

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSTGRADO

**Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en
Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado como requisito para
optar al grado de

Magíster Scientae en Agroforestería Tropical

Por

Maria Jimena Esquivel Sheik

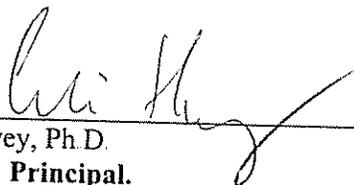
Turrialba, Costa Rica

2005

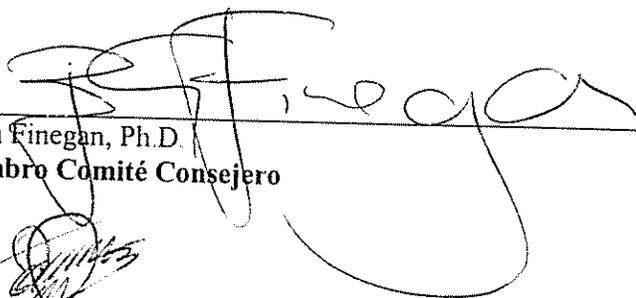
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Celia Harvey, Ph.D.
Consejero Principal.

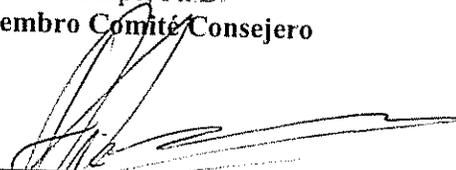


Bryan Finegan, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Fernando Casanoves, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Cristina Skarpe, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Andreas Nieuwenhyse, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Glenn Galloway, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



María Jimena Esquivel Sheik
Candidata

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo para hacer posible este trabajo a mis padres por sus enseñanzas, amor y apoyo para que valga la pena estar lejos de casa.

Los resultados de este trabajo los dedico a investigadores e instituciones que trabajan para conciliar la diversidad biológica y la producción agropecuaria en el trópico americano.

Y a los productores ganaderos de Muy Muy esperando aportar a su conocimiento local y su toma de decisiones sobre el manejo de los árboles y arbustos en las áreas de pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin grandes y pequeños aportes de muchas personas. A todos ellos mil gracias!

A Enrique Murgueitio, Zoraida Calle y la fundación CIPAV por su apoyo personal e institucional para la realización de los estudios de maestría.

A Celia Harvey por su responsable y enriquecedora tutoría para la culminación de este trabajo y su infinita paciencia para leer y corregir borradores de 150 pp.

A Muhammad Ibrahim por su apoyo para mi integración al proyecto “Multi-Stakeholder participatory development of sustainable land use alternatives for degraded pasture lands in Central America”; en español “Recuperación de pasturas degradadas en Centroamérica” (CATIE-NORAD).

A Christina Skarpe y Graciela Rush por su apoyo para continuar el enfoque deseado para esta investigación y vinculación al proyecto “Improving forage value of degraded pastures in Central America: local knowledge, grazing responses, and species and landscape diversity” en español “Pasturas de Centroamérica” (CATIE-NINA-NORAD).

A Fernando Casanoves y Bryan Finegan por sus aportes teóricos y metodológicos que enriquecieron los alcances del trabajo.

A Raffaele por su apoyo, cariño y compañía para seguir adelante en las diferentes etapas que hicieron posible este trabajo.

A Dieguito, Tía, Raulito, Diana, Fer, Mario, Toño por su amistad y compañía que hicieron posible pensar en árboles en potreros durante dos años.

BIOGRAFÍA

La autora nació en Cali (Colombia) el 6 de enero 1977. Se graduó en la Universidad del Valle en 2001, en *Biología con énfasis en Ecología* con una tesis titulada “Árboles aislados en potreros como catalizadores de sucesión: evaluación del establecimiento y la supervivencia de plántulas bajo dosel”. Es investigadora asociada del Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Entre 2001 y 2002 participó con CIPAV en el proyecto “Reconversión de la ganadería hacia sistemas sostenibles de producción agropecuaria en el área de amortiguamiento del PNN Tatamá y la Serranía de los Paraguas, sector del departamento del Valle del Cauca, Colombia”. En 2003 ingresa al CATIE y en marzo de 2005 obtiene su título como *Magíster Scientiae en Agroforestería Tropical*.

INDICE DE CONTENIDO

Resumen general	xiii
Abstract	xv
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.3.1 La regeneración natural de árboles en potreros	4
1.3.2 Dispersión de semillas	5
1.3.3 Post-dispersión de semillas	7
1.3.4 Germinación de semillas	10
1.3.5 Establecimiento y crecimiento de plántulas	12
1.3.6 Quemadas y pastoreo	16
1.3.7 Factores determinantes de la regeneración natural en pasturas activas	19
1.4 BIBLIOGRAFÍA	21
2. CAPÍTULO I: Esquivel, M.J. 2005. Caracterización de la regeneración natural de árboles y arbustos en potreros bajo ganadería activa, en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua	24
2.1 INTRODUCCIÓN	26
2.2 OBJETIVOS	28
2.2.1 Objetivo General	28
2.2.2 Objetivos Específicos	28
2.3 METODOLOGÍA	29
2.3.1 Área de estudio	29
2.3.2 Áreas de muestreo y establecimiento de parcelas	31
2.3.3 Caracterización de la regeneración natural de arbustos y árboles	32
2.4 RESULTADOS	36
2.4.1 Riqueza	36
2.4.2 Curvas de saturación de especies	37
2.4.3 Índices de Diversidad	39
2.4.4 Distribución de abundancias	40
2.4.5 Distribución de frecuencias	43
2.4.6 Dominancia relativa	46
2.4.7 Índices de Valor de Importancia (IVI)	47
2.4.8 Composición de especies	48
2.4.9 Afinidad de hábitat	50
2.4.10 Estrategias de dispersión	51
2.5 DISCUSIÓN	54
2.5.1 Las dinámicas de regeneración de árboles y arbustos en potreros activos	55
2.5.2 Especies arbóreas con regeneración natural activa en potreros activos	56
2.5.3 Especies arbóreas con regeneración natural limitada en potreros activos	60
2.5.4 Riqueza, abundancia y diversidad de especies arbóreas en potreros activos	62
2.5.5 Composición de las especies arbóreas en potreros activos	65

2.5.6 El futuro de la cobertura arbórea en potreros activos.....	69
2.6 CONCLUSIONES.....	71
2.7 BIBLIOGRAFÍA.....	73
3. CAPÍTULO II: Esquivel, M. J. 2005. Riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos en potreros activos con diferente composición de pasturas y diferente historia de uso de quemas, en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.....	76
3.2 OBJETIVOS.....	80
3.2.1 Objetivo General.....	80
3.2.2 Objetivos específicos.....	80
3.3 METODOLOGÍA.....	81
3.3.1 Ubicación geográfica.....	81
3.3.2 Actividades agropecuarias.....	81
3.3.3 Selección de áreas de muestreo.....	82
3.3.4 Establecimiento de parcelas de muestreo para plántulas de árboles y arbustos en potreros.....	84
3.3.5 Evaluación de la regeneración natural de plántulas de arbustos y árboles en los potreros.....	85
3.3.6 Caracterización de la cobertura arbórea adulta de cada potrero.....	88
3.3.7 Caracterización del manejo y de la ubicación espacial de cada potrero.....	88
3.3.8 Evaluación de la variabilidad de la abundancia de especies de plántulas.....	89
3.4 RESULTADOS.....	91
3.4.1 Riqueza, abundancia y composición de especies de plántulas de árboles y arbustos.....	91
3.4.2 Comparaciones del banco de plantulas entre diferentes condiciones de potreros.....	93
3.4.3 Comparación entre la cobertura arborea adulta y el banco plántulas.....	107
3.4.4 Variables que influyen en la regeneración y caracterización de los tipos de potreros.....	109
3.5 DISCUSIÓN.....	114
3.5.1 Riqueza y diversidad de plántulas arbóreas en potreros.....	115
3.5.2 Composición de pastos.....	115
3.5.3 Cobertura arbórea adulta.....	117
3.5.4 Condiciones de manejo.....	118
3.5.5 Historia de uso de las quemas.....	120
3.5.6 Composición de especies de plántulas.....	122
3.6 CONCLUSIONES.....	126
3.7 BIBLIOGRAFÍA.....	128
4. CONCLUSIONES GENERALES.....	131
5. RECOMENDACIONES.....	133
6. ANEXOS.....	134

LISTA DE TABLAS

Cuadro 1. Distribución del uso del suelo en los principales municipios ganaderos de Matagalpa, Nicaragua. Porcentaje (%) de la superficie total (mz) por cobertura y por municipio.	30
Cuadro 2. Categorías de crecimiento, tamaño, área y número de parcelas por potrero y área promedio por potrero en el muestreo de la vegetación arbórea en potreros de Muy Muy, Nicaragua.	31
Cuadro 3. Número promedio de parcelas y área total de muestreo de árboles y arbustos en potreros del municipio de Muy Muy, Nicaragua.	32
Cuadro 4. Variables calculadas por especie para la caracterización de la vegetación arbórea en los potreros de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.	33
Cuadro 5. Categorías de distribución de abundancia y de frecuencias determinadas para las especies de plántulas, juveniles y adultos de árboles y arbustos en potreros de Muy Muy, Nicaragua.	34
Cuadro 6. Características de frutos y vectores de dispersión de semillas utilizado para identificar el tipo de dispersión de las especies de árboles y arbustos presentes en los 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.	35
Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies registrados en los tres estados de desarrollo de árboles y arbustos en 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.	36
Cuadro 8. Número y porcentaje de especies para las familias registradas en los tres estados de desarrollo evaluadas en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.	37
Cuadro 9. Número esperado de especies de árboles y arbustos adultos, juveniles y plántulas según estimadores de riqueza y promedio del número estimado de especies y esfuerzo de muestreo.	39
Cuadro 10. Riqueza, diversidad (Shannon, Margalef), dominancia (Simpson) y equitatividad (Eveness) media para las especies de árboles y arbustos por parcela y categoría de desarrollo en 46 potreros activo en Muy Muy, Nicaragua.	39
Cuadro 11. Número de especies y porcentaje del total de especies de árboles y arbustos adultos, juveniles y plántulas por categoría de abundancia.	40
Cuadro 12. Las 12 especies de árboles y arbustos a) adultos ($dap > 10$ cm), b) juveniles (altura > 30 cm + $dap < 10$ cm) y c) plántulas de árboles y arbustos (altura ≤ 30 cm) con mayor abundancia total y relativa en 46 potreros (46 ha) en Muy Muy, Nicaragua.	42
Cuadro 13. Número y porcentaje de especies de árboles y arbustos juveniles (altura > 30 cm. + $dap < 10$ cm) según su frecuencia relativa.	43
Cuadro 14. Las 12 especies de árboles y arbustos a) adultos ($dap > 10$ cm.), b) juveniles (altura > 30 cm. + $dap < 10$ cm.) y c) plántulas de árboles y arbustos (altura ≤ 30 cm.) con mayor frecuencia absoluta y frecuencia relativa en 46 potreros (46 ha) en Muy Muy, Nicaragua.	45
Cuadro 15. Número y porcentaje de especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10$ cm.) por categoría de clasificación según su dominancia relativa.	46
Cuadro 16. Especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10$ cm.) con mayor área basal y dominancia relativa en 46 potreros (46 ha) en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.	47
Cuadro 17. Las 12 especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10$ cm.) con mayores índices de valor de importancia (IVI, IVIs) en potreros 46 potreros del municipio de Muy Muy, Nicaragua.	47
Cuadro 18. Especies de árboles y arbustos presentes como adultos, juveniles y plántulas en 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua, en orden alfabético.	48
Cuadro 19. Especies de árboles y arbustos registradas en uno o dos estados de desarrollo en potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.	50

Cuadro 20. Afinidad de hábitat de las especies de árboles y arbustos encontradas en potreros activos del municipio de Muy Muy, Nicaragua.....	50
Cuadro 21. Distribución de hábitat de las especies de árboles y arbustos encontradas en potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.....	51
Cuadro 22. Principales usos potenciales registrados para las especies de árboles y arbustos registradas en potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.....	51
Cuadro 23. Resultados de la densidad de individuos y especies de árboles y arbustos en potreros activos publicados por otros estudios en diferentes zonas de vida de Centroamérica y Suramérica.	64
Cuadro 24. Distribución del uso del suelo en los principales municipios ganaderos de Matagalpa, Nicaragua. Porcentaje (%) de la superficie total (mz) por cobertura y por municipio.	82
Cuadro 25. Número de potreros por condición de composición de la pastura (B, E, N) y la historia de uso de quemas (Q, sQ) en fincas ganaderas del municipio de Muy Muy, Nicaragua.....	83
Cuadro 26. Porcentaje de área de cobertura de pastos mejorados, gramas, herbáceas de hoja ancha y suelo desnudo por cada categoría de pastura: <i>Brachiaria spp.</i> (B)(n=15), <i>Cynodon nlemfuensis</i> (E) (n=13 y naturalizadas (N) (n=18), en los potreros de Muy Muy, Nicaragua.	83
Cuadro 27. Número y área de parcelas circulares (PC) para el muestreo de plántulas de árboles y arbustos en seis diferentes tipos de potreros con diferente composición de pastos (B ,E, N) y diferente historia de uso de quemas (Q, sQ) en Muy Muy, Nicaragua.....	84
Cuadro 28. Información adicional de manejo y ubicación espacial recopilada como variables categóricas (0,1) para cada uno de los 46 potreros seleccionados en Muy Muy, Nicaragua.....	89
Cuadro 29. Número de especies y porcentaje del total de especies de plántulas de árboles y arbustos por categoría de abundancia encontrada en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.	92
Cuadro 30. Número de especies y porcentaje del total de especies de plántulas de árboles y arbustos por categoría de frecuencia encontrada en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.....	92
Cuadro 31. Especies de plántulas de árboles y arbustos con mayores abundancias (Ab) y frecuencias (Fr) específicas y relativas organizadas por índices de valor de importancia simplificado (IVIs) en 835 parcelas ubicadas en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.	92
Cuadro 32. Número de especies observadas acumuladas, número esperado de especies según estimadores de riqueza ACE y Jackknife de primer orden (Jack 1), y esfuerzo de muestreo observado para cada condición de potrero.	93
Cuadro 33. Valores de significancia para el número de especies de plántulas de árboles y arbustos encontrado en 835 parcelas ubicadas en 46 potreros con diferentes tipos de pastura y quema en Muy Muy, Nicaragua.	95
Cuadro 34. Media del número de especies de plántulas de árboles y arbustos en 835 parcelas de 7 m ² en 46 potreros con diferentes condiciones de pastura y quema en Muy Muy, Nicaragua.....	96
Cuadro 35. Media del número de plántulas de árboles y arbustos en 835 parcelas de 7m ² en 46 potreros con diferentes condiciones de pastura y quema en Muy Muy, Nicaragua.....	97
Cuadro 36. Media por potrero de los índices de diversidad de Shannon (Shan.) y de dominancia de Simpson (Simp) para plántulas y sus límites de confianza inferiores (LI_P) y superiores (LS_P) en potreros con diferentes tipos de pasturas en Muy Muy, Nicaragua.....	100
Cuadro 37. Matriz de distancias de Manhattan para abundancia específica de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.	101

Cuadro 38. Matriz del Coeficiente de distancias DICE para la composición de especies (presencia- ausencia) de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.	102
Cuadro 39. Las 12 especies de plántulas de árboles y arbustos (altura \leq 30 cm) con mayores índices de valor de importancia simplificado (IVIs) y tipos de potreros en los cuales se encontraron.	103
Cuadro 40. Especies de plántulas abundantes, exclusivas y raras según las categorías de abundancia obtenidas en los seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.	104
Cuadro 41. Diferencias significativas en la abundancia de plántulas compartidas entre potreros con diferente composición de pastos: braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N); e historia de uso de quemas: recientes (Q), hace más de 5 años (sQ) en Muy Muy, Nicaragua.	106
Cuadro 42. Especies de plántulas asociadas a potreros con diferente composición de pastos: braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N); e historia de uso de quemas: recientes (Q), hace más de 5 años (sQ) en Muy Muy, Nicaragua.	107
Cuadro 43. Significancia de las relaciones lineales entre la densidad de especies y de individuos de plántulas y de árboles y arbustos adultos en potreros con diferente composición de pastos: braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N) en Muy Muy, Nicaragua.	109
Cuadro 44. Variables ambientales adicionales incluidas en el análisis de correspondencia canónica (CCA), el valor del estadístico F (F-ratio) y probabilidad p asociada, obtenidos mediante la prueba de Montecarlo (499 permutaciones) para 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.	110
Cuadro 45. Valores de correlación y porcentajes de la variabilidad del ordenamiento de las especies de plántulas explicado por las variables ambientales adicionadas al CCA.	111
Cuadro 46. Correlación de variables ambientales incluidas en el análisis de correspondencia canónica (CCA, y las variables de composición de pastos en los 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.	111
Cuadro 47. Caracterización de variables ambientales asociadas a la composición de las pasturas mediante Andeva (variables de cobertura arbórea) y tablas de contingencia (variables de manejo, pastoreo, ubicación) en los 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.	112
Cuadro 48. Caracterización del manejo (chapeas y herbicidas), pastoreo, pendiente, topografía, ubicación (colindancia con) y cobertura arbórea dentro de los potreros con diferentes condiciones de pastura e historia de uso de quema en Muy Muy, Nicaragua.	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número y distribución espacial esquematizada de las parcelas de muestreo de vegetación arbórea (PC para plántulas, C para juveniles y P para adultos) dentro potreros de Muy Muy, Nicaragua.....	32
Figura 2. Curvas de acumulación de especies de árboles y arbustos A) adultos (46 ha), B) juveniles (17,6 ha) y C) plántulas (0,6 ha) registradas en 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.	38
Figura 3. Especies de árboles y arbustos a) adultos (46 ha), b) juveniles (17,6 ha) y c) plántulas (0,6 ha) identificadas en 46 potreros en orden de abundancia media por ha y su error estándar en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de los nombres de especies se encuentran en el Anexo 1.....	41
Figura 4. Especies de árboles y arbustos a) adultos (46 ha), b) juveniles (17,6 ha) y c) plántulas (0,6 ha) identificadas en 46 potreros en orden de frecuencia relativa en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de los nombres de especies se encuentran en el Anexo 1.	44
Figura 5. Especies de árboles y arbustos adultos (dap > 10 cm) identificadas en 46 potreros de 17 fincas ganaderas en orden de área basal y su error estándar en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de las especies en Anexo 1.	46
Figura 6. Proporción (%) de los índices de valor de importancia por categoría de desarrollo para las especies de árboles y arbustos con regeneración natural activa en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de las especies en Anexo 1.	49
Figura 7. Estrategias de dispersión de las 86 especies de árboles y arbustos encontrados en 46 potreros en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.	52
Figura 8. Porcentaje del número de especies y de individuos de árboles y arbustos adultos, juveniles y plántulas por estrategia de dispersión en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.	53
Figura 9. Número y distribución espacial esquematizada de las parcelas de muestreo de plántulas (PC) de árboles y arbustos adultos (P) dentro de potreros activos de Muy Muy, Nicaragua.....	85
Figura 10. Abundancia media de plántulas (altura \leq 30 cm) de especies de árboles y arbustos por parcela (7 m ²) identificadas en 835 parcelas ubicadas en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de especies se encuentran en el Anexo 1.	91
Figura 11. Curvas de acumulación de especies de plántulas de árboles y arbustos en parcelas de 7 m ² en potreros con diferente a) composición de pasturas (B, E, N), b) historia de uso de quemas (Q, sQ), y c) 6 diferentes tipos de potreros (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.	94
Figura 12. Número de especies de plántulas de árboles y arbustos por parcela (7m ²) y su desviación estándar (E.E) en potreros con diferente composición de pastos (braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N)) y su interacción con la historia de uso de quemas (recientes (Q), hace más de 5 años (sQ)).	96
Figura 13. Media del número de plántulas de árboles y arbustos por parcela (7m ²) y su error estándar (E.E) en los seis tipos de potreros con diferente composición de pasto (braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N)) e historia de uso de quemas (recientes (Q), norecientes (sQ)) en Muy Muy, Nicaragua.	97
Figura 14. Distribución de los límites de confianza (LI_P y LS_P) del índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson por potrero para plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastos (B, E, N) o con diferente historia de uso de quemas (Q, sQ).	99
Figura 15. Distribución de los límites de confianza (LI_P y LS_P) del índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson por potrero para plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastos e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).....	99

Figura 16. Biplot con árbol de recorrido mínimo (ARM) utilizando la abundancia específica de plántulas en seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).....	100
Figura 17. Diagrama de conglomerados con distancias Manhattan para la abundancia específica de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.....	101
Figura 18. Diagrama de conglomerados con los coeficientes de similitud DICE para la composición (presencia-ausencia) de especies de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.....	102
Figura 19. Biplot con árbol de recorrido mínimo (ARM) utilizando la abundancia específica de plántulas en seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) y las especies de plántulas.....	106
Figura 20. Diagrama de conglomerados con los coeficientes de similitud DICE para la composición (presencia-ausencia) de especies de árboles y arbustos adultos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.....	107
Figura 21. Regresiones lineales entre la densidad de especies y de plántulas y adultos en potreros con diferente composición de pastos: a, b) braquiaria (B), c) estrella (E), d) pasturas naturalizadas (N)..	108
Figura 22. Grafico de ordenamiento (CA) de la abundancia de especies de plántulas de árboles en potreros en relación al composición de la pastura y la historia de uso de quemas de cada potrero.....	110

Esquivel, M. J. 2005. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua

Palabras claves: bosque seco tropical, *Brachiaria spp.*, *Cynodon nlemfuensis*, composición de especies, diversidad, juveniles, pasturas naturalizadas, plántulas, quemadas, riqueza.

RESUMEN GENERAL

A pesar de la creciente importancia de los árboles y arbustos en potreros para la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de los sistemas productivos, se conoce poco sobre sus dinámicas de regeneración natural en áreas bajo pastoreo (potreros activos). Con el objetivo de aportar al conocimiento de estas dinámicas, se evaluó la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de plántulas, juveniles y adultos de árboles y arbustos en potreros activos con diferente composición de pasturas (pasto braquiaria *Brachiaria spp.*, pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* y pasturas naturalizadas) y diferente historia de uso de quemadas (quemadas recientes realizadas en los últimos cinco años y quemadas no recientes realizadas hace más de 5 años) en Muy Muy, Nicaragua. En 46 potreros activos se establecieron un total de 835 parcelas circulares de 7m² para el monitoreo de plántulas, 441 cuadrantes de 400 m² para juveniles y 46 parcelas de 1 ha para adultos.

Se encontraron un total de 6378 plántulas, 5698 juveniles y 1769 adultos de árboles y arbustos pertenecientes a 85 especies. La riqueza y diversidad de especies fue similar en los tres estados de desarrollo. Sin embargo la distribución de las abundancias por especie fue más heterogénea en plántulas y juveniles que en adultos. Esto indica que existen mayores presiones de selección sobre los estados iniciales de la regeneración natural en potreros activos que sobre los árboles adultos. El 46% de las especies arbóreas estuvieron presentes en los tres estados de desarrollo indicando que estas especies regeneran activamente en los potreros. Las especies con regeneración natural activa son colonizadoras de áreas abiertas, dispersadas principalmente por el ganado y el viento e identificadas como útiles por los productores. Las especies que no pueden mantener sus poblaciones dentro de los potreros estuvieron representadas por árboles remanentes de bosque seco y/o especies sin fuentes de propágulos, dispersadas principalmente por animales silvestres.

La riqueza y diversidad de plántulas presentaron diferencias significativas en potreros con diferente composición de pastura, siendo mayores en potreros con pasto braquiaria y en pasturas naturalizadas, que en potreros con pasto estrella. En contraste, no se encontraron diferencias en la riqueza ni diversidad en potreros con diferente historia de uso de quemadas. La interacción entre el tipo de pasto y el uso de quemadas fue significativa para la riqueza de especies de plántulas, mostrando diferencias de árboles y arbustos solo en potreros de braquiaria con diferente historia de uso de quemadas: la riqueza de plántulas en potreros con braquiaria sin uso reciente de quemadas fue mayor que en potreros de braquiaria con quemadas recientes. Sin embargo no fue posible distinguir los efectos independientes de la composición de pasturas y las

quemadas, ya que cada tipo de potrero presentó diferencias en los niveles de cobertura arbórea, ubicación espacial respecto a bosques remanentes y condiciones de manejo de las pasturas.

Estos resultados indican que existe un importante potencial para el manejo de la regeneración natural en estos potreros en los cuales existe un importante banco de plántulas de especies típicas de bosques secos que son capaces de mantener sus poblaciones en potreros activos. Probablemente esta alta regeneración natural ha sido favorecida por la ganadería extensiva desarrollada históricamente en esta localidad. Sin embargo, las especies arbóreas observadas no responden de igual forma a las diferentes condiciones de manejo y uso de las pasturas y algunas especies parecen ser no capaces de regenerarse en potreros activos. Probablemente si se continúa con el manejo actual de los potreros, la riqueza y diversidad arbórea disminuirá a largo plazo, con la pérdida de las especies que presentaron regeneración natural limitada y la marcada dominancia de especies que regeneran fácilmente en estos potreros. De este modo, el mantenimiento de la alta riqueza y diversidad de la regeneración natural arbórea observada, dependerá del manejo que los productores den a los diferentes estados de desarrollo de las especies en las pasturas. Este estudio resalta que los esfuerzos para conservar una diversa cobertura arbórea dentro de potreros deben ser basados en las características ecológicas de las especies y de sus respuestas a diferentes condiciones de manejo y de sitio dentro de las pasturas.

Esquivel, M. J. 2005. Natural regeneration of trees and shrubs in active pastures of Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

Keywords: *Brachiaria spp.*, *Cynodon nlemfuensis*, diversity, fire use history, naturalized pastures, pastures, richness, saplings, seedlings, species composition.

ABSTRACT

Despite the growing importance of trees and shrubs for biodiversity conservation and improvement of production systems in continuously grazed pasturelands little is known about the dynamics of natural regeneration of trees and shrubs in active cattle pastures. To better understand the dynamics of tree regeneration in pastures, the abundance, richness, diversity and composition of seedlings, saplings and adult tree and shrub species were studied in pastures with different grass composition (braquiaria grasses *Brachiaria spp.*, star grass *Cynodon nlemfuensis* and naturalized grasses) and different fire use histories (pastures burned within the past 5 years versus pastures not burned during the last five years) in Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. In 46 active pasturelands, a total of 835 circular plots measuring 7 m² were established for the evaluation of seedlings, 441 quadrants measuring 400 m² for saplings and 46 plots measuring 1 ha for trees and shrubs.

A total of 6378 seedlings, 5698 saplings and 1769 adults of trees and shrubs belonging to a total of 85 species were registered. The richness and diversity of species were similar for all stages of development. However, the distribution of species abundance was more heterogeneous in seedlings and saplings than in adult trees and shrubs. This indicates that there is greater selection pressure on the initial stages of natural tree and shrub regeneration in active pastures, compared to adult trees. Forty six percent of the tree species were present in each of the three stages of development. The species with active natural regeneration in active pastures were colonisers of disturbed areas within dry forests, primarily dispersed by cattle and wind and identified as useful by producers. The species that were unable to maintain their populations in the pastures were remnant tree species, species lacking seed sources within the pastures, and species dependent on zoochorous dispersal

Tree seedling richness and diversity in braquiaria and naturalized pastures were higher than in star grass pastures. In contrast, no differences in richness and diversity were found in pastures with different fire use histories. The interaction between the type of pasture and the use of fire was significant and showed differences only between braquiaria pastures: seedling richness was greater in pastures without recent fires than in pastures with recent fire use. However, it was not possible to distinguish the independent effects of pasture composition and fire use, as each type of pasture presented different management conditions, levels of tree cover within pastures and proximity to forested areas (secondary and riparian forests).

These results indicate that these pastures have a high potential for the management of natural regeneration of trees and shrubs, with an important seedling bank of tree dry forest species that are able to maintain their populations in active pastures. This high natural regeneration is probably due to the historically extensive management of these pastures. However, different tree species do not have the same response to management conditions of pastures and some species are unable to regenerate in active pastures. If the present management continues, the species richness and diversity of these pastures will probably decrease, with the loss of the species with limited regeneration and the high dominance of species that regenerate easily in pastures. The maintenance of the high tree species richness and diversity observed will depend on how producers manage each stage of development of the different tree species within their pastures. This study indicates that strategies for to maintain a diverse tree cover within pastures must take into account the ecological characteristics of the species and their responses to different management and site conditions within active pastures.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Como resultado de la deforestación y fragmentación de los bosques naturales nativos centroamericanos para la implementación de actividades de producción agrícola y ganadera, 30% de la superficie de Centroamérica esta cubierta por pasturas y menos del 1% del bosque seco persiste en países como Nicaragua, donde menos de la mitad se mantiene en estado natural. En estos paisajes agropecuarios o agropaisajes dominados por matrices de pastos para la actividad ganadera, la mayor proporción de cobertura arbórea natural esta presente como árboles dentro de los potreros. Los árboles presentes en los potreros bajo continua actividad ganadera (potreros activos), como los encontrados en potreros del municipio de Muy Muy en el departamento de Matagalpa, Nicaragua, pueden aportar tanto a la conservación de la biodiversidad de la local y regional, como bienes y servicios ambientales para mejorar las condiciones productivas de las pasturas. Los beneficios de estos arboles en potreros pueden ser maximizados mediante el diseño y establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP), que integran pastos, árboles y ganado de modo que las interacciones entre estos componentes resulten en la mayor productividad y sostenibilidad de las actividades ganaderas. Estas características han determinado que los SSP sean considerados una estrategia promisoría para la recuperación de las pasturas degradadas, que abarcan aproximadamente el 50% de las pasturas centroamericanas.

La elevada degradación de las pasturas se atribuye principalmente a la implementación de sistemas ganaderos convencionales que promueven la eliminación de la cobertura arbórea dentro de los potreros y el sobrepastoreo de las pasturas. La reconversión de sistemas ganaderos convencionales hacia el establecimiento de SSP implica superar retos como el establecimiento inicial de árboles y arbustos en pasturas ya establecidas. Los altos costos acarreados por la plantación de especies arbóreas y las limitaciones ecológicas para su establecimiento y mantenimiento en las matrices de pastos, probablemente han influenciado en gran medida los bajos niveles de revoonversion hacia SSP en Centro y Suramérica. Esta situación resalta la necesidad de desarrollar estrategias de reconversión que con bajos costos e inversión de mano de obra faciliten el establecimiento y mantenimientos de árboles y arbustos en pasturas bajo diferentes estados de degradación.

El manejo de la regeneración se ha propuesto como una estrategia que permite aumentar la riqueza, diversidad y densidad de árboles y arbustos para establecer SSP en pasturas sin los altos costos de reconversión. Esta estrategia aprovecharía la capacidad de colonización natural de árboles y arbustos en potreros activos para manejar sus poblaciones una vez superada la etapa de establecimiento. Sin embargo aún se conoce poco sobre las dinámicas de colonización de diferentes especies arbóreas en los potreros activos, o de los efectos que diferentes condiciones de manejo de los potreros tienen sobre la riqueza, diversidad y composición de diferentes estados de desarrollo de la cobertura arbórea en las pasturas de los agropaisajes tropicales. Esta información se hace prioritaria debido a que el éxito del manejo de la

regeneración natural como estrategia para el establecimiento de SSP dependerá de la capacidad de las diferentes especies arbóreas para mantener las poblaciones en potreros activos.

La mayoría de la información encontrada sobre los procesos de regeneración natural de especies arbóreas proviene de estudios realizados en bosques primarios, bosques secundarios, o potreros abandonados. En estos estudios se reconoce que la regeneración natural de árboles es el proceso natural mediante el cual las plantas mantienen sus poblaciones luego de eventos de perturbación naturales o antrópicos en diferentes ecosistemas. Una regeneración natural exitosa de árboles se logra cuando los individuos de una especie son capaces de desarrollarse desde plántulas, pasando por juveniles hasta individuos adultos que producen semillas para continuar el ciclo de reproducción, establecimiento y crecimiento que permita mantener sus poblaciones en las áreas colonizadas.

Sin embargo, en los potreros activos cada una de estas etapas de desarrollo interactúa no solo con factores bióticos y abióticos sino también con condiciones de manejo que en diferente intensidad determinan la abundancia de las diferentes especies arbóreas. Por ejemplo, la disponibilidad de fuentes de semillas dentro de los potreros (árboles aislados, cercos vivos) y en áreas aledañas (bosques secundarios, bosques riparios) y su interacción con agentes dispersores (animales silvestres, viento, ganado) pueden determinar la disponibilidad de propágulo para la colonización de estas áreas. La interacción de estos propágulos con las condiciones de micrositio determinados por la vegetación preexistente (tipos de pastos) y el suelo pueden determinar la disponibilidad del banco de plántulas en los potreros. Y además de las condiciones de sitio, la interacción de estos individuos con las estrategias de manejo de los potreros realizadas por los productores (chapeas o limpias, herbicidas, quemas, pastoreo del ganado, uso de árboles) influirán en la abundancia de juveniles y de adultos.

Entre todos estos factores, la composición de los pastos y el uso de quemas para el manejo de las pasturas han sido factores frecuentemente referenciados por su influencia potencial sobre las características de la vegetación arbórea en potreros. Sin embargo, sus efectos han sido poco estudiados en áreas tropicales, desconociéndose su influencia sobre la regeneración natural de árboles y arbustos nativos en potreros activos. La forma de crecimiento y agresividad de diferentes tipos de crecimiento de las pasturas por ejemplo, puede determinar la mayor disponibilidad de micrositios apropiados para la germinación y el establecimiento inicial de diferentes especies de arbóreas. De este modo pasturas dominadas por pastos mejorados como *Brachiaria spp.* y *Cynodon nlemfuensis* o con mezcla de pastos naturalizados presentarían diferentes características de su banco de plántulas. Además, el uso reciente de quemas podría disminuir la viabilidad de semillas y la mayor mortalidad de plántulas, reflejándose en diferencias en la riqueza y diversidad de banco de plántulas presente en potreros con diferentes historias de uso de quemas como quemas realizadas hace menos de 5 años (quemas recientes) y quemas realizadas hace mas de 5 años (quemas no recientes).

El presente trabajo se enfoca en la evaluación de la riqueza, diversidad y composición de diferentes estados de desarrollo (plántulas, juveniles y adultos) de la cobertura arbórea presente en potreros activos, y en los efectos de factores de manejo como la composición de pastos y la historia de uso de quemas en las características del banco de plántulas arbóreas presentes en potreros activos del municipio de Muy Muy, Nicaragua. Los resultados de este estudio pretenden brindar información que permita el desarrollo de estrategias apropiadas para el manejo de la regeneración natural en estos potreros y el establecimiento de SSP.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar al conocimiento de las dinámicas de regeneración natural de árboles y arbustos y la interacción de diferentes etapas de su desarrollo con las condiciones de manejo de potreros activos de fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de plántulas, juveniles y árboles y arbustos adultos.

2. Caracterizar los patrones de regeneración de las especies arbóreas presentes en potreros activos mediante sus estrategias de dispersión.

3. Comparar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de plántulas de árboles y arbustos en potreros de *Brachiaria spp.*, *Cynodon nlemfuensis* y pasturas naturalizadas.

4. Comparar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de plántulas de árboles y arbustos en potreros con uso reciente (menos de cinco años) y no reciente (más de cinco años) de quemas

1.3 REVISIÓN DE LITERATURA

1.3.1 LA REGENERACIÓN NATURAL DE ÁRBOLES EN POTEROS

La regeneración natural de árboles en potreros puede dividirse en varios momentos o etapas biológicas: lluvia de semillas, semillas dispersadas, banco de semillas, banco de plántulas, juveniles (brinzales, latizales y fustales) y adultos (madurez reproductiva). La dispersión y post-dispersión de semillas, su germinación, el establecimiento de plántulas y el crecimiento de las plantas son procesos biológicos que junto con la predación de semillas y la herbivorita, articulan de forma dinámica cada uno de estos momentos. En paisajes naturales, estos procesos son influenciados por factores bióticos y abióticos tales como las características y movilidad agentes dispersores, las características del suelo, las condiciones ambientales y micro-climáticas del sitio, la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento, la intensidad de la predación de semillas y la herbivorita, y la competencia con la vegetación preexistente. Estas interacciones determinan en un paisaje natural la disponibilidad y distribución espacial de las semillas en el suelo, el tamaño banco de plántulas y la abundancia de juveniles y árboles adultos.

En paisajes agropecuarios tropicales (mezcla de áreas naturales con áreas explotadas para agricultura y la ganadería), las etapas biológicas de la regeneración natural y sus dinámicas son influenciadas además por factores antropogénicos. Factores como el tipo de uso del suelo, la intensidad del uso, el tiempo de explotación, las prácticas de manejo de estas áreas y el grado de fragmentación de los ambientes con vegetación natural modifican la disponibilidad de recursos bióticos y abióticos, y alteran los procesos biológicos involucrados en la regeneración natural de árboles y por tanto la distribución de la vegetación arbórea a diferentes escalas de paisaje.

Los estudios sobre la regeneración natural de árboles se han enfocado principalmente en la ecología de la regeneración de árboles en áreas naturales y en áreas deforestadas abandonadas y aisladas luego de su degradación productiva. Así, existe un mayor conocimiento disponible sobre procesos ecológicos como la dispersión y la post-dispersión de semillas en bosques tropicales bajos diferentes estados de desarrollo y recuperación, y en pasturas antrópicas abandonadas en localidades tropicales. Menos abordados han sido los procesos de germinación y establecimiento de plántulas. La mayoría de la información de estos procesos ha sido recopilada a partir de bosques naturales, y solo de una forma descriptiva en pasturas abandonadas. En contraste, las características de la regeneración natural en áreas bajo continua perturbación como los potreros activos han sido solo recientemente abordadas, por lo cual una menor información esta disponible sobre sus procesos.

Para comprender la dinámica de la regeneración natural de árboles en áreas degradadas como las pasturas activas, es necesario tener claro cada una de las etapas de la regeneración natural y los factores bióticos y abióticos que influyen en sus características. Este texto presentará una recopilación de los

procesos biológicos descritos anteriormente y los factores que diversos estudios han identificado como prioritarios para la explicación de los patrones observados de abundancia, riqueza y distribución espacial de cada una de las etapas de la regeneración natural de árboles en potreros.

1.3.2 DISPERSIÓN DE SEMILLAS

La dispersión de semillas y el establecimiento de plántulas representan los estados más críticos y sensitivos en la historia de vida de las plantas y constituyen, a su vez, procesos claves que determinan la estructura espacial de sus poblaciones. Sin embargo, la dispersión de semillas ha recibido mayor atención por ser el punto de partida de la colonización y del avance de las dinámicas de la regeneración natural.

La dispersión de semillas implica el movimiento del flujo de semillas de una planta reproductiva (lluvia de semillas) lejos de la planta parental. Una vez estas semillas provenientes de una sola planta tocan un sustrato destino (suelo u otros árboles) a través de un agente de dispersión, constituyen la *sombra de semillas* (seed shadow). El patrón espacial de las semillas dispersadas en un área dada o *patrón de dispersión de semillas*, resulta de la suma de las sombras de semillas, producidas por cada una de las plantas reproductivas disponibles en el área.

La abundancia, densidad, distancia de dispersión, dirección de dispersión, distribución diferencial por micrositios y sitios de agregación de semillas son algunas de las características de cada sombra de semillas. La variabilidad de estas características entre las sombras de semillas de las diferentes especies arbóreas, esta fuertemente ligada a las interacciones de las fuentes de semillas con sus agentes dispersores. Factores biológicos como el patrón de distribución espacial de plantas adultas, la distancia a fuentes de semilla, la complejidad estructural de la vegetación existente, y la calidad y cantidad de la producción de semillas, determinan las respuestas de los dispersores dando origen a los patrones observados de dispersión de semillas.

