.49	0.00	46.64
<i>Enterolobium</i>	15	11	6,8	1	1	52.90	81.02	19.63	31.60	11.97	50.76	2.63	0.59	7.06	0.00	61.04
<i>Enterolobium</i>	17	11	6,9	1	2	45.39	116.01	8.78	34.55	25.76	45.77	1.64	0.53	6.70	0.00	54.63
<i>Enterolobium</i>	19	11	6,10	0	0	45.05	68.39	5.20	15.67	10.47	32.80	0.35	0.33	5.23	0.02	38.71
<i>Enterolobium</i>	21	11	6,11	0	0	47.88	61.88	4.34	15.03	10.68	40.90	0.40	0.37	6.08	0.00	47.76
<i>Enterolobium</i>	23	11	6,12	0	0	44.04	103.10	3.72	13.34	9.62	35.17	0.37	0.48	5.67	0.00	41.69
<i>Enterolobium</i>	1	13	7,1	0	1	51.95	111.93	4.82	13.59	8.76	31.19	1.06	0.32	5.34	0.00	37.92
<i>Enterolobium</i>	3	13	7,2	0	0	61.75	119.46	10.92	23.08	12.16	30.30	1.28	0.62	4.82	0.00	37.03
<i>Enterolobium</i>	5	13	7,3	1	2	40.25	58.22	7.28	11.97	4.68	36.05	1.80	0.64	5.60	0.00	44.08
<i>Enterolobium</i>	7	13	7,4	1	0	54.61	88.01	17.41	25.50	8.09	39.75	1.81	0.69	5.77	0.01	48.03
<i>Enterolobium</i>	9	13	7,5	1	0	47.75	76.55	12.81	27.70	14.89	35.25	2.06	0.79	5.27	0.00	43.36
<i>Enterolobium</i>	10.5	12.5	7,6	1	0	57.58	85.15	20.12	25.98	5.85	42.32	2.22	0.48	6.00	0.00	51.02
<i>Enterolobium</i>	13	13	7,7	1	1	39.88	79.04	27.62	35.05	7.43	43.00	1.81	0.48	6.45	0.01	51.75
<i>Enterolobium</i>	15	13	7,8	1	1	42.98	60.88	13.62	21.35	7.72	44.10	2.32	0.40	5.70	0.00	52.51
<i>Enterolobium</i>	17	13	7,9	1	5	44.96	106.28	10.13	21.53	11.40	49.09	1.41	0.59	7.71	0.00	58.80
<i>Enterolobium</i>	19	13	7,10	0	2	49.69	54.08	9.80	21.54	11.74	40.54	0.98	0.37	6.17	0.01	48.06
<i>Enterolobium</i>	21	13	7,11	0	1	41.60	----	2.71	11.87	9.15	37.77	0.35	0.37	5.83	0.00	44.32
<i>Enterolobium</i>	23	13	7,12	0	0	58.55	107.81	9.33	21.40	12.07	39.85	0.48	0.38	5.96	0.00	46.66
<i>Enterolobium</i>	1	15	8,1	0	3	38.44	87.50	4.39	11.55	7.16	30.31	0.80	0.45	4.76	0.00	36.33
<i>Enterolobium</i>	3	15	8,2	0	1	37.12	85.65	6.54	14.01	7.47	29.60	1.51	0.46	4.34	0.00	35.91
<i>Enterolobium</i>	5	15	8,3	1	1	54.45	83.43	10.94	19.39	8.46	37.61	1.89	0.50	5.54	0.00	45.53
<i>Enterolobium</i>	7	15	8,4	1	1	46.51	45.89	8.00	13.73	5.73	29.93	0.92	0.58	4.34	0.00	35.78
<i>Enterolobium</i>	9	15	8,5	1	0	47.26	54.05	7.90	29.69	21.79	39.23	1.31	0.61	5.31	0.00	46.46
<i>Enterolobium</i>	11	15	8,6	1	1	46.90	82.35	9.22	20.23	11.01	42.88	1.74	0.46	5.96	0.00	51.04
<i>Enterolobium</i>	13	15	8,7	1	2	52.56	65.97	6.95	18.18	11.23	53.29	1.89	0.42	5.85	0.00	61.45
<i>Enterolobium</i>	15	15	8,8	1	0	40.83	51.96	9.33	20.04	10.71	51.00	1.33	0.68	7.34	0.00	60.34
<i>Enterolobium</i>	17	15	8,9	1	0	34.70	44.76	5.40	14.31	8.91	42.94	0.82	0.48	6.50	0.00	50.75
<i>Enterolobium</i>	19	15	8,10	0	0	51.96	94.88	5.90	17.48	11.58	42.67	0.49	0.42	6.32	0.00	49.90