En áreas perturbadas, como pastizales abandonados por ejemplo, la cantidad de semillas dispersadas por animales en el pastizal disminuye drásticamente a más de 5 m del borde de bosque (Holl 1999). Esta falta de dispersión de semillas es debida a que pocas aves de bosque se aventuran a áreas abiertas como los pastizales o campos degradados abandonados (Cardoso da Silva *et al.* 1996), cuya colonización inicial es dominada por vegetación herbácea que forma un solo estrato de unos pocos centímetros a un metro de altura (Uhl *et al.* 1988). Los árboles y arbustos pioneros que se establecen en estas condiciones aumentan la complejidad estructural del paisaje, formando parches de vegetación de mayor altura en una matriz de vegetación herbácea. Por su estructura y composición estos parches son frecuentemente visitados por la avifauna local, incrementando la densidad de semillas diseminadas por aves bajo esta vegetación y en sus áreas aledañas (Mc Donnell y Stiles 1983, Holl 1998).

Este patrón heterogéneo de la sombra de semillas ha sido reportado también para animales con mayor movilidad en áreas abiertas como los murciélagos frugívoros (Howe y Smallwood 1982). El movimiento de estos frugívoros tropicales en áreas abiertas, esta determinado por el tiempo de

fructificación y por el valor nutricional relativo de los frutos, produciendo patrones espaciales localizados durante la colonización arbórea en campos abandonados. De esta forma, no solo una mayor complejidad estructural, sino también una mayor diversidad de la vegetación arbórea, influyen los patrones de movilidad de dispersores y elevan la deposición de semillas por animales frugívoros, determinando los patrones de vegetación subsiguientes.

Las especies arbóreas con semillas dispersadas por el viento han mostrado también dispersión heterogénea de las sombras de semillas. En potreros abandonados la distribución de su sombra de semillas se ha mostrado dependiente de la distancia al borde de bosque y a la presencia de plantas adultas o fuentes de semillas dentro de las áreas perturbadas. En contraste con la mayor proporción de la lluvia de semillas que cae bajo el árbol parental o a distancias cortas a partir de un centro de reclutamiento en las especies dispersadas por animales (Howe y Samalwood 1982), las especies con dispersión anemócora pueden presentar mayores densidades de semillas a distancias mayores del bosque o de los componentes arbóreos en potreros abiertos (Holl 1999). El patrón de dispersión de semillas en el paisaje es entonces el resultado de la interacción de los agentes dispersores con las plantas adultas fuentes de semilla y de la estructura de la vegetación aledaña. Estas características en un área dada determinan la capacidad de recuperación de la vegetación natural frente a perturbaciones naturales o antrópicas.

En áreas bajo continua perturbación como los potreros activos, factores antropogénicos adicionales influyen sobre el proceso de dispersión de semillas y sus dinámicas. El ganado (equino y vacuno) por ejemplo, dispersa las semillas de árboles leguminosos como *Enterolobium cyclocarpum* (Janzen 1981, 1982) y de frutales como *Psidium guajava* (Somarriba 1995). Estos animales domésticos pueden consumir una alta cantidad de frutos y dispersar altas densidades de semillas de estas especies en sus bostas. Las diferentes características de movilidad y preferencia de hábitat de estos dispersores respecto a la fauna silvestre, influyen las dinámicas de regeneración natural de árboles en pasturas activas respecto a áreas degradadas abandonadas (Radford *et al.* 2001). Por ejemplo, tres años después de la aplicación experimental de bostas de ganado en pasturas mediterráneas abandonadas, su vegetación de mostró un incremento significativo en la riqueza de especies arbóreas con especies encontradas solo en áreas de pastoreo activo (Traba *et al.* 2003). Los animales capaces de dispersar semillas en áreas perturbadas pueden expandir las poblaciones de estas plantas en estas áreas (Chambers y MacMahon 1994), colonizando hábitat que no lograrían alcanzar exitosamente sin su interacción. De esta forma, los efectos de los animales domésticos cobran mayor importancia en las dinámicas de dispersión de la regeneración natural de áreas degradadas como las pasturas activas. A pesar de que su influencia, la variabilidad de sus resultados no ha sido ampliamente explorada.

El manejo de la cobertura boscosa del paisaje es otro de los factores antropogénicos que influyen en las dinámicas de la dispersión de semillas. Por muchos años la cobertura arbórea ha sido considerada incompatible con las actividades ganaderas (Somarriba 1995). Además del aclareo inicial del bosque para el establecimiento de los pastos (Aide y Cavalier 1994), los productores cosechan los árboles adultos que

logran colonizar las áreas de potreros, de acuerdo a su propio criterio de selección de especies y de manejo de la densidad arbórea (Harvey y Haber 1999). Así, las decisiones sobre el manejo de los componentes arbóreos dentro de las áreas productivas por parte de los propietarios de fincas ganaderas, han tenido una influencia directa en la en la composición, diversidad y riqueza de la cobertura arbórea y por tanto en las fuentes de semillas en estos paisajes.

El grado de fragmentación de los bosques naturales, se considera como uno de los principales responsables de la velocidad de recuperación de la vegetación leñosa nativa en las áreas clareadas en paisajes agropecuarios (Nepstad *et al.* 1996). A pesar de la importante pérdida de fuentes de semillas con la fragmentación, los relictos o fragmentos de bosque remanentes albergan una porción significativa de la diversidad de especies dentro de estos paisajes (Harvey *et al.* 2000) y constituyen importantes fuentes de semillas para la recuperación de la vegetación boscosa en áreas aledañas (Nepstad *et al.* 1996). Adicionalmente, el mantenimiento de diferentes componentes arbóreas dentro de las pasturas, como árboles aislados, cercos vivos o barreras rompevientos entre otros, podrían constituir las fuentes de semillas inmediatas para la recuperación de estas áreas deforestadas, a escalas espaciales inferiores al paisaje. En Australia por ejemplo, se encontraron patrones diferenciales en la dispersión de semillas de *Acacia nilotica* en potreros activos con bosques riparios colindantes. La disposición de semillas en las bostas de ganado fue mayor a menores distancias al bosque ripario y en potreros con mayor tamaño del hábitat ripario, respecto a potreros sin hábitat ripario (Radford *et al.* 2001).

De este modo, las preferencias de los productores y las prácticas de manejo de áreas en pastoreo, estarían influyendo sobre la disponibilidad de fuentes de semillas para la regeneración arbórea en estas áreas perturbadas y sobre las características del proceso de dispersión.

1.3.3 POST-DISPERSIÓN DE SEMILLAS

Una vez la semilla ha llegado a una superficie, esta puede mantenerse donde inicialmente llegó, puede moverse a nuevas ubicaciones mediante movimientos horizontales), o puede incorporarse al suelo mediante movimiento vertical. Las probabilidades de redistribución de las semillas durante el proceso de post-dispersión, pueden estar determinadas por las características del sitio donde arribo, la naturaleza de factores bióticos y abióticos que actúan sobre las semillas y sus interacciones con estos factores (Chambers y Macmahon 1994). La acción de dichos factores sobre el patrón de dispersión, puede determinar una mayor pérdida de semillas por predación o por muerte física, incrementar sus probabilidades de germinación, o facilitar su incorporación al banco de semillas del suelo modificando los patrones de distribución de las semillas dispersadas.

La re-distribución de las semillas dispersadas resulta de su interacción con dispersores secundarios de carácter biótico o abiótico. Dispersores secundarios pueden ser el agua, el viento y animales como roedores y hormigas. La fuerza, intensidad e importancia de los diferentes agentes de dispersión secundaria, depende de las características del sitio de arribo primario de las semillas y de las

característica del ecosistema mismos. Durante su dispersión las semillas pueden llegar a zonas con vegetación densa, a sitios cubiertos por hojarasca, o a suelos expuestos. Aquellas que caen en áreas de vegetación densa generalmente presentaran menores distancias de dispersión secundaria por viento, mientras que la dispersión secundaria por animales toma mayor importancia. Semillas que caen en vegetaciones abiertas o en suelos expuestos en cambio, pueden presentar distribuciones mas agregadas y movimiento secundarios por agua o viento (Chambers y Macmahon 1994).

La textura del suelo, sus propiedades y su microtopografía, juegan también un papel importante en la re-distribución de las semillas y en el mantenimiento de su viabilidad. Suelos con partículas grandes, suelos poco compactados y depresiones o puntos bajos, incrementan el número de semillas atrapadas y su tiempo de residencia. Estos patrones de retención de semillas pueden resultar en un mayor porcentaje de germinación o en alto riesgo de mortalidad. En ambientes áridos por ejemplo, las depresiones pueden presentar una mayor humedad para las semillas favoreciendo su germinación. Mientras que, en ambientes húmedos este incremento puede determinar una mayor perdida de semillas por mayor incidencia de patógenos (Chambers y MacMahon 1994). De este modo, los micrositos que promueven la retención de semillas no son necesariamente los mejores micrositos para la germinación de semillas (micrositos seguros).

El mantenimiento de la viabilidad de las semillas en el suelo y las características de la distribución del *banco de semillas*, es decir de la presencia de semillas viables sobre o en el suelo en un momento dado, dependen de la combinación de los patrones de dispersión y post-dispersión de semillas y los patrones de distribución de las condiciones ambientales. El banco de semillas del suelo está formado por el conjunto de semillas viables enterradas en él o en estratos asociados al mantillo, o bien depositadas en su superficie. Las especies pueden tener, según la persistencia de sus semillas en el suelo, bancos de semillas transitorios o persistentes. La presencia de una reserva persistente de semillas en el suelo tiene importantes consecuencias ecológicas en la dinámica de las poblaciones vegetales, entre las que cabe destacar la flexibilidad en la capacidad de respuesta a perturbaciones ecológicas (Nathan y Muller-Landau 2000).

La variabilidad espacial del banco de semillas a diferentes escalas se relaciona tanto con los patrones del proceso de dispersión y post-dispersión, como con las perturbaciones del hábitat. La variabilidad del banco de semillas a escalas pequeñas es alta y muchas especies presentan distribuciones agregadas, relacionadas con los patrones de dispersión de semillas, la abundancia de predadores y las condiciones edáficas. A escalas mayores, sin embargo, la variabilidad puede ser atribuida a los regimenes de perturbaciones y a las características de los aclareos. De este modo, la persistencia de determinada abundancia de especies nativas y exóticas en el banco de semillas, parece depender de la intensidad y temporalidad de perturbaciones como el pastoreo y las quemadas.

El efecto del fuego en el banco de semillas presente en un ecosistema ha sido frecuentemente evaluado. El fuego puede modificar el futuro paisaje vegetal de un ecosistema mediante su influencia en

el banco de semillas. Este efecto ha sido principalmente evaluado en ecosistemas con regímenes naturales de fuegos recurrentes. Estudios previos, realizados en distintos ecosistemas del mundo, han mostrado que el fuego puede inhibir o estimular la germinación de semillas y esporas. Determinadas especies de plantas con flores, helechos, musgos y hongos pueden volverse muy abundantes después de un incendio. En contraste, otras desaparecen bien por competencia con las más abundantes, o bien porque sus semillas quedaron inviables a consecuencia del excesivo calor o el efecto del humo. El resultado es que el paisaje se vuelve más pobre en especies, es decir, la diversidad florística disminuye. El efecto “selectivo” del fuego, puede afectar de forma drástica a los bancos de semillas transitorios, en contraste con la supervivencia de grandes fracciones de bancos de semillas persistentes. En general, se puede decir que la intensidad del impacto del fuego sobre los bancos de semillas, así como las estrategias de respuesta depende, en buena medida, del régimen de perturbaciones al que ha estado expuesta la comunidad a lo largo de su historia evolutiva (Ferrandis *et al.* 1999).

Estudios realizados en pastizales naturales, han identificado diferencias que las especies de pastos presentes en la vegetación actual, pueden estar ausentes del banco de semillas debido a semillas de corta longevidad, alta intensidad de pastoreo, o la remoción de inflorescencias. En los bosques lluviosos en cambio, la correspondencia entre el banco de semillas y la vegetación presente sobre el suelo esta relacionada con el estado sucesional, donde las especies pioneras generalmente dominan el banco de semillas de bosques maduros y de sitios en regeneración dentro del mismo (gaps); mientras que las especies típicas de bosque están poco representadas (Chambers y MacMahon 1994).

En áreas de bosque tropical (sin adaptación a fuegos naturales) perturbadas con el establecimiento de pasturas, el pastoreo y las quemas ejercen grandes presiones sobre los bancos de semillas y sobre la capacidad de regeneración natural de la vegetación arbórea. Factores antropogénicos como el grado de aislamiento, el tamaño de área alterada y la severidad e intensidad de las perturbaciones sumado a las estrategias de dispersión de las especies colonizadoras, influyen a la tasa a la cual la densidad del banco de semillas recupera los valores de sitios sin perturbaciones. La intensidad de pastoreo y los años de esta intervención por ejemplo, cambian las características estructurales del suelo, aumentan su compactación, la erosión, disminuyen su capacidad de infiltración y alteran la disponibilidad de hojarasca (Fleischer 1994) cambiando las dinámicas de dispersión secundaria, la disponibilidad de sitios seguros y el mantenimiento de los bancos de semillas.

La importancia relativa de los bancos de semilla en el proceso de reclutamiento necesita ser más investigada para comprender los patrones emergentes de distribución de arbórea (Radford *et al.* 2001). La importancia de los patrones de dispersión de semillas en los patrones espaciales de las etapas subsiguientes de desarrollo vegetal, ha sido abordada principalmente a partir de estudios de campo que comparan los patrones de distribución de las diferentes etapas de desarrollo, para evaluar la concordancia entre las semillas que arriban y las plántulas establecidas. Sin embargo, estos estudios pueden encontrar discrepancia en las distribuciones, debido a una caracterización insuficiente del proceso de dispersión o

de las dinámicas del banco de semillas. Por ejemplo, en el caso de encontrar plántulas establecidas donde no se ha documentado disponibilidad de semillas (Nathan y Muller-Landau 2000). La variabilidad temporal y espacial de los bancos de semillas de especies pioneras en áreas tropicales perturbadas es poco conocida, a pesar de que el reclutamiento de plántulas a partir del banco de semillas ha sido reconocido como un importante camino para la regeneración de especies pioneras tropicales (Garwood 1989)

1.3.4 GERMINACIÓN DE SEMILLAS

A diferencia de los abundantes estudios en dispersión de semillas, las dinámicas involucradas en los procesos de germinación en pastizales abandonados, han sido menos abordadas. La mayoría de los estudios sobre los procesos de germinación se han enfocado en el entendimiento de la ecofisiología y la naturaleza de la dormancia de semillas de especies de bosque nublado, y la germinación de especies pioneras en aperturas del dosel dentro de estos bosque, mientras que han abordando en menor escala la germinación de semillas en áreas perturbadas fuera del bosque.

Tanto las semillas de especies de bosque como las semillas de especies pioneras presentan diferentes mecanismos de respuesta a las condiciones ambientales presentes al momento de su dispersión. En condiciones de bosque las semillas frecuentemente no persisten en el suelo, ya que muchas de ellas carecen de periodos de dormancia y carecen de la posibilidad de ser deshidratadas o almacenadas sin perder su viabilidad (semillas recalcitrantes). Solo algunas especies de bosque maduro presentan germinación aplazada, debido a la falta de agua durante épocas secas o por la presencia de testa dura. En contraste, la especies de árboles pioneros pueden tolerar la sequía y largas épocas de almacenamiento (semillas ortodoxas), siendo estas los componentes principales de los bancos de semillas en los bosques maduros tropicales (Vásquez-Yanes y Orozco-Segovia 1990).

Las condiciones ambientales para la germinación de las especies pioneras están fuertemente determinada por la vegetación preexistente en los sitios de dispersión o arribo final de sus semillas. Las semillas de especies pioneras, colonizadoras de áreas perturbadas dentro y fuera del bosque, son capaces de germinar inmediatamente después de la dispersión. Sin embargo, muchas de ellas pueden presentar dormancia impuesta por las condiciones ambientales preponderantes. La intensidad y la calidad de luz, así como la temperatura y la humedad, son los principales factores ambientales que determinan la activación de la germinación de estas especies (Vásquez-Yanes y Orozco-Segovia 1990). Estas condiciones microclimáticas a su vez, están determinadas por la variabilidad espacial de factores abióticos y su interacción con los componentes de la vegetación existente. Por ejemplo, la temperatura del aire, el déficit de presión de vapor, la humedad del suelo y la densidad de flujo de fotones medidos a un metro de altura sobre el suelo, son mayores en el pastizal que en el bosque (Holl 1999, Nepstad *et al.* 1996). Esto indica que aunque las semillas sean capaces de llegar a áreas de pastizal, las condiciones

abióticas son desfavorables para la germinación y el desarrollo inicial de las plantas de bosque (Nepstad *et al.* 1996).

Las condiciones ambientales adversas para la germinación de semillas en áreas deforestadas como las pasturas, parecen ser superados bajo la tutoría de árboles aislados y la vegetación leñosa pionera en los mismos potreros (Rhoades *et al.* 1998). La cobertura ofrecida por las copas de árboles aislados en potreros provee un manto aislante que disminuye las temperaturas promedio del suelo y sus fluctuaciones diarias, disminuyendo la desecación del suelo en periodos secos y promoviendo la germinación de semillas. Estas condiciones los convierten en sitios seguros para la germinación de una o varias especies de plantas en potreros (McDonell y Stiles 1983, Augspurger 1984, Sork 1987, Ress 1997, Howe y Westley 1997, Hutchings 1997).

Dependiendo de las condiciones ambientales predominantes a mayor escala, también la vegetación herbácea puede influir en las diferencias microclimáticas y determinar diferencias en los porcentajes de germinación a nivel de micrositio. Por ejemplo, los porcentajes de germinación de algunas especies arbóreas pueden ser superiores para las semillas en pastizales y bosque, pero menores en el suelo desnudo en los potreros (áreas sin pastos) durante la época seca. Esta diferencia ha sido atribuida a la similitud de los factores abióticos a nivel del suelo en el bosque y bajo la pastura. Lo que significa que las gramas de los pastizales modifican sustancialmente las condiciones microclimáticas cerca del suelo, reduciendo la desecación de semillas particularmente durante la época seca (Holl 1999, Nepstad *et al.* 1996).

El manejo del componente arbóreo de áreas perturbadas como las pasturas antrópicas y las actividades del ganado puede determinar la disponibilidad y abundancia de micrositios seguros para la germinación de aquellas semillas que logran ser dispersadas en paisaje agropecuario. Una mayor densidad de árboles en potreros activos, por ejemplo, permitiría mantener una mayor densidad de micrositios apropiados para la germinación de especies arbóreas que no logran germinar en altos niveles de irradiación solar y estrés hídrico. Además de dispersar las semillas de algunas especies arbóreas, las bostas de ganado proveen de un sustrato con altos niveles de humedad que facilitan su germinación (Somarriba 1995). Las formas de crecimiento de las diferentes especies de pastos y su capacidad diferenciada de invadir áreas abiertas determinan a su vez las características micro climáticas del suelo en las pasturas. En el caso de las pasturas activas, la intensidad de pastoreo de las pasturas, así como de su estado de degradación productiva, podrían también determinar la cantidad de espacios con suelo desnudo, como la densidad de la vegetación herbácea, y por tanto las características microclimáticas de las áreas de potrero abierto y la disponibilidad de micrositios para la germinación de especies arbóreas pioneras.

1.3.5 ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS

El establecimiento de plántulas es considerado junto con la dispersión de semillas uno de los estadios más importantes en la regeneración natural de árboles. Las diferentes estrategias de dispersión determinan los patrones de distribución de semillas y consecuentemente definen las condiciones bajo las cuales las plántulas viven o mueren. De este modo la demografía de las plántulas refleja las respuestas adaptativas de las plantas a las presiones de selección sobre las semillas y plántulas (Howe 1990). A pesar del efecto crucial en los patrones de colonización de áreas perturbadas, el estudio de este proceso ha sido principalmente abordado para el establecimiento de plántulas dentro de bosques y con menos énfasis en la colonización de áreas fuera del bosque. La mortalidad dependiente de la densidad, las condiciones microclimáticas, la disponibilidad de nutrientes, la competencia con la vegetación preexistente y la herbivoría son los principales factores que determinan el establecimiento de las plántulas y cuales individuos pasaran a estados mayores de desarrollo en ambientes naturales y antrópicos.

La densidad de plántulas y la distancia al adulto conoespecífico más cercano son los dos factores que más frecuentemente se correlacionan con la supervivencia y mortalidad no aleatorizada de plántulas. Así, plántulas recién germinadas, pueden experimentar una mayor mortalidad cerca de individuos adultos donde suelen presentarse altas densidades de semillas. Esta alta mortalidad dependiente de la densidad, probablemente sea causada por competencia intraespecífica o mayores ataques por patógenos o herbívoros (Gilbert *et al.* 2001). Por ejemplo, bajo una densidad constante de semillas (manipuladas experimentalmente) en cambio, la supervivencia de plántulas jóvenes (2 meses) de *Tachigalia versicolor* en la isla de Barro Colorado fue superior a distancias cortas de dispersión (<100m) disminuyendo con largas distancias de dispersión de propágulos. Dos años después este patrón se conservó, y un mayor porcentaje de plántulas sobrevivientes se localiza cerca al árbol parental (0-25m), mientras que su cantidad decrece hacia distancias intermedias (25-50m) y lejanas (50-100). Las menores probabilidades de supervivencia de plántulas a largas distancias de árbol parental se relacionan con nuevos hábitat a mayores distancias del mismo y una menor proporción de micrositios adecuados para la germinación, supervivencia y establecimiento de las especies (Auspurguer y Kitajima 1992).

La disponibilidad de nutrientes en diferentes micrositios y suelos también determina el crecimiento y la supervivencia de las plántulas en ambientes naturales y perturbados. Los efectos de la calidad de sitio sobre el establecimiento de plántulas de especies arbóreas han sido estudiados principalmente para el establecimiento de plantaciones forestales. La adaptabilidad de diferentes especies arbóreas nativas para el establecimiento de plantaciones en Costa Rica es inferior en suelos degradados de pasturas abandonadas (González y Fisher 1994). Las plántulas de *Cordia alliodora*, por ejemplo, crecen rápidamente en suelos aluviales en combinación con plantaciones de café, caña de azúcar y cacao, pero su supervivencia y crecimiento en áreas de pastura son reducidos (Somarriba y Beer 1987). Aunque los

niveles de nutrientes del suelo son menores en el bosque que en áreas de pastizal, la biomasa de hojas, tallos y raíces de varias especies de plántulas arbóreas creciendo en pastizales puede no presentar diferencias estadísticas (Holl 1999). Aquí, la baja supervivencia de las plántulas en los pastizales posiblemente sea consecuencia de la competencia severa de los pastos, los cuales pueden cubrir totalmente las plántulas e impedir su crecimiento y desarrollo como ha sido reportado para otras especies evaluadas en pastizales abandonados (González y Fisher 1994).

En potreros de zonas tropicales, las condiciones climáticas extremas predominantes (alta radiación, altas temperatura, alta evapotranspiración, etc), la competencia por agua y nutrientes toma gran relevancia para el establecimiento de plántulas de árboles en potreros. En estas condiciones las pasturas son dominantes, y la competencia entre pastos y plántulas arbóreas por estos recursos afecta diferencialmente la supervivencia y crecimiento de las plántulas. Adicionalmente, diferentes especies de pasturas presentan diferentes niveles de agresividad. El crecimiento diamétrico de las plántulas de *Hevea* sp. por ejemplo, presentó diferencias significativas durante los tres primeros años de desarrollo en pasturas con diferentes cobertura herbácea (*Brachiaria brizanta* > *Panicum maximun* > *Brachiaria miliformis*) evidenciando las diferencias competitivas entre las especies herbáceas (Waidyanatha *et al.* 1981) La competitividad de estas pasturas varió de acuerdo a la leguminosa acompañante en las pasturas mixtas, siendo mejor el desarrollo diamétrico de las plantas de *Hevea* sp. en pasturas mixtas que en las pasturas puras. La competencia aguda entre las plántulas y los pastos tiene lugar durante el primer año de desarrollo de las plántulas, cuando las raíces de las plántulas arbóreas se extienden lateralmente, ocupando los primeros 15 cm de suelo al igual que las raíces de los pastos. Las diferencias en el desarrollo de las plantas decrecen a partir del tercer año. Esto es posiblemente consecuencia de la dominancia del estrato arbóreo sobreviviente sobre el herbáceo y de la degradación productiva de las pasturas (Waidyanatha *et al.* 1981). Aun el desarrollo inicial de especies capaces de establecerse en áreas abiertas como *Cordia alliodora* y *Eucalyptus deglupta*, es menor en asocio con gramíneas. La fuerte competitividad radicular de ciertas gramíneas, ha sido utilizada en el establecimiento de barreras biológicas para reducir la competencia radicular entre árboles maderables (Schaller *et al.* 1999).

De esta forma, el uso del suelo y el manejo de la cobertura arbórea a diferentes escalas del paisaje, constituyen factores antropogénicos que influyen fuertemente en esta etapa de la regeneración natural. En potreros abandonados por ejemplo, los árboles aislados parecen superara todas condiciones adversas para el establecimiento de plántulas. Los árboles aislados en pasturas abandonadas actúan como centros de reclutamiento de plántulas de otras especies de la flora local (Guevara *et al.* 1986, 1992, 1993, Arnaiz *et al.* 1999, Toh *et al.* 1999). Aun, en áreas degradadas y altamente fragmentadas como potreros activos en zonas andinas de Colombia, la presencia de plántulas bajo árboles adultos, es tres veces más rica en especies y casi cinco veces más abundante, que la regeneración natural en potreros abiertos (Esquivel y Calle 2001). Además de favorecer un alta lluvia de semillas, el microclima bajo estos árboles aislados con menor irradiación solar, menor temperatura, menor evapotranspiración, mayor humedad relativa, y

mayores niveles de nutrientes en el suelo parece favorecer el establecimiento de estas plántulas (Holl y Lulow 1997, Arnaiz *et al.* 1999).

A escala de potrero, las prácticas de manejo de las pasturas activas ejercen una fuerte presión de selección sobre los primeros estadios de desarrollo de las plantas arbóreas. Una alta cobertura arbórea en los potreros, como puede encontrarse en las pasturas activas en Costa Rica, no es garantía de que la regeneración natural no decrecerá en los años futuros (Harvey y Haber 1999). Esto es debido probablemente al uso de chapeas, la aplicación de quemas o el uso de herbicidas para la limpieza de las pasturas. Mediante estas prácticas los productores favorecen diferencialmente el establecimiento de ciertas especies de plántulas, influyendo sobre la distribución y las densidades de las poblaciones de especies arbóreas que logran regenerar en los pastizales.

El mantenimiento de componentes boscosos en la escala de paisaje, puede favorecer un mayor número de micrositios y de centros de reclutamiento para el establecimiento de especies arbóreas en paisajes agropecuarios. Sin embargo, pocos estudios han evaluado como la proximidad fuentes de propágulos en el paisaje, y como los bosques y la composición botánica de estas fuentes, influyen la colonización de las áreas degradadas a estas áreas por la vegetación nativa. La distribución en el paisaje y la composición de barreras rompevientos por ejemplo, aumentan la diversidad y abundancia de plántulas en paisajes degradados. De este modo en barreras rompevientos conectadas a los bosques y con árboles remanentes de bosque, se encontraron mayores densidades de plántulas, mayor riqueza de especies y mayor número de especies de bosque (Harvey 2000).

Adicionalmente, el pastoreo del ganado puede incrementar o disminuir la probabilidad de reclutamiento de plantas leñosas de varias formas (Archer 1995). Mediante el pastoreo y el ramoneo los herbívoros domésticos interactúan con los bancos de plántulas y estados arbóreo superiores en áreas perturbadas como las pasturas antrópicas tropicales. Esta interacción causa de forma directa e indirecta, cambios en la vegetación de la regeneración natural en estas áreas. Los efectos directos y a nivel de individuo, son aquellos relacionados con el consumo de tejido vegetal y la pérdida de CO₂, agua y la toma de nutrientes asociadas a la reducción de la biomasa de hojas y raíces. Los efectos indirectos resultan de los cambios en el microclima, las propiedades del suelo, el ciclaje de nutrientes, las interacciones competitivas y los regímenes de incendios. Estos son consecuencia del pisoteo, cambios en la cobertura del suelo, y la utilización diferenciada de especies de plantas que varía de acuerdo a la palatabilidad y la tolerancia a la defoliación. Los efectos indirectos de las actividades de los herbívoros domésticos pueden llegar a ser más importantes que los efectos directos, debido a su capacidad de moldear las dinámicas y las propiedades de un ecosistema (Archer 1995).

El consumo del forraje de los pastos por el ganado, su selectividad y el mayor o menor recuperación de las pasturas puede relacionarse con la disponibilidad y calidad de micrositios para el establecimiento de plántulas en potreros. En las sabanas naturales, la invasión por plantas leñosas está asociada con el pastoreo del ganado. La utilización preferencial de los pastos y la variabilidad en su

tolerancia a la defoliación, alteran las interacciones de competencia en la comunidad y cambian los patrones de distribución y disponibilidad de recursos. El decrecimiento en el área foliar de las pasturas causado por el pastoreo, deja espacios libres en el suelo e incrementa los niveles de luz en su superficie, pudiendo mejorar las probabilidades para el establecimiento temprano de sus plántulas arbóreas. Las reducciones en el área de transpiración, la biomasa y actividad de las raíces de los pastos asociado con el pastoreo de los pastos también pueden incrementar la cantidad de agua percolada a mayores profundidades beneficiando las plantas ya establecidas y con sistemas radiculares más profundos. Además, disminuyen la competencia y pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes para especies leñosas y liberar las poblaciones reprimidas de plántulas de árboles y arbustos leñosos (Archer 1995). De este modo, diferentes intensidades de pastoreo (carga animal) pueden tener una inferencia sobre las características de la regeneración natural en potreros.

Sin embargo, las altas presiones de pastoreo de herbívoros domésticos durante varios años, han cambiado las condiciones bióticas y abióticas de los suelos afectando el establecimiento de plántulas arbóreas. En contraste con los herbívoros nativos cuyo número y patrones de pastoreo pueden variar ampliamente, las concentraciones de los herbívoros domésticos son mantenidas en niveles altos, utilizando suplementos alimenticios, fuentes de agua y protección de enfermedades, etc., con cercas que evitan la migración, manteniendo altas presiones de pastoreo durante años (Archer 1995, Milchunas *et al.* 1988). La formación de cortezas en el suelo y la compactación impiden entorpecer la emergencia de las plántulas. De este modo, el establecimiento de plántulas resulta ser menor en suelos compactados (Chambers y MacMahon 1994).

En contraste, el ganado puede favorecer el establecimiento de las plántulas dispersadas en sus bostas. Las bostas disminuyen la competencia radicular con el pasto y evitan el pisoteo del ganado (Somarriba 1995), disminuyendo las altas presiones de selección por herbivoría o daño físico impuestas por el pastoreo. En Nicaragua, por ejemplo, la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Albizia saman* fueron superiores cuando estas se establecieron en bostas de ganado a diferencia del suelo desnudo en potreros de *Hyparrhenia rufa* (Barrios 1999). Sin embargo, la efectividad de las bostas para proteger las plántulas arbóreas varía de acuerdo a la intensidad de pastoreo o carga animal sobre los potreros. Aunque el pisoteo de plántulas en el suelo aumenta con altas cargas animales, las plántulas de *Albizia saman* en bostas crecieron mejor y murieron menos que con altas cargas animales que con carga normal. Al parecer, con altas cargas de pastoreo se presenta una mayor defoliación de los pastos en las áreas vecinas a las bostas, reduciendo así la competencia por agua (Barrios 1999). Sin embargo, pocos estudios han evaluado el efecto de las prácticas de manejo del pastoreo sobre la regeneración de árboles en potreros. Solo en 1999, Camargo encontró que además de las características edáficas de los suelos, la dependencia económica de la finca, su manejo, el uso anterior de las pasturas y las prácticas realizadas para establecerla, determinaron los patrones de la regeneración natural del laurel *Cordia alliodora* en potreros activos en Costa Rica.

1.3.6 QUEMAS Y PASTOREO

Los ecólogos dedicados al estudio de los pastizales naturales han reconocido que el pastoreo y las quemaduras son importantes procesos ecológicos que contribuyen al desarrollo de los ecosistemas de pasturas. El uso del fuego y el pastoreo de grandes ungulados han sido estrategias comunes utilizadas por los pobladores locales para mantener o renovar las pasturas en pastizales naturales y antrópicas (Fuhlendorf *et al.* 2004).

El manejo del pastoreo de los animales pretende lograr la distribución uniforme de su perturbación sobre las pasturas, con el objetivo de reducir la heterogeneidad de los pastizales dentro de los ecosistemas manejados y asegurar a su vez una distribución uniforme del pastoreo a través del año. Los modelos de interacción entre quemaduras y pastoreo argumentan que el pastoreo y el fuego interactúan a través de una serie de efectos positivos y negativos que causan cambios en los patrones de vegetación del paisaje. Esta interacción ha sido importante en la evolución de especies de pastizales naturales con una larga historia evolutiva de perturbaciones por fuego y pastoreo (Fuhlendorf *et al.* 2004). Mientras que los efectos de esta interacción, probablemente tienen efectos negativos sobre las características típicas de comunidades vegetales de bosque tropical, dominadas por especies no adaptadas a las perturbaciones por fuego y pastoreo.

En los ecosistemas de pastizales que han evolucionado con el fuego y el pastoreo de grandes ungulados, la frecuencia y la intensidad de la perturbación han sido críticas para el desarrollo de los procesos ecológicos, la biodiversidad biológica y la heterogeneidad a través de múltiples escalas espaciales. A nivel de las pasturas naturales, el modelo de las interacciones predice que las especies de gramíneas decrecen en dominancia mientras que el suelo desnudo y la cobertura de helechos aumentan en parches de vegetación recientemente quemados. Estos cambios en la composición y la productividad de las pasturas se asocian a efectos negativos debido a la reducción de biomasa debida al pastoreo. Esta reducción de biomasa a su vez, reduce la probabilidad e intensidad de nuevos fuegos y la probabilidad de que la pastura sea pastoreada, ya que los animales pastorean preferiblemente los parches que han sido recientemente quemados (Fuhlendorf *et al.* 2004).

Estudios realizados en ecosistemas con perturbaciones naturales de fuegos han identificado cambios significativos en la distribución y la abundancia de especies de plantas dominantes en algunos ecosistemas, lo cual afectaría el hábitat de especies de plantas y animales sensibles a estas perturbaciones. Algunas especies sensibles pueden declinar, mientras que pueden aumentar la distribución y abundancia de especies favorecidas por el fuego a través del tiempo. De este modo, estos estudios resaltan la importancia de comprender la variabilidad inherente a la estructura y funcionalidad de la vegetación dentro de ecosistemas asociados con patrones de perturbación de fuegos y pastoreo (Fuhlendorf *et al.* 2004). Sin embargo, la mayoría de las investigaciones de estos procesos se han enfocado en los efectos principales del pastoreo y el fuego en ecosistemas de pastizales naturales y no en

pastizales antrópicos, en los cuales se siembra y promueve el establecimiento de pastos para el pastoreo de ganado vacuno en áreas con vegetación natural de boscosa tropical.

Tanto la frecuencia como la intensidad de las quemas tienen efectos diferenciales en diferentes ecosistemas naturales. En bosques secos y pastizales naturales templados los fuegos pueden ser recurrentes cada dos a cinco años, mientras que pueden encontrarse frecuencias de varias décadas en bosques lluviosos templados. A su vez, el alcance de los efectos de un evento particular de fuego puede ser inferido a partir de la estructura y composición de la vegetación. Las quemas poco severas en ecosistemas áridos y semiáridos templados ocurren con la frecuencia necesaria para solo afectar la mortalidad de los árboles del sotobosque manteniendo una estructura vegetal de sabana con dosel abierto. De modo que, en los ecosistemas de bosques naturales perturbados por fuego, muchos esfuerzos se han enfocado a predecir la frecuencia de los fuegos naturales de acuerdo a la variabilidad de clima y a los cambios de vegetación inducidos por alteraciones en estas frecuencias del régimen de fuegos, así como cambios en la composición y abundancia en las diferentes etapas de desarrollo de los bosques (Perry 2004).

Igualmente los efectos del fuego sobre la cobertura y estructura de los ecosistemas se reflejan también en las comunidades animales como las hormigas. Las diferencias encontradas en la riqueza y abundancia la composición de la estructura de la comunidad de hormigas entre sitios quemados y no quemados, están vinculadas a cambios en la cobertura y estructura del hábitat, reflejando principalmente los efectos del fuego en la disponibilidad de micrositios para las diferentes especies de hormigas. Los fuegos modifican los patrones de abundancia y distribución e plantas y animales y por tanto juegan un papel importante en determinar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas perturbados. La falta del entendimiento de los efectos del fuego es de particular interés debido a la amplia utilización del fuego como herramienta de manejo en muchas diferentes zonas de vida y formaciones vegetales, ya sea como objetivo principal para el manejo de los ecosistemas o más recientemente para el manejo de la biodiversidad (Perry 2004).

Menos información existe sobre el efecto de los fuegos sobre el reclutamiento de especies arbóreas en pastizales. El fuego es una importante perturbación a escala de paisaje en muchos ecosistemas alrededor del mundo, y particularmente en las sabanas tropicales, donde se utilizan para el manejo de actividades como la ganadera. Sin embargo, aun las consecuencias de los regímenes de quemas impuestos en ecosistemas de bosque natural y en ecosistemas dominados por actividades ganaderas (agroecosistemas) en estas áreas no son muy claras. Por ejemplo, un factor importante pero poco estudiado es el efecto de las quemas frecuentes sobre la ecología reproductiva de las plantas y sus consecuencias para los procesos de reclutamiento de plantas leñosas, su estructura y composición de especies.

Estudios en las sabanas de Brasil sobre el reclutamiento de las plantas sugieren que el fuego ha causado cambios en la composición de las especies, favoreciendo especies capaces de reproducirse

vegetativamente. Y aunque la evaluación de los efectos del fuego sobre el éxito reproductivo sexual de las especies puede tomar décadas para su detección en la densidad de plantas adultas, se han encontrado efectos significativos en los patrones de fenología floral en especies arbóreas comunes. Muchas de las sabanas y bosques estacionales tropicales florecen y producen semillas en las época de mayor probabilidad de fuegos en la región. Fuegos frecuentes de baja intensidad como los que ocurren en las sabanas durante la época seca, causan una significativa reducción en la producción de flores y semillas en algunas especies mientras que no presentan efectos significativos para otras (Setterfield 2002).

El fuego además de afectar la fecundidad de árboles adultos matando los propágulos en los árboles adultos y reduciendo la disponibilidad de semillas, puede afectar la disponibilidad y calidad de los micrositios necesarios para el establecimiento de sus plántulas. Hay dos factores principales que pueden limitar el establecimiento de plántulas: la disponibilidad de semillas y la disponibilidad de micrositios donde las semillas pueden germinar y establecerse. El incremento en la disponibilidad de semillas puede incrementar el reclutamiento de plántulas solo si micrositios apropiados son disponibles. El número de micrositios favorables disponibles para el establecimiento de plántulas puede ser afectado por el fuego al remover la vegetación competitiva, cambiando la calidad de la luz y la estructura de la superficie del suelo (Setterfield 2002).