<i>Enterolobium</i>	21	15	8,11	0	0	45.70	116.43	4.27	13.24	8.97	38.26	0.47	0.47	5.98	0.00	45.18
<i>Enterolobium</i>	23	15	8,12	0	2	35.35	46.95	1.64	6.73	5.09	31.63	0.21	0.29	4.41	0.00	36.53
<i>Enterolobium</i>	1	17	9,1	0	0	45.34	130.38	7.23	15.87	8.64	38.59	0.87	0.47	5.94	0.06	45.87
<i>Enterolobium</i>	3	17	9,2	0	0	52.06	115.13	10.68	18.02	7.34	38.69	1.23	0.58	5.57	0.00	46.07

<i>Enterolobium</i>	5	17	9,3	0	1	67.52	111.23	11.01	20.84	9.82	35.74	1.30	0.45	4.98	0.00	42.47
<i>Enterolobium</i>	7	17	9,4	1	0	61.30	191.62	9.79	17.59	7.80	39.26	1.96	0.44	5.53	0.02	47.19
<i>Enterolobium</i>	9	17	9,5	1	2	55.63	101.06	23.89	34.41	10.52	44.14	2.04	0.54	6.15	0.02	52.87
<i>Enterolobium</i>	11	17	9,6	1	2	45.33	117.58	15.47	30.27	14.80	49.55	2.42	0.42	6.40	0.00	58.78
<i>Enterolobium</i>	12.5	17.5	9,7	1	1	49.40	81.85	12.73	20.39	7.66	50.52	1.75	0.37	5.97	0.00	58.61
<i>Enterolobium</i>	15	17	9,8	1	0	52.49	56.63	14.29	28.97	14.68	48.57	1.69	0.42	7.17	0.00	57.84
<i>Enterolobium</i>	17	17	9,9	1	2	58.26	78.61	24.41	36.97	12.57	50.54	1.99	0.46	6.94	0.00	59.93
<i>Enterolobium</i>	19	17	9,10	0	2	55.53	103.94	13.71	28.23	14.52	53.77	1.76	0.44	7.08	0.00	63.04
<i>Enterolobium</i>	21	17	9,11	0	2	42.97	60.75	7.80	22.82	15.02	56.97	1.30	0.59	8.64	0.00	67.51
<i>Enterolobium</i>	23	17	9,12	0	0	50.13	72.79	14.87	25.95	11.07	50.82	1.74	0.51	7.93	0.01	61.01
<i>Enterolobium</i>	1	19	10,1	0	3	52.64	132.12	5.53	17.54	12.01	46.37	0.52	0.37	6.73	0.02	53.99
<i>Enterolobium</i>	3	19	10,2	0	0	51.53	102.98	4.88	16.79	11.91	40.74	0.27	0.38	5.89	0.00	47.29
<i>Enterolobium</i>	5	19	10,3	0	1	38.73	44.46	3.05	10.54	7.49	36.30	0.26	0.45	6.01	0.00	43.02
<i>Enterolobium</i>	7	19	10,4	0	0	47.23	109.16	5.71	12.56	6.85	37.53	0.96	0.46	5.15	0.08	44.10
<i>Enterolobium</i>	9	19	10,5	1	2	55.21	70.63	5.44	12.00	6.56	34.75	0.80	0.47	4.70	0.00	40.72
<i>Enterolobium</i>	10.5	18.5	10,6	1	2	54.34	109.92	5.84	12.40	6.56	37.75	1.17	0.49	5.16	0.00	44.57
<i>Enterolobium</i>	11.5	18.5	10,6	1	0	55.42	76.54	3.99	9.43	5.44	40.53	1.15	0.47	5.25	0.00	47.40
<i>Enterolobium</i>	10.5	19.5	10,6	1	0	49.00	91.45	10.61	22.57	11.97	44.89	1.85	0.47	6.13	0.00	53.34
<i>Enterolobium</i>	11.5	19.5	10,6	1	0	39.06	55.63	6.05	15.01	8.96	48.61	1.22	0.67	6.84	0.00	57.33
<i>Enterolobium</i>	13	19	10,7	1	0	44.92	84.76	7.15	20.71	13.55	48.93	1.93	0.59	6.68	0.00	58.12
<i>Enterolobium</i>	15	19	10,8	1	2	47.59	114.49	8.06	19.17	11.11	51.36	1.42	0.47	7.04	0.00	60.29
<i>Enterolobium</i>	17	19	10,9	1	4	39.92	91.29	6.68	21.22	14.54	53.59	1.00	0.40	6.75	0.00	61.74
<i>Enterolobium</i>	19	19	10,10	0	0	49.01	65.30	6.41	20.07	13.66	52.35	1.05	0.59	7.28	0.00	61.28