Adicionalmente el fuego puede promover la germinación de muchas especies, pudiendo quebrar la dormancia de especies como las leguminosas rompiendo la dura testa de estas semillas. El fuego además puede afectar el reclutamiento de plántulas al alterar la abundancia de especies de hormigas cosechadoras de semillas. Pocos estudios como el de Setterfield (2002) se han aproximado a comprender el efecto de los regimenes de fuegos sobre la disponibilidad de semillas y de micrositios apropiados para el establecimiento y la supervivencia de especies arbóreas y leñosas. Este estudio ha relacionado el efecto de los regimenes de fuegos en la estructura de las sabanas de Eucalipto en Australia (Setterfield 2002).

En sabanas sometidas a fuegos frecuentes las especies de pastos son promovidas, mientras que las poblaciones de especies leñosas sensitivas al fuego son reducidas o eliminadas, los rebrotes pueden proliferar en los estratos medios, y los individuos juveniles u estratos superiores son reducidos. A partir de numerosos estudios de observación y experimentales en sabanas de África y Australia se han concluido que: los fuegos retardan el desarrollo de las especies leñosas en las sabanas, que los fuegos intensos en la época seca tardía son particularmente destructivas para la vegetación leñosa, que el fuego tiene una poderosa fuerza selectiva sobre la composición florística y que es una poderosa herramienta para moldear la vegetación de acuerdo a los objetivos establecidos (Smith *et al.* 2003).

En los bosques estacionales tropicales es esencial entender los efectos de la interacción entre disponibilidad de agua, fuegos y luz en orden de comprender sus efectos sobre la regeneración de las especies arbóreas. Pocos estudios se han llevado a cabo para evaluar las interacciones entre estos factores y sus efectos las plántulas arbóreas. La manipulación de condiciones como la disponibilidad de agua, luz y eventos de quema en un bosque semideciduo subtropical en Tailandia permitió identificar la

diferenciación entre las adaptaciones de plántulas de diferentes especies a la sombra, la sequía y los fuegos. El fuego afectó significativamente la mortalidad de plántulas de especie tolerantes a la sombra y dependiente de bosque, sin embargo no afectó la mortalidad de especies pioneras, que presentaron la capacidad de rebrotar después de los eventos de quema. La capacidad de rebrote es una característica adaptativa importante para las especies presentes en eventos de quema, que usualmente matan las partes aéreas de arbustos, juveniles y plántulas. La habilidad de las plántulas para rebrotar después de eventos de fuego está relacionada con las reservas de carbohidratos en las raíces de las plántulas, que se reflejan en una mayor biomasa de las raíces y una menor relación tallo y raíz, lo que les permite almacenar recursos para tener una vigorosa capacidad de rebrote después de los eventos de quema (Dokrak *et al.* 2004).

De este modo diferentes especies presentan diferentes estrategias adaptativas a la sombra, sequía y el fuego: especies bien adaptadas a las condiciones de sombra generalmente tienen poca capacidad de tolerancia a la sequía y quemadas, restringiendo su distribución a los sitios más húmedos a lo largo de las fuentes de agua o en las partes bajas de las ondulaciones del terreno. Las especies altamente demandantes de luz pueden estar bien adaptadas tanto a la sequía como a las quemadas. El establecimiento de estas especies no sería limitado por la sequía o las quemadas, pero sí por la demanda de luz, proporcionada después de los eventos de quema y restringiendo su distribución a las áreas más xerofíticas. Un tercer grupo de especies tiene un nivel intermedio en la demanda de luz y posee algunas adaptaciones a la sequía y el fuego. Estas especies se establecen utilizando tanto aperturas en el dosel del bosque como aperturas por quemadas, y pueden distribuirse en una gran cantidad de condiciones topográficas. Esta misma variedad de diversificación de las adaptaciones a la disponibilidad de luz, agua y fuego puede ocurrir entre otras especies coexistentes en bosques deciduos. Sin embargo, estudios adicionales sobre estas adaptaciones por otras especies son necesarias para comprender los mecanismos de mantenimiento y regeneración de especies arbóreas en áreas sometidas a este tipo de perturbaciones (Dokrak *et al.* 2004).

1.3.7 FACTORES DETERMINANTES DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN PASTURAS ACTIVAS.

La mayoría de los estudios que abordan la regeneración natural de árboles en pasturas reportan que la recuperación de la vegetación arbórea en pastizales establecidos en áreas de bosque tropical es limitada principalmente por la ausencia de semillas recién dispersadas. Sin embargo, esta multitud de estudios que evalúan los diferentes factores que limitan la regeneración natural de árboles en potreros no han involucrado el impacto del pastoreo en la recuperación de las áreas degradadas, más allá de su efecto en la tasa de recuperación de la vegetación arbórea en cronosecuencias de uso de pasturas abandonadas o en áreas bajo diferentes historias de uso de uso intensivo (Uhl *et al.* 1988). Los patrones de distribución de factores bióticos y abióticos, como los descritos anteriormente, claramente son importantes en la regeneración natural de plántulas en áreas degradadas como las pasturas antrópicas tropicales. Sin

embargo, la importancia relativa de estos factores, sus patrones de variabilidad y los resultados de dichas interacciones pueden variar bajo la interacción continua del pastoreo del ganado.

Los estudios ecológicos realizados en pasturas tropicales antrópicas activas se han enfocado en analizar la composición y la estructura de la vegetación (Guevara *et al.* 1992), comparar la vegetación bajo el dosel de árboles aislados en el dosel (Guevara *et al.* 1986, Esquivel y Calle 2002, Arnaiz *et al.* 1999), y evaluar los efectos de la presencia de árboles en la producción de las pasturas (Somarriba 1988, Villafuerte *et al.* 1999) y en la calidad del suelo (Rhoades *et al.* 1998). Sin embargo, a pesar de que las actividades de herbívoros domésticos y nativos influyen el balance entre pastos y plantas leñosas, como ha sido reportado para ecosistemas secos (Archer 1995), la influencia de sus interacciones en la vegetación leñosa en pasturas antrópicas tropicales ha recibido poca atención.

Los factores antrópicos mas sobresalientes que influyen estos procesos en las distintas etapas del desarrollo de la regeneración natural y que los diferencian de los procesos de regeneración en ambientes naturales son: el manejo de la vegetación preexistente (pastos, árboles, arbustos, bosques), la dispersión de semillas por animales por el ganado (además de la fauna silvestre) y las practicas de manejo de pastura (manejo de las presiones de pastoreo y la eliminación selectiva de la vegetación mediante practicas de limpieza de potreros especies).

La distribución espacial de la regeneración natural en los potreros es a su vez el reflejo de las interacciones de estos factores naturales y antrópicos. Sin embargo, hasta ahora no se han tratado de evaluar sus efectos para intentar explicar las características espaciales del proceso de regeneración natural en pasturas activas y la variabilidad encontrada a nivel de paisaje. Igualmente a pesar de ser clara la relación entre la degradación de las pasturas debido a manejos inapropiados de establecimiento y explotación de los pastos y la consecuente degradación del suelo en pasturas con largas historias de uso, el efecto de esta degradación sobre la capacidad de regeneración natural de las pasturas no ha sido evaluado.

El presente estudio pretende acceder así a la variabilidad de la abundancia, composición, diversidad, riqueza y distribución espacial de la regeneración natural de árboles en potreros con pastoreo activo del ganado bajo condiciones diferenciadas de composición de pasturas, de manejo (animal y de las pasturas), y con diferentes distancias a fuentes de propágulos en el paisaje. Los resultados de esta investigación esperan dar aportes al conocimiento de los patrones ecológicos de la regeneración natural de árboles en áreas degradadas como los son los potreros activos y sus interacciones con el componente animal (ganado), productivo (ganaderos) y el paisaje.

1.4 BIBLIOGRAFÍA

- Aide, M; Cavalier, J. 1994. Barriers of lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta. *Restoration Ecology* 2(4): 219-229.
- Archer, S. 1995. Herbivore mediation of grass-woody plant interactions. *Tropical Grasslands* 29: 218-235.
- Arnaiz, A.O; Castillo, S; Meave, K; Ibarra, G. 1999. Isolated pasture trees and the vegetation under their canopies in the Chiapas Coastal Plain, Mexico. *Biotrópica* 31(2): 243-254.
- Auspurger, C.K. y Kitajima, K. 1992. Experimental studies of seedling recruitment from contrasting seed distributions. *Ecology* 73 (4): 1270-1484.
- Auspurger, C.K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: A comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology* 72: 777-795.
- Barrios, C.A. 1999. Pastoreo regulado de bostas de ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en potreros. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 127 p.
- Camargo, J.C. 1999. Factores ecológicos y Socioeconómicos que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* ((Ruíz y Pavón) Oken) en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 127 p.
- Cardoso Da Silva, JM; Uhl, C; Murria, G. 1996. Plant succession, landscape management and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology* 10:491-503.
- CATIE (Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación en el desarrollo). 2003. Línea Base del Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, Costa Rica. 28 p. Turrialba, Costa Rica.122 p.
- CATIE (Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación en el desarrollo). 2002. Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- Chambers, J.C; MacMahon; J.A. 1994. A day in the life of a seed: Movements and fates of seed and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25: 263-92.
- Dokrak, M; Utis, K; Hiroshi, T; Tohru, N. 2004. Effects of drought and fire on seedling survival and growth under contrasting light conditions in a seasonal tropical forest. *Journal of Vegetation Science* 15: 691-700.
- Esquivel, M.J. y Calle, Z. 2002. Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión en una localidad de la Cordillera Occidental Colombiana. *Agroforestería en las Américas* 9 (33-34):25-30.
- Ferrandis, P; Herranz, J.M; Martínez-Sánchez, J.J. 1999. Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). *Forest Ecology and Management* 123: 1-10.
- Fleischner, Thomas L. 1994. Ecological costs of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology* 8(3):629-644.
- Gilbert, G.S; Harás, K.E; Hamill, D.N. 2001. Effects of seedling size, El Niño drought, seedling density, and distance to nearest conspecific adult on 6 year survival of *Ocotea whitei* seedlings in Panamá. *Oecología* 127: 509-516.

- González, J. E. y Fisher, R. F. 1994. Growth of native forest species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.
- Guevara, S; Laborde, J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108: 319-338.
- Guevara, S; Meave, J. 1992, Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* 3: 655-664.
- Guevara, S; Purata, E; Van der Maarel, E. 1986, The role of remnant trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* 66: 77-84.
- Harvey C.A; Haber, W.A. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry systems* 44: 37-68.
- Harvey, C.A. 2000. Colonization of agricultural windbreaks by forest trees: effect of conectivity and remnant trees. *Ecological Applications* 10 (6): 1762-1773.
- Holl, K y Lulow, E. 1997. Effects of species, habitat, and distance from edge, on post-dispersal seed predation in a tropical rainforest. *Biotrópica* 29(4): 459-468.
- Holl, K. 1998. Do bird perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? *Restoration Ecology* 6(3): 253-261.
- Holl, K. 1999. Factors limiting tropical seed rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotrópica* 31(2): 229-242.
- Howe, H.F. y Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematic* 13: 201-28.
- Howe, H.F. y Westley, L.C. 1997. Ecology of pollination and seed dispersal. Cap. 9, pág: 262-283 En: *Plant Ecology*. M. J. Crawley (ed.). Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Hutchings, M.J. 1997. The structure of plant populations. Cap. 11, págs. 325-358 En: M. J. Crawley (ed.). *Plant Ecology*. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Janzen, D.H. 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seed pasaje rate and survival in horses, Costa Rican pleistocene seed dispersal agents. *Ecology* 62 (3): 593-601.
- Janzen, D.H. 1982. Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocene dispersal agents. *Oikos* 38: 150-156.
- Mc Donnell, M.J. y Stiles, E.W. 1983. The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. *Oecologia* 56: 109-116.
- Nathan, R. y Muller-Landau, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Tree* 15 (7): 278-285.
- Nepstad, D.C; Uhl, C; Perreira, C.A; Cardoso Da Silva, J.M. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture in a mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* 76: 25-39.
- Parr, C.L; Robertson, H.G; Biggs, H.C; Chown, S.L. 2004. Response of African savanna ants to long-term fire regime. *Journal of Applied Ecology*, 41, 630-642.
- Perry, D.A. 2004. Forest structure and fire susceptibility in Volcanic Landscape of the eastern High Cascades, Oregon. *Consevation biology* (18) No. 4: 913-926.
- Radford, I.J; Nicholas, D.M; Brown, J.R; Críticos, D.J. 2001. Paddock-scale patterns of seed production and dispersal in the invasive shrub *Acacia nilotica* (Mimosaceae) in northern Australian rangelands. *Austral Ecology* 26: 338-348.
- Ress, M. 1997. Seed dormancy. Cap. 7, pág: 214-238 En: M. J. Crawley (ed.). *Plant Ecology*. Blackwell Science Ltd., Oxford.

- Rhoades, C.C; Eckert, G.E; Coleman, D.C. 1998. Effects of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical montane forest restoration. *Restoration Ecology* 6(3): 262-270.
- Robinson, G.R. y Handel, S.N. 1993 Forest restoration on a closed landfill: Rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology* 7(2): 271-277.
- Saavedra, C.J. y Freese, C. 1986. Prioridades biológicas de conservación en los Andes tropicales. *Parques* 1182(3): 8-11.
- Schaller, M; Schroth, G; Beer, J; Jimenez, F. 1999. Control del crecimiento lateral de las raíces de especies maderables de rápido crecimiento utilizando gramíneas como barreras biológicas. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 36-38.
- Setterfield, S.A. 2002. Seedling establishment in an Australian tropical savanna: effects of seed supply, soil disturbance and fire. *Journal of Applied Ecology* 39: 949-959.
- Simón, M; Ibrahim, M; Finegan, B; Pezo, D. 1997. Efectos del pastoreo bovino sobre la regeneración de tres especies arbóreas comerciales del chaco argentino: un método de protección. *Agroforestería en las Américas* 5 (17-18).
- Smith, J.R; Whitehead, P.J; Cook, G.D; Hoare, J.L. 2003. Response of eucalyptus dominated savanna to frequent fires: lessons from munmarlary. 1973-1996. *Ecological Monographs*, 73(3): 349-375.
- Somariba, E. y Beer, J. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. III. Producción de leña. *Turrialba* 35 (4): 333-338.
- Somarriba, E. 1995. Guayaba en potreros: establecimiento de cercas vivas y recuperación de pasturas degradadas. *Agroforestería en las Américas* 2 (6): 27-29.
- Sork, V.L. 1987. Effects of predation and light on seedling establishment in *Gustavia superba*. *Ecology* 68(5): 1341-1350.
- Toh, I; Gillespie, M; Lamb, D. 1999. The role of isolated trees in facilitating tree seedling recruitment at a degraded sub-tropical rainforest site. *Restoration Ecology* 7(3): 288-297.
- Traba, J.; Levassor, C; Begoña, P. 2003. Restoration of species richness in abandoned mediterranean grasslands: seeds in cattle dung. *Restoration ecology* 11 (3): 378-384.
- Uhl, C; Busbacher, R; Serrao, A.S. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. *Journal of Ecology* 76: 633-681.
- Vásquez – Yañez, C; Orozco-Segovia, A; Rincón, E; Sánchez-Conrado, M.E; Huante, P; Toledo, J.R. y Barradas, V.L. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology* 71: 1952-1958.
- Villafuerte, L; Arce, J; Ibrahim, M. 1999. Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 54-56.
- Waidyanatha, U.P. De S.; Wijesinghe, D.S.; Stauss, R. 1981. Zero-grazed pasture under immature *Hevea rubber*. 1. Productivity of some grasses and grass-legume mixtures and their competition with *Hevea*. *Alawata (Sri Lanka)*, 1981. 27p.
- Wood, D.M. y Morris, W.F. 1990. Ecological constrains to seedling establishment on the pumice Plains, Mount St. Helens, Washington. *Am. Journal of Botany* 77: 1411-18.

2. CAPÍTULO I: Esquivel, M. J. 2005. Caracterización de la regeneración natural de árboles y arbustos en potreros bajo ganadería activa, en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua

Palabras claves: abundancia, bosque seco, composición de especies, diversidad, juveniles, plántulas, riqueza.

RESUMEN

Se evaluó la abundancia, riqueza, diversidad y composición de plántulas, juveniles y adultos de árboles y arbustos en 46 potreros activos en el municipio de Muy Muy, Nicaragua con el objetivo de aportar al conocimiento de las dinámicas de regeneración natural de las especies arbóreas presentes en estas áreas y su interacción con las actividades de manejo realizadas por los productores. Se establecieron un total de 835 parcelas circulares de 7 m² para el monitoreo de plántulas (altura < 30 cm), 441 cuadrantes de 400 m² (20 x 20 m) para juveniles (altura>30 cm y dap < 10 cm) y 46 parcelas de 1 ha (100 x 100 m) para árboles y arbustos adultos (dap > 10cm).

Se encontraron un total de 6378 plántulas, 5698 juveniles y 1769 adultos de árboles y arbustos pertenecientes 85 especies. En media hectárea de potrero fue posible encontrar un promedio de 5446 plántulas (56 especies), 177 juveniles (22 especies) y 40 árboles adultos (10 especies). La riqueza y diversidad de especies fue similar en los tres estadios de desarrollo. Sin embargo la distribución de las abundancias por especie fue más heterogénea en plántulas y juveniles que en adultos. Esto indica que existen mayores presiones de selección sobre los estados iniciales de la regeneración natural en potreros activos que sobre los árboles adultos. Las especies presentaron diferentes capacidades para mantener sus poblaciones en los potreros activos. Una importante proporción de especies regenera activamente en los potreros; estas fueron especies pioneras, colonizadoras de áreas perturbadas de bosque seco, y especies dispersadas principalmente por el ganado y con usos para los productores. Las especies con regeneración natural limitada, en cambio, fueron especies principalmente con dispersión zoocora (aves, murciélagos), especies remanentes de bosque, especies sin fuentes de propágulos dentro de los potreros o especies sin individuos en las primeras etapas de desarrollo. La riqueza y diversidad de la regeneración natural en estos potreros con manejo extensivo fue mayor a la encontrada en potreros con manejo intensivo de la ganadería en la región centroamericana.

Estos resultados indican que existe un alto potencial para el manejo de la regeneración natural de árboles y arbustos en estos potreros. Sin embargo, si se continúa con el manejo actual es probable a largo plazo que esta riqueza y diversidad disminuyan gradualmente con la pérdida de las especies con regeneración limitada y la marcada dominancia de especies que regeneran fácilmente en estos potreros. De este modo se evidencia que el mantenimiento de la riqueza y diversidad de la regeneración natural de la cobertura arbórea en los potreros activos depende de las características ecológicas de cada especie y del manejo de los productores a cada una de las etapas de desarrollo de las diferentes especies.

Esquivel, M. J. 2005. Characterization of natural regeneration of trees and shrubs in active pastures in the municipality of Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua

Keywords: abundance, diversity, dry forest, richness, seedlings, saplings, species composition.

ABSTRACT

The abundance, richness, diversity and composition of seedlings, saplings and adult trees and shrubs were evaluated in 46 pastures in the Muy Muy municipality, Nicaragua in order to contribute to our knowledge of the dynamics of natural regeneration of tree species present in this area and its interaction with management activities carried out by the producers. A total of 835 circular plots measuring 7 m² were established for seedlings (height < 30 cm), 441 quadrants measuring 400 m² (20 x 20 m) for saplings (height > 30 cm and dbh < 10 cm) and 46 plots measuring 1 ha (100 x 100 m) for adult trees and shrubs (dbh > 10 cm).

A total of 6378 seedlings, 5698 saplings and 1769 adult trees and shrubs were found belonging to 85 species. On a half-hectare of pastureland, an average of 5446 seedlings (56 species), 177 saplings (22 species) and 40 adult trees (10 species) were found. The richness and diversity of species were similar for all stages of development. However, the distribution of species abundance was more heterogeneous in seedlings and saplings than in adult trees and shrubs. This indicates that there is greater selection pressure on the initial stages of natural tree and shrub regeneration in active pastures, compared to adult trees. The species showed different capabilities of maintaining their populations in active pastureland. An important proportion of species regenerate actively in pastures; these species are pioneer species, colonizers of disturbed dry forest areas, dispersed mainly by livestock and found useful by producers. The species with a limited natural regeneration in this area were mainly species with zoochorous dispersal (birds and bats), remnant tree species, species lacking seed sources or species without individuals in the first stage of development. The richness and diversity of regeneration of these pasturelands with extensive management was higher than pasturelands with intensive management in Central America.

These results indicate the high potential for management of natural regeneration of trees and shrubs in active pasturelands. However, if the current management practices are maintained, the tree diversity and richness will gradually decrease due to the loss of those species with limited regeneration capabilities and the dominance of species that easily regenerate within pastures. Therefore, the maintenance of high diversity and richness of natural regeneration of tree cover in pastures depends on the ecological characteristics of each species and on the management carried out by producers on each stage of development of the different tree and shrub species.

2.1 INTRODUCCIÓN

La pérdida de los bosques en Centroamérica ha estado fuertemente ligada a la colonización agrícola y pecuaria (Kaimowitz 1996). El 30% de Centroamérica se encuentra hoy cubierta por pastos como resultado de los procesos de roza, tumba y quema de bosques, el establecimiento de pasturas después de algunos períodos de cultivos agrícolas y la expansión de la ganadería extensiva (Szott *et al.* 2000). La deforestación y la expansión de pasturas en Nicaragua han alcanzado las 13 millones de hectáreas (Pomareda 1998). Los paisajes de municipios principalmente ganaderos como Muy Muy presentan bajos porcentajes de cobertura de bosques y tacotales, y aproximadamente la mitad de su superficie cubierta con pastos naturales ó sembrados, evidenciando alta pérdida y fragmentación de bosques naturales (Censo Agropecuario 2001). En estos agropaisajes con una matriz dominante de pasturas, la cobertura arbórea se limita a los árboles aislados en los potreros, cercas vivas, y en el mejor de los casos, bosque riparios y pequeños fragmentos de bosque (Harvey *et al.* 2003).

La degradación de las pasturas, el manejo inapropiado del ganado y manejo extensivo de los potreros ha propiciado que la producción ganadera de esta región sea limitada por la escasez de forraje durante la época seca (Zamora *et al.* 2001). Por otro lado, la inestabilidad de los mercados de la leche y la carne y la poca sostenibilidad de los sistemas convencionales de producción ganadera, han creado la necesidad de buscar alternativas para diversificar, y hacer rentables y sostenibles las fincas ganaderas sin el deterioro del medio ambiente (Esquivel *et al.* 2003). Ante estas necesidades, los árboles presentes en los potreros pueden constituir una importante fuente de servicios tanto para los sistemas productivos (Ibrahim y Pezo 1998) como para la conservación de la biodiversidad (Harvey y Haber 1999).

El aporte de los componentes arbóreos dentro de las áreas de pastoreo puede ser maximizado mediante el diseño y establecimiento de sistemas silvopastoriles con diversos fines como la madera, y la alimentación animal o el doble propósito (bienestar y alimentación animal) (Ibrahim y Pezo 1998). Sin embargo, la conversión de sistemas tradicionales hacia sistemas silvopastoriles requiere superar desafíos relacionados con la implantación de árboles en pasturas ya establecidas. Estrategias como el retiro animales por largos períodos para el establecimiento de los árboles o la construcción de cercas de protección para el establecimiento de los plántones, son en la mayoría de los casos practicas inviables, debido a la limitación de las actividades ganaderas y la inversión exigente de recursos económicos y mano de obra (Viana *et al.* 2001). El manejo de la regeneración natural de especies arbóreas en pasturas activas se perfila como una estrategia viable que permite conciliar la implantación de sistemas silvopastoriles y la continuidad de la actividad ganadera.

Ante esta creciente importancia del mantenimiento de los componentes arbóreos en los paisajes agropecuarios y de los servicios que estos pueden ofrecer a los sistemas productivos de las fincas ganaderas, algunos estudios han caracterizado la composición y riqueza de los árboles presentes en los potreros activos (Guevara *et al.* 1994, Harvey y Haber 1999, Souza de Abreu *et al.* 2000, Esquivel *et al.*

2003). Algunos autores han evaluado las capacidades de estos componentes para aumentar la diversidad fuera del bosque mediante la retención de epifitas y el cambio de las condiciones microclimáticas de las pasturas favoreciendo la abundancia y riqueza de plántulas arbóreas bajo sus doseles (Harvey *et al.* 2003, Guevara y Laborde 1993). Otros autores han registrado la utilidad que los productores ganaderos dan a estas especies arbóreas de sus fincas (Zamora *et al.* 2001), mientras que pocos estudios han evaluado la regeneración natural de especies arbóreas dentro de potreros activos, aunque enfocándose solamente en las primeras etapas de su desarrollo como plántulas (Esquivel y Calle 2003, Arnaiz *et al.* 1999).

Otros estudios han abordado de forma independientemente algunos factores que influyen en la regeneración natural de especies arbóreas en potrero activos. Estos han sugerido que los árboles remanentes de bosque en pasturas no son capaces de regenerarse en estas áreas (Janzen 1988), mientras que otras especies que son dispersadas por el ganado regeneran activamente en estas áreas (Somarriba 1985, Janzen 1991). Y sugieren además, que las condiciones de los suelos y la competencia con los pastos determinan la regeneración natural de especies arbóreas dentro de los potreros (Camargo 1999). Todos estos factores coinciden dentro de los potreros moldeando la riqueza, abundancia, diversidad y composición de especies de árboles y arbustos dentro de potreros activos. Sin embargo pocos estudios han abordado la descripción de algunas de estas características de la cobertura arbórea adulta en estas áreas (Esquivel *et al.* 2003, Cajas-Giron y Sinclair 2001, Harvey y Haber 1999, Souza de Abreu *et al.* 2000) y sin tener en cuenta sus estados iniciales en la regeneración natural como plántulas y juveniles.

Adicionalmente, se reconoce que la cobertura arbórea en los potreros suele presentar alta variabilidad dependiendo tanto de la historia de deforestación de los agropaisajes como del manejo actual de las áreas de producción (Villacís *et al.* 2003). También se ha reportado que los árboles aislados presentes en pasturas activas pueden representar hasta el 60% de las especies presentes en la región entre árboles remanentes de bosque y el resultado de la regeneración natural (Harvey y Haber 1999), y que las decisiones de los productores pueden tener importante influencia sobre la regeneración de especies colonizadoras de potrero (Camargo 1999). Sin embargo, existe poca información sobre las dinámicas actuales de la regeneración natural de las diferentes especies arbóreas presentes en potreros bajo pastoreo continuo (potreros activos) y su interacción con las diferentes actividades ganaderas realizadas en una localidad.

Es necesario evaluar la composición, riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad arbórea y su variabilidad en diferentes estados de desarrollo (plántulas, juveniles y adultos) de la regeneración natural dentro de potreros activos. Su caracterización permitiría entender las dinámicas de la comunidad arbórea presente en potreros activos con las interacciones de manejo de estas áreas y la potencialidad de diferentes especies para mantener sus poblaciones mediante la regeneración natural. Aunque la metodología ideal para la identificación de estas dinámicas es el establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes en variados intervalos de tiempo (Synnott 1991), el muestreo en un tiempo dado de diferentes tallas de crecimiento como adultos, juveniles y plántulas, puede proveer una primera

aproximación de la estructura, la composición de especies, las dinámicas de regeneración, las capacidades de colonización de diferentes especies en áreas perturbadas y los recursos disponibles para el manejo de la regeneración arbórea en estas áreas.

El presente trabajo pretende caracterizar la composición, riqueza, abundancia, diversidad y las estrategias de dispersión de plántulas, juveniles, adultos de árboles y arbustos presentes en potreros activos del municipio de Muy Muy. El conocimiento de las dinámicas de regeneración de las especies arbóreas en estos potreros permitirá evaluar la potencialidad de los potreros activos para mantener una menor o mayor diversidad arbórea del a través de manejo de la regeneración natural mediante la identificación de:

- especies con regeneración activa o limitada en potreros activos
- factores limitantes de la regeneración de las diferentes especies
- influencia del manejo actual sobre cobertura arbórea de los potreros
- la proporción de especies arbóreas presentes fuera de los bosques en agropaisajes

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar al conocimiento de las dinámicas de regeneración natural de árboles y arbustos en poteros activos de fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de árboles adultos y juveniles presentes en los poteros activos de fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.
2. Determinar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de árboles y arbustos presentes como plántulas los poteros activos de fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.
3. Caracterizar los patrones de regeneración de las especies de árboles y arbustos presentes como árboles adultos, juveniles y plántulas mediante sus estrategias de dispersión en los poteros activos de fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 ÁREA DE ESTUDIO

2.3.1.1 Ubicación geográfica

El presente estudio se llevó a cabo en fincas ganaderas del municipio de Muy Muy en el departamento de Matagalpa en Nicaragua, en las que actualmente se desarrollan actividades del proyecto Pasturas Degradadas CATIE/NORAD. El departamento de Matagalpa se encuentra ubicado entre los 12° 31' y 13° 20' de Latitud Norte, y los 84° 45' y 86° 15' de Longitud Oeste. Limita al norte con Jinotega, al este con las dos Regiones Autónomas, al sur con los departamentos de Managua y Boaco, y al oeste con Estelí y León. Matagalpa hace parte de la Región Central de Nicaragua, siendo uno de los departamentos más extensos y poblados del país, donde la población rural representa la mayor parte con 64% y mientras que en el área urbana se concentra sólo el 36 % (Censo 2001).

El municipio de Muy Muy, con una población de 3600 habitantes, se ubica entre las coordenadas geográficas de 85°45' - 85°30' longitud este y entre los 12°50' -12°40' latitud norte, cubriendo un área de 110 km². Situados a 55 y 35 km al este esta zona, se encuentran dos reservas naturales de interés nacional: Los Cerros Musún y Quiroga (CATIE - NORAD 2002).

La topografía del terreno en que se ubica Muy Muy, presenta 32% de terrenos planos, 41.0% en terrenos ondulados y 27% terrenos quebrados. Entre Muy Muy, Esquipulas, San José de los Remates y Boaco se localiza un nudo montañoso cuyos puntos culminantes son los cerros de Santa María (1,183 m), El Padre (1,107 m) y Cumaica (1,181 m) en el límite con Matagalpa. En este macizo montañoso el clima fresco y húmedo favorece al cultivo del café, mientras que en las zonas bajas u onduladas del municipio se encuentran enclaves secos y calidos dedicados a la producción ganadera (INEC 2003). La hidrografía del Municipio pertenece a la cuenca del río grande de Matagalpa, la cual se inicia a partir de la desembocadura del río Yaguare en el río grande de Matagalpa donde inicia el limite de Muy Muy con el Municipio de Esquipulas, la mayoría de los ríos de importancia del Municipio pertenecen a la subcuenca del río Compasagua.

El ecosistema de la región se clasifica como trópico semi-húmedo en transición entre zona seca y zona húmeda. En Muy Muy la precipitación anual promedio es de 1576 mm año⁻¹, con irregularidad de los regimenes de lluvias (años muy secos cada 6 a 8 años seguidos por periodos trianuales de inviernos normales o buenos) (CATIE - NORAD 2002) y temperatura promedio de 24,5°C (Anónimo 2001).

2.3.1.2 Actividades agropecuarias

La población rural de Matagalpa se dedica a variadas actividades agropecuarias, como el café en las zonas montañosas, la ganadería en el valle del Río Grande, y granos básicos y otros productos tropicales, incluyendo hortalizas, en valles y regadíos como el de Sébaco (Censo Agropecuario 2001). Sin embargo, las actividades ganaderas ocupan en la actualidad el 50% del territorio Matagalpeño.

En los últimos 38 años el incremento de los pastos naturales en Matagalpa fue del 71% mientras que los bosques presentaron una reducción del 207% en su área de cobertura (Censo Agropecuario 2001). Actualmente, el municipio de Muy Muy presenta bajos porcentajes de cobertura de bosques y tacotales (5% y 10% respectivamente) evidenciando alta pérdida y fragmentación de bosques naturales. La mitad de su superficie (53%) esta cubierta con pastos naturales (no sembrados) y el 22 % de pastos cultivados ó sembrados (pastos mejorados como *Brachiaria spp.* y *Cynodon nlemfuensis*). Así, Muy Muy es el municipio con mayor cobertura de pastos (cultivados y naturales) de Matagalpa (73%), seguido por Matiguás (71%) y Río Blanco (69%) (Cuadro 1).

Los indicadores de las explotaciones bovinas muestran que Muy Muy es el tercer municipio con mayor población bovina del Matagalpa, albergando el 9% del ganado del departamento y un promedio de 39.6 cabezas por unidad de explotación agropecuaria (EA), superado solo por Matiguás con un promedio de 50.5 cabezas de ganado bovino por EA. El área promedio aproximado de las fincas de la localidad es de 40 has. La mayoría de las fincas de los productores ganaderos en Muy Muy tienen entre 6 y 10 potreros en sus fincas y apartos de 3-6 has. El promedio de carga animal en el municipio es de 1.08 UA ha⁻¹. La eliminación de malezas se realiza mediante chapias, quemas y herbicidas (Línea Base CATIE-NORAD 2003).

Cuadro 1. Distribución del uso del suelo en los principales municipios ganaderos de Matagalpa, Nicaragua. Porcentaje (%) de la superficie total (mz) por cobertura y por municipio.

Municipios	Rancho Grande	Río Blanco	Matiguás	Muy Muy
Superficie (mz)	68382	78852	187179	48346
Cultivos anuales o temporales (%)	15	10	7	6
Cultivos permanentes y semi-permanentes (%)	9	3	2	3
Tierras en descanso/tacotales (%)	24	11	13	10
Pastos naturales (%)	13	67	49	53
Pastos cultivados o sembrados (%)	22	2	22	20
Bosques (%)	13	5	5	5
Otras tierras (%)	4	2	2	3

Tomado de: Censo Agropecuario de Matagalpa, 2001.

2.3.2 ÁREAS DE MUESTREO Y ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS

Las áreas de muestreo fueron potreros con pastoreo activo de ganado doble propósito localizados en 17 fincas del municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua, cuyos productores formaron parte del grupo de beneficiarios del proyecto Pasturas Degradadas CATIE –NORAD. Se seleccionaron 46 potreros con diferente cobertura de pastos y condición de historia de quema con el objetivo de realizar una evaluación de estas condiciones sobre la composición, riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos presentes en los potreros (Capítulo 2). Los tres tipos de pasturas incluyeron potreros con pastos *Brachiaria spp.* (n=15), pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* y *Cynodon dactylon* (n=13) y con mezcla de gramas nativas o pastos naturalizados (n=18) como *Paspalum spp.*

Los potreros seleccionados se localizaron en la porción baja del municipio (200 a 400 m.s.n.m), que constituye el área de mayor concentración de la ganadería municipal, representada en su mayor parte por planicies de pendientes intermedias y en menor proporción por planicies de inundación o vegas de ríos. El diseño de muestreo consistió en parcelas circulares (PC) de 1.5 m de radio (7m²) establecidas con distancias de 20 m para el muestreo de plántulas, parcelas cuadradas (PC) de 20 x 20 m (400 m²) para el muestreo de plantas juveniles (brinzales y latizales) y parcelas (P) de 10 000 m² (1 hectárea) para el muestreo de árboles y arbustos adultos en cada uno de los 46 potreros seleccionados. En cada tipo de parcelas, todos los árboles y arbustos fueron categorizados de acuerdo a su talla de crecimiento para su muestreo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Categorías de crecimiento, tamaño, área y número de parcelas por potrero y área promedio por potrero en el muestreo de la vegetación arbórea en potreros de Muy Muy, Nicaragua.

Categorías	Talla de crecimiento	Parcelas			Área promedio /potrero (m ²)
		Tamaño (m)	Área (m ²)	Promedio/ potrero	
Plántulas	0.1 m ≥ h ≤ 0.3 m	radio =1.5	7	18	126
Juveniles	0.3 > h + dap ≤ 10 cm.	20 x 20	400	10	4000
Adultos	dap > 10 cm.	100 x 100	10000	1	10000

*h=altura de la planta; dap=diámetro a la altura del pecho.

El conjunto de parcelas de muestreo fue ubicado en el centro del potrero, procurando abarcar una misma topografía para todas las parcelas. Las parcelas circulares (PC) se establecieron cada 20 metros formando cuadrículas en un área de 60 x 80 m. Las PC constituyeron los vértices de las parcelas cuadradas (C) de 20 x 20 m establecidas de forma consecutiva. El centro de este grupo de parcelas constituyó a su vez el centro de la parcela de 1 ha (P) (Figura 1). Las diferencias de área y forma entre los potreros seleccionados no permitió mantener un mismo número de PC y C en todos los potreros e hizo necesario cambiar las dimensiones de la parcela P para mantener el muestreo de 1 ha para árboles adultos en todos los potreros (Cuadro 3).

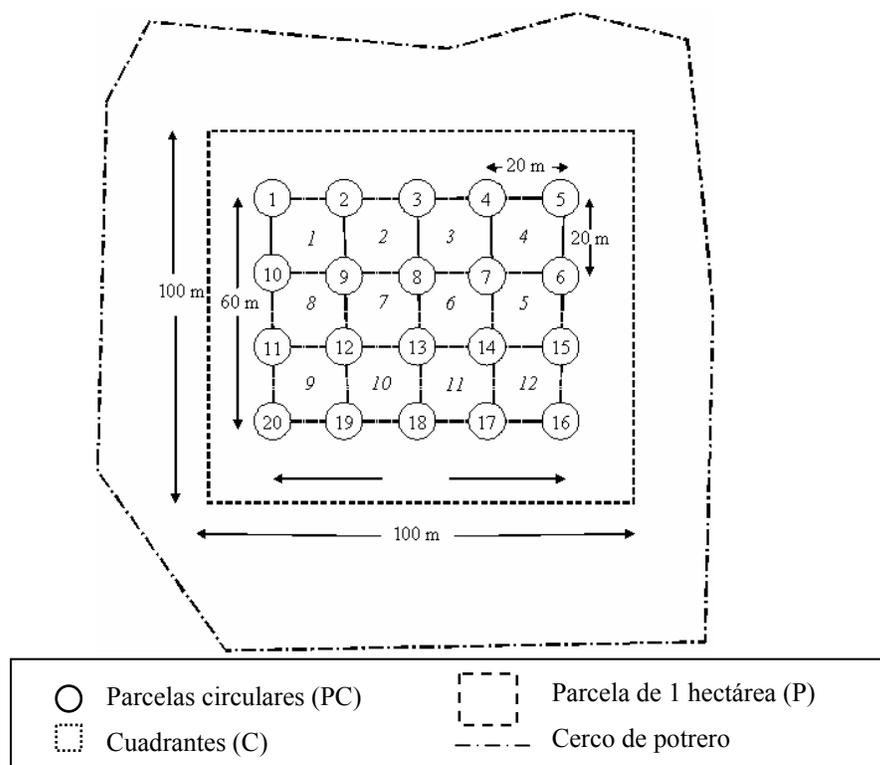


Figura 1. Número y distribución espacial esquematizada de las parcelas de muestreo de vegetación arbórea (PC para plántulas, C para juveniles y P para adultos) dentro potreros de Muy Muy, Nicaragua.

Cuadro 3. Número promedio de parcelas y área total de muestreo de árboles y arbustos en potreros del municipio de Muy Muy, Nicaragua.

Categorías	Parcelas		E.E.	Mín.	Máx.	No. total parcelas	Área total (ha)
	Tipo	No. promedio /potrero					
Plántulas	PC	18	0,52	7	20	835	0,6
Juveniles	C	10	0,41	3	12	441	18,0
Adultos	P	1	0,00	1	1	46	46,0

2.3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE ARBUSTOS Y ÁRBOLES

Entre los meses de mayo y julio del 2004, se muestrearon todas las plántulas, juveniles (brinzales y latizales) y adultos de arbustos y árboles encontrados en las parcelas establecidas en los 46 potreros seleccionados, pertenecientes a 17 fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Se colectaron muestras vegetales para la identificación taxonómica de cada una de las especies encontradas en las parcelas de muestreo. La identificación se llevó a cabo con la colaboración del Herbario de la Universidad de Nicaragua y de la botánica Dalia Sánchez. Los especímenes colectados reposan en este herbario y en las oficinas del proyecto Pasturas Degradadas CATIE –NORAD en Muy Muy, con su respectiva identificación taxonómica.