<i>Enterolobium</i>	21	19	10,11	0	0	56.61	178.22	8.77	25.68	16.91	48.45	1.44	0.36	6.41	0.02	56.66
<i>Enterolobium</i>	23	19	10,12	0	0	47.00	74.74	5.06	13.62	8.55	50.18	0.48	0.36	6.15	0.03	57.16
<i>Enterolobium</i>	1	21	11,1	0	2	46.40	68.77	4.39	19.06	14.67	43.19	0.31	0.32	6.11	0.00	49.94
<i>Enterolobium</i>	3	21	11,2	0	0	38.63	30.07	2.98	12.80	9.82	41.32	0.29	0.46	6.30	0.00	48.36
<i>Enterolobium</i>	4.5	20.5	11,3	0	0	52.51	90.35	3.72	13.35	9.62	39.36	0.45	0.40	5.89	0.00	46.09
<i>Enterolobium</i>	7	21	11,4	0	2	50.11	114.39	4.88	13.42	8.54	38.85	0.96	0.65	5.55	0.06	46.01
<i>Enterolobium</i>	9	21	11,5	0	0	50.89	65.90	4.60	12.98	8.39	36.46	0.95	0.71	5.12	0.05	43.23
<i>Enterolobium</i>	10.5	20.5	11,6	0	2	62.95	133.69	6.74	15.97	9.23	37.42	1.20	0.45	5.02	0.00	44.09
<i>Enterolobium</i>	11.5	20.5	11,6	0	0	60.36	87.53	5.30	11.30	6.00	41.70	1.14	0.39	5.39	0.00	48.63
<i>Enterolobium</i>	10.5	21.5	11,6	0	0	56.93	120.98	11.36	22.29	10.93	53.69	1.23	0.48	7.08	0.00	62.48
<i>Enterolobium</i>	11.5	21.5	11,6	0	0	56.49	108.43	7.88	18.16	10.28	49.81	1.08	0.47	6.40	0.00	57.76
<i>Enterolobium</i>	13	21	11,7	0	9	54.92	196.07	9.31	21.07	11.76	51.28	1.09	0.37	6.87	0.00	59.60
<i>Enterolobium</i>	15	21	11,8	0	1	61.09	107.69	6.20	19.93	13.73	55.04	0.92	0.76	6.74	0.00	63.46

<i>Enterolobium</i>	17	21	11,9	0	4	43.88	50.29	4.48	16.26	11.78	48.37	0.63	0.36	6.52	0.05	55.88
<i>Enterolobium</i>	19	21	11,10	0	0	46.19	90.51	4.34	15.26	10.93	39.20	0.52	0.28	5.82	0.00	45.82
<i>Enterolobium</i>	21	21	11,11	0	0	54.21	128.99	5.20	17.69	12.49	40.41	0.62	0.36	6.25	0.00	47.64
<i>Enterolobium</i>	23	21	11,12	0	0	48.37	87.45	4.12	12.00	7.88	41.47	0.36	0.33	6.07	0.00	48.23
<i>Enterolobium</i>	1	23	12,1	0	0	41.61	43.18	4.41	11.88	7.47	34.28	0.52	0.69	4.80	0.00	40.30
<i>Enterolobium</i>	3	23	12,2	0	0	49.83	90.06	3.85	11.85	8.00	32.38	0.73	0.67	4.48	0.01	38.26
<i>Enterolobium</i>	5	23	12,3	0	0	54.01	66.71	5.03	12.72	7.69	41.61	0.79	0.85	5.33	0.00	48.58
<i>Enterolobium</i>	7	23	12,4	0	0	46.07	101.50	4.46	12.13	7.67	43.69	0.72	0.66	5.51	0.00	50.58
<i>Enterolobium</i>	9	23	12,5	0	2	46.32	55.13	4.32	19.17	14.85	39.15	0.46	0.40	5.44	0.01	45.45
<i>Enterolobium</i>	11	23	12,6	0	1	48.15	94.64	7.12	15.44	8.32	45.84	0.67	0.41	5.73	0.00	52.65
<i>Enterolobium</i>	13	23	12,7	0	2	46.96	94.69	6.89	19.31	12.42	47.65	0.89	0.39	5.71	0.01	54.65
<i>Enterolobium</i>	15	23	12,8	0	2	42.37	64.64	4.66	17.85	13.18	57.12	0.40	0.58	6.64	0.00	64.75
<i>Enterolobium</i>	17	23	12,9	0	0	41.60	33.89	3.39	12.14	8.75	49.59	0.49	0.42	6.25	0.04	56.74
<i>Enterolobium</i>	19	23	12,10	0	0	47.09	76.85	4.35	13.40	9.05	42.05	0.36	0.40	5.79	0.00	48.60