Para cada uno de los individuos encontrados en cada parcela de muestreo (PC, C, P) se tomaron datos de especie, altura total (m) y diámetro del tronco a la altura a del pecho o dap (cm). Los datos obtenidos en cada una de las parcelas de un potrero se agruparon para obtener un único valor para cada tipo de parcela (PC, C, P) por potrero. Con estos datos se calcularon: abundancia total (numero de individuos de todas las especies), abundancia específica (numero de individuos por especie), abundancia relativa (porcentaje del número de individuos de una especie respecto al total de individuos), la frecuencia (numero de potreros en los cuales se encontró una especie), frecuencia relativa (porcentaje del número de potreros en los que se encontró una especie respecto al total de individuos en cada etapa de desarrollo), el área basal (suma de las áreas basales de los individuos adultos de una especie), la dominancia relativa (porcentaje del área basal de una especie respecto la suma de todas las áreas basales de todas las especies), la riqueza (numero de especies), y la presencia -ausencia de las diferentes especies en las tres categorías de la regeneración natural (plántulas, juveniles y adultos) de árboles y arbustos para cada potrero (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variables calculadas por especie para la caracterización de la vegetación arbórea en los potreros de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

Variable	Unidades	Calculo	Interpretación
abundancia total	individuos/área	\sum individuos especie i...n en los 46 potreros	Numero de individuos presentes en el área específica
abundancia especie i	individuos/área	\sum individuos especie i en los 46 potreros	Numero de individuos de la especie i en el área específica
abundancia relativa especie i	%	(abundancia especie i/ abundancia total) x 100	Contribución de individuos de la especie i a la comunidad
frecuencia total	no. potreros	no. potreros evaluados	Numero de potreros evaluados en el área específica
frecuencia especie i	no. potreros	\sum no. potreros en que se encuentra la especie i	Que tan común o rara es la especie i en la comunidad
frecuencia relativa especie i	%	(frecuencia especie i/ frecuencia total) x 100	Que tan frecuente es encontrar a la especie i en la comunidad.
área basal*	cm ²	circunferencia tronco ² (cm.)/4 π	Variable asociada al volumen de la especie i
dominancia total*	cm ² / 46 ha	\sum área basal especie i...n	Volumen de todas las especie en el área de muestreo
dominancia especie i*	cm ² / 46 ha	\sum área basal especie i	Volumen de la especie i en el área de muestreo
dominancia relativa especie i*	%	(dominancia especie i/ dominancia Total) x 100	Aporte de la especie i al área basal de la comunidad

* Variables solo calculadas para individuos adultos (dap > 10 cm).

Utilizando el programa Estimates V 7 (Colwell 1997) y las abundancias específicas de plántulas, juveniles y adultos de árboles y arbustos por potrero, se calculó el número acumulado de especies por unidad de área y se construyeron curvas de acumulación de especies para cada categoría de desarrollo. Estas curvas permitieron visualizar el aumento de la riqueza respecto al aumento de área de muestreo. Igualmente para caracterizar la abundancia de la regeneración natural por unidad de área, se identificó el número de individuos acumulado en un área de muestreo comparable entre los tres estados de desarrollo

(0,5 has) utilizando las curvas de acumulación (Magurran 2003, Moreno 2001). Con este mismo programa se estimó la riqueza total de especies para cada categoría de desarrollo de árboles y arbustos en los potreros utilizando los estimadores de riqueza no paramétricos Jackknife de primer orden (Jack 1), Chao 1, Chao 2, y los estimadores de riqueza basados en cobertura y abundancia ICE y ACE. Utilizando el número de especies estimado (valor esperado) y la riqueza registrada en el muestreo (valor observado) fue posible obtener un porcentaje del esfuerzo de muestreo para cada categoría de desarrollo (Moreno 2001).

Los índices de diversidad de Shannon y de Margalef, el índice de dominancia de Simpson, y el índice de equitatividad (Evenness) fueron calculados para cada categoría de desarrollo de arbustos y árboles por potrero utilizando el programa Species Diversity & Richness V 3.0 (Henderson y Seaby 2002). Los valores promedios obtenidos para cada etapa de desarrollo por potrero fueron comparados mediante Andeva utilizando el programa InfoStat (2004).

Utilizando también el programa Species Diversity & Richness V 3.0 (Henderson y Seaby 2002) se evaluó el ajuste de las abundancias y frecuencias específicas a modelos de distribución de abundancia como serie geométrica, logaritmo normal, logaritmo normal truncado y barra quebrada. Con base en los modelos de distribución al cual se ajustaron los datos y los octavos de esta distribución, este programa calcula los límites inferiores y superiores de los rangos distribución. El número de rangos o categorías solicitado fue de cuatro tanto para la distribución de abundancia (abundantes, comunes, escasa, raras) y de frecuencia (frecuente, común, ocasional, rara). Para cada categoría de abundancia y frecuencia se registró el número de especies presentes en cada estado de desarrollo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Categorías de distribución de abundancia y de frecuencias determinadas para las especies de plántulas, juveniles y adultos de árboles y arbustos en potreros de Muy Muy, Nicaragua.

Categorías de abundancia	Rango de abundancia (individuos)	Categorías de frecuencia	Rango de frecuencia (potreros)
Raras	1 - 2,5	Raras	1 - 2,5
Escasas	2,6 - 8,5	Ocasional	2,6 - 8,5
Comunes	8,6 - 64,5	Comunes	8,6 - 16,5
Abundantes	64,6 - 128,5	Frecuente	16,6 - 46,5

Con los valores medios de la abundancia y la frecuencia específicas por potrero se construyeron curvas de rango abundancia para cada estado de desarrollo. También se construyó una curva de rango abundancia con el área basal por especie obtenido para árboles adultos con el fin de visualizar las especies con mayor dominancia relativa en los potreros evaluados.

Con la abundancia y frecuencia relativas de cada especie, se calculó el índice de valor de importancia para cada especie y en cada estado de desarrollo. El índice de Importancia (IVI) conjuga en un único parámetro la abundancia, frecuencia y dominancia relativas para cada especie, por lo que se utilizó para cuantificar la importancia ecológica de cada especie en los potreros y compararla entre los

diferentes estados de desarrollo (Mongue 1999). El IVI se calcula como la suma de estos tres valores relativos. Las especies con los valores mas altos de IVI son presentados para cada estado de desarrollo. El IVI simplificado (IVIs) se utilizó para cuantificar el valor de importancia ecológica para los estados de juveniles y plántulas en los cuales no se tomaron datos de diámetro de sus tallos en campo.

Con la descripción morfológica de los frutos descrita en la flora de Nicaragua (1995-2003) para cada una de las especies encontradas en cada categoría, se determinaron las estrategias de dispersión más importantes para las especies en las áreas de potrero (Cuadro 6). Los porcentajes del número de especies y del número de individuos por estrategia de dispersión en cada etapa de desarrollo, se utilizaron para comparar las estrategias de dispersión más representadas en cada etapa de desarrollo de la regeneración natural de árboles y arbustos en potreros.

De igual forma, la afinidad de hábitat y el uso potencial de cada una de las especies (Flora de Nicaragua 1995-2003, Cordero y Boshier 2003), fue utilizada para describir el porcentaje de especies comunes a diferentes tipos de bosque, el tipo de hábitat habitual y su uso potencial.

Cuadro 6. Características de frutos y vectores de dispersión de semillas utilizado para identificar el tipo de dispersión de las especies de árboles y arbustos presentes en los 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Fruto	Descripción	Semillas	Vector	Dispersión
cápsula	dehiscente/indehiscente	con o sin arilo	animales silvestres	Zoo
	dehiscente/carpelos inflados	alas	viento	An
	dehiscente/tri-carpelar	sin arilo	planta madre	Au
baya	carnosa	sin arilo	animales silvestres, ganado	Zoo-An-Mam
	seca	con arilo	animales silvestres	Zoo
drupa	carnosa, indehiscente	sin arilo	animales silvestres, ganado	Zoo-An-Mam
	resinosa, dehiscente	sin arilo	animales silvestres	Zoo
legumbre	secas, indehiscentes	sin arilo	planta madre, ganado	Au-Mam
		con arilo	animales silvestres, ganado	Zoo-Mam
	secas dehiscentes	sin arilo	planta madre, ganado	Au-Mam
		con arilo	animales silvestres, ganado	Zoo-Mam
higo	carnoso	-	animales silvestres	Zoo
coco	seco	-	planta madre	Au
nuez	seco	partes florales	viento	An
	carnoso	-	animales silvestres, ganado	Zoo-Mam
calabazo	seco	-	planta madre, animales silvestres, ganado	Au-Zoo-Mam
sámara	seco	alas	viento	An

*Zoo= zoocoria; An= anemocoria; Au= autocoria; Mam=mamalocoria.

2.4 RESULTADOS

2.4.1 RIQUEZA

Se encontraron un total de 1769 adultos, 5698 juveniles y 6378 plántulas pertenecientes a 36 familias, 68 géneros y 85 especies arbóreas en los 46 potreros activos evaluados en Muy Muy, Nicaragua. El número de familias, géneros y especies de árboles y arbustos fueron similares en los tres estados de desarrollo. Se encontraron entre 60 y 72 especies arbóreas pertenecientes de entre 41 y 52 géneros, y entre 24 y 28 familias en los tres estados de desarrollo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies registrados en los tres estados de desarrollo de árboles y arbustos en 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

Estado	Talla	No. parcelas	Área (ha)	No. familias	No. géneros	No. especies
Adultos	dap > 10 cm	46	46,0	28	52	72
Juveniles	0,3 > a y dap ≤ 10 cm	441	17,6	31	50	70
Plántulas	0,1 m ≥ a ≤ 0,3	835	0,6	24	41	60

**dap= diámetro a la altura del pecho; a= altura total.*

La familias, géneros y especies presentes en cada uno de los tres estados de desarrollo también fueron similares. El 58% de las familias (21 familias), y el 44% de los géneros y de las especies (30 géneros y 37 especies) estuvieron presentes en los tres estados de desarrollo (Cuadro 8). Mimosaceae y Bignoniaceae fueron familias bien representadas tanto a nivel de especies como de individuos en los tres estados de desarrollo. Otras familias importantes fueron Fabaceae, Sterculiaceae, Borriginaceae y Caesalpiniaceae.

Sin embargo, el grupo de familias más ricas (con mayor número de especies) y abundantes (con mayor número de individuos) para las plántulas de árboles y arbustos se diferenció de grupo de familias ricas y abundantes como juveniles y adultos. Entre las plántulas de árboles y arbustos, las familias con mayor número de especies para fueron Mimosaceae, Fabaceae y Bignoniaceae, y las familias con un mayor número de individuos fueron Borriginaceae, Bignoniaceae y Mimosaceae; mientras que las familias más ricas y abundantes tanto para juveniles y como adultos fueron Mimosaceae, Sterculiaceae y Bignoniaceae.

Entre los árboles y arbustos adultos, Mimosaceae, Fabaceae, Bignoniaceae y Borriginaceae representaron el 32% de las especies y el 46% de los individuos; mientras que 14 familias representaron el 47% de las especies, 10 familias estuvieron representadas por una única especie (14%), y 54% de los individuos representaron las 24 familias restantes. Entre los árboles juveniles, Mimosaceae, Fabaceae y Bignoniaceae representaron el 24% de las especies. Otras 13 familias estuvieron representaron el 47% de las especies y 15 familias fueron monoespecíficas (21% de las especies). Solo Mimosaceae representó en esta etapa el 34% de los juveniles presentes en los potreros. Sterculiaceae, Bignoniaceae y Fabaceae

representaron un 39% adicional del total de individuos, mientras que 27 familias se encontraron representadas en solo 27% de los juveniles (Cuadro 8).

Para las plántulas de árboles y arbustos, Fabaceae, Mimosaceae y Caesalpiniaceae representaron 27 % del total de especies. Ocho familias representaron 37% de las especies y 14 familias estuvieron representadas por una única especie (familias monoespecíficas) (23%). Solo Borragináceae representó el 43% del total de individuos, seguida de Bignoniaceae (13%), Mimosaceae (12%) y Fabaceae (11%). En contraste, 21% del total de individuos representaron un total de 20 familias (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número y porcentaje de especies para las familias registradas en los tres estados de desarrollo evaluadas en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Familias	Adultos				Juveniles				Plántulas			
	spp.	% spp.	ind.	% ind.	spp.	% spp.	ind.	% ind.	spp.	% spp.	ind.	% ind.
Anacardiaceae	3	4	45	3	1	1	31	1	1	2	38	1
Anonaceae	2	3	13	1	2	3	29	1	2	3	3	0
Apocynaceae	1	1	4	0	1	1	2	0	1	2	5	0
Areaceae	1	1	1	0	1	1	79	1	1	2	12	0
Bignoniaceae	4	6	234	13	4	6	755	13	2	3	810	13
Bixaceae	1	1	8	0	2	3	19	0	1	2	6	0
Bombacaceae	3	4	61	3	3	4	3	0	1	2	5	0
Borraginaceae	4	6	128	7	3	4	337	6	2	3	2734	43
Burseraceae	1	1	156	9	1	1	14	0	1	2	130	2
Caesalpiniaceae	2	3	190	11	1	1	293	5	4	7	47	1
Euphorbiaceae	3	4	22	1	3	4	15	0	1	2	54	1
Fabaceae	6	8	139	8	6	9	553	10	6	10	719	11
Flacourtiaceae	2	3	12	1	3	4	81	1	4	7	40	1
Meliaceae	3	4	79	4	3	4	20	0	3	5	366	6
Mimosaceae	10	14	325	18	6	9	1964	34	6	10	763	12
Myrtaceae	2	3	17	1	1	1	264	5	1	2	25	0
Rubiaceae	2	3	22	1	3	4	143	3	3	5	113	2
Rutaceae	2	3	11	1	2	3	11	0	1	2	1	0
Sapindaceae	1	1	5	0	2	3	28	0	2	3	5	0
Sterculiaceae	1	1	251	14	1	1	898	16	1	2	358	6
Verbenaceae	2	3	6	0	2	3	48	1	1	2	1	0
Otras	16	22	40	2	19	27	111	2	15	25	143	2
Total	72	100	1769	100	70	100	5698	100	60	100	6378	100

2.4.2 CURVAS DE SATURACIÓN DE ESPECIES

Las curvas de saturación de especies para árboles y arbustos adultos y juveniles mostraron un suave aumento de sus pendientes al finalizar el muestreo, lo cual indica que el número de especies registradas con el aumento de una unidad de área fue bajo al finalizar el muestreo. La curva de saturación de especies de plántulas en cambio, presentó una pendiente mayor al finalizar el muestreo, indicando que al finalizar el muestreo aun se estaban adicionando nuevas especies. Esto indica que el área muestreada fue apropiada para el muestreo de árboles y arbustos adultos, pero fue insuficiente para plántulas (Figura 2).

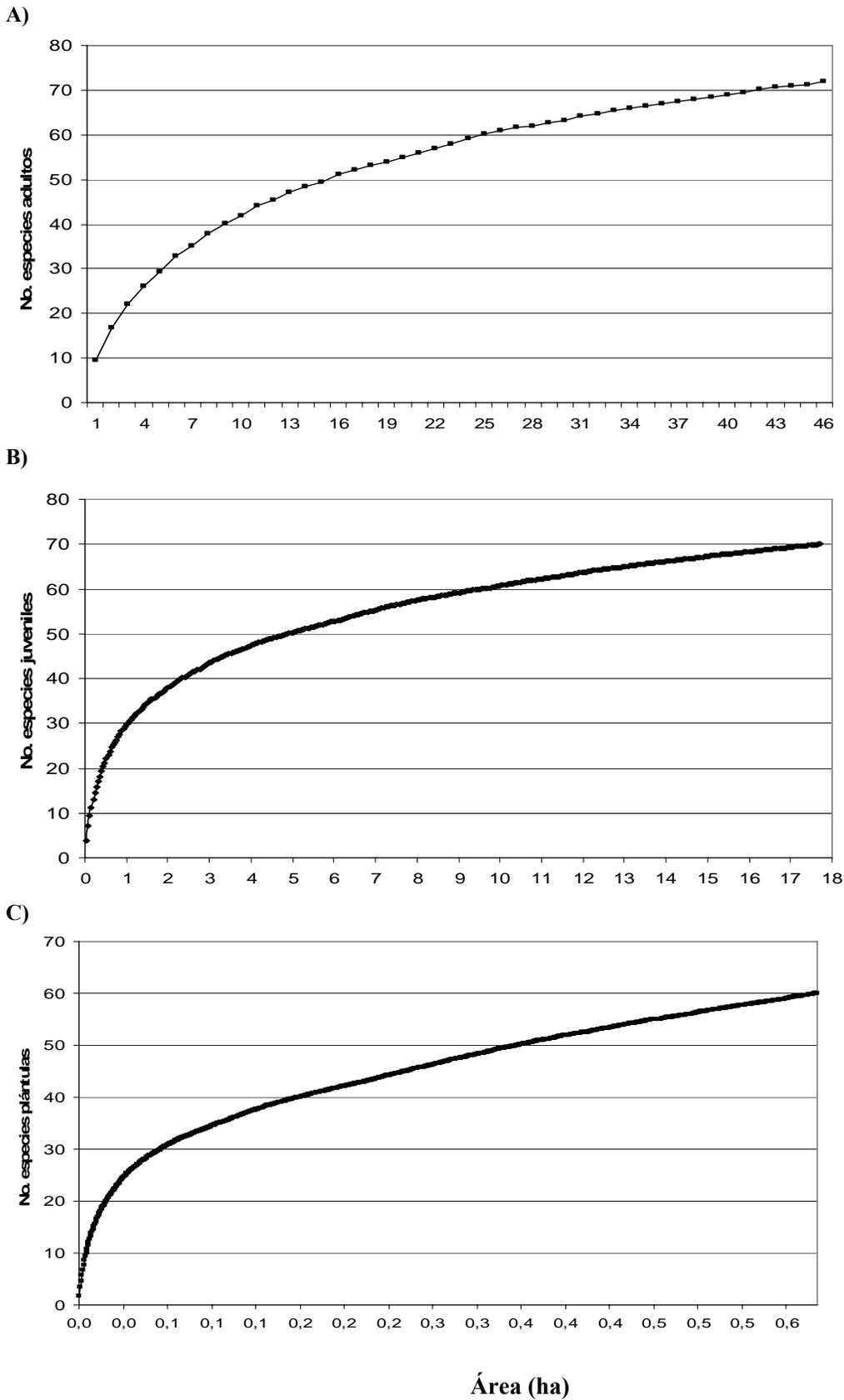


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de árboles y arbustos A) adultos (46 ha), B) juveniles (17,6 ha) y C) plántulas (0,6 ha) registradas en 46 poteros activos en Muy Muy, Nicaragua.

El esfuerzo de muestreo (no. especies observadas acumuladas x 100/ no. especies esperadas) permitió el registro del 81%, 79% y 66% de las especies de árboles adultos, juveniles y de plántulas esperadas respectivamente para el área de muestreo evaluada de acuerdo con los estimadores no paramétricos de riqueza de especies de una comunidad Jackknife de primer orden (Jack 1), Chao 1, Chao 2 y los estimadores basados en cobertura (ICE) y abundancia (ACE) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Número esperado de especies de árboles y arbustos adultos, juveniles y plántulas según estimadores de riqueza y promedio del número estimado de especies y esfuerzo de muestreo.

Estado	Estimadores de riqueza					Promedio No. spp. esperadas	No. spp. observadas	Esfuerzo de muestreo (%)
	Jack1	Chao1	Chao2	ICE	ACE			
Adultos	93	83	98	91	82	89	72	81
Juveniles	88	87	95	93	84	89	70	79
Plántulas	82	92	114	97	80	93	60	66

De acuerdo con las curvas de saturación de especies, el número de individuos y de especies encontrado en 0,5 ha fue mayor para las plántulas, seguido en orden decreciente por los juveniles y los árboles y arbustos adultos. La media del número de individuos y de especies encontrados por parcela, presentaron una amplia variabilidad para los tres estados de desarrollo (Cuadro 10).

2.4.3 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

No se encontraron diferencias significativas en los índices de diversidad (Margalef, Shannon Wiener) y de dominancia (Simpson) de especies de árboles y arbustos calculados para plántulas, juveniles y adultos. Si se encontraron diferencias en el índice de equitatividad (Evenness) calculado para cada una de las tres etapas de desarrollo (Andeva, $gl=2$; $F=8,97$; $p=0,002$). El índice de equitatividad por potrero, que es una medida de similaridad de las abundancias de las especies (Magurran 2003) fue mayor para las especies de árboles y arbustos adultos que para los juveniles y plántulas arbóreos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Riqueza, diversidad (Shannon, Margalef), dominancia (Simpson) y equitatividad (Evenness) media para las especies de árboles y arbustos por parcela y categoría de desarrollo en 46 potreros activo en Muy Muy, Nicaragua.

Estado	Plántulas				Juveniles				Adultos			
	m	E.E	min.	máx.	m	E.E	min.	máx.	m	E.E	min.	máx.
No. ind. /parcela	8	1,05	0	537	12	0,74	0	157	38	4,80	2	157
No. spp. /parcela	2	0,06	0	10	4	0,14	0	16	10	0,78	2	27
No. ind. ac./0.5 ha	5446	150,50	-	-	177	85,70	-	-	<40	15,20	-	-
No. spp. ac. /0.5 ha	56	0,96	-	-	22	2,07	-	-	<10	2,51	-	-
Shannon-Wiener	1,56	0,07	0,49	2,5	1,66	0,08	0	2,77	1,76	0,07	0,56	2,51
Margalef	1,49	0,09	0,53	2,91	1,68	0,12	0,43	3,87	1,82	0,10	0,43	3,56
Evenness*	0,71	0,02	0,3	0,96	0,73	0,02	0,28	1	0,83	0,02	0,55	1
Simpson	0,33	0,03	0,09	0,78	0,30	0,03	0,09	1	0,25	0,02	0,11	0,63

n plántulas=835 (7 m²); n juveniles=441 (400 m²); n adultos=46 (1 ha)

** Diferencias significativas entre medias.*

Estos resultados indican que la distribución de abundancias de las especies de individuos adultos de árboles y arbustos es mas homogénea (con una menor dominancia de especies) que para los juveniles y plántulas en los potreros de Muy Muy.

2.4.4 DISTRIBUCIÓN DE ABUNDANCIAS

La distribución de abundancias absolutas y relativas para las especies de árboles y arbustos adultos, juveniles y de plántulas, mostró pocas especies con muchos individuos y un número mayor de especies con abundancias bajas y representadas por uno o dos individuos (Cuadro 11). Esto indica que hay cierto grupo de especies que por su mayor abundancia identifican esta comunidad, patrón encontrado para diferentes grupos taxonómicos tanto en comunidades naturales como perturbadas (Figura 3) (Magurran 2003).

Cuadro 11. Número de especies y porcentaje del total de especies de árboles y arbustos adultos, juveniles y plántulas por categoría de abundancia.

Categorías de abundancia	Rangos de abundancia (no. individuos)	Adultos		Juveniles		Plántulas	
		No. spp.	% spp.	No. spp.	% spp.	No. spp.	% spp.
Raras	1 - 2,5	25	35	21	30	21	35
Escasas	2,6 - 8,5	23	32	14	20	12	20
Comunes	8,6 - 64,5	15	21	20	29	15	25
Abundantes	64,6 - 128,5	9	13	15	21	12	20
Total		72	100	70	100	60	100

Algunas especies de árboles y arbustos fueron abundantes tanto como árboles adultos, como juveniles y como plántulas, mientras que otras solo fueron abundantes en una o dos categorías. El laurel *Cordia alliodora*, el guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, el guácimo *Guazuma ulmifolia*, el frijolillo *Leucaena shannoni*, el coyote *Platymiscium parviflorus* y el roble *Tabebuia rosea* fueron especies abundantes en los tres estados de desarrollo.

El jiñocuabo *Bursera simaruba* y el cedro *Cedrela odorata* fueron especies abundantes como árboles adultos pero no como juveniles ni como plántulas. El chaperno *Lonchocarpus parviflorus*, el espino de playa *Pithecellobium dulce*, el guayabo *Psidium guajava*, el cortés *Tabebuia ochraceae* fueron especies abundantes entre los juveniles. *Capparis frondosa*, la jagua *Genipa americana* y el piojo *Trichillia americana* fueron especies abundantes solo entre las especies de plántulas de árboles y arbustos (Cuadro 12).

Las abundancias medias de individuos por potrero para los tres estados de desarrollo estuvieron entre 1-2%, resaltando la mayor abundancia de especies con un menor numero de individuos respecto al total de la población.

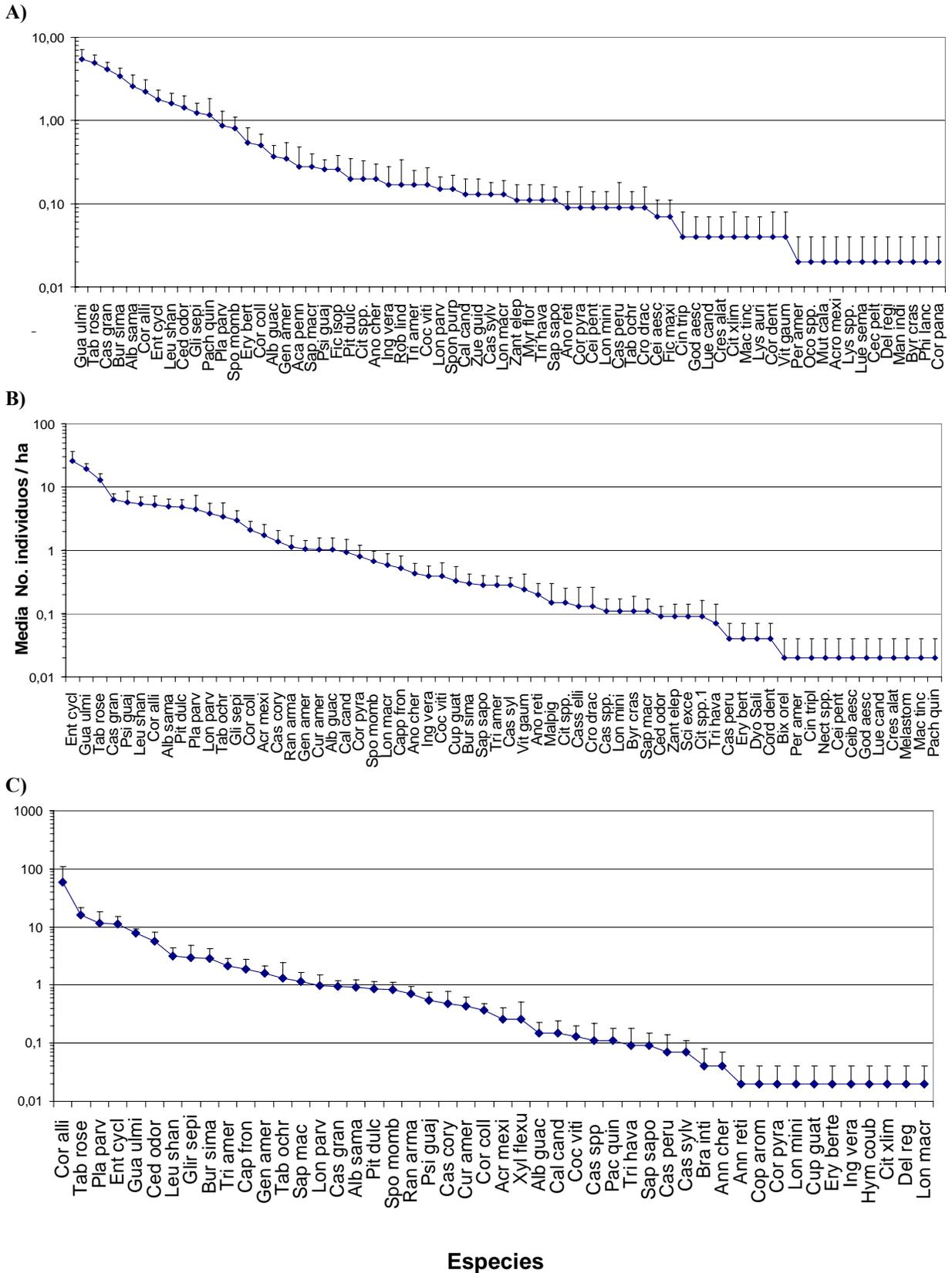


Figura 3. Especies de árboles y arbustos a) adultos (46 ha), b) juveniles (17,6 ha) y c) plántulas (0,6 ha) identificadas en 46 potreros en orden de abundancia media por ha y su error estándar en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de los nombres de especies se encuentran en el Anexo 1.

Cuadro 12. Las 12 especies de árboles y arbustos a) adultos ($dap > 10$ cm), b) juveniles (altura > 30 cm + $dap < 10$ cm) y c) plántulas de árboles y arbustos (altura ≤ 30 cm) con mayor abundancia total y relativa en 46 potreros (46 ha) en Muy Muy, Nicaragua.

a) Adultos	Abundancia (No. ind.)	Abundancia relativa (% ind.)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	251	14
<i>Tabebuia rosea</i>	226	13
<i>Cassia grandis</i>	189	11
<i>Bursera simaruba</i>	156	9
<i>Albizia saman</i>	118	7
<i>Cordia alliodora</i>	102	6
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	82	5
<i>Leucaena shannoni</i>	74	4
<i>Cedrela odorata</i>	66	4
<i>Gliricidia sepium</i>	57	3
<i>Pachira quinata</i>	54	3
<i>Platymiscium parviflorum</i>	40	2

b) Juveniles	Abundancia (No. ind.)	Abundancia relativa (% ind.)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1200	21
<i>Guazuma ulmifolia</i>	898	16
<i>Tabebuia rosea</i>	597	10
<i>Cassia grandis</i>	293	5
<i>Psidium guajava</i>	264	5
<i>Leucaena shannoni</i>	247	4
<i>Cordia alliodora</i>	239	4
<i>Albizia saman</i>	228	4
<i>Pithecellobium dulce</i>	224	4
<i>Platymiscium parviflorum</i>	206	4
<i>Lonchocarpus parviflorus</i>	175	3
<i>Tabebuia ochracea</i>	156	3

c) Plántulas	Abundancia (No. ind.)	Abundancia relativa (% ind.)
<i>Cordia alliodora</i>	2717	43
<i>Tabebuia rosea</i>	750	12
<i>Platymiscium parviflorum</i>	533	8
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	525	8
<i>Guazuma ulmifolia</i>	358	6
<i>Cedrela odorata</i>	264	4
<i>Leucaena shannoni</i>	147	2
<i>Gliricidia sepium</i>	138	2
<i>Bursera simaruba</i>	130	2
<i>Trichilia americana</i>	98	2
<i>Capparis frondosa</i>	88	1
<i>Genipa americana</i>	74	1

2.4.5 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

La distribución de frecuencias relativas de árboles y arbustos adultos mostró la misma tendencia de las abundancias absolutas y relativas, con un pequeño número de especies registradas en la mayoría de los potreros y un mayor grupo de especies presentes en una menor proporción de las parcelas muestreadas (Cuadro 13, Figura 2004).

Los porcentajes de especies en las diferentes categorías de frecuencia fueron similares para los tres estados de desarrollo. Entre el 40-50% de las especies fueron especies raras encontradas en o dos potreros; 23 – 36% de las especies fueron ocasionales; entre el 11-15% de las especies fueron comunes; mientras que entre el 13-15% fueron especies frecuentes encontradas en más de 17 potreros (Cuadro 13).

Cuadro 13. Número y porcentaje de especies de árboles y arbustos juveniles (altura > 30 cm. + dap < 10 cm) según su frecuencia relativa.

Categorías de frecuencia	Rango de frecuencia (No. potreros)	Adultos		Juveniles		Plántulas	
		No. spp.	% spp.	No. spp.	% spp.	No. spp.	% spp.
Rara	1 - 2,5	29	40	28	40	28	47
Ocasional	2,6 - 8,5	26	36	22	31	14	23
Común	8,6 - 16,5	8	11	10	14	9	15
Frecuente	16,5 - 46,5	9	13	10	14	9	15
Total		72	100	70	100	60	100

La mayoría de las especies de árboles y arbustos abundantes como adultos, juveniles y plántulas, fueron también especies frecuentes. Al igual que para las abundancias relativas, un grupo de especies fue frecuente en los tres estados de desarrollo, mientras algunas especies fueron frecuentes solo en una o dos etapas de desarrollo. *Albizia saman*, *Cassia grandis*, *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena shannoni* y *Tabebuia rosea* fueron especies frecuentes en las tres etapas de desarrollo. *Spondias mombin* y *Gliricidia sepium* fueron especies frecuentes solo entre los árboles y arbustos adultos. *Pithecellobium dulce* y *Psidium guajava* solo entre las especies de juveniles, y *Genipa americana* solo fue frecuente para las especies de plántulas (Cuadro 14)

Las especies frecuentes como fueron *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cassia grandis* y *Albizia saman* se encontraron en el 78-93% de los potreros (37-43 potreros) como juveniles y plántulas, mientras que los individuos adultos se encontraron en el 67-70 % de los potreros (30-32 potreros). Las especies menos frecuentes (raras) se encontraron en solo en 1 potrero de los 46 potreros posibles. La frecuencia relativa media estuvo entre el 14-17% (7 - 8 potreros) (E.E=2).

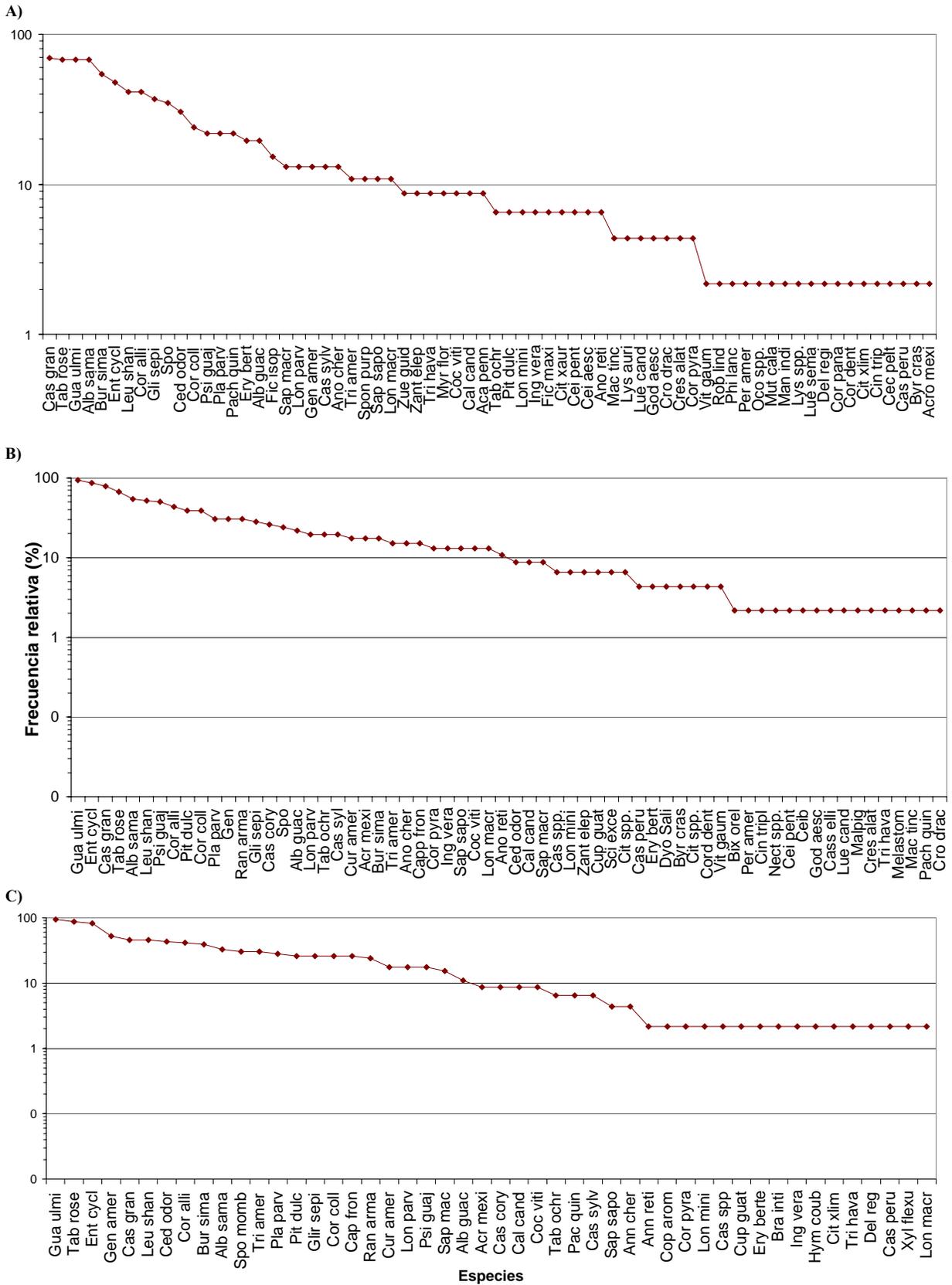


Figura 4. Especies de árboles y arbustos a) adultos (46 ha), b) juveniles (17,6 ha) y c) plántulas (0,6 ha) identificadas en 46 potreros en orden de frecuencia relativa en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de los nombres de especies se encuentran en el Anexo 1.

Cuadro 14. Las 12 especies de árboles y arbustos a) adultos ($dap > 10$ cm.), b) juveniles (altura > 30 cm. + $dap < 10$ cm.) y c) plántulas de árboles y arbustos (altura ≤ 30 cm.) con mayor frecuencia absoluta y frecuencia relativa en 46 potreros (46 ha) en Muy Muy, Nicaragua.

a) Adultos	Frecuencia (No. potreros.)	Frecuencia relativa (% No. potreros)
<i>Cassia grandis</i>	32	70
<i>Albizia saman</i>	31	67
<i>Guazuma ulmifolia</i>	31	67
<i>Tabebuia rosea</i>	31	67
<i>Bursera simaruba</i>	25	54
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	22	48
<i>Cordia alliodora</i>	19	41
<i>Leucaena shannoni</i>	19	41
<i>Gliricidia sepium</i>	17	37
<i>Spondias mombin</i>	16	35
<i>Cedrela odorata</i>	14	30
<i>Cordia collococca</i>	11	24

b) Juveniles	Frecuencia (No. potreros.)	Frecuencia relativa (% No. potreros)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	43	93
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	40	87
<i>Cassia grandis</i>	36	78
<i>Tabebuia rosea</i>	31	67
<i>Albizia saman</i>	25	54
<i>Leucaena shannoni</i>	24	52
<i>Psidium guajava</i>	23	50
<i>Cordia alliodora</i>	20	43
<i>Cordia collococca</i>	18	39
<i>Pithecellobium dulce</i>	18	39
<i>Genipa americana</i>	14	30
<i>Platymiscium parviflorum</i>	14	30

c) Plántulas	Frecuencia (No. potreros.)	Frecuencia relativa (% No. potreros)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	43	93
<i>Tabebuia rosea</i>	40	87
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	38	83
<i>Genipa americana</i>	24	52
<i>Leucaena shannoni</i>	21	46
<i>Cassia grandis</i>	21	46
<i>Cedrela odorata</i>	20	43
<i>Cordia alliodora</i>	19	41
<i>Bursera simaruba</i>	18	39
<i>Albizia saman</i>	15	33
<i>Trichilia americana</i>	14	30
<i>Spondias mombin</i>	14	30

2.4.6 DOMINANCIA RELATIVA

El área basal ($m^2/\text{área}$) y la dominancia (%) fueron calculados solo para los árboles adultos. La distribución de la dominancia relativa de especies de árboles y arbustos adultos en los 46 potreros presentó la misma tendencia que la abundancia y la frecuencia relativa. (Figura 5). Solo cuatro especies de árboles adultos (6% del total de especies) presentaron dominancias relativas superiores al 10%, representando el 50% de la dominancia relativa. En contraste, 58 especies (81%) presentaron dominancias relativas bajas correspondientes al 6% de las dominancias relativas (Cuadro 15).