<i>Enterolobium</i>	21	23	12,11	0	0	44.83	62.70	3.85	13.49	9.63	45.49	0.51	0.34	6.56	0.00	52.91
<i>Enterolobium</i>	23	23	12,12	0	1	45.50	50.89	3.82	9.25	5.42	42.38	0.42	0.36	6.54	0.00	49.70

Anexo 19. Análisis laboratorio y bostas de *Tabebuia rosea*

Especie arbol	X_m	Y_m	x,y	Copa_ No_copa	Bostas (Abril)	OC	NPM	Pi	Pt	Po	Ca	K	Na	Mg	Al	SB
							µg g <sup>-1</sup>	ug/gsuelo			cmol(+) Kg <sup>-1</sup>					
Tabebuia rosea	0.75	0.75	1,1	0	3	26.16	57.37	3.78	7.74	3.96	16.29	0.28	0.13	4.15	0.02	20.85
Tabebuia rosea	2.25	0.75	1,2	0	2	30.42	49.79	4.23	10.43	6.20	21.63	0.16	0.20	4.41	0.01	26.40
Tabebuia rosea	3.75	0.75	1,3	0	3	28.42	58.27	4.44	10.83	6.39	23.98	0.18	0.20	4.64	0.01	29.01
Tabebuia rosea	5.25	0.75	1,4	0	2	31.47	55.75	3.32	8.65	5.33	21.83	0.27	0.17	4.20	0.01	26.46
Tabebuia rosea	6.75	0.75	1,5	0	1	28.85	82.35	3.66	10.03	6.36	19.92	0.48	0.17	4.08	0.02	24.65
Tabebuia rosea	8.25	0.75	1,6	0	2	20.80	58.54	3.49	10.16	6.67	19.82	1.15	0.16	4.29	0.01	25.41
Tabebuia rosea	9.375	0.375	1,7	0	3	30.63	57.88	3.94	10.68	6.75	21.13	0.71	0.15	4.48	0.01	26.47
Tabebuia rosea	10.125	1.125	1,7	0	0	20.53	64.67	4.34	10.59	6.24	20.93	0.52	0.11	4.31	0.01	25.87
Tabebuia rosea	9.375	0.375	1,7	0	0	30.88	69.92	3.56	10.45	6.88	23.03	0.26	0.16	4.13	0.03	27.58
Tabebuia rosea	10.125	1.125	1,7	0	0	27.56	84.17	4.23	10.99	6.77	22.25	0.45	0.10	4.32	0.01	27.12
Tabebuia rosea	11.25	0.75	1,8	0	2	16.67	54.20	3.84	10.85	7.02	21.80	0.29	0.16	3.81	0.04	26.06
Tabebuia rosea	12.75	0.75	1,9	0	2	40.12	80.64	4.00	10.28	6.29	21.80	0.99	0.15	4.30	0.03	27.24
Tabebuia rosea	14.25	0.75	1,10	0	1	30.76	170.25	4.01	10.45	6.43	21.60	0.75	0.17	4.11	0.01	26.62
Tabebuia rosea	15.75	0.75	1,11	0	1	37.09	83.45	3.84	11.26	7.42	22.85	0.13	0.12	4.00	0.03	27.09
Tabebuia rosea	0.75	2.25	2,1	0	5	37.91	104.83	6.12	14.50	8.38	24.45	0.46	0.15	4.26	0.03	29.32
Tabebuia rosea	2.25	2.25	2,2	0	3	31.77	70.60	4.01	9.65	5.63	21.02	0.61	0.13	3.88	0.03	25.63
Tabebuia rosea	3.75	2.25	2,3	0	1	33.59	74.94	3.78	10.33	6.54	22.46	0.20	0.21	3.77	0.03	26.64
Tabebuia rosea	5.25	2.25	2,4	0	2	42.31	88.49	5.00	14.34	9.34	20.92	0.12	0.17	3.47	0.03	24.69
Tabebuia rosea	6.75	2.25	2,5	0	3	39.99	77.63	4.79	13.03	8.23	20.92	0.12	0.17	3.47	0.03	24.69
Tabebuia rosea	8.25	2.25	2,6	1	2	36.25	71.07	3.37	9.95	6.58	16.69	0.38	0.12	3.49	0.04	20.67
Tabebuia rosea	9.375	1.875	2,7	1	2	34.61	98.21	4.06	10.87	6.80	16.89	0.61	0.13	3.64	0.01	21.27
Tabebuia rosea	10.125	1.875	2,7	1	0	36.18	74.11	3.83	11.52	7.69	16.38	0.37	0.13	3.52	0.02	20.40
Tabebuia rosea	9.375	2.625	2,7	1	0	41.55	93.35	5.18	12.61	7.44	16.37	1.88	0.09	3.61	0.02	21.95
Tabebuia rosea	10.125	2.625	2,7	1	0	39.23	78.77	4.28	10.02	5.74	15.79	0.59	0.11	3.56	0.01	20.05
Tabebuia rosea	11.25	2.25	2,8	0	2	36.50	71.00	3.50	8.69	5.18	14.13	0.27	0.11	3.23	0.01	17.74
Tabebuia rosea	12.75	2.25	2,9	0	2	44.97	76.52	3.50	9.90	6.40	15.48	0.26	0.13	3.45	0.01	19.32
Tabebuia rosea	14.25	2.25	2,10	0	2	41.12	78.95	3.73	11.39	7.66	14.86	0.30	0.12	3.18	0.02	18.47
Tabebuia rosea	15.75	2.25	2,11	0	1	49.01	81.95	4.00	12.73	8.73	17.79	0.28	0.16	3.50	0.02	21.73
Tabebuia rosea	0.75	3.75	3,1	0	2	40.27	79.31	4.01	11.93	7.92	18.27	0.15	0.17	3.34	0.01	21.94
Tabebuia rosea	2.25	3.75	3,2	0	4	40.83	90.82	5.35	11.95	6.59	16.39	0.26	0.37	3.48	0.01	20.50
Tabebuia rosea	3.75	3.75	3,3	0	5	48.99	121.08	4.85	12.08	7.23	16.12	0.57	0.31	3.47	0.00	20.46
Tabebuia rosea	5.25	3.75	3,4	0	4	37.52	89.55	3.73	9.64	5.91	15.57	0.59	0.13	3.38	0.01	19.67
Tabebuia rosea	6.75	3.75	3,5	1	3	36.47	89.87	3.73	11.25	7.52	15.75	0.33	0.27	3.50	0.00	19.84
Tabebuia rosea	8.25	3.75	3,6	1	1	41.67	95.67	4.72	11.92	7.20	16.49	1.18	0.11	3.63	0.00	21.42

Tabebuia rosea	9.75	3.75	3,7	1	3	36.58	106.93	3.67	10.18	6.51	15.24	0.77	0.17	3.39	0.00	19.58
Tabebuia rosea	11.25	3.75	3,8	1	3	41.55	117.49	4.06	11.27	7.20	15.73	0.39	0.18	3.40	0.01	19.71
Tabebuia rosea	12.75	3.75	3,9	0	3	36.40	104.45	3.33	9.91	6.57	14.77	0.78	0.11	3.01	0.01	18.66
Tabebuia rosea	14.25	3.75	3,10	0	2	29.68	121.74	3.94	10.70	6.76	15.00	0.69	0.11	3.12	0.04	18.93
Tabebuia rosea	15.75	3.75	3,11	0	2	32.54	108.12	3.67	10.19	6.51	16.47	0.70	0.08	3.61	0.04	20.87
Tabebuia rosea	0.75	5.25	4,1	0	3	38.55	95.74	3.56	9.50	5.94	17.66	0.19	0.15	3.50	0.05	21.50
Tabebuia rosea	2.25	5.25	4,2	0	3	29.54	108.33	3.33	9.22	5.89	16.26	0.78	0.10	3.41	0.01	20.55
Tabebuia rosea	3.75	5.25	4,3	0	4	31.32	104.91	3.45	9.77	6.32	15.32	0.52	0.09	3.31	0.03	19.25
Tabebuia rosea	5.25	5.25	4,4	1	2	28.71	75.83	3.05	8.15	5.09	16.13	0.21	0.13	3.24	0.01	19.70
Tabebuia rosea	6.75	5.25	4,5	1	4	28.13	82.08	3.49	8.79	5.30	15.81	0.42	0.13	3.36	0.00	19.72
Tabebuia rosea	8.25	5.25	4,6	1	4	15.76	88.83	4.16	10.56	6.40	15.28	0.96	0.13	3.27	0.00	19.64
Tabebuia rosea	9.75	5.25	4,7	1	2	28.91	90.75	3.95	10.33	6.37	16.11	0.47	0.09	3.22	0.00	19.89
Tabebuia rosea	11.25	5.25	4,8	1	2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Tabebuia rosea	12.75	5.25	4,9	0	1	32.50	90.82	4.45	11.41	6.95	15.46	0.89	0.09	3.72	0.01	20.15
Tabebuia rosea	14.25	5.25	4,10	0	1	45.32	95.63	4.01	10.44	6.43	15.25	0.55	0.09	3.14	0.01	19.03
Tabebuia rosea	15.75	5.25	4,11	0	1	41.66	102.29	3.33	8.81	5.48	15.88	0.29	0.11	3.07	0.01	19.36
Tabebuia rosea	0.75	6.75	5,1	0	2	48.40	89.69	4.40	10.73	6.32	14.46	1.58	0.10	3.33	0.00	19.47