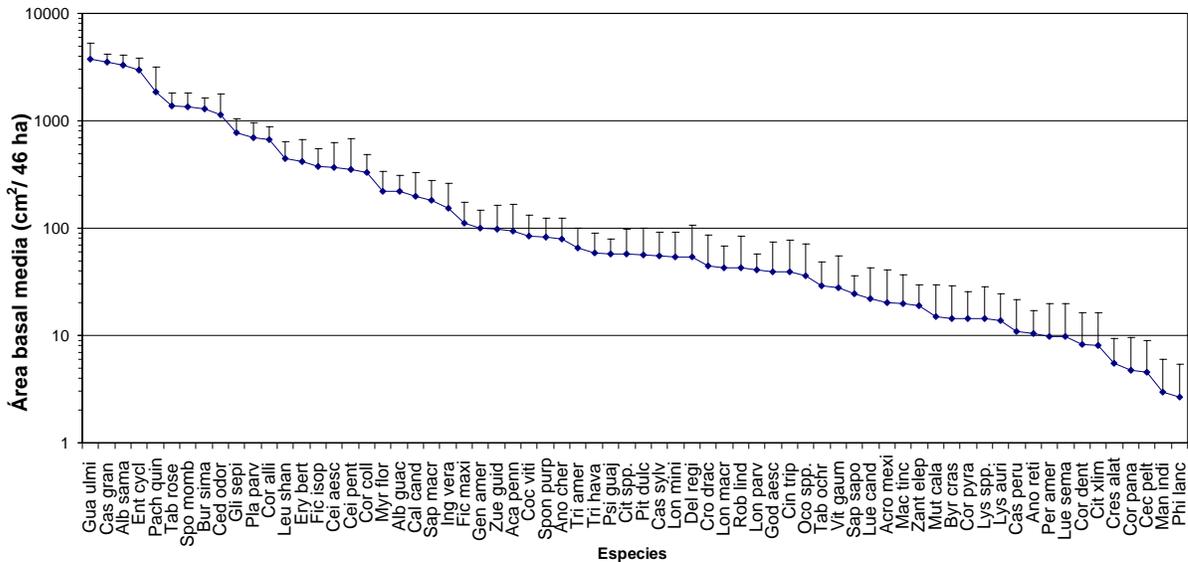


Figura 5. Especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10\text{ cm}$) identificadas en 46 potreros de 17 fincas ganaderas en orden de área basal y su error estándar en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de las especies en Anexo 1.

Cuadro 15. Número y porcentaje de especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10\text{ cm}$) por categoría de clasificación según su dominancia relativa.

Categorías de Dominancia	Rangos de dominancia Área basal (m^2)	Adultos	
		No. spp.	% spp.
Baja	1 - 2,5	58	81
Media	2,6 - 8,5	10	14
Alta	8,6 - 16,5	4	6

Las especies con mayor abundancia relativa alcanzaron el 13% (área basal de $17m^2/46\text{ ha}$) y las especies menos dominantes el 0,01% (área basal de $0,01m^2/46\text{ ha}$) de la dominancia total. La dominancia relativa media de árboles y arbustos adultos por especie fue de 1% ($E.E.=0,45$). Las especies con mayor dominancia relativa (MD) fueron *Guazuma ulmifolia*, *Cassia grandis*, *Albizia saman* y *Enterolobium cyclocarpum* (Cuadro 16). Estas especies además de ser unas de las más abundantes y frecuentes, presentan las mayores áreas basales y por tanto realizan un mayor aporte en biomasa o volumen de madera en la comunidad.

Cuadro 16. Especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10$ cm) con mayor área basal y dominancia relativa en 46 potreros (46 ha) en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

Especies	Área basal (m ²)	Dominancia relativa (%)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	17,16	13
<i>Cassia grandis</i>	16,07	13
<i>Albizia saman</i>	15,09	12
<i>Tabebuia rosea</i>	6,35	5
<i>Bursera simaruba</i>	5,91	5
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	13,76	11
<i>Cordia alliodora</i>	3,07	2
<i>Gliricidia sepium</i>	3,59	3
<i>Spondias mombin</i>	6,19	5
<i>Cedrela odorata</i>	5,26	4
<i>Pachira quinata</i>	8,56	7
<i>Platymiscium parviflorum</i>	3,17	2

2.4.7 ÍNDICES DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)

El índice de valor de importancia conjuga en un único parámetro la abundancia, frecuencia y dominancia relativa las especies, y permitió identificar 12 especies de árboles y arbustos adultos con mayor importancia ecológica en los potreros activos de Muy Muy, Nicaragua (Cuadro 17). Para los individuos adultos, el valor medio del índice de valor de importancia fue de 17 (E.E. = 3, Mín. =2, Máx.=94). Solo 17 especies de árboles y arbustos adultos presentaron valores de IVI por encima de su media, mientras que 55 especies presentaron valores inferiores.

Cuadro 17. Las 12 especies de árboles y arbustos adultos ($dap > 10$ cm) con mayores índices de valor de importancia (IVI, IVIs) en potreros 46 potreros del municipio de Muy Muy, Nicaragua.

Especies	IVI	IVIs	IVIs
	Adultos	Juveniles	Plántulas
<i>Guazuma ulmifolia</i>	82	109	99
<i>Cassia grandis</i>	80	83	46
<i>Tabebuia rosea</i>	80	78	99
<i>Albizia saman</i>	74	58	33
<i>Bursera simaruba</i>	63	18	41
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	52	108	91
<i>Cordia alliodora</i>	47	48	84
<i>Leucaena shannoni</i>	45	57	48
<i>Gliricidia sepium</i>	40	31	28
<i>Spondias mombin</i>	37	24	31
<i>Cedrela odorata</i>	34	9	48
<i>Cordia collococca</i>	25	41	26
<i>Platymiscium parviflorum</i>	24	34	37
<i>Psidium guajava</i>	22	55	18
<i>Genipa americana</i>	14	31	53
<i>Trichilia americana</i>	11	15	32
<i>Pithecellobium dulce</i>	7	43	7
<i>Randia armata</i>	-	31	24

*IVI especie i = Abundancia relativa i + Frecuencia relativa i + dominancia relativa i .

*IVIs especie i = Abundancia relativa i + Frecuencia relativa i .

Para las especies de árboles y arbustos juveniles y plántulas se utilizaron los datos de abundancia y frecuencia relativa para calcular los índices de valor de importancia simplificados (IVIs), y se determinaron las 12 especies de árboles y arbustos con mayor aporte ecológico para estas categorías de desarrollo (Cuadro 17). El valor medio del Índice de valor de importancia para las especies de juveniles de árboles y arbustos fue de 20 (E.E. = 3, Mín. =2, Máx.=109). Solo 19 especies de árboles y arbustos adultos presentaron valores de IVI por encima de su media, mientras que 51 especies presentaron valores inferiores.

2.4.8 COMPOSICIÓN DE ESPECIES

De las 85 especies de árboles y arbustos (plántulas, juveniles y adultos) registrados en los 46 potreros evaluados, 37 especies (44%) se registraron en los tres estados de desarrollo (Cuadro 18).

Cuadro 18. Especies de árboles y arbustos presentes como adultos, juveniles y plántulas en 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua, en orden alfabético.

<i>Acrocomia mexicana</i>	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Lonchocarpus parviflorus</i>
<i>Albizia guachapele</i>	<i>Cordia collococca</i>	<i>Pachira quinata</i>
<i>Albizia saman</i>	<i>Cornutia pyramidata</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Annona cherimola</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	<i>Platymiscium parviflorum</i>
<i>Annona reticulata</i>	<i>Erythrina berteroa</i>	<i>Psidium guajava</i>
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Genipa americana</i>	<i>Sapindus saponaria</i>
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Sapium macrocarpum</i>
<i>Cascabella peruviana</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Spondias mombin</i>
<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Inga vera</i>	<i>Tabebuia ochracea</i>
<i>Cassia grandis</i>	<i>Leucaena shannoni</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
<i>Cedrela odorata</i>	<i>Lonchocarpus macrocarpus</i>	<i>Trichilia americana</i>
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	<i>Trichilia havanensis</i>

La mayor proporción de este grupo de especies presente como plántulas, juveniles y adultos, se encontraron entre los diez IVI más altos en cada uno de tres estados de desarrollo siendo dominantes en la regeneración natural de árboles en potreros. Entre estas especies, el laurel hormiguero *Cordia alliodora*, el guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, el guácimo *Guazuma ulmifolia*, el frijolillo *Leucaena shannoni*, el roble macuelí *Tabebuia rosea* y el carao *Cassia grandis* fueron especies que estuvieron entre los 10 IVIs más altos en las tres etapas de desarrollo.

Otra proporción de estas especies presentes en los tres estados de desarrollo en cambio, presentaron altos IVI solo para una de estas tres etapas, ya sea plántulas, juveniles o adultos. Entre estas especies se encontraron el pochote *Pachira quinata*, el cedro *Cedrela odorata*, el jiñocuabo *Bursera somarouba*, el madero negro *Gliricidia sepium* y el jobo *Spondias mombin* (Figura 6). Una última proporción de este primer grupo de especies, estuvieron presentes también en los tres estados de desarrollo, pero no presentaron IVI dominantes en ninguna de estas tres etapas. Entre estas especies se encontraron *Acrocomia mexicana*, *Albizia guachapele*, *Annona cherimola*, *Annona reticulata*, *Calycophyllum candidissimum*, *Cascabella peruviana*, *Casearia sylvestris*, *Cochlospermum vitifolium*, *Cornutia*

pyramidata, *Erythrina berteroana*, *Inga vera*, *Lonchocarpus macrocarpus*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Lonchocarpus parviflorus*, *Pachira quinata*, *Sapindus saponaria*, *Sapium macrocarpum*, *Tabebuia ochracea* y *Trichilia havanensis*. De este modo a pesar de estar presentes en los tres estados de desarrollo estas especies de árboles y arbustos regenerando en potreros presentan diferentes índices de importancia ecológica en cada una de estas etapas determinada por limitaciones ya sea de abundancia o de frecuencia relativa (Figura 6).

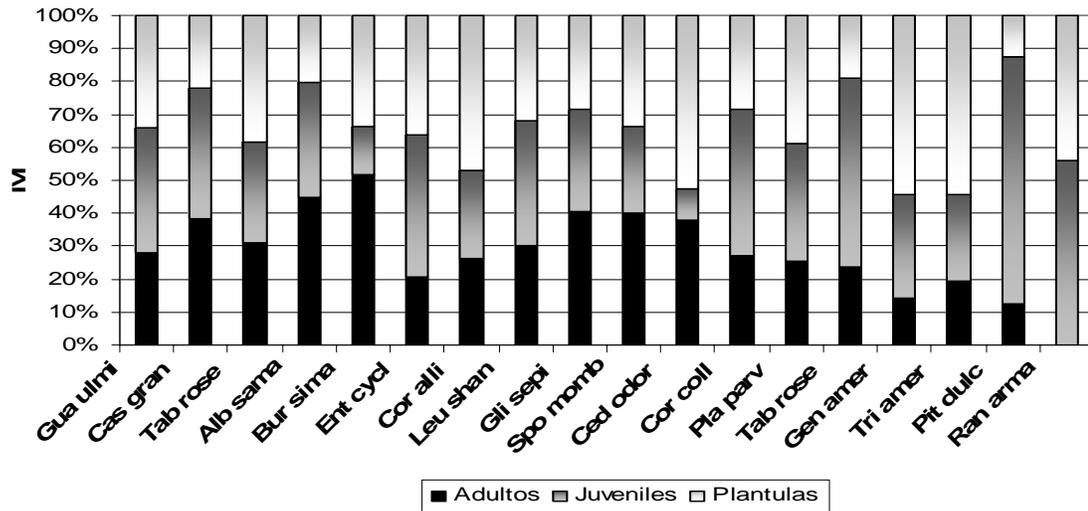


Figura 6. Proporción (%) de los índices de valor de importancia por categoría de desarrollo para las especies de árboles y arbustos con regeneración natural activa en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de las especies en Anexol.

Otro grupo de especies estuvieron presentes solamente en dos estados de desarrollo: 14 especies (16%) presentaron individuos adultos y juveniles, mientras que otras 11 especies (13%) presentaron individuos juveniles y plántulas, y solo una especie con adultos y plántulas. Un grupo menor de especies estuvieron presentes solo en un estado de desarrollo, 16 especies (18%) fueron registradas solo como árboles adultos, 8 especies (9%) como juveniles y solo una especie como plántula (Cuadro 19). De este modo, acuerdo a la presencia de las 85 especies encontradas en los tres estados de desarrollo de la regeneración natural de árboles y arbustos en potreros, se identificaron los dos grupos principales de especies y algunos subgrupos:

- Especies presentes en los tres estados de desarrollo:
 - Especies con altos IVI en cada uno de los tres estados de desarrollo
 - Especies con alto IVI solo en alguna de las etapas de desarrollo.
 - Especies presentes en los tres estados de desarrollo pero sin altos IVI.
- Especies presentes solo en una o dos de las etapas de desarrollo:
 - Presencia solo de adultos
 - Ausencia de adultos
 - Ausencia de plántulas

Cuadro 19. Especies de árboles y arbustos registradas en uno o dos estados de desarrollo en potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

Solo adultos (dap ≥ 10 cm)	<i>Acacia pennatula</i>	<i>Luehea semanii</i>	<i>Myrciaria floribunda</i>
	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Lysiloma auritum</i>	<i>Ocotea spp.</i>
	<i>Cordia panamensis</i>	<i>Lysiloma sp.</i>	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>
	<i>Ficus isophlevia</i>	<i>Mangifera indica</i>	<i>Robinsonella lindeniana</i>
	<i>Ficus maxima</i>	<i>Muntingia calabura</i>	<i>Spondias purpurea</i>
	<i>Zuelania guidonea</i>		
Solo adultos y juveniles	<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Cordia dentata</i>	<i>Maclura tinctoria</i>
	<i>Ceiba aescutifolia</i>	<i>Crescentia alata</i>	<i>Persea americana</i>
	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Croton draco</i>	<i>Vitex gaumeri</i>
	<i>Cinamomun triplinervia</i>	<i>Godmania aesculifolia</i>	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i>
	<i>Citrus xaurantium</i>	<i>Luehea candida</i>	
Solo juveniles (h > 30 cm + dap < 10 cm)	<i>Bixa orellana</i>	<i>Sciadodendron excelsum</i>	<i>Melastomataceae sp1.</i>
	<i>Cassipourea elliptica</i>	<i>Malpighiaceae sp 1.</i>	<i>Nectandra spp.</i>
	<i>Dyospyros salicifolia</i>		
Solo juveniles y plántulas	<i>Capparis frondosa</i>	<i>Casearia spp</i>	<i>Curatella americana</i>
	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Cupania guatemalensis</i>	<i>Randia armata</i>
Solo plántulas (h ≤ 30 cm)	<i>Bravaisia intigerrima</i>	<i>Copaifera aromatica</i>	<i>Hymenaea coubaril</i>
	<i>Xylosma flexuosa</i>		

2.4.9 AFINIDAD DE HÁBITAT

Las 85 especies encontradas fueron típicas de bosque secos a húmedos, deciduos a siempre verdes, de suelos periódicamente anegados a bien drenados, y típicos de áreas perturbadas como bosques de galería, bosques secundarios y sistemas agropecuarios (Cuadro 20). La mayoría de las especies registradas fueron árboles propiamente dichos, seguidos por arbustos a árboles pequeños y una especie de palma, que presentan distribuciones naturales principalmente entre Centroamérica y Suramérica (Cuadro 21).

Cuadro 20. Afinidad de hábitat de las especies de árboles y arbustos encontradas en potreros activos del municipio de Muy Muy, Nicaragua.

Afinidad de hábitat	No. especies	% Total especies
Bosque	1	1
Áreas perturbadas	33	39
Bosques galería	20	24
Bosques secundarios	12	14
Cultivadas	8	9
Sin información	33	39

*Según Flora de Nicaragua (1995-2003).

Cuadro 21. Distribución de hábitat de las especies de árboles y arbustos encontradas en potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

Distribución de las especies	Total	% especies
Centroamérica	22	26
Centroamérica y Suramérica	51	60
Norte a Suramérica	4	5
Suramérica	1	1
Introducida	4	5
Sin información	3	4
Total general	85	100

**Según Flora de Nicaragua (1995-2003).*

Para una importante proporción de las especies encontradas en los potreros de Muy Muy, se han reportado en la literatura diferentes usos potenciales. La mayoría de las especies presentaron tienen algún uso maderable, desde leña, madera para la posteadura de las mismas fincas hasta para maderas de construcción. Otra proporción importantes son especies utilizadas han sido reconocidas por su valor forrajero para el alimento de animales de la finca como el ganado (Cuadro 22).

Cuadro 22. Principales usos potenciales registrados para las especies de árboles y arbustos registradas en potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

Principales usos potenciales	No. especies	% Total especies
Madera	30	35
Forraje	15	18
Alimenticio	11	13
Medicinal	21	25
Vida silvestre	13	15

2.4.10 ESTRATEGIAS DE DISPERSIÓN

Las 86 especies de árboles y arbustos encontrados en los 46 potreros presentaron ocho diferentes tipos de frutos: cápsulas, bayas, drupas, higos, cocos, nueces, calabazos y sámaras. A partir de las características estructurales de dehiscencia, consistencia, color y modificaciones estructurales de cada tipo de fruto y de sus semillas se determinaron cuatro estrategias principales de dispersión de acuerdo con los principales vectores de dispersión en el área de estudio: anemocoria (viento), autocoria (planta madre), zoocoria y mamalocoria. El termino mamalocoria es utilizado para describir la dispersión de semillas por animales domésticos como el ganado bovino y caballar, la cual ha sido reportada para algunas de las especies registradas. En contraste, zoocoria en estos resultados hace referencia exclusiva a la dispersión de semillas por especies animales silvestres tales como aves, murciélagos, roedores y hormigas, etc. Un menor número de especies estuvo conformado por especies frecuentemente cultivadas, por lo cual su estrategia natural de dispersión no fue reportada.

La mayor proporción de especies (69%) presentó frutos y semillas con características apropiadas para utilizar un solo vector de dispersión, siendo la dispersión por medio de animales silvestres

(zoocoria) las mas frecuente (43% de las especies), seguida por la dispersión por viento (anemocoria) y la dispersión por la misma planta madre (autocoria). Otra proporción importante especies (28%) pueden ser dispersadas por mas de un agente de dispersión (policoria). De las especies con policoria aquellas que incluyen la zoocoria alcanzan el 59%, seguidas por la inclusión de mamalocoria (24%) y de autocoria el 22% (Figura 7).

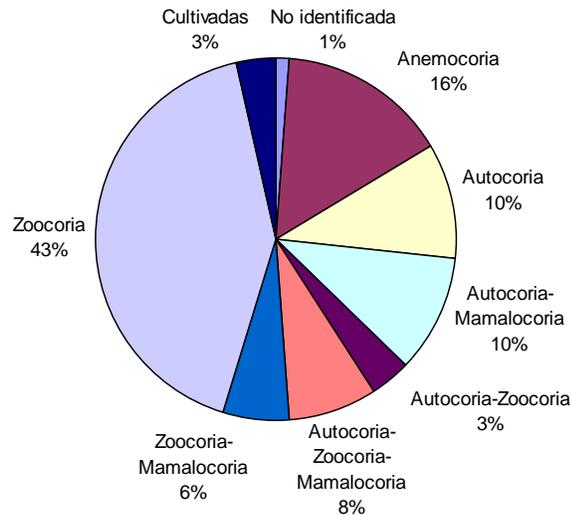


Figura 7. Estrategias de dispersión de las 86 especies de árboles y arbustos encontrados en 46 potreros en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

La zoocoria fue la estrategia de dispersión mas frecuente en las especies de arbóreas y arbustos registradas en los tres estados de desarrollo en los potreros. La segunda estrategia de dispersión mas frecuente entre las especies de plántulas fue la autocoria-mamalocoria, mientras que la anemocoria fue la segunda estrategia más frecuente para las especies de árboles y arbustos registrados como de juveniles y adultos. De esta forma, de acuerdo al porcentaje del número de especies, la zoocoria es la principal estrategia de dispersión, seguida de la mamalocoria y la anemocoria en tres estados de desarrollo (Figura 8).

En contraste, una mayor proporción de individuos adultos y juveniles en potreros fue dispersada mediante la intervención de ganado (mamalocoria), seguida por el viento (anemocoria) y por último por animales silvestre (zoocoria). Una importante proporción de plántulas, en cambio, fue dispersada por el viento, seguida por la dispersión del ganado y los animales silvestres (Figura 8).

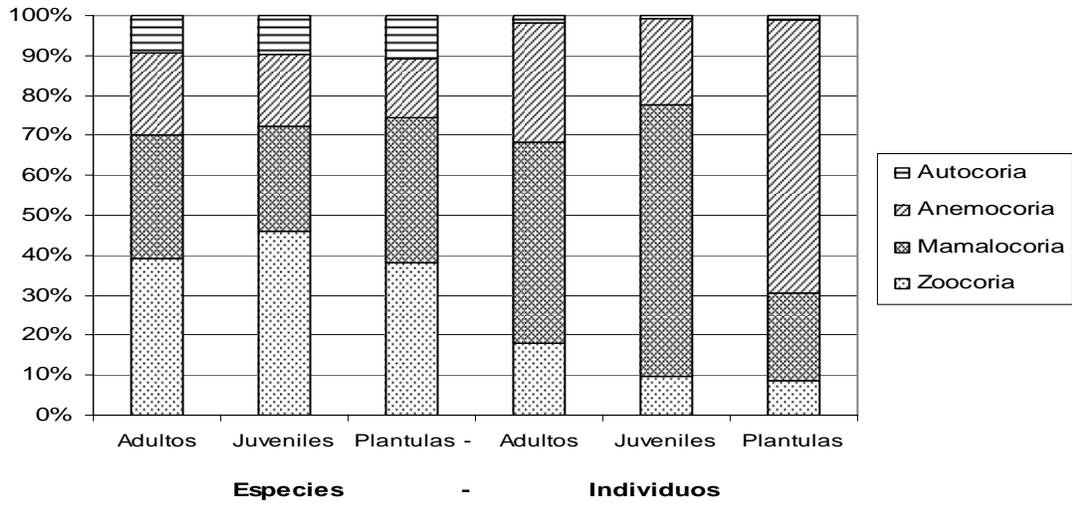


Figura 8. Porcentaje del número de especies y de individuos de árboles y arbustos adultos, juveniles y plántulas por estrategia de dispersión en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

2.5 DISCUSIÓN

Los potreros de Muy Muy tienen valor potencial para la conservación y restauración de bosques secos y subhúmedos tropicales y para el establecimiento de sistemas silvopastoriles mediante el manejo selectivo y dirigido de la regeneración natural de árboles en estos potreros. Esto es posible debido a que estos potreros presentan:

- una importante proporción de especies arbóreas con regeneración activa bajo el manejo de las actividades ganaderas actuales,
- una flora arbórea más rica, abundante y diversa respecto a otros sistemas activos de producción ganaderas en áreas de vida similares, y
- una importante proporción de especies típicas de bosques secos secundarios tropicales protegidos

Las especies con regeneración activa en estos potreros y que por tanto tienen una mayor probabilidad de mantener sus poblaciones en los potreros de Muy Muy, se caracterizaron por ser especies pioneras o colonizadoras de claros en bosques secos y subhúmedos, ser dispersadas por viento o por el ganado, tener tolerancia a las interacciones con el ganado y a las actividades de manejo y mantenimiento de los potreros, y finalmente por ser especies útiles para los productores.

Las distribuciones de abundancia y frecuencia de cada una de las especies arbóreas como plántulas, juveniles y adultos en potreros activos, reflejan de qué forma las interacciones entre las decisiones de los productores, el pastoreo del ganado y las estrategias regenerativas de las especies nativas, moldean y caracterizan la vegetación arbórea de los paisajes agropecuarios. La composición de especies sesgada hacia la dominancia de especies útiles para los productores y la menor densidad y diversidad de la cobertura arbórea en los potreros respecto a los bosques secos tropicales protegidos en Centroamérica, reflejan los cambios negativos que las actividades agropecuarias generan sobre la estructura del bosque seco tropical. Mientras que, la mayor riqueza, abundancia y diversidad de la regeneración natural de especies arbóreas en los potreros de Muy Muy respecto a otras pasturas en Centroamérica, probablemente reflejan los efectos del manejo histórico y actual poco intensivo de las actividades ganaderas en la localidad. Sin embargo, la importante proporción de especies típicas de bosques secos, resaltan el potencial de los agropaisajes para la conservación de una proporción de flora típica de bosques secos secundarios.

Las dinámicas de la regeneración natural de árboles en potreros en los potreros de Muy Muy, destacan que a largo plazo, el potencial de estas áreas para la conservación de una mayor o menor diversidad de especies dependerá del manejo que los productores den a la cobertura arbórea y más específicamente de las decisiones que tomen sobre cada una de las etapas clave para el mantenimiento de los procesos de regeneración que se desarrollan actualmente en estas áreas.

2.5.1 LAS DINÁMICAS DE REGENERACIÓN DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS EN POTREROS ACTIVOS

La regeneración natural se reconoce como el mecanismo que permite a las especies de plantas recuperarse después de eventos de perturbación naturales o antrópicos (Mongue 1990). De este modo, la caracterización de las estrategias de regeneración y de la interacción de sus diferentes estados de desarrollo con las perturbaciones en las áreas de potrero, permiten la identificación de momentos críticos en el mantenimiento de las poblaciones de las diferentes especies árboles nativos invasores de las pasturas. Asimismo, el manejo selectivo de la regeneración natural de especies arbóreas en estos potreros activos, podría dirigirse hacia el mantenimiento de una mayor diversidad, con poblaciones de especies nativas con valor comercial y con valor potencial para el uso en sistemas silvopastoriles. Dependiendo del enfoque de interés, el manejo selectivo del potencial de regeneración en las pasturas activas de Muy Muy, podría constituir una opción sustentable para la recuperación de los bosques, la conservación de la biodiversidad en agroecosistemas y la producción de sistemas silvopastoriles, con impactos positivos en términos ambientales y económicos (Viana *et al.* 2001, Harvey *et al.* 2003).

La abundancia y riqueza de especies arbóreas en los distintos estados de desarrollo de la regeneración natural en potreros, constituyen una importante base de recursos para la conservación y el mantenimiento de especies dentro de las áreas de pastoreo activo. En media hectárea de pastura en los potreros evaluados es posible encontrar casi cuatro veces más juveniles y casi 136 veces más plántulas que árboles adultos. Al tiempo que, se puede encontrar el doble de especies juveniles y casi seis veces mas especies de plántulas que especies de árboles adultos. Sin embargo, la regeneración de los árboles dependerá del manejo que los productores den en cada una de estas etapas desarrollo y de su conocimiento sobre las dinámicas de regeneración de cada especie.

La estructura y composición de la cobertura arbórea de los potreros de Muy Muy es el resultado de las interacciones entre las estrategias de regeneración de las especies nativas con las actividades ganaderas. A pesar de la alta riqueza y diversidad de plántulas y juveniles respecto a los árboles adultos, estas fueron las etapas que presentaron menor equitatividad en la distribución de abundancias de especies (Eveness), indicando mayores presiones de selección en las pasturas sobre plántulas y juveniles. Las especies presentes como plántulas en los potreros han superado las dos primeras barreras para la regeneración arbórea en áreas perturbadas: la dispersión y la germinación de semillas. A partir de esta primera fase, las interacciones con el ganado y las características de manejo de los potreros determinan en gran medida el establecimiento de juveniles en áreas de pastoreo activo (Camargo 1999). Mientras que, en los potreros la disponibilidad de árboles adultos depende tanto de las interacciones de la regeneración con el manejo actual, como del manejo histórico de la cobertura arbórea.

De esta manera, la presencia y abundancia de las diferentes especies arbóreas en las tres etapas de desarrollo (plántulas, juveniles y adultos), reflejan las limitaciones y ventajas de las diferentes especies arbóreas frente a las presiones de selección existentes en estas áreas. Estas presiones pueden actuar sobre

diferentes etapas de la regeneración natural, tales como: la disponibilidad de semillas, la disponibilidad de micrositios para germinación y establecimiento de plántulas, la competencia con plantas preexistente como los pastos, el pisoteo y ramoneo por el ganado, las actividades de manejo y mantenimiento de las pasturas como las chapeas y las actividades extractivas de los productores para otras actividades de las fincas. De acuerdo con las respuestas a estas interacciones de cada especie reflejadas en la presencia, abundancia y frecuencia de individuos en las distintas etapas de desarrollo, se identificaron dos grupos con diferentes condiciones de regeneración natural en los potreros: 1) Especies con regeneración activa dentro de estas áreas de pastoreo; y 2) Especies con limitaciones en su regeneración natural en potreros activos.

2.5.2 ESPECIES ARBÓREAS CON REGENERACIÓN NATURAL ACTIVA EN POTREROS ACTIVOS

El grupo de especies con regeneración natural activa dentro de los potreros esta constituido por especies que presentaron individuos en las tres etapas de desarrollo (adultos, juveniles y plántulas), indicando la mayor probabilidad de mantener sus poblaciones dentro de áreas bajo continua perturbación y manejo de pastoreo. El 44% de las especies de árboles y arbustos registradas pertenecieron a este primer grupo. El éxito de las estrategias de regeneración de estas especies y de sus interacciones con las actividades ganaderas, se reflejó en los índices de valor de importancia (IVI) obtenidos en cada estado de desarrollo.

Las especies dominantes dentro de este primer grupo de especies presentaron altos IVI como adultos, juveniles y como plántulas, caracterizando la regeneración natural de árboles y arbustos en potreros. Estas especies dominantes se caracterizaron por ser especies pioneras, típicas de áreas perturbadas, que toleran las condiciones de micrositio de las pasturas, la presión del ganado y de los finqueros. Los medios de dispersión de estas especies son, en orden de importancia: el ganado, los animales silvestres (principalmente aves) y finalmente el viento. Adicionalmente, se caracterizaron por ser especies consideradas útiles para diferentes actividades de la fincas (forraje, madera, alimento). En este primer grupo se encontraron especies, como: *Guazuma ulmifolia*, *Cassia grandis*, *Tabebuia rosea*, *Albizia saman*, *Bursera simaruba*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cordia alliodora*, *Leucaena shannoni*, *Gliricidia sepium*, *Spondias mombin*, *Cedrela odorata*, *Cordia collococca*, *Platymiscium parviflorum*, *Psidium guajava*, *Genipa americana*, *Trichilia americana* y *Pithecellobium dulce*.

Estas características comunes de las especies dominantes, les permitieron tolerar las interacciones con las condiciones bióticas y abióticas de los potreros. La descripción de las estrategias y limitaciones encontradas para cada una de estas especies arbóreas dominantes reflejan como las interacciones entre las decisiones de manejo de los productores, el pastoreo del ganado y las estrategias regenerativas de las especies nativas, moldean y caracterizan la vegetación arbórea de los paisajes agropecuarios. Las decisiones de los productores por ejemplo, influyen sobre las fuentes de semillas de estas especies seleccionando positiva o negativamente la extracción tanto árboles adultos como juveniles dentro de los

potreros, mientras que los efectos de micrositio y del pastoreo del ganado afectan el establecimiento de plántulas y su desarrollo en a estados juveniles. Las respuestas de cada una de estas especies fueron variadas y la permanencia de sus poblaciones en los potreros respondió a diferentes dinámicas. El conocimiento de las características de estas especies dominantes y de sus dinámicas de regeneración frente en la zona de estudio, pueden reflejar además las potencialidades para el manejo de estas especies en las áreas de pastoreo, al tiempo que permite visualizar los efectos del manejo actual sobre la composición de las especies arbóreas en potreros. De este modo es importante discutir en detalle las características de estas especies y sus interacciones en diferentes estados de desarrollo en los potreros.

Una de las especies mas dominantes y que parece poder regenerarse fácilmente en estos potreros fue *Guazuma ulmifolia*. Varias condiciones pueden ser responsables de su capacidad de regeneración. Esta especie pionera forma parte importante de los bosques secos subhúmedo tropicales (Cordero y Boshier 2003), sin embargo en áreas de pastoreo el ganado dispersa sus semillas (Herrera y Lanuza 1995) garantizando la alta frecuencia en pasturas aunque sus abundancias no son las mayores. Presenta tolerancia a un amplio rango de suelos aunque su mejor desarrollo se da en suelos aluviales y arcillosos de zonas bajas (Cordero y Boshier 2003) como es frecuente en la zona de estudio. Esta especie se reconoce por su amplio potencial forrajero y por su producción de leña, de modo que tanto el ganado como los productores ejercen una mayor fuerza selectiva sobre los individuos juveniles (obs.pers). Sin embargo, su elevada capacidad de rebrote, probablemente le garantiza una buena recuperación de las chapeas y del ramoneo (Herrera y Lanuza 1995), por lo que mantiene una importante proporción de su población de juveniles, y domina la regeneración arbórea en los potreros de Muy Muy.

Otras especies dominantes en los tres estados de desarrollo fueron *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea*. Estas especies son heliófitas durables (toleran sombra lateral) capaces de colonizar áreas abiertas, y también frecuentes en áreas de bosque seco y húmedo tropical (Cordero y Boshier 2003). Al igual que el guácimo producen una alta cantidad de semillas pero estas son dispersadas por el viento. Sus semillas sin embargo germinan rápidamente y sus plántulas vigorosas son capaces de establecerse en suelos perturbados favoreciendo su abundancia como plántulas en estos potreros. Aunque, el pisoteo y ramoneo del ganado así como las estrategias de manejo de los productores limitan el establecimiento de estas dos especies en las etapas de brinzales y latizales (Camargo 1999), probablemente la calidad de sus maderas valoradas positivamente por los productores y sus altas tasa relativas de crecimiento han favorecido su permanencia dentro de los sistemas de fincas (Herrera y Lanuza 1995). *Tabebuia rosea* es adaptable a una gran cantidad de suelos y puede prosperar en suelos arcillosos y cenagosos como los encontrados en la localidad de estudio (Cordero y Boshier 2003, Faurby y Barahona 1998), mientras que las condiciones físicas del suelo y la competencia con los pastos (condiciones de micrositio) pueden limitar en gran medida el establecimiento de las plántulas de *Cordia alliodora* y su desarrollo hacia subsecuentes etapas de desarrollo (Camargo 1999). Esta diferencia en la tolerancia a las condiciones del suelo podría estar

determinando la mayor abundancia y frecuencia de *Tabebuia rosea* en los pasturas de Muy Muy tanto como plántulas como en individuos adultos.

Tres leguminosas también estuvieron presentes en este grupo de especies dominantes en la regeneración natural en potreros: *Enterolobium cyclocarpum*, *Albizia saman* y *Leucaena shannoni*. Estas especies tienen similitudes en sus aspectos ecológicos y en su palatabilidad para el ganado pero diferencias en las condiciones de micrositios necesarias para su desarrollo que pueden explicar sus abundancias y frecuencias relativas. Son especies pioneras y heliófitas con amplia rusticidad y adaptabilidad a suelos arcillosos. Sus hojas y frutos son consumidos por el ganado en época seca, facilitando su dispersión germinación y establecimiento en áreas de pastura abierta (Herrera y Lanuza 1995, Cordero y Boshier 2003, Faurby y Barahona 1998). Sobresalen las plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* que se encuentran germinando y creciendo vigorosamente en las bostas del ganado al principio de la época de lluvias en las diferentes pasturas. Sin embargo, el valor forrajero de sus hojas probablemente este limitando el establecimiento de sus plántulas y juveniles y su desarrollo hacia árboles adultos.

De estas leguminosas dominantes, *Enterolobium cyclocarpum* y *Albizia saman* son especies características de bosques secos estacionales de zonas bajas, y frecuentemente los productores dejan individuos adultos en bajas densidades como árboles remanentes en las pasturas debido a sus amplias copas y alto nivel de sombra (Cordero y Boshier 2003). Esto puede explicar su elevada área basal encontrada con una menor cantidad de individuos para estas especies. Sin embargo, *Enterolobium cyclocarpum* no tolera suelo con mal drenaje, limitando probablemente su dominancia en las pasturas de Muy Muy. *Albizia saman* en cambio presenta mayor tolerancia a suelos con drenaje deficiente como son frecuentes en el área de estudio reflejándose en una mayor proporción de su población como árboles adultos en las pasturas de Muy Muy.

En cambio, otra proporción de especies también presentes en los tres estados de desarrollo y con capacidad de regenerarse en potreros, no presento altos IVI en los tres estados de desarrollo y por tanto no fueron dominantes en la regeneración natural de estos potreros. Estas especies fueron: *Acrocomia mexicana*, *Albizia guachapele*, *Annona cherimola*, *Annona reticulata*, *Calycophyllum candidissimum*, *Cascabella peruviana*, *Casearia sylvestris*, *Cochlospermum vitifolium*, *Cornutia pyramidata*, *Erythrina berteroa*, *Inga vera*, *Lonchocarpus macrocarpus*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Lonchocarpus parviflorus*, *Pachira quinata*, *Sapindus saponaria*, *Sapium macrocarpum*, *Tabebuia ochracea* y *Trichilia havanensis*. Este resultado sugiere aunque estas especies tienen capacidad de mantener sus poblaciones en potreros, algunos factores reducen su abundancia y/o frecuencia en algunos momentos de la regeneración en potreros activos.

En esta condición de regeneración se encontraron especies remanentes de bosque, colonizadoras de claros dentro de bosques naturales y valoradas por la calidad de su madera como *Pachira quinata* y *Cedrela odorata*, las cuales presentaron IVI bajos como juveniles respecto al IVI sobresaliente como

plántulas y adultos. Los árboles adultos de estas dos especies se encuentran asociadas a cercas vivas en la localidad de estudio (obs. pers.) reflejando la preferencia de los productores por mantenerlos dentro del los sistemas de finca y su limitada distribución espacial dentro de las áreas de pastoreo. Aunque es posible que mayores densidades de plántulas y juveniles se encuentren en las áreas cercanas a este componente arbóreo en los potreros, estas dos especies parecen no tolerar suelos con mal drenaje ni las interacciones con el ganado explicando en parte su baja densidad de juveniles dentro de los potreros. El lento crecimiento de *Pachira quinata* durante sus primeras etapas de desarrollo y sus hojas apetecidas por el ganado pueden estar limitando también la abundancia de plántulas y juveniles de esta especie en los potreros de Muy Muy (Faurby y Barahona 1998). La baja densidad de juveniles de *Cedrela odorata* podría estar relacionada también por la presencia de plagas como *Hypsiphyla spp.* Sin embargo, la alta disponibilidad de plántulas de esta especie, resalta la potencialidad de que cambios en el manejo de los potreros puedan aumentar la población de juveniles de esta especie maderable y el mantenimiento de sus poblaciones en las áreas de pastoreo mediante regeneración natural.

También especies como *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* y *Spondias mombin* presentaron bajos IVI en sus etapas de plántulas y juveniles respecto el observado para individuos adultos. Estas especies también se encontraron principalmente formando parte de cercos vivos en los potreros de la localidad, de modo que una mayor proporción de plántulas y juveniles de estas especies pueden estar asociadas espacialmente a áreas de potrero cercanas a las cercas vivas (obs.pers.). Sin embargo, probablemente la mayor selección negativa para las etapas juveniles de estas especies es realizada por los productores, quienes obtienen estacas de estos individuos para su siembra en cercas vivas. La alta capacidad de rebrote de estas especies probablemente les permite mantener individuos en el estado de desarrollo juvenil a pesar esta selección negativa realizada por los productores (Cordero y Boshier 2003, Faurby y Barahona 1998).