Tabebuia rosea	2.25	6.75	5,2	0	4	50.14	84.12	4.90	11.80	6.90	19.46	0.29	0.09	3.78	0.01	23.62
Tabebuia rosea	3.75	6.75	5,3	1	3	45.55	88.18	3.89	9.79	5.89	15.37	0.69	0.10	3.52	0.02	19.68
Tabebuia rosea	5.25	6.75	5,4	1	3	43.32	71.30	3.67	10.57	6.91	15.17	0.32	0.10	3.17	0.00	18.75
Tabebuia rosea	6.75	6.75	5,5	1	3	44.06	83.33	4.38	11.50	7.11	15.83	0.78	0.12	3.31	0.00	20.04
Tabebuia rosea	8.25	6.75	5,6	1	4	39.15	38.79	3.56	9.64	6.08	17.30	0.44	0.10	3.88	0.00	21.72
Tabebuia rosea	9.75	6.375	5,7	1	3	42.24	97.39	3.67	9.64	5.97	15.88	1.61	0.10	3.93	0.01	21.52
Tabebuia rosea	11.25	6.375	5,8	1	1	29.87	88.32	5.96	15.04	9.08	16.64	0.91	0.11	3.54	0.03	21.20
Tabebuia rosea	12.75	6.75	5,9	1	4	47.88	68.93	4.05	10.42	6.37	16.00	0.59	0.06	3.68	0.02	20.33
Tabebuia rosea	14.25	6.75	5,10	0	1	46.42	68.27	3.60	8.65	5.06	15.08	0.49	0.06	3.22	0.02	18.86
Tabebuia rosea	15.75	6.75	5,11	0	1	43.24	57.47	2.77	10.03	7.26	14.27	0.46	0.09	3.06	0.04	17.87
Tabebuia rosea	0.75	8.25	6,1	0	3	43.71	56.61	2.94	9.35	6.41	16.14	0.10	0.18	2.87	0.03	19.28
Tabebuia rosea	2.25	8.25	6,2	0	5	50.16	73.62	3.77	10.01	6.24	16.60	0.15	0.21	3.36	0.01	20.31
Tabebuia rosea	3.75	8.25	6,3	1	4	44.23	84.15	4.33	11.10	6.77	17.91	0.23	0.14	3.37	0.03	21.65
Tabebuia rosea	5.25	8.25	6,4	1	1	46.42	79.02	4.27	11.35	7.08	16.68	0.47	0.10	3.56	0.02	20.80
Tabebuia rosea	7.125	7.875	6,5	1	3	46.93	107.12	6.38	14.99	8.61	15.28	0.88	0.14	3.26	0.06	19.55
Tabebuia rosea	7.875	8.25	6,6	1	1	38.44	74.72	4.14	9.79	5.65	15.75	1.59	0.11	3.60	0.02	21.05
Tabebuia rosea	10.125	8.25	6,7	1	2	55.70	119.11	9.50	18.42	8.92	19.65	0.58	0.13	3.30	0.00	23.66
Tabebuia rosea	10.875	7.875	6,8	1	1	51.88	85.90	5.41	13.15	7.74	16.02	0.71	0.05	3.74	0.00	20.53
Tabebuia rosea	12.75	8.25	6,9	1	4	49.28	80.61	3.41	10.22	6.82	15.37	0.45	0.09	3.28	0.01	19.19
Tabebuia rosea	14.25	8.25	6,10	0	1	48.94	79.21	5.69	14.01	8.32	15.49	0.47	0.08	3.36	0.00	19.40
Tabebuia rosea	15.75	8.25	6,11	0	1	39.62	51.21	2.45	7.81	5.36	13.44	0.89	0.05	3.02	0.00	17.39

Tabebuia rosea	0.75	9.75	7,1	0	4	39.38	47.12	3.14	11.24	8.10	14.98	0.20	0.13	2.73	0.01	18.04
Tabebuia rosea	2.25	9.75	7,2	0	3	36.12	34.36	4.36	10.82	6.46	17.73	0.33	0.22	3.64	0.01	21.93
Tabebuia rosea	3.75	9.75	7,3	1	3	38.84	53.01	3.48	8.40	4.92	18.04	0.14	0.13	3.14	0.00	21.46
Tabebuia rosea	5.25	9.75	7,4	1	3	47.26	59.74	4.40	10.78	6.38	17.83	0.52	0.08	3.67	0.01	22.10
Tabebuia rosea	7.125	10.125	7,5	1	3	35.44	93.25	5.90	12.19	6.28	17.28	0.50	0.07	3.50	0.01	21.36
Tabebuia rosea	8.25	9.375	7,6	1	3	39.73	45.59	3.41	8.83	5.42	15.61	0.68	0.10	3.11	0.01	19.50
Tabebuia rosea	9.75	9.75	7,7	1	5	38.84	57.27	4.36	11.65	7.29	15.35	0.55	0.08	3.09	0.02	19.07
Tabebuia rosea	11.625	10.125	7,8	1	4	36.58	62.04	4.02	9.97	5.94	15.91	1.31	0.08	3.56	0.01	20.86
Tabebuia rosea	12.75	9.75	7,9	0	4	34.62	80.78	3.81	8.70	4.89	12.19	0.70	0.04	2.32	0.00	15.26
Tabebuia rosea	14.25	9.75	7,10	0	4	22.82	38.75	2.66	7.56	4.90	13.64	0.26	0.05	2.51	0.01	16.45
Tabebuia rosea	15.75	9.75	7,11	0	2	44.66	54.61	2.05	8.83	6.78	14.16	0.14	0.07	2.76	0.01	17.12
Tabebuia rosea	0.75	11.25	8,1	0	4	31.47	72.22	2.93	10.09	7.16	15.42	0.11	0.12	2.92	0.03	18.57
Tabebuia rosea	2.25	11.25	8,2	0	6	44.70	86.91	6.93	15.19	8.26	16.51	0.25	0.11	3.42	0.00	20.29
Tabebuia rosea	3.75	11.25	8,3	0	9	40.08	62.42	5.31	11.39	6.07	17.13	0.15	0.16	3.52	0.00	20.96
Tabebuia rosea	5.25	11.25	8,4	0	5	37.65	84.07	8.36	16.46	8.10	17.31	0.34	0.11	3.53	0.00	21.28
Tabebuia rosea	6.75	11.25	8,5	1	5	43.89	94.13	6.38	14.18	7.80	16.32	0.81	0.16	4.00	0.05	21.28
Tabebuia rosea	8.25	11.25	8,6	1	3	47.59	127.65	6.46	14.49	8.02	14.80	0.54	0.12	3.48	0.00	18.94
Tabebuia rosea	9.75	11.25	8,7	1	4	34.89	64.70	4.49	10.97	6.47	14.41	0.40	0.20	3.05	0.01	18.06
Tabebuia rosea	11.25	11.25	8,8	1	5	34.17	64.92	4.48	10.65	6.17	11.06	0.67	0.10	2.62	0.01	14.46
Tabebuia rosea	12.75	11.25	8,9	0	4	30.71	97.74	4.09	9.82	5.73	13.19	0.42	0.13	2.96	0.03	16.69
Tabebuia rosea	14.25	11.25	8,10	0	3	30.18	63.62	2.80	8.40	5.60	12.37	0.25	0.36	2.62	0.01	15.60
Tabebuia rosea	15.75	11.25	8,11	0	2	26.97	86.17	2.93	8.40	5.47	12.77	0.23	0.26	2.66	0.04	15.92
Tabebuia rosea	0.75	12.75	9,1	0	2	38.16	82.25	3.34	14.04	10.70	12.79	0.18	0.12	2.92	0.02	16.01
Tabebuia rosea	2.25	12.75	9,2	0	3	45.11	157.86	6.91	8.96	2.05	15.09	0.57	0.16	3.37	0.00	19.18
Tabebuia rosea	3.75	12.75	9,3	0	5	40.24	110.58	4.63	12.22	7.59	13.57	0.31	0.12	3.03	0.01	17.04
Tabebuia rosea	5.25	12.75	9,4	0	4	38.65	110.11	4.09	10.67	6.58	14.00	0.39	0.18	3.07	0.01	17.63
Tabebuia rosea	6.75	12.75	9,5	1	4	30.06	71.79	4.56	10.24	5.68	14.96	0.53	0.21	3.33	0.02	19.03
Tabebuia rosea	8.25	12.75	9,6	1	5	42.39	112.72	4.09	9.54	5.45	16.63	0.50	0.14	4.01	0.02	21.28
Tabebuia rosea	9.375	12.375	9,7	1	5	40.93	98.89	6.80	14.93	8.12	16.92	0.52	0.13	3.92	0.02	21.48
Tabebuia rosea	10.125	12.375	9,7	1	0	47.93	109.66	6.66	14.48	7.82	16.16	0.72	0.11	3.87	0.03	20.86
Tabebuia rosea	9.375	13.125	9,7	1	0	37.26	82.51	5.42	12.04	6.62	14.31	0.51	0.09	3.32	0.01	18.23
Tabebuia rosea	10.125	13.125	9,7	1	0	42.05	87.85	6.80	14.47	7.68	15.59	0.88	0.15	3.70	0.02	20.32
Tabebuia rosea	11.25	12.75	9,8	1	2	39.07	84.90	3.88	9.83	5.94	10.40	0.44	0.08	2.52	0.02	13.44
Tabebuia rosea	12.75	12.75	9,9	0	3	38.16	100.60	4.97	11.65	6.69	11.68	0.35	0.10	2.51	0.00	14.64