La identificación de este grupo de especies con regeneración natural activa dentro de los potreros bajo pastoreo en Muy Muy sugiere que especies con características ecológicas similares serían capaces de superar las interacciones con las actividades de manejo y las condiciones de sitio de la localidad en sus diferentes estados de desarrollo. Si se continua con las condiciones de manejo actuales las especies pioneras, típicas de áreas perturbadas, dispersadas por el ganado y el viento, que toleran las condiciones de micrositio de las pasturas, la presión del ganado y de los finqueros y consideradas útiles para diferentes actividades de la fincas como *Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*, *Cordia alliodora* y *Enterolobium cyclocarpum*, continuarían dominando la cobertura arbórea de los potreros de la localidad. Las especies con regeneración natural activa pero no dominante, con distribución espacial limitada dentro de los potreros (presente solo en cercas vivas) ya sea por la intolerancia a condiciones de sitio o por preferencia de los productores como *Cedrela odorata* y *Pachira quinata* también continuarán regenerándose activamente en estos potreros. Sin embargo, las poblaciones de estas últimas especies podrían aumentar sus densidades, bajo un manejo apropiado de los diferentes estados de su regeneración.

2.5.3 ESPECIES ARBÓREAS CON REGENERACIÓN NATURAL LIMITADA EN POTREROS ACTIVOS

El segundo grupo de árboles y arbustos en potreros consistió en especies que solo estuvieron presentes en una o dos de las etapas de desarrollo. El 56% de las especies arbóreas registradas en los potreros de Muy Muy, estuvieron en esta condición. Estas especies tienen una baja probabilidad de mantener sus poblaciones debido a sus limitaciones en alguna etapa de la regeneración natural, debido a la ausencia de estrategias apropiadas para su establecimiento y mantenimiento en estas áreas perturbadas.

Este grupo estuvo constituido por especies que no son capaces de establecerse en áreas con baja cobertura arbórea (no pioneras), especies que no presentaron fuentes de semillas dentro de los potreros y por especies intolerantes a las presiones de ramoneo y pisoteo del ganado, o a las condiciones de micrositio de los potreros. Adicionalmente, los productores no reconocen usos específicos valorados para la mayoría de las especies de este grupo. La ausencia de individuos de una especie en una determinada etapa de desarrollo podría dar una idea sobre las limitaciones de estas especies para mantener sus poblaciones en los potreros activos. De este modo, se observaron tres condiciones distintas que resalta las limitaciones de estas especies con regeneración restringida en las pasturas activas de Muy Muy: presencia solo de adultos, ausencia de adultos, o ausencia de plántulas.

Las especies para las cuales solo se registraron individuos adultos dentro de los potreros posiblemente presentan las mayores limitaciones para su regeneración natural dentro de potreros en la localidad de estudio. La mayoría de estas especies tiene frutos carnosos, dispersados principalmente animales silvestres (aves y mamíferos pequeños); otras son especies encontradas principalmente en bosques de galería y bosques secundarios, para las cuales las condiciones de micrositio, las interacciones con el ganado y las actividades de mantenimiento de las pasturas (chapeas) limitan la regeneración de estas especies dentro de los potreros de Muy Muy. Estas especies podrían estar relacionadas con la concepción de “*living dead*” (Janzen 1988) y ser individuos remanentes de bosques, cuya su regeneración en esta localidad fuera abundante solo en áreas con mayor cobertura arbórea y mayor humedad como los bosques riparios y los remanentes de bosque. Algunas de estas especies fueron *Zuelaenia guidonea*, *Myrciaria floribunda*, *Ficus maxima*, *Ficus isoflevia*, *Cecropia peltata*, *Cordia panamensis*, *Mutingia calabura*, *Ocotea spp*, *Luehea semanii*, *Robinsonella lindeniana* y *Lysisloma auritum*.

A diferencia de este grupo anterior, los individuos adultos de especies como *Bravaisia intigerrima*, *Pterocarpus officinalis*, *Hymenaea coubaril* y *Copaifera aromatica*, entre otras, no fueron encontradas dentro de los potreros evaluados, mientras que si se encontraron sus juveniles o plántulas. La distribución de árboles adultos (disponibilidad de fuentes de propágulos) de estas especies posiblemente está restringida a otros componentes arbóreos como cercas vivas, bosques riparios o fragmentos de bosque en el agropaisaje. Algunas de estas especies como *Hymenaea coubaril* son reconocidas por su madera de utilidad a nivel regional. Este valor maderable, pudo favorecer históricamente la extracción de individuos adultos de estas especies de las áreas de potreros conservándose solo aquellos árboles necesarios como

linderos entre fincas. Sin embargo, la dispersión de propágulos desde estos componentes del paisaje hacia los potreros es a parecer activa aunque espacialmente muy restringida (Harvey y Haber 1999, Nepstad *et al.* 1996) reflejándose en las bajas abundancias y frecuencias de las plántulas y juveniles de estas especies en los potreros. Estas especies presentaron diferentes niveles de tolerancia a las actividades del ganado o a las actividades de los productores. De modo que la regeneración natural de estas especies sin fuentes de propágulos dentro de los potreros, estuvo limitada en dos etapas diferentes de regeneración natural: ausencia de plántulas o ausencia de juveniles.

Para el grupo de especies limitadas en su regeneración natural por la ausencia de fuentes de propágulos y de juveniles pero con disponibilidad de plántulas dentro de los potreros, las interacciones con el ganado o manejo selectivo de los productores puede ser factores determinantes en la ausencia de juveniles dentro de potrero activos, a pesar de su activa dispersión de semillas dentro de estas áreas. A este grupo pertenecieron especies como valoradas por la calidad de su madera como *Bravaisia intigerrima*, *Pterocarpus officinalis*, *Hymenaea coubaril* y *Copaifera aromatica*. En contraste, pocas de las especies que solo presentaron individuos juveniles dentro de los potreros tienen usos valorados por los productores. Su tolerancia a las condiciones de micrositio y a las interacciones del ganado les permite desarrollarse hasta juveniles a pesar de su limitada dispersión de propágulos. Sin embargo, el reducido valor de estas especies para las actividades de las fincas probablemente favorecer la extracción de estas especies durante las actividades de limpia de los potreros limitando su desarrollo hacia individuos adultos dentro de los potreros. Algunas de estas especies fueron *Bixa orellana*, *Sciadodendron excelsum*, *Melastomataceae spl.*, *Cassipourea elliptica*, *Malpighiaceae sp 1.*, *Nectandra spp.* y *Dyospyros salicifolia*.

Estas apreciaciones sobre la limitación de la regeneración natural de las especies arbóreas para las cuales no se registraron plántulas en este estudio, deben tener en cuenta del período de muestreo en el cual este estudio fue realizado. La mayoría de las especies para las cuales no se encontraron plántulas presentan frutos carnosos cuya producción, dispersión y/o germinación podría llevarse a cabo en meses posteriores a los evaluados en este estudio (mayo-julio) con el avance de la época de lluvias. De modo que su limitación principal sería el establecimiento de individuos juveniles y no la ausencia de un banco de plántulas. Algunas de estas especies con frutos carnosos para las cuales no se encontraron plántulas fueron *Byrsonima crassifolia*, *Cordia dentata*, *Croton draco*, *Maclura tinctoria*, *Persea americana*, *Vitex gaumeri*, *Cinamomun triplinervia* y *Zanthoxylum elephantiasis*. Mientras que la ausencia de plántulas de especies con frutos secos con semillas dispersadas por el viento o con producción de semillas durante todo el año, podría reflejar baja disponibilidad de propágulos, limitaciones para la germinación de sus semillas o germinación en micrositios muy específicos que podrían limitar su establecimiento en áreas de potrero. Algunas de estas especies con dispersión anemócora y ausencia de plántulas fueron *Ceiba aescutifolia*, *Ceiba pentandra*, *Godmania aesculifolia*, *Luehea candida* y *Crescentia alata*.

La identificación de este segundo grupo de especies con regeneración natural limitada dentro de los potreros bajo pastoreo activo en Muy Muy, de sus características ecológicas y de las interacciones de los diferentes estados de la regeneración natural con las actividades de manejo y condiciones de sitio de la localidad, indican que si se continua con las condiciones de manejo actuales las especies pioneras las especies típicas. Con el mantenimiento de las actividades de manejo que se desarrollan actualmente en estos potreros, muchas de estas especies con regeneración natural limitada tienen pocas probabilidades de mantener sus poblaciones. De este modo la representación de especies no pioneras, que necesitan áreas con mayor cobertura para sus estados iniciales de desarrollo, con ausencia de fuentes de semillas dentro de los potreros, intolerancia a la presión del ganado, a las condiciones de micrositio dominantes en las pasturas o que no son reconocidas o valoradas por los productores por sus usos potenciales para las actividades de las fincas, se vería negativamente afectada a largo plazo dentro de estos potreros.

2.5.4 RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN POTREROS ACTIVOS

La composición y estructura de los diferentes estados de desarrollo encontrados en los potreros reflejan tanto el pasado, como el presente y el futuro de las interacciones entre las actividades de los productores con el componente arbóreo. La composición de los árboles adultos refleja la historia de manejo y perturbaciones realizadas en años anteriores (aclareo de bosques para establecimiento de potreros, selección de especies remanentes); los juveniles reflejan los efectos del pastoreo del ganado (ramoneo, daños mecánicos) y el manejo del componente arbóreo actual realizado por los productores (selección positiva y negativa durante la limpieza de los potreros); mientras que, las plántulas reflejan las potencialidades de la regeneración bajo las condiciones de manejo actual en estas áreas.

Una de estas condiciones de manejo actual que puede tener una mayor incidencia en el avance la regeneración natural en los potreros de Muy Muy es el manejo de las chapeas. Las limpiezas de los potreros (chapeas) son realizadas en promedio dos veces al año en esta localidad. Esta actividad busca eliminar especies de pastos, malezas y arbustos no deseados en los potreros por varias características principales: baja producción y/o mala calidad de forraje, cobertura de copa amplia que disminuya la entrada de luz y la mayor disponibilidad de pastos para el ganado, o la presencia de espinas que puedan dañar los animales en pastoreo. Sin embargo, actualmente esta actividad se realiza en los potreros de la localidad de manera poco selectiva sobre las especies de árboles y arbustos (obs. pers.). Esta condición se refleja en la homogenización encontrada en el índice de equitatividad (Evenness) del estrato de juveniles arbóreos. Solo especies con una alta capacidad de rebrote para recuperarse de las chapeas o especies positivamente seleccionadas por los productores, adicionalmente al ramoneo del ganado, podrán capaces de mantenerse y presentar una alta abundancia y frecuencia como juveniles en estas áreas (Duncan 2003).

De esta forma, cambios en las condiciones de manejo que limitan la regeneración natural de los diferentes grupos de especies, como el control de las especies eliminadas con las chapeas, el control de la presión de pastoreo mediante rotaciones mas prolongadas o la protección de los individuos establecidos en potreros del pastoreo y del ramoneo del ganado, el mantenimiento de fuentes de propágulos dentro de los potreros, el trasplante de plántulas a micrositios seguros para su establecimiento, entre otros, podrían aumentar la diversidad y abundancia de las especies de interés ya sea para el establecimiento de sistemas silvopastoriles o para la conservación de una mayor diversidad en los paisajes agropecuarios.

La diversidad, riqueza y abundancia de la cobertura arbórea de Muy Muy respecto a otras áreas de pastoreo en zonas de vida similares y con diferentes condiciones de manejo de la ganadería, reflejan como diferentes tipos de manejo de la ganadería afectan la composición y estructura arbórea dentro de las pasturas. Estas diferencias resaltan a su vez que el mantenimiento de la alta cobertura y diversidad de las especies arbóreas en los potreros de Muy Muy dependerá del manejo de la ganadería que se desarrolle en esta localidad (Cuadro 23).

La riqueza de árboles en los potreros de Muy Muy fue mayor a la encontrada en otras pasturas en áreas de bosque seco y menor respecto a pasturas en localidades más húmedas en Centroamérica. En 46 ha en Muy Muy se encontraron solo 10 especies menos a las encontradas en el monitoreo de un área 18 veces mayor en Cañas, Costa Rica (Esquivel *et al.* 2003) y 2,5 veces mas especies que las encontradas en potreros activos en Chiapas, México (Araniz *et al.* 1999). La riqueza de especies en los potreros de Muy Muy fue casi el doble de la encontrada en potreros de Matiguas y 1,5 veces menor a la encontrada en potreros de Boaco, localidades vecinas en Nicaragua. Mientras que la riqueza de especies encontradas en Muy Muy fue 2,5 veces menor a la encontrada en potreros activos de zonas de vida más húmedas como Monteverde (Harvey y Haber 1999).

Las densidades de especies encontradas en Muy Muy fueron mayores las encontradas tanto en pasturas de Cañas (Costa Rica) y Chiapas (México) (Arnaiz *et al.* 1999, Cárdenas 2002). El promedio de individuos por hectárea en Muy Muy fue similar al encontrado en pasturas de Boaco, casi 5 veces mayor al registrado en Cañas, y aproximadamente el doble de las densidades encontradas en pasturas de Monteverde (Esquivel *et al.* 2003, Cárdenas 2002, Harvey y Haber 1999, Zamora *et al.* 2001). Igualmente, la diversidad de árboles adultos en Muy Muy (Índice de Shannon de 1.76 Índice de dominancia de Simpson de 0.25) fue mayor a la diversidad encontrada en Cañas Costa Rica (Índice de Shannon de 1.12, Índice de dominancia de Simpson de 0.52).

La cobertura arbórea encontrada los potreros de Muy Muy también es consistente con la alta variabilidad de la cobertura arbórea encontrada en las pasturas en diferentes localidades (Harvey *et al.* 2004). En los potreros de Muy Muy la cobertura de árboles adultos entre potreros varió entre 2-157 árboles adultos/ha y entre 2–27 especies /ha. Esta variabilidad entre potreros de una localidad y entre localidades posiblemente refleja tanto la variabilidad de las condiciones de climáticas o microclimáticas, como la variabilidad del manejo histórico y actual del componente arbóreo en las localidades.

Cuadro 23. Resultados de la densidad de individuos y especies de árboles y arbustos en potreros activos publicados por otros estudios en diferentes zonas de vida de Centroamérica y Suramérica.

Localidad	Zona de vida	Área	No. spp.	No. spp/ha	No. ind.	No. ind./ha	Fuente
Muy Muy, Nicaragua	BSsHT	46	72	10	1769	38	Presente estudio
Cañas, Costa Rica	BST	835	99	-	5896	9	Esquivel <i>et al.</i> 2003
Chiapas, México	BST	15	20	4	-	-	Arnaiz <i>et al.</i> 1999
Boaco, Nicaragua	BSsHT	40	108	-	1695	42	Zamora <i>et al.</i> 2002
Los Tuxtles, México	BST	81	57	-	265	0,3-39	Guevara y Laborde, 1993
Los Tuxtles, México	BST	173	98	-	735	0,4-12	Guevara <i>et al.</i> 1998
La Fortuna, Costa Rica	-	42	-	-	-	12-22	Souza de Abreu <i>et al.</i> 2000
Monteverde, Costa Rica	BHpMT	237	190	-	5583	25	Harvey y Haber 1999
Valle del Sinú, Colombia	BST	-	96	-	-	2,6-24,3	Cajas-Giron y Sinclair 2001
Matiguas, Nicaragua	BSsHT	48	41	-	320	-	Sánchez <i>et al.</i> 2005 (en publ.)

BST: *Bosque seco tropical*; BSsHT: *Bosque seco subhúmedo trop.*; BHpM: *Bosque húmedo premontano trop.*

En la localidad de estudio, las áreas de producción ganadera fueron abandonadas por la guerra durante los años 80's, permitiendo el avance de la regeneración natural en potreros durante aproximadamente 10 años, con la posterior recolonización ganadera de áreas de bosque secundario y el establecimiento de las pasturas que encontramos en la actualidad (CATIE/NORAD 2002). Este avance en el proceso de la regeneración natural arbórea probablemente favoreció una mayor diversidad de especies dentro de los potreros de Muy Muy, en comparación con áreas ganaderas en Costa Rica, en las cuales no se han vivido procesos similares.

Adicionalmente, la ganadería en Nicaragua se ha caracterizado por el manejo extensivo (potreros grandes y baja rotación) y poco tecnificado (pocos insumos externos). Este tipo de manejo de poco intensivo de la ganadería, permite una mayor cobertura arbórea en área de bosques y una mayor densidad de árboles dispersos en potreros y en cercas vivas que el encontrado en fincas con ganadería intensiva (Villacís *et al.* 2003). La mayor densidad de individuos encontrada en Muy Muy y las localidades vecinas respecto a potreros en otros países en zonas de vida similares, probablemente reflejan las diferencias en el nivel de intensificación de la ganadería. Este manejo menos controlado de la vegetación arbórea en los potreros, probablemente también explique la alta variabilidad de la cobertura entre pasturas, ya que cada productor maneja la cobertura de acuerdo a sus conocimientos o disponibilidad económica, y no en respuesta a implementaciones tecnológicas.

Las diferencias en la cobertura arbórea entre localidades vecinas, pueden resaltar igualmente la potencialidad de las características de manejo para el mantenimiento de una mayor o menor proporción de la riqueza arbórea tropical fuera del bosque (Kindt *et al.* 2004). A este nivel las diferencias pueden estar reflejando la implementación de tecnologías particulares que involucren a las especies arbóreas como parte importante de la producción ganadera. La mayoría de ganaderos en Boaco (Zamora *et al.* 2001) utiliza como suplementos durante la época una mayor proporción de forrajes y frutos de árboles y arbustos locales en comparación con el porcentaje de caña de azúcar y pastos de corte. Utilizan follaje y

frutos de *Byrsonima crassifolia*, *Bursera simaruba*, *Crescentia alata*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Lysiloma auritum*, *Pithecellobium dulce* y *Albizia saman* entre otras. Este conocimiento y uso de los árboles forrajeros por los productores de esta localidad, podría favorecer el mantenimiento de una mayor cobertura de especies arbóreas dentro de las pasturas de Boaco. En contraste, los productores ganaderos de Matiguas utilizan estrategias convencionales para el manejo de la ganadería, sin utilizar el potencial de estas especies arbóreas en los potreros más allá del aprovechamiento ocasional del ganado durante su pastoreo (obs.pers.).

Los potreros de Muy Muy presentan un nivel de cobertura arbórea intermedia a la encontrada en estas dos localidades vecinas, reflejando la ausencia de intensificación convencional de la ganadería con manejo principalmente extensivo del pastoreo y baja utilización de los recursos arbóreos presentes dentro de los potreros. Estas condiciones le dan un potencial de riqueza y diversidad de cobertura arbórea importante para su incorporación en sistemas integrados entre cobertura arbórea y ganadería de acuerdo a la mayor diversidad de especies arbóreas en sus potreros, de modo que beneficie las actividades ganaderas y la conservación de una mayor proporción de especies en los paisajes agropecuarios.

2.5.5 COMPOSICIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN POTREROS ACTIVOS

La vegetación arbórea presente en los potreros de Muy Muy presentó similitud con la composición a nivel de familias, géneros y dominancia de especies, respecto a los bosques secos secundarios centroamericanos, cuya importancia para la conservación ha sido destacado anteriormente (Gentry 1995, Sabogal *et al.* 1998). A pesar de presentar menor riqueza, densidad y área basal, esta similitud de la composición arbórea en paisajes agropecuarios como el de Muy Muy, con bosques secos conservados en Centroamérica, resalta el aporte de estos sistemas de producción para la conservación de una parte de la biodiversidad regional, y su potencialidad para albergar una mayor proporción de especies si se dirigen esfuerzos y recursos hacia el aumento de la diversidad en las áreas de pastoreo.

La riqueza total y la densidad árboles adultos y de especies por hectárea en pasturas activas en el municipio de Muy Muy, es menor a la encontrada en los bosques secundarios secos y húmedos en Centroamérica. El número de especies acumulado por hectárea (10) es inferior al encontrado en bosques secos (46), húmedos deciduos (49) y muy húmedos (90) (Mongue 1999). El número de árboles por hectárea en los potreros de Muy Muy (38) fue seis veces inferior al rango de densidades de árboles por hectárea (163 – 341) encontrado para bosques secos centroamericanos (Sabogal 1992, Mongue *et al.* 1999). El área basal promedio (3 m²/ha) fue igualmente cinco veces inferior al promedio obtenido (14 m²/ha) en remanentes de bosque seco en Costa Rica y Nicaragua (Sabogal 1992, Mongue 1999).

De esta forma, en 46 ha de pasturas en el municipio de Muy Muy Nicaragua es posible encontrar el mismo número de familias y de géneros pero solo un tercio de las especies, siete veces menos área basal y 4 veces menos individuos que el promedio encontrado en 0.1 ha de bosque seco tropical en

Centroamérica. Estas observaciones son consistentes con los patrones de menor riqueza de árboles ($dap \geq 10$ cm.) en áreas perturbadas respecto a bosques secundarios húmedos y secos, la pérdida de diversidad y estructura de los bosques naturales para la implementación de áreas de producción ganadera (Gentry 1995, Gillespie *et al.* 2000, Sabogal 1992).

La composición de familias géneros y familias de árboles y arbustos en las pasturas de Muy Muy, se caracterizó por grupos de amplia distribución, que aunque presentes en bosques secos y húmedos son conspicuamente mejor representadas en bosques secos secundarios neotropicales. Las especies dominantes en los potreros de Muy Muy también son dominantes en algunos bosques secos protegidos Centroamérica como la Reserva Biológica Chacocente (Rivas), RB Los Tablones (Chinandega), Cosiguina, Masaya, Ometepe, Chacocente y La Flor (Nicaragua); y el Parque Natural Palo Verde y PN Santa Rosa (Costa Rica; Gillespie *et al.* 2000, Sabogal y Valerio 1998). Estas características podrían estar resaltando tanto la importancia de estos agroecosistemas para la conservación de una parte de la diversidad regional, así como posibles patrones de homogenización de la composición arbórea en hábitat perturbados por el manejo antrópico como pasturas activas, y la influencia de la historia de perturbación en la composición de los bosques secos secundarios.

La similitud en la composición taxonómica con los bosques secos y subhúmedo se refleja en que 75% de las familias arbóreas encontradas en las pasturas de Muy Muy, se encuentran en bosque seco continental y 60% en bosque húmedos. Mimosaceae, Fabaceae y Bignoniaceae dominan la composición de los bosques secos tropicales y fueron también las familias mejor representadas en los tres estados de desarrollo en los potreros de Muy Muy. Igualmente se reportaron otras familias que presentan especial riqueza en los bosques secos tropicales como Rubiaceae Sapindaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae y Capparidaceae. La presencia de familias como Arecaceae, Anonaceae, Melastomataceae, Moraceae y Lauraceae en la zona de estudio, predominantes en bosques húmedos y que difícilmente se encuentran de manera natural en áreas de bosque seco, resalta la transición húmeda en la cual se encuentra la localidad de estudio (Gentry 1995).

La composición de los géneros representados en los potreros también estuvo asociada a esta zona de vida seca con enclaves húmedos. En el 72% de los géneros encontrados de los potreros del municipio de Muy Muy son reportados para bosques secos secundarios neotropicales. En estos bosques, dos tercios de los géneros presentan una amplia distribución que incluye además los bosques húmedos, mientras que solo un tercio presenta una distribución mas restringida o al menos prevalece más en bosques secos (Gentry 1995). Géneros como *Tabebuia*, *Cordia*, *Casearia*, *Trichilia*, *Randia*, *Croton*, *Zanthoxylum*, *Capparis*, *Pithecellobium*, *Pterocarpus*, *Bursera*, *Acacia* y *Ficus*, seguidos por *Spondias*, *Anona*, *Ceiba*, *Platymiscium*, *Erythrina*, *Lonchocarpus*, *Psidium*, *Guazuma*, *Lysiloma*, *Robinsonella* y *Zanthoxylum*, presentan una clara asociación a áreas de bosque seco desde sur de América hasta el norte de Centroamérica, a pesar de que también pueden encontrarse en bosques húmedos. Mientras que, la alta riqueza de *Lonchocarpus* como se observo en los potreros de Muy Muy es típica de los bosques secos

centroamericanos. Géneros como los pertenecientes a Lauraceae (Ocotea y Cinamomun) reflejan la transición a zonas húmeda de estas áreas. Otros géneros como *Cascabella*, *Cedrela*, *Cinamomun*, *Cornutia*, *Delonix*, *Godmania*, *Luehea*, *Mutingia*, *Myrciaria*, *Ocotea*, *Pachira*, *Persea*, *Robinsonella*, *Vitex*, *Zuelania* representadas por una sola especie en Muy Muy no son directamente reportados para bosque seco, mientras que *Persea* y *Delonix* indican la presencia de especies introducidas.

Una menor proporción de géneros arbóreos presentes en los potreros de Muy Muy, son asociados a bosques de galería y hábitat con mayor humedad. La presencia de *Robinsonella* por ejemplo, denota la presencia de zonas de anegamiento. La presencia de elementos del bosque húmedo como *Ficus* (chilamate) y de *Inga* (guava) adaptadas a bosques de galería, podrían estar reflejando un buen desarrollo de estos bosques en la región. La presencia de estos grupos a pesar del clima con estacionalidad seca, provee condiciones de hábitat similares a los del bosque húmedo en algunas áreas, reflejando diferencias ecológicas que más que diferencias phytogeográficas (Gentry 1995).

El 63% de las especies arbóreas presentes en las pasturas de Muy Muy son compartidas con áreas conservadas de bosque seco. Especies de árboles adultos (dap \geq 10 cm.) encontradas en los potreros de Muy Muy como *Albizia saman*, *Bursera simaruba*, *Calycophyllum candidissimum*, *Cassia grandis*, *Cochlospermum vitifolium*, *Cordia alliodora*, *Cordia dentata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Luehea candida*, *Pithecellobium dulce*, *Spondias purpurea*, *Tabebuia ochraceae*, *Hymenaea courbaril* y *Pachira quinata* entre otras también están presentes en bosques secos conservados como la Reserva Biológica de Chacocente (Carazo, Rivas) y Los Tablones (Chinandega) en la Costa Pacífica de Nicaragua (Sabogal 1992, Mongue 1999). *Tabebuia rosea*, *Ceiba pentandra*, *Annona reticulata*, *Cordia panamensis*, *Cecropia peltata*, *Casearia corymbosa*, *Cordia collococa*, *Genipa americana*, *Cedrela odorata* estuvieron presentes también en bosques secos en la Reserva Natural Palo Verde en Costa Rica (Gillespie *et al.* 2000). Una menor proporción de especies también son registradas en bosques húmedos de Nicaragua como *Cedrela odorata*, *Scianodendrum excelsum* y *Cordia alliodora*. Mientras que, *Hymenaea courbaril* (guapinol) y *Luehea semanii* (guácimo macho) son conspicuos en bosques de galería a lo largo de las sabanas del país (Flora de Nicaragua 1995-2003).

Las especies con mayor importancia ecológica en los potreros de Muy Muy son igualmente dominantes en bosques secos secundarios centroamericanos. *Guazuma ulmifolia* y *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea*, *Bursera simarouba*, *Gliricidia sepium*, *Cassia grandis* y *Enterolobium cyclocarpum* también presentan altos valores de importancia en relictos de bosque evaluados en Costa Rica y en Nicaragua (Sabogal 1992, Mongue 1999, Gillespie *et al.* 2000). La similitud en la composición y estructura de las especies entre las pasturas de Muy Muy y algunas de los bosques secos y subhúmedos conservados, puede reflejar además de las condiciones ambientales preponderantes, similitudes en la historia de uso y de perturbaciones entre localidades. Muchos de estos relictos de bosque conservados en Centroamérica, son bosques secundarios que a partir del abandono de las actividades agropecuarias y de

diferentes intensidades de perturbaciones como fuego, pastoreo y extracción de madera, han recuperado su vegetación boscosa (Gillespie *et al.* 2000).

La composición de especies de las pasturas de Muy Muy comparte también una importante proporción de especies con áreas perturbadas bajo ganadería activa tanto en áreas de bosque seco como en otras zonas de vida. Respecto a pasturas en áreas de bosque seco por ejemplo, 16 de las 20 especies más abundantes en las pasturas de Cañas en Costa Rica, estuvieron presentes en los potreros de Muy Muy, como fueron *Byrsonima crassifolia*, *Acrocomia vinífera*, *Bursera simarouba* y *Maclura tinctoria* (Esquivel *et al.* 2003). Otras 10 especies también se encuentran en potreros en el municipio de Boaco, Nicaragua como *Acacia pennatula*, *Cassia grandis*, *Erythrina berteroana*, *Ficus isophlevia*, *Inga vera*, *Leucaena shannoni*, *Lysiloma auritum*, *Pithecellobium dulce* y *Psidium guajava* (Zamora *et al.* 2001). *Cordia alliodora* también fue componente importante de las pasturas en localidades más húmedas como en La Fortuna y Guápiles (Harvey *et al.* 2003, Camargo 1999). *Cedrela odorata* solo estuvo presente en las listas de especies de árboles en potreros más húmedos en la fortuna en Costa Rica (Souza de Abreu *et al.* 2000). Mientras que, otras especies con altos IVI en los potreros de Muy Muy como *Albizia saman*, *Leucaena shannoni*, *Spondias mombin*, y *Pachira quinata* no tienen una representación relativa importante en otras localidades de bosque o de pasturas tanto en áreas de bosque seco como húmedo.

Estas similitudes de áreas en producción activa como las de Muy Muy con otros paisajes agropecuarios y con bosques secundarios conservados, evidencia como la influencia de las decisiones de manejo dentro de las actividades agropecuarias pueden modelar la estructura y composición del paisaje. En la comunidad vecina de Boaco en Nicaragua, las especies dominantes en los potreros son especies que los productores identifican como útiles para los sistemas de producción ganadera, tanto como forraje como *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Erythrina spp.*, *Pithecellobium dulce* y *Enterolobium cyclocarpum*, *Mangifera indica*, *Crescentia alata*, *Lysiloma auritum*; para leña como *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena shannoni* y *Lysiloma auritum*; cercas vivas y postes como *Bursera simarouba*, maderables como *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea*, *Platymiscium pleistostachyum* hasta ornamentales, frutales y medicinales como *Callycophyllum candidissimum*, *Acrocomia mexicana*, *Cassia grandis*, y *Citrus spp* (Zamora *et al.* 2001). Aunque no se tienen referencias del uso que los productores dan a las diferentes especies encontradas en el municipio de Muy Muy, probablemente estos productores tienen la misma percepción de la utilidad de las especies arbóreas que en la vecina localidad, reflejándose en la composición de las especies arbóreas en estos potreros.

De este modo, aunque se considera que la dominancia de las especies arbóreas no puede ser predecible y que probablemente esta determinada por procesos estocásticos que determinan las diferencias en la dominancia de especies de los relictos de bosques secos a través del trópico (Gillespie *et al.* 2000), las condiciones de manejo podrían estar seleccionando especies útiles para los productores y determinando la dominancia de ciertas especies en diferentes agroecosistemas, que se reflejan

posteriormente en la composición de los bosques secundarios secos y subhúmedos protegidos en Nicaragua.

2.5.6 EL FUTURO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN POTREROS ACTIVOS

Las distintas dinámicas de regeneración natural observadas para las diferentes especies de árboles y arbustos presentes en los potreros activos pueden dar un panorama de hacia donde se dirige el futuro de la cobertura arbórea en estos pastizales si se continúan bajo el manejo actual. La cobertura arbórea presente hoy en los potreros de Muy Muy probablemente cambiaría hacia una menor diversidad, menor riqueza y mayor heterogeneidad en la distribución de las abundancias. La pérdida de especies remanentes consistentes con la idea de “living deads” en los potreros (especies presentes solo como árboles adultos) por la senescencia y muerte de individuos adultos) disminuiría la riqueza de la vegetación arbórea en las pasturas. A largo plazo, estas especies remanentes en potreros y típicas de los bosques naturales de una localidad, pueden funcionar como centros de reclutamiento de otras especies típicas de bosque (Guevara y Laborde 1993, Harvey y Haber 1999). Muchas de estas especies favorecidas por la presencia de árboles remanentes son a su vez especies raras, con baja frecuencia o baja abundancia, pero que realizan un importante aporte a la riqueza y diversidad de un hábitat (Gordon *et al.* 2003). La rareza de estas especies (entendida como baja abundancia o frecuencia relativas) hace que sean más vulnerables a pequeños alteraciones en sus estrategias actuales de regeneración. La pérdida de centros de reclutamiento de estas especies en potreros, como lo son los árboles remanentes, puede determinar su pérdida dentro de la vegetación de los potreros. De este modo, la ausencia los árboles remanentes incapaces de mantener sus propias poblaciones en potreros activos, contribuiría no solo la pérdida de las especies que representan, sino también a la ausencia de una mayor proporción de especies típicas de bosques.

En contraste, si se continúa con las actividades de manejo actuales, las especies dominantes en los potreros (altas abundancias y frecuencias relativas) continuarán regenerándose exitosamente y probablemente continúen dominando. Las especies dispersadas por el ganado y el viento tendrían una mayor proporción de especies y de individuos, mientras que las especies dispersadas por animales silvestres se mantearían en menos proporción en estas áreas o con distribución espacialmente mas limitada en estas áreas. Esta situación probablemente favorecería una mayor heterogeneidad en la distribución de las abundancias específicas, favoreciendo la mayor dominancia de un reducido numero de especies en los tres estados de desarrollo.

Adicionalmente, la composición de especies arbóreas se vería sesgada hacia el mantenimiento de una mayor proporción de especies comúnmente denominadas útiles por los productores para las actividades de la finca (cercas vivas, portes, leña, alimento), debido a que serían seleccionadas positivamente por los productores para su permanencia en las diferentes etapas de desarrollo dentro de las áreas de pastoreo. De este modo, el reducido conocimiento de la utilidad de las especies arbóreas

presenten en estos potreros podría no solo afectar la composición sino también la reducción de la riqueza presente en los potreros de la localidad, si mediante el manejo de la regeneración natural se reduce la selección positiva solo de especies útiles a los sistemas de producción ganadera tendientes hacia una intensificación no integral de la ganadería.

Para evitar esta probable reducción de la riqueza, diversidad y diversidad de la cobertura arbórea presente en los potreros de Muy Muy, varias acciones permitirían manejar la regeneración natural de estas especies arbóreas en potreros activos. El reconocimiento de las especies arbóreas con potencial maderable, comercial, forrajero así como el ecológico de las especies de la regeneración natural dentro de estos potreros constituiría una primera etapa para el manejo de su potencialidad. Una segunda etapa constituiría el control de las actividades ganaderas que interactúan con las distintas etapas de desarrollo de los diferentes grupos de especies identificados en estos potreros. Un tercera etapa, consistiría en reunir conocimiento mas detallado sobre de las características ecológicas de las poblaciones de cada especie y su interacción con condiciones bióticas y espaciales en el agropaisaje. Y por ultimo se necesita realizar evaluaciones de cómo el cambio de las dinámicas de pastoreo del ganado, del control de la eliminación de la vegetación arbórea, el aumento de la disponibilidad de propágulos dentro y fuera de los potreros, etc. influirían sobre las características de supervivencia de los distintos estados de desarrollo de estas especies. Este amplio panorama de acciones probablemente permitiría tener un mayor entendimiento sobre las estrategias de manejo necesarias para el mantenimiento de una mayor o menor diversidad de especies arbóreas en estos potreros a futuro mediante el manejo del a regeneración natural.

Los resultados de este trabajo proporcionan un primer acercamiento a estas dinámicas más importantes para las diferentes especies en esta localidad y las consideraciones necesarias para trabajos posteriores en el área. Indican además la importante proporción de especies capaces de regenerarse activamente en estos potreros activos y el potencial de los árboles en potreros para la a la conservación de biodiversidad local. Pero sugieren que si no se aumenta el conocimiento sobre las especies arbóreas encontradas y su relación con las actividades ganaderas actuales y futuras para dirigir acciones concretas que permitan para mantener la regeneración natural de las especies raras y con limitaciones en su regeneración natural en potreros activos, o esta alta riqueza, diversidad, abundancia de la arbórea presente hoy en los poteros de Muy Muy podría perderse.

2.6 CONCLUSIONES

- En los potreros de Muy Muy se encuentra una importante proporción de especies arbóreas con regeneración activa bajo el manejo actual de las actividades ganaderas (44% de las especies). Las especies con regeneración activa en estos potreros y que por tanto tienen una mayor probabilidad de mantener sus poblaciones en los potreros se caracterizaron por ser especies pioneras o colonizadoras de claros en bosques secos y subhúmedos, ser dispersadas por viento o por el ganado, tener tolerancia a las interacciones con el ganado y a las actividades de manejo y mantenimiento de los potreros, y finalmente por ser especies útiles para los productores. Entre estas especies se encontraron el laurel hormiguero *Cordia alliodora*, el guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, el guácimo *Guazuma ulmifolia*, el frijolillo *Leucaena shannoni*, el roble macuelí *Tabebuia rosea* y el carao *Cassia grandis*.
- Otra proporción de las especies encontradas en los potreros activos (56%) presenta limitaciones para regenerarse bajo las condiciones actuales de manejo de los potreros. Este grupo estuvo constituido por especies que no son capaces de establecerse en áreas con baja cobertura arbórea (no pioneras), especies que no presentaron fuentes de semillas dentro de los potreros y por especies intolerantes a las presiones de ramoneo y pisoteo del ganado o a las condiciones de micrositio de los potreros. A este grupo pertenecieron algunos árboles remanentes que podrían relacionarse con los “*living dead*” de Janzen (1982). Algunas de estas especies fueron *Zuelaenia guidonea*, *Myrciaria floribunda*, *Cecropia peltata*, *Cordia panamensis*, *Mutingia calabura*, *Ocotea spp*, *Luehea semanii*, *Robinsonella lindeniana* y *Lysisloma auritum*.
- Las ventajas y limitaciones de cada una de estas especies arbóreas para mantener sus poblaciones en los potreros activos, y sus interacciones con las diferentes momentos de la actividad de producción pecuaria (pastoreo, ramoneo, chapeas, extracción por productores, etc.), reflejaron como las interacciones entre las decisiones de los productores, el pastoreo del ganado y las estrategias regenerativas de las especies nativas, moldean y caracterizan la vegetación arbórea de los paisajes agropecuarios. El conocimiento de estas dinámicas de regeneración de las especies y de interacción con el manejo de la ganadería, y brinda pautas para desarrollar estrategias de manejo que favorezcan una mayor diversidad y abundancia de especies en el paisaje agropecuarios de Muy Muy.
- La flora arbórea más rica, abundante y diversa en los potreros de Muy Muy respecto a otros sistemas activos de producción ganaderas en áreas de vida similares, refleja el manejo histórico y actual poco intensivo de las actividades ganaderas en esta región. Al mismo tiempo resalta el potencial de las condiciones de manejo para moldear las características de la cobertura arbórea dentro de los potreros y el potencial para el establecimiento de sistemas silvopastoriles mediante el manejo selectivo y dirigido de la regeneración natural de árboles en estos potreros.