Tabebuia rosea	14.25	12.75	9,10	0	3	33.91	56.13	4.76	12.08	7.32	12.13	0.22	0.10	2.67	0.00	15.11
Tabebuia rosea	15.75	12.75	9,11	0	4	31.76	94.28	2.46	6.85	4.39	13.10	0.51	0.16	2.66	0.00	16.43
Tabebuia rosea	0.75	14.25	10,1	0	2	36.22	74.37	3.00	9.81	6.81	11.61	0.11	0.24	2.47	0.00	14.43
Tabebuia rosea	2.25	14.25	10,2	0	0	40.16	101.34	4.42	11.24	6.82	13.65	0.24	0.11	3.07	0.00	17.07

Tabebuia rosea	3.75	14.25	10,3	0	3	36.19	71.15	5.30	13.88	8.59	12.75	0.44	0.10	2.65	0.00	15.93
Tabebuia rosea	5.25	14.25	10,4	0	3	38.54	93.01	5.98	13.35	7.38	14.96	0.41	0.22	3.24	0.00	18.83
Tabebuia rosea	6.75	14.25	10,5	0	1	38.23	78.15	3.95	10.38	6.43	12.30	0.50	0.13	2.87	0.00	15.80
Tabebuia rosea	8.25	14.25	10,6	0	3	37.03	63.50	3.61	10.53	6.92	12.05	0.21	0.10	2.70	0.00	15.06
Tabebuia rosea	9.375	13.875	10,7	0	2	38.84	73.06	4.36	10.97	6.60	14.02	0.27	0.16	2.87	0.00	17.32
Tabebuia rosea	10.125	13.875	10,7	0	0	34.04	54.65	6.37	16.56	10.19	13.56	0.32	0.09	3.14	0.00	17.11
Tabebuia rosea	9.375	14.625	10,7	0	0	22.19	62.14	3.47	10.08	6.61	12.21	0.41	0.10	2.72	0.00	15.44
Tabebuia rosea	10.125	14.625	10,7	0	0	38.57	58.86	5.24	11.51	6.28	13.04	0.22	0.16	2.93	0.00	16.35
Tabebuia rosea	11.25	14.25	10,8	0	2	38.24	76.87	3.61	11.81	8.19	13.67	0.23	0.09	2.92	0.02	16.91
Tabebuia rosea	12.75	14.25	10,9	0	1	41.08	63.59	3.20	9.39	6.19	13.89	0.28	0.12	3.07	0.00	17.37
Tabebuia rosea	14.25	14.25	10,10	0	2	36.86	55.29	2.86	8.55	5.69	11.87	0.26	0.09	2.62	0.00	14.85
Tabebuia rosea	15.75	14.25	10,11	0	0	40.07	94.51	4.08	11.08	7.00	11.85	0.75	0.06	2.82	0.00	15.49
Tabebuia rosea	0.75	15.75	11,1	0	2	29.79	76.11	3.88	13.35	9.47	15.61	0.20	0.02	3.01	0.00	18.84
Tabebuia rosea	2.25	15.75	11,2	0	0	34.39	65.96	3.00	12.66	9.66	14.74	0.12	0.14	2.73	0.00	17.73
Tabebuia rosea	3.75	15.75	11,3	0	2	48.55	80.91	3.81	9.26	5.45	15.72	0.14	0.11	2.71	0.00	18.68
Tabebuia rosea	5.25	15.75	11,4	0	3	32.98	83.70	4.63	11.37	6.74	13.50	0.25	0.14	2.53	0.00	16.43
Tabebuia rosea	6.75	15.75	11,5	0	4	28.76	58.38	3.14	11.81	8.66	15.54	0.12	0.14	2.89	0.00	18.68
Tabebuia rosea	8.25	15.75	11,6	0	2	30.91	80.43	5.65	9.54	3.89	14.51	0.14	0.11	2.65	0.00	17.41
Tabebuia rosea	9.75	15.75	11,7	0	2	32.37	85.60	4.70	12.23	7.52	14.03	0.18	0.03	2.62	0.00	16.86
Tabebuia rosea	11.25	15.75	11,8	0	3	24.01	94.18	3.40	10.21	6.81	14.54	0.11	0.10	2.69	0.00	17.45
Tabebuia rosea	12.75	15.75	11,9	0	0	32.95	57.92	3.00	8.56	5.56	16.26	0.23	0.11	3.10	0.00	19.69
Tabebuia rosea	14.25	15.75	11,10	0	4	38.69	73.77	4.29	10.67	6.39	17.08	0.08	0.12	2.73	0.00	20.01
Tabebuia rosea	15.75	15.75	11,11	0	2	30.85	120.86	3.75	10.53	6.78	15.18	0.64	0.13	3.11	0.00	19.06