- La similitud en la composición y dominancia de las especies encontradas entre diferentes áreas productivas y bosques secundarios recuperados luego de actividades agropecuarias, sugiere que las actividades agropecuarias tienden a homogenizar la cobertura arbórea de los paisajes agropecuarios y que este efecto puede reflejarse en la estructura y composición de los bosques secundarios.
- Los árboles en potreros activos en Muy Muy tienen una densidad y diversidad menor a la cobertura arbórea en bosques secos secundarios, y una composición de especies sesgada hacia la dominancia de especies útiles para las actividades agropecuarias. Sin embargo, la importante proporción de especies típicas de bosques secos secundarios encontradas en estos potreros, destaca la importancia de este componente arboreo de los agropaisajes para la conservación de una proporción de flora de los bosques secos tropicales.
- Las dinámicas de la regeneración natural de árboles en potreros en los potreros de Muy Muy, destacan que la conservación de una mayor o menor diversidad de especies dependerá en gran proporción del manejo que los productores den a cada una de las etapas de desarrollo de las especies arbóreas dentro de los potreros activos. El mantenimiento de las condiciones actuales de manejo probablemente propiciarán a largo plazo la pérdida de especies remanentes de bosques y de las especies raras que utilizan estos árboles como centros de reclutamiento, las cuales son principalmente dispersadas por animales silvestres. En el futuro entonces se observa una pérdida de riqueza y diversidad de especies, al tiempo que se continuara sesgando la composición de especies hacia la dominancia de especies dispersadas por el ganado o el viento, y consideradas útiles para las actividades ganaderas.
- Finalmente queda claro que dentro de la amplia variabilidad que es posible encontrar en los potreros, es posible mantener una alta riqueza, diversidad y densidad de especies y de árboles y arbustos dentro de las áreas de pastoreo activo en Muy Muy, Nicaragua. Bajo el manejo actual de estas áreas, algunas especies pioneras de bosque son capaces de regenerar y de mantener sus poblaciones en estas áreas, mientras que el mantenimiento de una mayor o menor diversidad de especies depende de las interacciones entre los recursos arbóreos, el manejo de las actividades ganaderas y el conocimiento y uso que los productores hagan de estos recursos arbóreos.

2.7 BIBLIOGRAFÍA

- Arnaiz, A.O; Castillo, S; Meave, K; Ibarra, G. 1999. Isolated pasture trees and the vegetation under their canopies in the Chiapas Coastal Plain, Mexico. *Biotropica* 31(2): 243-254.
- Cordero, J. y Boschier, D.H. 2003. *Árboles de Centroamérica, un Manual para Extensionistas*. Oxford Forestry Institute y CATIE, Costa Rica. 1079 p.
- Cajas-Giron, Y.S. y Sinclair, F.L. 2001. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. *Agroforestry Systems* 53: 215-225.
- Camargo, J. 1999. Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* ((Ruiz y Pavon) Oken) en sistemas silvopastoriles del tropico humedo y subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 127 p.
- Cárdenas, G; Harvey, C.A; Ibrahim, M. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferente hábitat en un paisaje fragmentado en Cañas Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 78-85
- CATIE (Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación en el desarrollo). 2003. Línea Base del Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, Costa Rica. 28 p. Turrialba, Costa Rica. 122 p.
- CATIE (Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación en el desarrollo). 2002. Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- Censo Agropecuario. 2002. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2002. III Censo Nacional Agropecuario, Resultados Finales. Managua, Nicaragua. En: <http://www.inec.gov.ni/cenagro>
- Cowell, R.K. 2004. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from simples. Versión 7. User guide and applications Publisher. En línea: at: <http://viceroy.eeb.econn.edu/eEstimates>.
- Duncan, R.S. y C. Chapman. 2003. Tree-shrub interaction during early secondary forest succession in Uganda. *Restoration Ecology* 11 (2): 198-207.
- Esquivel, H; Ibrahim, M; Harvey, C; Villanueva, C; Benjamin, T; Sinclair, F. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40): 24-29.
- Esquivel, M.J. y Calle, Z. 2002. Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión vegetal: evaluación de plántulas bajo su dosel. *Agroforestería en las Américas* 9 (33-34):25-30.
- Faurby, O. y Barahona, T. 1998. Silvicultura de especies maderables nativas del trópico seco de Nicaragua. Instituto Nitlapán y Universidad Centroamericana (UCA). Managua, Nicaragua. 134 p.
- Flora de Nicaragua. 1995-2003. Flora de Nicaragua. Missouri Botanical Garden. St. Louis, MO, US. 2,666 p.
- Gentry, A.H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. En: Bullock, S; H.A. Mooney, E. Medina. (Eds). *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, US. Pp. 146-194.
- Gillespie, T.W; Grijalva, A; Farris, C.N. 2000. Diversity, composition and structure tropical dry forest in Central America. *Plant Ecology* 147: 37-47.

- Gobierno de Nicaragua. 1998. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). “Encuesta Nacional de Hogares Sobre Medición de Nivel de Vida”. En línea: <http://www.inec.gob.ni/index.htm>.
- Gordon, J.E; Barrance, A.J; Schreckenberg, K. 2003. Are rare species useful species? Obstacles to the conservation of tree diversity in the dry forest zone agroecosystems of Mesoamerica. *Global Ecology & Biogeography* 12: 13-19
- Guevara, S. y Laborde, J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108: 319-338.
- Guevara, S; Meave, J; Moreno-Casasola, P; Laborde, J; Castillo, S. 1994. Vegetación y flora de potreros en la Sierra de los Tuxtlas, Mexico. *Acta Botanica Mexicana* 28: 1-27.
- Guevara, S; Laborde, J; Liesenfeld, D; Barrera, O. 1997. Potreros y ganadería. Pages 43-58. en E. González Soriano, R. Dirzo y R. Vogt (eds.). *Historia Natural de los Tuxtlas*. México City: UNAM, CONBIO.
- Harvey, C.A. y Haber, W.A. 1999. Remanent trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44: 37 – 68.
- Harvey, C.A; Tucker, N; Estrada, A. 2003. Live fences, isolated trees, and windbreaks: Tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Capítulo 11. Pp. 261-289. En: Schroth, G; G. da Fonseca, C.A. Harvey, C. Gascon, H. Vasconcelos y A. Izac. 2003. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington
- Herdenson, P.A. y Seaby, R.M. 2002. Pisces Conservation – Species Diversity & Richness III (SDR) V. 3.0. En línea: <http://www.pisces-conservation.com/>
- Herrera, Z. y Lanuza, B. 1995. Especies para la reforestación en Nicaragua. Ministerio del medio ambiente- MARENA, Servicio Forestal Nacional.-SFN. Pp185.
- Janzen, D. 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seed pasaje rate and survival in horses, Costa Rican Pleistocene seed dispersal agents. *Ecology* 62(3): 593-601.
- Janzen, D. 1991. *Historia natural de Costa Rica*. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 822 p.
- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation in Central America en the 80s and 90s: a policy perspectiva. CIFOR, Yakarta, Indonesia. 88 p.
- Kindt, R; Simona, A.J; Van Damme, P. 2004. Do farm characteristics explain differences in tree species diversity among western Kenyan farms? *Agroforestry Systems* 63: 63-74.
- Magurran. A. 2003. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publising. Oxford. UK. 256pp.
- Mongue, A.M. 1999. Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a través de parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica. Cartago, TEC, OET. 65 pp.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. En línea: <http://entomología.rediris.es/sea/manytest/myl.htm>
- Nepstad, D.C; Uhl, C; Pereira; C.A; Cardoso da Silva, J.M. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture in a mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* 76: 25-39.
- Pezo, D. y Ibrahim. M. 1998. *Sistemas silvopastoriles*. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. CATIE, Costa Rica. 258 p.
- Pomareda, C. 1998. 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.316 p.

- Sabogal, C. 1992. Regeneration of tropical dry forest in Central America, with examples from Nicaragua. *Journal of Vegetation Science* 3: 407-416.
- Sabogal, C. y Valerio, L. 1998. Forest composition, structure and regeneration in a dry forest of the Nicaraguan pacific coast. En : F. Dallmeier y J.A. Comiskey. (Ed) Forest biodiversity in North, Central and south America, and the Caribbean. UNESCO, The Parthenon Publishing group. Smithsonian Institution, Washinton DC. USA,
- Sánchez, D; Harvey, C.A; Grijalva, A; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B. 2005. (Sin publicar). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua.
- Somarriba, E. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. II Consumo de fruta y dispersión de semillas. *Turrialba* 35(4): 329-332.
- Souza de Abreu, M.H; Ibrahim, M; Harvey, C.A; Jiménez, F. 2000. Caracterización de los componentes arbóreos de los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7: 53-56.
- Synnott, T.J. 1991. Manual de procedimientos para parcelas permanentes en bosque húmedo tropical. ITCR, Cartago. Pp 103.
- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover. Cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. CATIE, DANIDA, GTZ. 71 p.
- Viana, V; Mauricio, R; Machado, R; Pimienta, I. 2001. Management of natural regeneration for introduction of livestock agroforestry systems. En: Ibrahim, M (editor). 2001. International Symposium on Sylvopastoral systems. Second congress on agroforestry and livestock production in Latin America. San Jose, Costa Rica, pp75-78.
- Villacís, J; Harvey, C.A; Ibrahim, M; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Riofrío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40): 17-23.
- Villanueva, C; Ibrahim M; Harvey C.A; Esquivel, H. 2003. Tipologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40): 9-16.
- Zamora, S; García, J; Bonilla, G; Aguilar, H; Harvey, C; Ibrahim, M. 2001. Uso de productos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8 (31): 31-38.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, Editorial Brujas Argentina.

3. CAPÍTULO II: Esquivel, M. J. 2005. Riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos en potreros activos con diferente composición de pasturas y diferente historia de uso de quemas, en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

Palabras claves: *Brachiaria spp.*, *Cynodon nlemfuensis*, composición de especies, diversidad, quema, pasturas naturalizadas, plántulas, riqueza.

RESUMEN

Se evaluó la abundancia, riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pasturas (pasto braquiaria *Brachiaria spp.*, pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* y pasturas naturalizadas) y diferente historia de uso de quemas (quemas recientes realizadas en los últimos cinco años y quemas no recientes realizadas hace más de 5 años) en Muy Muy, Nicaragua. Se encontraron un total de 6378 plántulas pertenecientes a 60 especies y 24 familias de árboles y arbustos en 835 parcelas de muestreo con un área total de 0,6 ha. *Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Platymiscium cyclocarpum* fueron las especies de plántulas arbóreas con mayores índices de valor de importancia. Se encontró una mayor riqueza y diversidad de especies arbóreas en los potreros con pasto braquiaria y pasturas naturalizadas que la presente en potreros con pasto estrella, mientras que no se encontraron diferencias en la riqueza de especies de acuerdo con la historia de uso de las quemas. La interacción entre el tipo de pasto y el uso de quemas fue significativa para la riqueza de especies de plántulas, mostrando una mayor riqueza de plántulas en potreros con braquiaria sin uso reciente de quemas que en potreros de braquiaria sin quemas recientes. En cambio, estas diferencias no se encontraron entre potreros con pasturas naturalizadas o potreros con pasto estrella con diferente historia de uso de quemas. Además, se encontraron relaciones lineales significativas entre el número individuos y de especies de árboles y arbustos adultos con el número individuos y de especies de plántulas dentro de los potreros. Estas diferencias en la regeneración de árboles entre potreros con diferentes tipos de pasto reflejan que las diferentes condiciones de micrositio determinadas por la forma de crecimiento de las diferentes especies de pastos dominantes dentro de los potreros al igual que las características de la cobertura arbórea adulta dentro de los potreros, determinan la riqueza y diversidad de plántulas arbóreas dentro de estas áreas. Sin embargo no es posible distinguir los efectos independientes de la composición de pasturas y otras condiciones de manejo sobre las características del banco de plántulas arbóreas, debido a que cada tipo de pasturas presentó también diferentes condiciones de manejo del pastoreo, así como diferente ubicación espacial respecto a áreas con cobertura arbórea boscosa (bosques secundarios y bosques riparios). Estos resultados resaltan que existe un importante banco de plántulas de árboles y arbustos en potreros activos en el municipio de Muy Muy para el manejo de la regeneración natural y que la riqueza, diversidad y composición de este banco de plántulas dependen tanto de la composición de las pasturas como de las condiciones de manejo que los productores den a estos potreros así como a su ubicación respecto a otros componentes arbóreos del agropaisaje.

Esquivel, M. J. 2005. Shrub and seedlings richness and diversity in active pastures with different pasture composition and fire use histories in the municipality of Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

Keywords: pastureland, paddocks, seedlings, grass composition, fire use history, *Brachiaria spp.*, *Cynodon nlemfuensis*.

ABSTRACT

Tree and shrub seedlings abundance, richness and diversity were evaluated on 46 pastures with different grass composition (braquiaria grasses *Brachiaria spp.*, star grass *Cynodon nlemfuensis* and naturalized grasses) and different fire use histories (pastures burned within the past 5 years versus pastures not burned during the last five years) A total of 6378 seedlings belonged to 60 species and 24 tree and shrub families were found in 835 plots with a total survey area of 0,6 ha. *Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum* and *Platymiscium cyclocarpum* were the woody species with the highest importance value indices (IVI). The seedling richness and diversity in pastures dominated by braquiaria and naturalized grasses were higher than in pastures dominated by star grass, while species richness did not differ in accordance with different fire histories. The interaction between pasture grass composition and fire use was significant, revealing that the tree seedling richness was higher on pastures with braquiaria grasses without recent fire events than in pastures with braquiaria with recent fire events. In contrast, the seedling richness did not show significant differences on pastures with naturalized or star grasses with different fire use histories. Additionally, linear and significant relationships were found between the individual and species numbers of tree and shrub adults and the individual and species numbers of seedlings in the pasture. These differences in tree regeneration between pastures of different grass types suggest that the different microsite conditions determined by the growth form of dominant grass species within the pasture, and the characteristics of tree cover within the pasture determine the richness and diversity of woody plants present in the pasture. However, it was not possible to distinguish the independent effects of pasture composition and fire use, as each pasture type presented different pasture management conditions, levels of tree cover within pastures and proximity to forested areas (secondary and riparian forests). These results show that active pasturelands in Muy Muy, Nicaragua, conserve an important seedling bank for the management of natural regeneration of trees and shrubs. However, the richness and diversity of these seedling banks depend not only on pasture composition and management, but also on the tree cover present within pastures and their proximity to other tree cover within the agricultural landscape. .

3.1 INTRODUCCIÓN

En Centroamérica, aproximadamente el 30% del territorio se mantiene bajo pasturas en continua actividad ganadera, 50% de los cuales esta en algún estado de degradación (CATIE-NORAD 2002). Se estima que en Nicaragua, menos de un 1% de bosque seco persista y de esto extensión, prácticamente nada se encuentra en estado natural (Stevens 2001). En Matagalpa, Nicaragua, la vegetación de bosque seco y sus transiciones húmedas se encuentran fuertemente fragmentadas en una matriz principalmente dominadas por una matriz de potreros. En estos agropaisajes una importante proporción de la cobertura arbórea se mantiene como árboles aislados dentro de las pasturas (Harvey *et al.* 2003) cuyas ventajas se reconocen tanto para la conservación de la biodiversidad como para el mejoramiento de los sistemas productivos (Ibrahim y Pezo 1999).

Sin embargo, aun no se conocen integralmente los impactos de estos nuevos agroecosistemas sobre en las dinámicas de regeneración de aquellas especies que son mantenidas como árboles en potreros. Por ejemplo, es probable que muchos de los árboles dominantes del bosque, no se estén reproduciendo en forma efectiva debido a las interacciones entre manejo, ganado y especies arbóreas en las etapas iniciales de la regeneración (Janzen 1982). Algunos de los factores cruciales que afectan la regeneración son: 1) la ausencia de plantas adultas semilleros; 2) la disponibilidad de los vectores de dispersión para la dispersión de las semillas; 3) las interacciones de los propágulos estas especies con las condiciones de micrositio y la competencia con las pasturas dominadas por pastos exóticos de alta productividad; 4) la interacción de sus propágulos con el pastoreo del ganado (dispersión, ramoneo, daño mecánico); y 5) las actividades de los productores para el mantenimiento de las pasturas como las quemadas, los herbicidas, las chapeas, entre otras.

Algunos estudios han abordado de forma aislada estas interacciones en los diferentes momentos de la regeneración natural de árboles en potreros antrópicos tropicales. La dispersión de semillas por el ganado ha sido evaluada para algunas especies arbóreas (Barrios 1999, Janzen 1982, Somarriba 1985). Una menor proporción ha evaluado las interacciones entre la composición de los pastos de los potreros y el establecimiento inicial de plántulas de arbóreas maderables en potreros activos (Camargo 1999). Al tiempo que las decisiones de los productores para el mantenimiento de las especies arbóreas en las áreas de producción ganadera están empezando a entenderse (Muñoz *et al.* 2003, Zamora *et al.* 2001).

Menor atención han recibido los efectos de actividades como la quema sobre diferentes momentos de la regeneración natural por medio de semillas en los potreros atrópicos tropicales (Conrado 1997). La recurrencia de fuegos fomenta cambios en la composición y productividad de las pasturas, así como cambios en la abundancia y composición de especies de plantas leñosas (Fuhlendorf y Ingle 2004). El fuego puede afectar tanto la supervivencia de individuos arbóreos adultos como su ecología reproductiva afectando: la disponibilidad de flores y semillas, la disponibilidad de micrositios, la viabilidad de las semillas dispersadas y la supervivencia de plántulas y estados juveniles de desarrollo (Fuhlendorf y Ingle

2004, Smith *et al.* 2003, Setterfield 2002). De este modo, las poblaciones de especies arbóreas sensibles a estos efectos del fuego pueden declinar, mientras que puede aumentar la distribución y abundancia de especies tolerantes en ecosistemas con la intervención de fuegos naturales o antropicos. El efecto de las quemadas sobre la composición y el establecimiento de la vegetación leñosa ha sido estudiado en bosques semidecíduos subtropicales y en sabanas naturales pero no en bosques tropicales (Setterfield 2002, Dokrak *et al.* 2004, Smith *et al.* 2003).

Igualmente el efecto de las pasturas exóticas sobre la diversidad florística ha sido estudiado principalmente en pastizales naturales y antrópicas pero en áreas subtropicales (Fairfax y Frensham 2000). Sin embargo, los pastos como vegetación existente y dominante en los potreros antropicos activos tienen influencia en los procesos de germinación y establecimiento inicial de especies arbóreas. Las formas de crecimiento aéreo de diferentes pastos pueden influir en la intensidad, calidad de luz y la temperatura del suelo, determinando las condiciones microclimáticas que activan la germinación de semillas de las especies arbóreas dispersadas (Vásquez Yañes y Orozco Segovia 1990). De igual forma, el crecimiento radicular de diferentes especies de pastos puede causar diferentes niveles de competitividad que determinan la supervivencia y crecimiento de especies arbóreas durante su etapa de plántulas (Waidyanatha *et al.* 1981). Solo especies arbóreas tolerantes a las condiciones de micrositio ofrecidas por las pasturas dominantes podrán establecer sus plántulas en estas áreas (Fairfax y Frensham 2000). Así, tanto la composición como la abundancia de las poblaciones de especies arbóreas en sus primeros estados de desarrollo podrían diferenciarse entre pasturas con diferente composición de pastos.

Aunque las limitaciones de dispersión de propágulos de especies arbóreas (semillas y plántulas) en potreros activos puedan ser superadas por algunas especies, estos propágulos aún deben superar la dominancia de diferentes especies de pastos establecidas por los productores en los potreros y condiciones de manejo como las quemadas, para lograr el establecimiento de sus fases iniciales de regeneración en los potreros activos. De este modo, pastos, quemadas, ganado y decisiones de los productores interactúan sobre las dinámicas de la regeneración natural de árboles y arbustos en pastizales antropicos tropicales y sus interacciones probablemente influyen la abundancia, riqueza y la diversidad de árboles y arbustos observada en potreros activos como los encontrados en Muy Muy, Nicaragua.

Sin embargo pocos estudios se han enfocado en las primeras etapas del desarrollo de las especies arbóreas en los potreros tropicales, siendo las etapas de germinación y establecimiento de plántulas eventos decisivos y limitantes para la regeneración de las especies arbóreas en áreas perturbadas (Gerhardt 1999). El conocimiento de los efectos de manejo sobre estas etapas de desarrollo y de las respuestas de las diferentes especies arbóreas podría brindar herramientas para determinar el manejo apropiado de la regeneración natural para el establecimiento de sistemas silvopastoriles (Clavo y Baca 1999) y el mejoramiento de la productividad de sistemas y fincas ganaderas.

El presente estudio evalúa si diferentes tipos de pasturas y diferentes intensidades de eventos de quema tienen algún efecto sobre la diversidad, riqueza, abundancia y composición de especies del banco

de plántulas de árboles y arbustos presentes en potreros activos en el municipio ganadero de Muy Muy, Matagalpa Nicaragua. Esta información permitirá conocer las potencialidades del banco de plántulas para el establecimiento de especies arbóreas en potreros activos y su variabilidad bajo distintas condiciones de composición de pastos y de historia de uso de las quemadas.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de plántulas de árboles en potreros con activos con diferente composición de pasturas y con diferente historia en el uso de quemadas en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de especies de plántulas de árboles en potreros con activos con pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*, pastos braquiaria *Brachiaria spp.* y pasturas naturalizadas (mezcla de pasturas no mejoradas).
2. Evaluar la abundancia, riqueza, diversidad y composición de plántulas de árboles en potreros con el último evento de quema realizado hace 5 años o menos y en potreros con el último evento de quemadas realizado hace más de 5 años.
3. Caracterizar el efecto de la frecuencia de chapeas, el uso de herbicidas y el pastoreo de ganado de los potreros y la cobertura arbórea adulta dentro y fuera de potreros sobre la regeneración natural de árboles y arbustos en potreros de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente estudio se llevó a cabo en fincas ganaderas del municipio de Muy Muy en el departamento de Matagalpa en Nicaragua, en las que actualmente se desarrollan actividades del proyecto NORAD. El departamento de Matagalpa se encuentra ubicado entre los 12° 31' y 13° 20' de Latitud Norte, y los 84° 45' y 86° 15' de Longitud Oeste. Limita al norte con Jinotega, al este con las dos Regiones Autónomas, al sur con los departamentos de Managua y Boaco, y al oeste con Estelí y León. Matagalpa hace parte de la Región Central de Nicaragua, siendo uno de los departamentos más extensos y poblados del país, donde la población rural representa la mayor parte con 64% y mientras que en el área urbana se concentra sólo el 36 % (Censo Agropecuario 2001).

El municipio de Muy Muy, con una población de 3600 habitantes, se ubica entre las coordenadas geográficas de 85°45' - 85°30' longitud este y entre los 12°50' - 12°40' latitud norte, cubriendo un área de 110 km². Situados a 55 y 35 km. al este esta zona, se encuentran dos reservas naturales de interés nacional: Los Cerros Musún y Quiroga (CATIE/NORAD 2001).

La topografía del terreno en que se ubica Muy Muy, presenta 32% Terrenos Plano, 41.0% Terrenos Ondulados y 27% Terrenos Quebrados. Entre Muy Muy, Esquipulas, San José de los Remates y Boaco se localiza un nudo montañoso cuyos puntos culminantes son los cerros de Santa María (1,183 m), El Padre (1,107 m) y Cumaica (1,181 m) en el límite con Matagalpa. En este macizo montañoso el clima fresco y húmedo favorece al cultivo del café, mientras que en las zonas bajas u onduladas del municipio se encuentran enclaves secos y calidos dedicados a la producción ganadera (INEC 2003). La hidrografía del Municipio pertenece a la cuenca del río grande de Matagalpa, la cual se inicia a partir de la desembocadura del río Yaguare en el río grande de Matagalpa donde inicia el límite de Muy Muy con el Municipio de Esquipulas. La mayoría de los ríos de importancia del Municipio pertenecen a la subcuenca del río Compasagua.

El ecosistema de la región se clasifica como trópico semi-húmedo en transición entre zona seca y zona húmeda. En Muy Muy la precipitación anual promedio es de 1576 mm año⁻¹, con irregularidad de los regimenes de lluvias (años muy secos cada 6 a 8 años seguidos por periodos trianuales de inviernos normales o buenos) (Línea Base Pasturas NORAD 2001) y temperatura promedio de 24,5°C (Anónimo, 2001).

3.3.2 ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

La población rural de Matagalpa se dedica a variadas actividades agropecuarias, como el café en las zonas montañosas, la ganadería en el valle del Río Grande, granos básicos y otros productos

tropicales, incluyendo hortalizas, en valles y regadíos como el de Sébaco (Censo 2001). Sin embargo, las actividades ganaderas ocupan en la actualidad el 50% del territorio Matagalpeño.

En los últimos 38 años el área de Matagalpa ocupada por pastos incrementó mientras que los bosques presentaron una reducción de su área de cobertura. Actualmente Muy Muy presenta bajos porcentajes de cobertura de bosques y tacotales (5% y 10% respectivamente) evidenciando alta pérdida y fragmentación de bosques naturales. La mitad de su superficie (53%) esta cubierta con pastos naturales y el 22 % de pastos cultivados ó sembrados. Así, Muy Muy es el municipio con mayor cobertura de pastos (cultivados y naturales) de Matagalpa (73%), seguido por Matiguás (71%) y Río Blanco (69%) (Cuadro 24).

Cuadro 24. Distribución del uso del suelo en los principales municipios ganaderos de Matagalpa, Nicaragua. Porcentaje (%) de la superficie total (mz) por cobertura y por municipio.

Municipios	Rancho Grande	Río Blanco	Matiguás	Muy Muy
Superficie (mz)	68382	78852	187179	48346
Cultivos anuales o temporales (%)	15	10	7	6
Cultivos permanentes y semi-permanentes (%)	9	3	2	3
Tierras en descanso/tacotales (%)	24	11	13	10
Pastos naturales (%)	13	67	49	53
Pastos cultivados o sembrados (%)	22	2	22	20
Bosques (%)	13	5	5	5
Otras tierras (%)	4	2	2	3

Tomado de: Censo Agropecuario de Matagalpa, 2001.

Muy Muy es el tercer municipio con mayor población bovina del Matagalpa, albergando el 9% del ganado del departamento y un promedio de 39.6 cabezas por EA, superado solo por Matiguás con un promedio de 50.5 cabezas de ganado bovino por EA. El área promedio aproximado de las fincas de la localidad es de 40 has. La mayoría de las fincas de los productores ganaderos en Muy Muy tienen entre 6 y 10 potreros en sus fincas y apartos de 3-6 has. El promedio de carga animal en el municipio es de 1.08 UA ha⁻¹. La eliminación de malezas se realiza mediante chapias, quemas y herbicidas (Línea Base CATIE-NORAD 2003).

3.3.3 SELECCIÓN DE ÁREAS DE MUESTREO

Las áreas de muestreo fueron potreros con pastoreo activo de ganado doble propósito localizados en fincas del municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua, cuyos productores formaron parte del grupo de beneficiarios del proyecto Pasturas Degradadas CATIE –NORAD. Este proyecto proporcionó información de composición herbácea y del manejo actual e histórico de los potreros de 40 fincas del municipio de Muy Muy recopilada entre diciembre de 2003 - enero de 2004. A partir de esta información se obtuvo la composición de la cobertura de las pasturas (pastos mejorados, gramas, hoja ancha, suelo desnudo) y la última fecha en la utilización de quemas de 46 potreros.

Con esta información se seleccionaron en febrero y marzo de 2004, 46 potreros con seis tipos diferentes de pasturas que presentaron combinaciones bi-factoriales de los factores: 1) composición la pastura (PASTOS) con tres niveles: pasto estrella (E), pastos braquiaria (B) y pastos naturalizados (N), y 2) historia de uso de quema (QUEMA) con dos niveles: recientes (Q) y no recientes (sQ), para un total de 46 potreros con seis tipos de pasturas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) (Cuadro 25).

Cuadro 25. Número de potreros por condición de composición de la pastura (B, E, N) y la historia de uso de quemas (Q, sQ) en fincas ganaderas del municipio de Muy Muy, Nicaragua.

Pastos	Quema		No. total potreros
	Reciente (Q)	No reciente (sQ)	
braquiaria: <i>Brachiaria spp.</i> (B)	5	10	15
estrella: <i>Cynodon nlemfuensis</i> (E)	5	8	13
gramas y otras gramíneas: Naturalizado: (N)	6	12	18
<i>Total</i>	16	30	46

La dominancia de pastos en la composición de las pasturas fue el criterio utilizado para la selección de los potreros de estudio. La dominancia de los pastos fue determinada utilizando los valores de porcentaje de cobertura por especie de pasto encontradas en cada uno de los potreros, calculados por el proyecto Pasturas Degradadas (CATIE-NORAD). Los potreros con pasturas mejoradas como *Brachiaria spp.* (B) y de *Cynodon nlemfuensis* (E) presentaron coberturas medias de estos pastos en toda el área del potrero superiores al 50%. Sin embargo, la alta variabilidad en la cobertura de pastos mejorados dentro de los potreros de la localidad, requirió seleccionar solo aquellos potreros que presentaron áreas mayores a 0,5 ha densamente cubiertos por cada uno de estos pastos (porcentaje de cobertura superior al 70% en esta área) para asegurar el efecto de las pasturas sobre el banco de plántulas. En contraste, las pasturas naturalizadas (N) consistieron en potreros sin pastos mejorados y donde ninguna otra especie de pasto presentó porcentajes de cobertura mayores al 50% y presentado áreas mayores a 1 ha. De esta manera, los potreros seleccionados para cada categoría de pastos presentaron diferencias en sus porcentajes de cobertura de pasto estrella, pastos braquiaria, gramas y otras gramíneas; mientras que no presentaron diferencias significativas entre el porcentaje de cobertura de plantas de hoja ancha ni en el porcentaje de suelo desnudo entre estos tipos de potreros (Cuadro26).

Cuadro 26. Porcentaje de área de cobertura de pastos mejorados, gramas, herbáceas de hoja ancha y suelo desnudo por cada categoría de pastura: *Brachiaria spp.* (B)(n=15), *Cynodon nlemfuensis* (E) (n=13 y naturalizadas (N) (n=18), en los potreros de Muy Muy, Nicaragua.

Cobertura	% área			varianza			mín. - máx.		
	B	E	N	B	E	N	B	E	N
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (estrella)	0	58	0	0	427	0	0 - 0	20 - 75	0 - 0
<i>Brachiaria spp.</i> (braquiaria)	53	0	0	831	0	0	4 - 85	0 - 0	0 - 0
gramas y otras gramíneas	18	25	47	140	217	393	2 - 33	10 - 40	20 - 90
hoja ancha	23	40	41	439	311	257	5 - 50	18 - 60	10 - 65
suelo desnudo	1	1	0	1	6	1	0 - 2	0 - 5	0 - 2

Los finqueros ganaderos de Muy Muy utilizan el fuego para la renovación de pasturas y la eliminación de plantas leñosas y herbáceas no deseadas. De este modo, todos los potreros seleccionados presentaron historia de uso de fuego (quemadas) para el mantenimiento de las pasturas, pero con diferencias en el año de realización del último evento de quema. Para evaluar el efecto de las quemadas, se distinguieron dos grupos de potreros con diferente historia de quema: potreros con el último evento de quema realizado hace menos de 5 años ($Q \geq 5$) constituyeron potreros con quema reciente (Q) ($n=16$); potreros con el último evento de quema realizado hace más de 5 años ($5 < Q$), constituyeron potreros sin quema o con quemadas no recientes (sQ) ($n=30$).

Los potreros seleccionados con los criterios de composición de pasturas y quemadas se localizaron en la zona baja y media del municipio de Muy Muy con alturas entre 100 y 450 m.s.n.m. Estos potreros pertenecieron a 17 fincas ubicadas en 7 comarcas del municipio: Las Vegas, El corozo, Maizama, Guiligua, Esquirin, Venecia y Compasagua. El tamaño de los 46 potreros seleccionados varió entre 1,09 y 21,63 ha, con un área media de 5,82 ha (E.E.=1,34).

3.3.4 ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS DE MUESTREO PARA PLÁNTULAS DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS EN POTREROS

El diseño de muestreo consistió en parcelas circulares (PC) de 1,5 m de radio ($7m^2$) para el muestreo de plántulas, en cada uno de los 46 potreros seleccionados. Las PC se establecieron cada 20 metros formando cuadrículas en un área de 60 x 80 m a partir del centro del potrero, abarcando una misma topografía dentro del conjunto de PC (Figura 9). La ubicación de estas PC en los potreros con pasturas mejoradas (braquiaria y estrella) se restringió a las áreas con la mayor cobertura de pastos dentro del área del potrero (con $>70\%$ del área cubierta por la especie mejorada) para asegurar el efecto de la composición de las pasturas en el muestreo de plántulas. La diferencia en el tamaño de los potreros permitió el establecimiento de un promedio de 18 PC por potrero, con mínimo de 7 y máximo de 20 PC. En total se establecieron 835 PC para el muestreo de plántulas con un área total de muestreo de 0,6 ha (Cuadro 27).

Cuadro 27. Número y área de parcelas circulares (PC) para el muestreo de plántulas de árboles y arbustos en seis diferentes tipos de potreros con diferente composición de pastos (B, E, N) y diferente historia de uso de quemadas (Q, sQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Pastos	Quema	Tipo de potrero	No. PC	Área (ha)
braquiaria: <i>Brachiaria</i> spp. (B)	Q	BQ	66	0,046
	sQ	BsQ	177	0,124
estrella: <i>Cynodon nlemfuensis</i> (E)	Q	EQ	85	0,059
	sQ	EsQ	151	0,106
gramas y otras gramíneas: Naturalizado: (N)	Q	NQ	120	0,084
	sQ	NsQ	239	0,167
Total			838	0,586

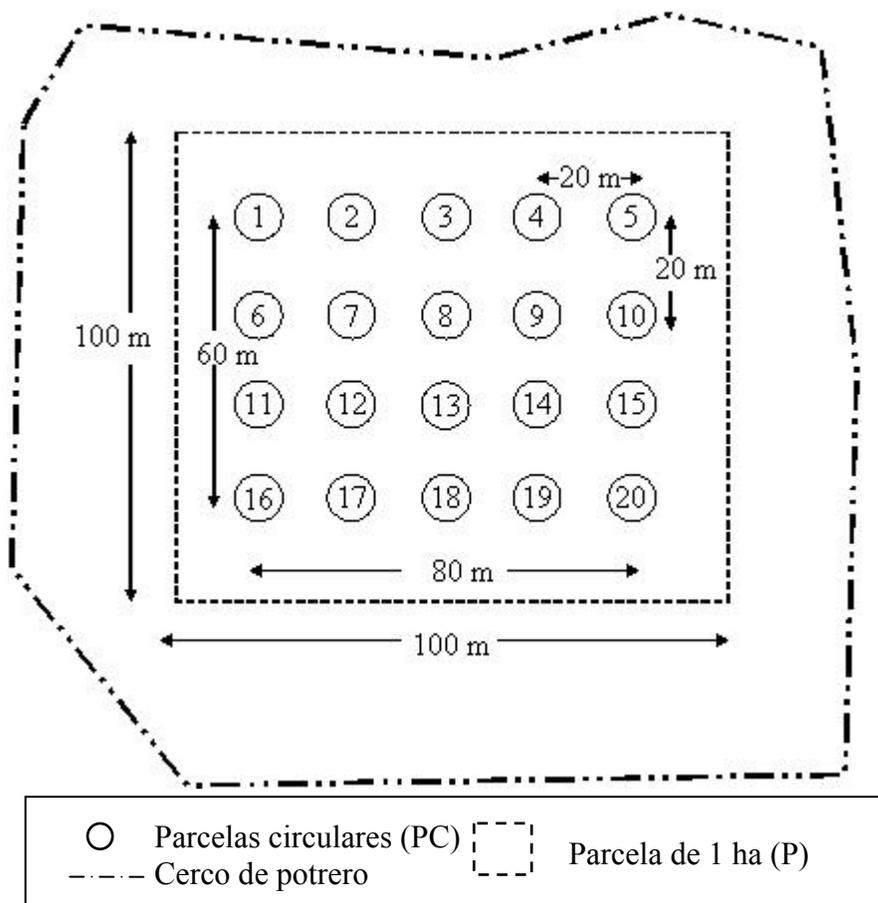


Figura 9. Número y distribución espacial esquematizada de las parcelas de muestreo de plántulas (PC) de árboles y arbustos adultos (P) dentro de potreros activos de Muy Muy, Nicaragua.

3.3.5 EVALUACIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE PLÁNTULAS DE ARBUSTOS Y ÁRBOLES EN LOS POTREROS

Entre los meses de mayo y agosto del 2004 se muestrearon todas las plántulas y adultos de árboles y arbustos encontrados en las parcelas establecidas en los 46 potreros seleccionados, pertenecientes a 17 fincas ganaderas en el municipio de Muy Muy, Matagalapa, Nicaragua. Se colectaron muestras vegetales para la identificación taxonómica de cada una de las especies encontradas en las parcelas de muestreo. La identificación se llevó a cabo con la colaboración del Herbario de la Universidad de Nicaragua y de la botánica Dalia Sánchez. Los especímenes colectados reposan en este herbario y en las oficinas del proyecto Pasturas CATIE (NORAD) con su respectiva identificación taxonómica.

En cada una de las PC se registraron la especie y abundancia de todas las plántulas ($5 \text{ cm} \leq \text{altura} \leq 30 \text{ cm}$) encontradas. Para calcular el número esperado de especies se utilizaron las abundancias específicas (número de plántulas por especie) para cada PC en las diferentes condiciones de composición de pastos (B, E, N), historia de uso de quemadas (Q, SQ) y sus interacciones en seis tipos de potreros (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ). El número de especies estimado se calculó utilizando los estimadores de riqueza no paramétricos ACE y Jackknife de primer orden (Jack1) calculados por el programa Estimates V

7 (Colwell 1997). Con la riqueza total estimada y observada fue posible calcular el porcentaje de especies registradas del total de especies posibles (esfuerzo de muestreo) para cada condición de potrero.

Para comparar la riqueza de especies en potreros con diferente composición de pastos (B, E, N), historia de uso de quemas (Q, sQ) y los seis tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ), bajo un mismo esfuerzo de muestreo se utilizaron curvas de saturación de especies. Para la construcción de estas curvas se estimó el número de especies acumuladas por unidad de muestra utilizando la abundancia de plántulas por especie en cada PC (7 m²) y el programa Estimates V7 (Colwell 1997).

Para obtener un único valor de abundancia y riqueza de plántulas para cada potrero a partir de las todas las PC establecidas por potrero, se calcularon las medias del número de plántulas y del número de especies por parcela PC (7 m²) por potrero. Los efectos de la composición de pastos (B, E, N), la historia de uso de quemas (Q, SQ) y los seis tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) sobre la abundancia y riqueza media de plántulas de árboles y arbustos en 7m² por potrero, fueron evaluados mediante Andeva utilizando como factores la composición de pastos, el uso de quemas y sus interacciones. Las comparaciones de medias fueron realizadas mediante el test de Tukey.

Los índices de abundancia proporcional de Shannon Wiener y de Simpson fueron calculados para la abundancia específica por parcela con el fin de cuantificar la diversidad de especies teniendo en cuenta el valor de importancia de cada especie. Los efectos de la composición de pastos (B, E, N), la historia de uso de quemas (Q, SQ) y los seis tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) sobre los índices de Shannon y de Simpson medios por potrero para plántulas de árboles y adultos fueron evaluados utilizando Andeva y sus límites de confianza utilizando el programa InfoStat versión 2004. Los intervalos de confianza con nivel α son un conjunto de valores del parámetro (intervalo) que con confianza $(1-\alpha)100\%$ incluirían el valor del parámetro en la población, dado la variabilidad en la muestra y la forma de la distribución muestral del estimador. Los cuantiles $\alpha/2$ y $(1-\alpha/2)$ de la distribución muestral del estadístico usado para construir el intervalo, son seleccionados para obtener los límites superior e inferior de un intervalo de nivel α alrededor del parámetro. De esta forma los índices de diversidad tendrán una probabilidad de 95% de presentar sus valores para cada condición evaluada dentro del intervalos construidos por este proceso tienen, pudiendo identificar diferencias no observadas con el Andeva.

El índice de Shannon Wiener calculado es un índice de equidad, y expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero (cuando hay una sola especie) y el logaritmo de S (cuando todas las especies están presentes) (Magurran 1988). El índice de Simpson es un índice de dominancia (inverso al concepto de equidad) que toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, de esta forma, esta fuertemente influido

por la importancia de las especies más dominantes. Este índice manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, y sus valores posibles están entre 0 y 1.

Se evaluó el ajuste de las abundancias y frecuencias específicas por potrero a modelos de distribución de abundancia (serie geométrica, logaritmo normal, logaritmo normal truncado y barra quebrada) utilizando el programa Species Diversity & Richness III version 3.0 (Henderson y Seaby 2002). Los octavos de la distribución de las abundancias a la cual se ajustaron estos datos y obtenidos con este programa, determinaron los rangos de distribución. Estos rangos se agruparon en cuatro categorías de abundancias (abundantes, comunes, escasa, raras) y de frecuencias específicas (frecuente, común, ocasional, rara). Para cada categoría se calculó el número de especies de plántulas de árboles y arbustos encontrados para cada categoría de abundancia y frecuencia, y el porcentaje del total de especies registradas.

Se calculó en el índice de importancia (IVI) para conjugar en un único parámetro la abundancia, frecuencia y dominancia relativas para cada especie. Mediante el IVI se cuantificó la importancia ecológica de cada especie de plántula. El IVI se calcula como la suma de estos tres valores relativos. Para cuantificar el valor de importancia ecológica para las plántulas se utilizó El IVI simplificado (IVIs), el cual no toma en cuenta la dominancia de las especies obtenida a partir de dap (diámetro de tallo a la altura del pecho).

La composición de especies de plántulas en las diferentes condiciones de potrero fue comparada mediante análisis de componentes principales en función de la abundancia de plántulas observadas por especie en las seis tipos de potreros (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) y un biplot con árbol de recorridos mínimos (ARM) realizados con el programa InfoStat P Version 2004. Para cuantificar las similitudes entre la composición de especies en estos seis tipos de potreros se calcularon las distancias promedio de Manhattan (average linkage) y los coeficientes de similitud DICE obteniendo matrices de distancia con los cuales se realizaron análisis de conglomerados con el programa InfoStat P Version 2004. Para el cálculo de las distancias de Manhattan se utilizaron los datos de abundancias específicas de plántulas (datos cuantitativos); y para el índice de similitud de DICE datos de presencia y ausencia de las especies de plántulas (datos categorizados 0,1).

Para evaluar la asociación de especies de plántulas a los seis tipos de potreros, se realizó un biplot con árbol de recorridos mínimos y tablas de contingencia para las especies de plántulas con la abundancia específica de plántulas por potrero y por parcela respectivamente, utilizando el programa InfoStat P Version 2004 y PcOrd para Windows (McCune y Mefford 1999).

3.3.6 CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA ARBÓREA ADULTA DE CADA POTRERO

En todos los potreros se establecieron parcelas de 100 x 100 m o 1 hectárea (P) para el muestreo de las especies y la abundancia de árboles y arbustos adultos ($dap \geq 10$ cm) para un total de 46 ha evaluadas. Estas parcelas se establecieron en el centro de cada potrero. El centro de cada P constituyó además el centro del grupo de PC establecidas para el muestreo de plántulas de árboles y arbustos (Figura 9). Para cada P se obtuvo la densidad de especies (número de especies/ha), densidad de individuos (número de individuos adultos/ha) y el porcentaje de cobertura arbórea (porcentaje del área de parcela cubierta por las copas). El porcentaje de cobertura arbórea se obtuvo sumando las áreas de copas de los árboles aislados y los conjuntos de árboles en cada parcela. Las áreas ocupadas por estas copas se calcularon midiendo dos diámetros de copa perpendiculares entre sí (D1 y D2) y utilizando la fórmula de área de una elipse $((D1 + D2)/2 * \pi)$. Adicionalmente se calcularon los índices de diversidad de Shannon y de Margalef, el índice de dominancia de Simpson y el índice de equitatividad (Evenness) para cada potrero.

Mediante Andeva y el test de Tukey se evaluaron las diferencias significativas en la riqueza y abundancia, porcentaje de cobertura arbórea y los índices de diversidad, dominancia y equitatividad de árboles y arbustos adultos entre los 6 tipos de potreros. La densidad de individuos, especies y el porcentaje de cobertura de arbustos y árboles adultos se utilizaron como variables ambientales en el análisis de Correspondencia Canónico (CA) para evaluar su aporte a la variabilidad del ordenamiento de las abundancias específicas de las plántulas. Estas variables de la cobertura arbórea de los potreros seleccionados también fueron utilizadas como covariables para evaluar su efecto en las diferencias de la riqueza y abundancia de plántulas en potreros con diferente composición de pastos (B, E, N), historia de uso de quemas (Q, SQ) y los seis interacciones o tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).

Las relaciones entre la abundancia y riqueza de especies de árboles y arbustos adultos con la abundancia y riqueza de especies de plántulas árboles y arbustos en los 46 potreros se evaluaron mediante regresiones lineales simples utilizando el programa InfoStat P v (2004). Las regresoras fueron las densidades de individuos y de especies de árboles y arbustos adultos en cada potreros en potreros con diferente composición de pastos (B, E, N), historia de uso de quemas (Q, SQ) y las 6 seis interacciones de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) y la variables dependientes las densidades medias de individuos y de especies de plántulas encontrada en las parcelas de 7 m².

3.3.7 CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO Y DE LA UBICACIÓN ESPACIAL DE CADA POTRERO

Las condiciones de manejo de cada potrero fueron obtenidas por medio de la realización de encuestas a los productores. La ubicación de los potreros fue levantada en campo recorriendo los límites de cada potrero. Esta información adicional se utilizó para caracterizar cada uno de los potreros y determinar su relación con los tipos de potrero evaluados. Las condiciones de manejo registradas para

cada potrero seleccionado fueron: grupo de ganado en pastoreo, uso de herbicidas y número de chapeas al año. La ubicación espacial se registró como la vecindad de los potreros seleccionados con otros componentes de la finca y con áreas con mayor cobertura arbórea.

Los grupos de ganado en pastoreo posibles en estos potreros fueron: ganado parido (en producción de leche), ganado forro (sin producción de leche) y terneros. Las diferentes condiciones de uso de herbicidas fueron: uso y no uso de herbicidas para el control de la maleza. El manejo de las chapeas (o limpias) para el control de las malezas en los potreros pudo variar entre 1, 2, 3 y 4 chapeas al año. Algunos de los potreros seleccionados colindaron con otras áreas de la finca como la casa de la finca y corrales para el apacentamiento del ganado de la finca; mientras que otros potreros colindaron con áreas con mayor cobertura arbórea como fragmentos de bosque, bosques riparios y charrales. La presencia o ausencia de cada una de estas condiciones de manejo y ubicación espacial para cada potrero se utilizaron como variables categóricas (Cuadro 28). Estas variables fueron incluidas como variables ambientales en el análisis de Correspondencia Canónico (CA) utilizando el programa CANOCO (ter Braak *et al.* 1998) para evaluar el efecto de estas variables sobre el ordenamiento de la abundancia específica de las plántulas encontradas en los potreros evaluados, en relación con las variables de selección de composición de pastos (B, E, N) y de historia de uso de quemas (Q, SQ). Adicionalmente, se realizaron análisis de correspondencia y tablas de contingencia para visualizar si estas variables de manejo y ubicación se encontraban correlacionadas y ayudaban a caracterizar los potreros con diferente composición de pastos (B, E, N), historia de uso de quemas (Q, SQ) o los seis tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).

Cuadro 28. Información adicional de manejo y ubicación espacial recopilada como variables categóricas (0,1) para cada uno de los 46 potreros seleccionados en Muy Muy, Nicaragua.

Pastoreo de ganado	Uso de herbicidas	No. chapeas/año	Colinda con:	
Parido (0, 1)	Si (1)	1 (0, 1)	Corral (0, 1)	Bosques (0, 1)
Forro (0, 1)	No (0)	2 (0, 1)	Casa finca (0, 1)	Bosque riparios (0, 1)
Ternero (0, 1)		3 (0, 1)		Charrales (0, 1)
		4 (0, 1)		

3.3.8 EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA ABUNDANCIA DE ESPECIES DE PLÁNTULAS

Las variables ambientales que aportaron significativamente a la explicación de la variabilidad observada en la composición y abundancia de las plántulas fueron evaluadas utilizando el paquete de programas de ordenación canónico CANOCO (ter Braak *et al.* 1998). Cada una de las variables registradas para los 46 potreros seleccionados: composición de pastos (B, E, N), historia de uso de quemas (Q, sQ), riqueza (número de especies), abundancia (número de individuos adultos/ha), porcentaje de cobertura (% área de la parcela bajo sombra de copas) de árboles y arbustos adultos, pastoreo de

ganado (parido, forro, terneros), uso de herbicidas (si, no), número de chapeas al año (1, 2, 3, 4), colindancia con (casa, corral, charrales, bosques, bosque riparios) se utilizaron como variables ambientales. Las abundancias específicas de plántulas de árboles y arbustos encontradas en cada uno de los potreros, fueron utilizadas como variables de especies.

Las técnicas de ordenación de datos como el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis de correspondencia (CA) son comúnmente usados para reducir en un diagrama de ordenación la variación dispersada entre muestras y especies de una comunidad. La ordenación canónica es una combinación de ordenación y de regresiones múltiples con base en las variables ambientales. En la ordenación canónica realizada por CANOCO, el eje de ordenación es una combinación lineal entre las variables ambientales. El diagrama de ordenación resultante es interpretado con la ayuda de datos externos por ejemplo evaluando la significancia de cada variable ambiental y realizando análisis univariados como Andeva, o multivariados como análisis de correlaciones (ter Braak *et al.* 1998).

La significancia estadística de la relación entre las especies de plántulas de árboles y arbusto y las variables ambientales, fue evaluada con el análisis canónico de correspondencia (CCA) y la prueba de permutación de Montecarlo de realizada con 499 permutaciones (ter Braak *et al.* 1998). Las matrices del valor de correlación obtenidas en el CCA fueron utilizadas para determinar la correlación entre las variables ambientales de interés (pastos y quema) con las variables ambientales adicionales. El valor de la correlación el ordenamiento de las especies con el primer eje canónico (eje 1) y el porcentaje variabilidad explicado este mismo eje, fueron los criterios para seleccionar el modelo con los variables ambientales que logran explicar una mayor proporción de las variabilidad encontrada en las distribución de abundancias específicas de las plántulas de árboles y arbustos en los potreros.

3.4 RESULTADOS

3.4.1 RIQUEZA, ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE PLÁNTULAS DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS

Se encontraron un total de 6378 plántulas pertenecientes a 60 especies y 24 familias de arbustos y árboles pequeños a grandes en 835 parcelas de muestreo (total de 0,6 ha) ubicadas en 46 potreros en el sitio de estudio (Artículo 1). De estas 60 especies, el 80 % fueron identificadas a nivel de especie. Solo 12 especies registradas y representadas por 33 individuos (0,5% del total) no lograron ser identificadas a ningún nivel taxonómico en la totalidad de los potreros evaluados (Figura 10). Se registró una abundancia media de 8 plántulas por PC (7 m^2) en los 46 potrero evaluados (E.E.= 1) con valores mínimos de 0 y máximos de 537 plántulas.

Fabaceae y Mimosaceae fueron las familias más ricas en especies, representadas por 6 especies cada una (20 % del total de especies). Ocho familias estuvieron representadas por 4, 3 y 2 especies (37% de las especies), mientras que 14 familias estuvieron representadas por una única especie (familias monoespecíficas) (23%). La familia con un mayor número de individuos fue Borragináceae con 2734 individuos (43% del total de individuos), seguida de Bignoniaceae con 810 individuos (13%), Mimosaceae con 763 individuos (12%) y Fabaceae con 719 individuos (11%). A estas cuatro familias pertenecieron un total de 5026 individuos, mientras que 1352 individuos (21% del total de individuos) representan las 20 familias restantes.

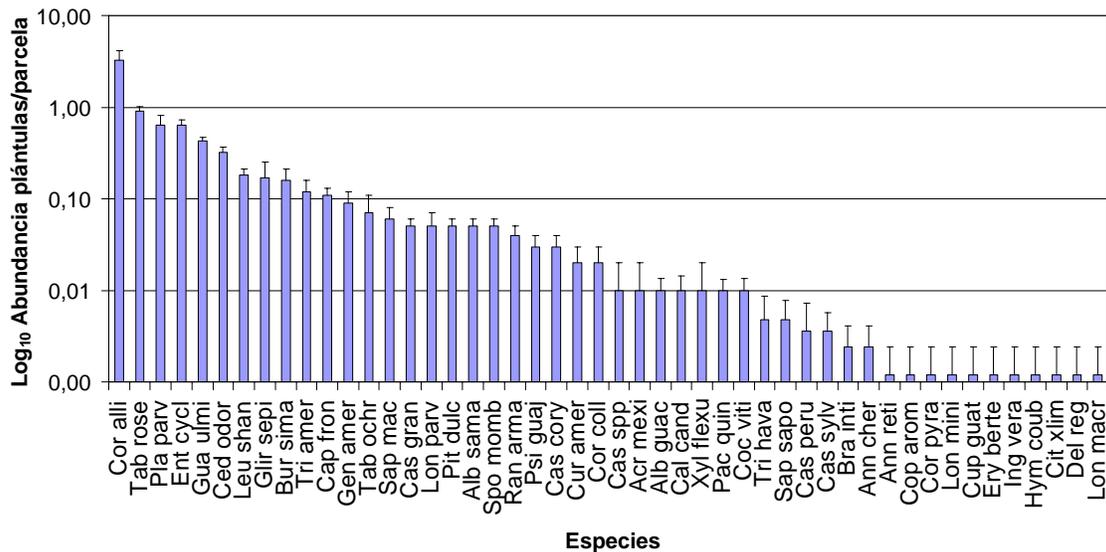


Figura 10. Abundancia media de plántulas (altura $\leq 30 \text{ cm}$) de especies de árboles y arbustos por parcela (7 m^2) identificadas en 835 parcelas ubicadas en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua. Las abreviaciones de especies se encuentran en el Anexo 1.

El 35% de las especies de plántulas presentaron solo uno o dos individuos y el 47% se registraron en menos de dos potreros (especies raras); mientras que, solo para el 20% de las especies se registraron más de 65 individuos (especies abundantes) y el 15% de las especies se presentaron en mas de 16 potreros (especies frecuentes; Cuadro 29, Cuadro 30).

Cuadro 29. Número de especies y porcentaje del total de especies de plántulas de árboles y arbustos por categoría de abundancia encontrada en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Categorías de abundancia	Rango de abundancia (No. plántulas)	No. spp.	% spp.
Raras	1 - 2,5	21	35
Escasas	2,6 - 8,5	12	20
Comunes	8,6 - 64,5	15	25
Abundantes	64,6 - 128,5	12	20
Total		60	100

Cuadro 30. Número de especies y porcentaje del total de especies de plántulas de árboles y arbustos por categoría de frecuencia encontrada en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Categorías de frecuencia	Rango de frecuencia (No. potreros)	No. spp.	% spp.
Rara	1 - 2,5	28	47
Ocasional	2,6 - 8,5	14	23
Común	8,6 - 16,5	9	15
Frecuente	16,6 - 46,5	9	15
Total		60	100

Cordia alliodora fue la especie para la cual se registró un mayor número de plántulas, mientras que *Tabebuia rosea* y *Guazuma ulmifolia* fueron las especies de plántulas mas frecuentemente encontradas en las parcelas. Estas tres especies fueron a su vez las especies con mayor valor de importancia y por tanto con mayor representatividad ecológica dentro de la comunidad de plántulas en los potreros activos evaluados de acuerdo con el índice de valor de importancia simplificado (IVIs) Cuadro 31).

Cuadro 31. Especies de plántulas de árboles y arbustos con mayores abundancias (Ab) y frecuencias (Fr) específicas y relativas (Ab_Rel, Fr_Rel) organizadas por índices de valor de importancia simplificado (IVIs) en 835 parcelas ubicadas en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Nombre común	Especie	Ab	Ab_Rel	Fr	Fr_Rel	IVIs
laurel	<i>Cordia alliodora</i>	2717	42,60	117	14,01	56,61
macuelí	<i>Tabebuia rosea</i>	750	11,76	238	28,50	40,26
guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	358	5,61	190	22,75	28,37
guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	525	8,23	148	17,72	25,96
coyote	<i>Platymiscium parviflorum</i>	533	8,36	88	10,54	18,90
cedro	<i>Cedrela odorata</i>	264	4,14	104	12,46	16,59
frijolillo	<i>Leucaena shannoni</i>	147	2,30	61	7,31	9,61
jiñocuabo	<i>Bursera simarouba</i>	130	2,04	48	5,75	7,79
verguetoro	<i>Capparis frondosa</i>	88	1,38	44	5,27	6,65
madero	<i>Gliricidia sepium</i>	138	2,16	35	4,19	6,36
jagua	<i>Genipa americana</i>	74	1,16	39	4,67	5,83
piojo	<i>Trichillia americana</i>	98	1,54	32	3,83	5,37

La composición y la abundancias de las especies de plántulas de árboles y arbustos estuvieron heterogéneamente distribuidas entre los distintos tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) con distinta composición de pastura (B, E, N) y con distinto historia de uso de quemas (Q, sQ).

3.4.2 COMPARACIONES DEL BANCO DE PLANTULAS ENTRE DIFERENTES CONDICIONES DE POTREROS

3.4.2.1 Riqueza del banco de plántulas

Se estimó que entre el 71 y el 91% de las especies esperadas para las diferentes condiciones de pastura fueron registradas con el esfuerzo de muestreo realizado en campo (Cuadro 32). El mayor éxito de muestreo se obtuvo en los potreros EQ en el cual se registraron el 91% de las especies esperadas, mientras que el menor éxito de muestreo se encontró en las pasturas NQ y NsQ (73%).

Cuadro 32. Número de especies observadas acumuladas, número esperado de especies según estimadores de riqueza ACE y Jackknife de primer orden (Jack 1), y esfuerzo de muestreo observado para cada condición de potrero.

Potreros	No especies observadas	No. especies esperado		% de especies esperadas observado		
		ACE	Jack 1	%ACE	% Jack 1	%Promedio
General	60	81	85	74	70	72
B	48	57	69	85	70	78
E	24	25	29	95	84	90
N	42	55	52	77	80	79
Q	37	40	47	93	78	86
sQ	54	76	76	71	71	71
BQ	24	25	33	96	73	85
BsQ	43	55	60	78	72	75
EQ	18	18	22	99	82	91
EsQ	19	23	25	81	76	79
NQ	33	44	48	76	69	73
NsQ	37	51	52	73	72	73

Las curvas de acumulación de especies con los datos observados por parcela permitieron comparar la riqueza de especies de plántulas observadas a una misma área de muestreo acumulada. Las curvas obtenidas para potreros con diferente composición de pastos (B, E, N) mostraron diferencias significativas en el numero acumulado de especies en el máximo esfuerzo comparable de 0,16 ha (236 PC). Los potreros con pasto *Brachiaria spp.* acumularon 47 especies, los potreros con pasturas naturalizadas acumularon 38 especies, mientras que los potreros con pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* acumularon solo 24 especies de plántulas arbóreas (Figura 11a).

En cambio, el número acumulado de especies en potreros con diferentes historias de uso de quema no presentó diferencias significativas. Con un esfuerzo de muestreo de 0,19 ha (270 PC) en los potreros con quemas recientes (Q) se encontraron 37 especies y en potreros sin eventos recientes de quema (hace mas de 5 años) (sQ) un total de 42 especies (Figura 11b).

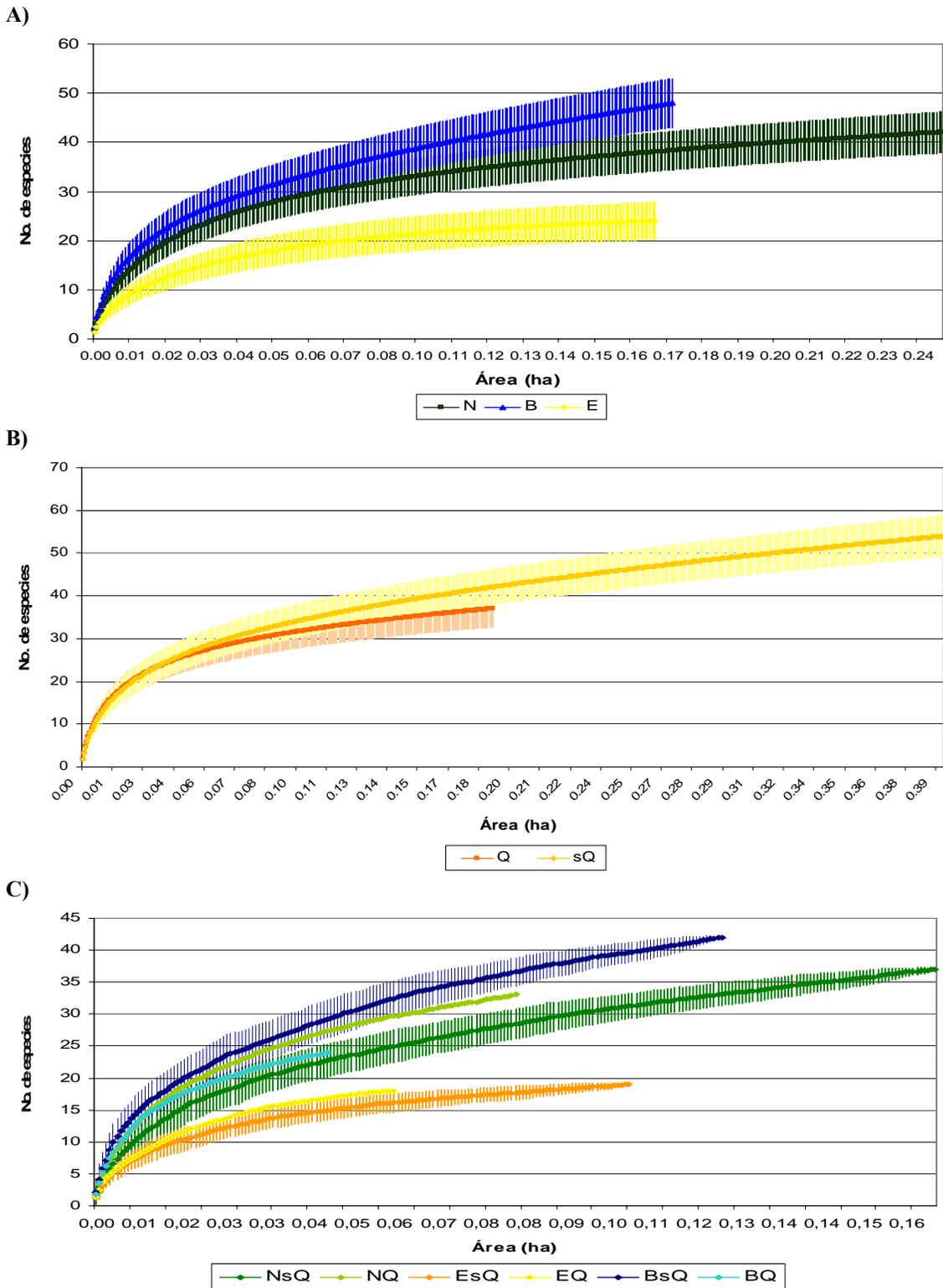


Figura 11. Curvas de acumulación de especies de plántulas de árboles y arbustos en parcelas de 7 m² en potreros con diferente a) composición de pasturas (B, E, N), b) historia de uso de quemas (Q, sQ), y c) 6 diferentes tipos de potreros (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Las curvas de acumulación de especies también mostraron diferencias significativas entre los seis tipos de potreros evaluados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) al considerar un mismo esfuerzo de muestreo de 0,05 ha (66 PC). La mayor riqueza se encontró para BsQ (29 especies); no se encontraron diferencias entre la riqueza acumulada para NQ (27), BsQ (24) y NsQ (23), mientras que, EQ y EsQ presentaron las menores riquezas acumuladas (17 y 15 especies respectivamente) (Figura 11c). Esto indica que las condiciones de pastura y quema de un potrero afectan diferencialmente el número de especies observadas.

Estas diferencias en riqueza también se encontraron al comparar con Andeva los promedios del número de especies de plántulas de árboles y arbustos por PC (7 m²) en potreros con diferente composición de pastos (B, E, N) (F=26,73; gl=2; p<0.001). El número de especies de plántulas por PC encontrado en los potreros con pasto braquiaria (B) fue mayor al encontrado en potreros con pastos naturalizados (N) y al número de especies encontrado en los potreros con pasto estrella (E) (Cuadro 33). Nuevamente, no se identificaron diferencias significativas en el número de especies por PC en potreros con distinta historia de uso de quemas (Q, sQ) (Cuadro 38). Adicionalmente el Andeva identificó una interacción significativa entre la composición de las pasturas y la historia de uso de quemas en los potreros (F=8,85; gl=2; p<0.002) no identificada claramente con las curvas de acumulación de especies.

Cuadro 33. Valores de significancia para el número de especies de plántulas de árboles y arbustos encontrado en 835 parcelas ubicadas en 46 potreros con diferentes tipos de pastura y quema en Muy Muy, Nicaragua.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	180,89	5	36,18	14,44	<0,0001	
PASTO	133,94	2	66,97	26,73	<0,0001	
QUEMA	2,6	1	2,6	1,04	0,3084	
PASTO*QUEMA	44,35	2	22,17	8,85	0,0002	
Error	2077,33	829	2,51			
Total	2258,22	834				

La interacción significativa entre composición de pastos y uso de quemas indica que las diferencias en la riqueza de plántulas encontradas en potreros con diferente composición de pastura dependen también de su condición de quema. De este modo, las diferencias significativas encontradas en el número de especies de plántulas de árboles y arbustos por PC (7 m²) en los seis tipos de potreros (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) responden no solo de la composición de la pastura sino también de su condición de quema.

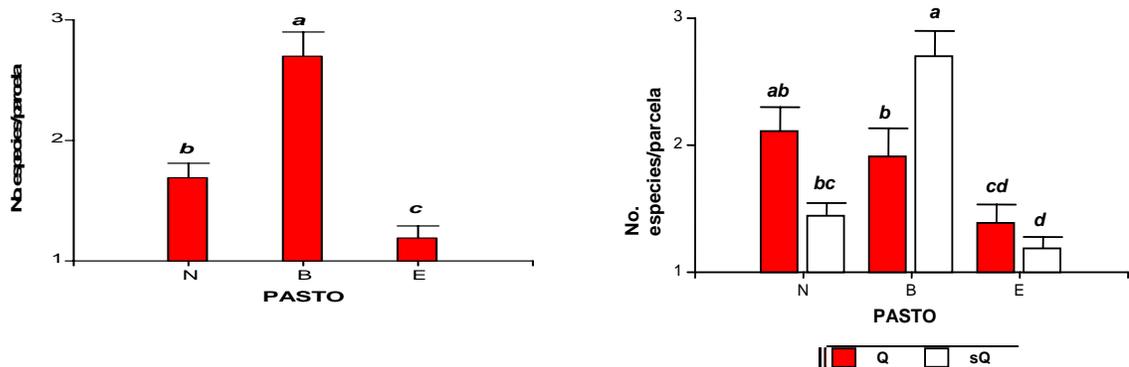
Sin embargo, solo la riqueza de especies dentro de los potreros con pasto braquiaria se diferenció dependiendo de su historia de uso de quemas. En potreros con pastos braquiaria, la riqueza de especies de plántulas fue significativamente inferior en potreros que presentan eventos de quema en los últimos 5 años (BsQ>BQ). La riqueza de plántulas arbóreas en cambio, no se vio afectada por los eventos de

quema en los últimos 5 años en potreros con pasturas naturalizadas y con pasto estrella (NsQ=NQ; EsQ=EQ) (Test de Tukey) (Figura 12, Cuadro 34). Esto indicaría que la quema afecta la riqueza de plántulas en los potreros de pasto braquiaria, mientras que no afecta la riqueza de plántulas arbóreas observada en los pastos naturalizados y en los potreros con pasto estrella.

Estos resultados indicarían que la quema reciente de los potreros afecta la riqueza de especies de plántulas en potreros con pasto braquiaria, disminuyendo probablemente la viabilidad de semillas recién dispersadas o presentes en el banco de semillas del suelo de especies poco tolerantes a los eventos de quema, reduciendo por tanto la riqueza de especies de plántulas recién germinadas. Sin embargo, para lograr identificar si estas diferencias encontradas dentro de los potreros de braquiaria responden únicamente a la interacción de la composición de la pastura y el efecto de las quemas, es necesario evaluar también variabilidad de condiciones como la cobertura arbórea o la cercanía a componentes del paisaje con mayor cobertura arbórea (bosques) que podrían influir en la riqueza de plántulas en potreros.

Cuadro 34. Media del número de especies de plántulas de árboles y arbustos en 835 parcelas de 7 m² en 46 potreros con diferentes condiciones de pastura y quema en Muy Muy, Nicaragua.

Factores	Tipo de potrero	n parcelas	Medias	Dif. sig.
PASTO	B	296	2,21	a
	N	217	1,76	b
	E	322	1,35	c
QUEMA	Q	507	1,79	a
	sQ	328	1,76	a
PASTO*QUEMA	BsQ	177	2,54	a
	NQ	151	2,04	ab
	BQ	119	1,88	b
	NsQ	66	1,49	bc
	EQ	237	1,44	cd
	EsQ	85	1,26	c



Letras distintas en la misma sección indican diferencias significativas por factor ($P < 0.05$).

Figura 12. Número de especies de plántulas de árboles y arbustos por parcela (7m²) y su desviación estándar (E.E) en potreros con diferente composición de pastos (braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N)) y su interacción con la historia de uso de quemas (recientes (Q), hace más de 5 años (sQ)).

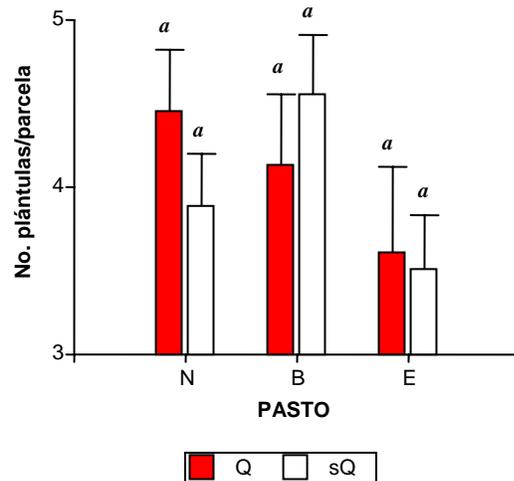
3.4.2.2 Abundancia de plántulas

El número de plántulas por parcela no presentó diferencias significativas entre los diferentes tipos de pastos (B, E, N) o las dos condiciones de quema (Q, sQ) (Cuadro 35, Figura 13). Probablemente esta falta de diferencias significativas en la abundancia de plántulas presente en los diferentes tipos de pasturas, refleje la amplia variabilidad encontrada en la abundancia de plántulas encontrada por parcela.

Cuadro 35 .Media del número de plántulas de árboles y arbustos en 835 parcelas de 7m² en 46 potreros con diferentes condiciones de pastura y quema en Muy Muy, Nicaragua.

Factores	Tipo de potrero	n parcelas	No. plántulas/PC	Dif. sig.	E.E.	Mín.	Máx.
PASTO*QUEMA	BsQ	177	4,61	a	0,44	0	35
	NQ	151	4,49	a	0,45	0	29
	BQ	119	4,11	a	0,50	0	19
	NsQ	66	3,81	a	0,38	0	47
	EQ	237	3,47	a	0,62	0	46
	EsQ	85	3,36	a	0,38	0	34
PASTO	B	276	4,36	a	0,34	0	35
	N	217	4,15	a	0,29	0	47
	E	322	3,41	a	0,33	0	46
QUEMA	Q	507	4,02	a	0,20	0	47
	sQ	308	3,93	a	0,30	0	46

Letras distintas en la misma sección indican diferencias significativas por factor ($P < 0,05$).



Letras distintas indican diferencias significativas por factor ($P < 0,05$).

Figura 13. Media del número de plántulas de árboles y arbustos por parcela (7m²) y su error estándar (E.E) en los seis tipos de potreros con diferente composición de pasto (braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N)) e historia de uso de quemas (recientes (Q), norecientes (sQ)) en Muy Muy, Nicaragua.

3.4.2.3 Diversidad de plántulas de árboles y arbustos

El Andeva no identificó diferencias significativas entre los índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson encontrados en potreros con diferente composición de pastura (B, E, N), ni entre potreros con diferente historia de uso de quemados (Q, sQ), ni en los seis tipos de potreros con interacción entre composición de pastura e historia de uso de quemados (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).

En contraste, se observaron diferencias en la distribución de los intervalos de confianza de los índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson. Un intervalo de confianza de nivel α es definido como un conjunto de valores del parámetro (intervalo) que con confianza $(1-\alpha)100\%$ incluirían el valor del parámetro en la población, dado la variabilidad en la muestra y la forma de la distribución muestral del estimador (Infostat 2004). De esta forma la comparación de la distribución de los límites superiores e inferiores de los intervalos de confianza calculados para cada condición de potrero con el programa InfoStat (2004) puede identificar diferencias significativas entre los valores obtenidos para una variable con una confianza de 95%.

Los intervalos de confianza de los índices de Shannon y de Simpson en los potreros con pasturas naturalizadas (N) y con pastos braquiaria (B) traslaparon sus valores, indicando que no presentan diferencias significativas. En contraste, los intervalos de confianza de estos índices no se traslaparon con los intervalos de confianza obtenidos para los potreros con pasto Estrella (E). Esto indica que, en los potreros naturalizados y con pastos braquiaria la distribución de las abundancias de plántulas no se diferenciaron entre sí, mientras fueron más heterogéneamente distribuidas en los potreros con pasto Estrella. Esta mayor heterogeneidad en la distribución de las abundancias de plántulas de árboles y arbustos en los potreros con pasto estrella, se reflejó a su vez en los mayores índices de dominancia de Simpson encontrados en estos potreros (Cuadro 36, Figura 14).

Los índices de diversidad de Shannon y de Simpson fueron similares entre los potreros BsQ, BQ, NQ y NsQ, y superiores a los índices encontrados para potreros EQ y EsQ. De esta manera, la equidad de las distribuciones de las abundancias por especies de plántulas de árboles y arbustos no se vio afectada por la condición el uso reciente o no de quema en potreros con pasto braquiaria ni con pastos naturalizados. En los potreros con pasto estrella se apreció que unas especies presentaron mayores abundancias reflejándose en la heterogeneidad del banco de plántulas (Cuadro 36, Figura 15).

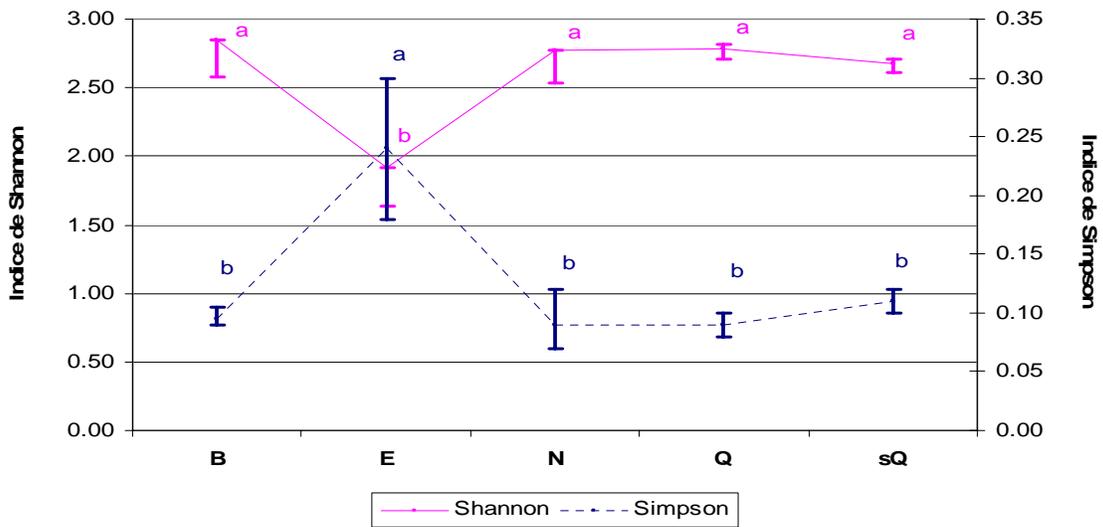


Figura 14. Distribución de los límites de confianza (LI_P y LS_P) del índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson por potrero para plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastos (B, E, N) o con diferente historia de uso de quemas (Q, sQ).

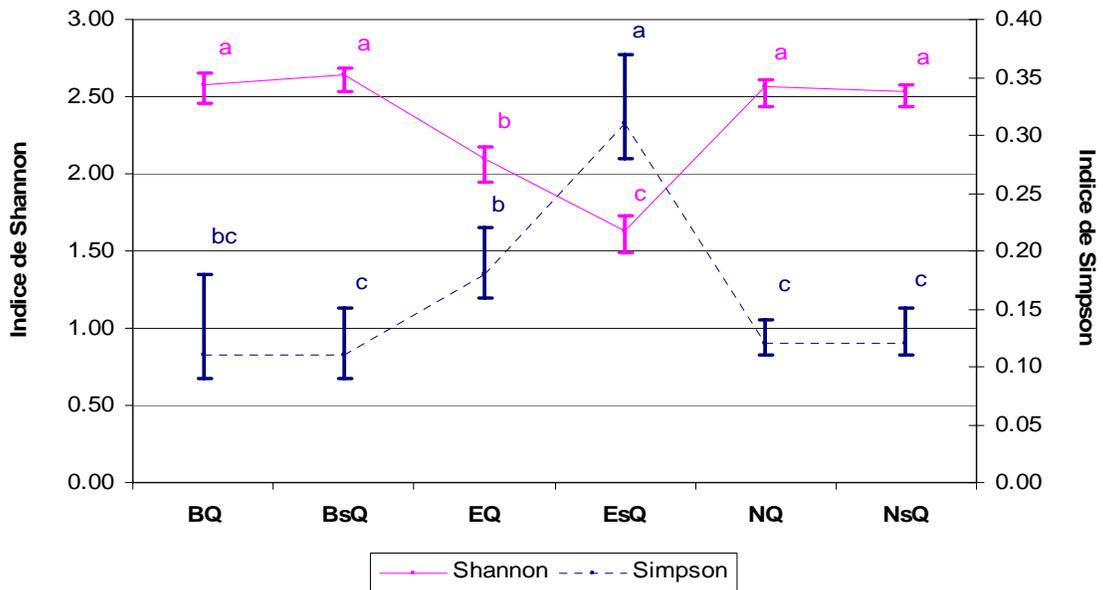


Figura 15. Distribución de los límites de confianza (LI_P y LS_P) del índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson por potrero para plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastos e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).

Cuadro 36. Media por potrero de los índices de diversidad de Shannon (Shan.) y de dominancia de Simpson (Simp) para plántulas y sus límites de confianza inferiores (LI_P) y superiores (LS_P) en potreros con diferentes tipos de pasturas en Muy Muy, Nicaragua.

Pasturas	Shan.	Sha_LI_P	Shan_LS_P	Simp	Sim_LI_P	Simp_LS_P
B	2,85	2,58	2,85	0,09	0,09	0,10
E	1,92	1,63	1,92	0,24	0,18	0,24
N	2,77	2,53	2,77	0,09	0,07	0,10
Q	2,78	2,71	2,82	0,09	0,08	0,09
sQ	2,67	2,61	2,71	0,11	0,10	0,11
BQ	2,58	2,46	2,65	0,11	0,09	0,16
BsQ	2,64	2,53	2,68	0,11	0,09	0,13
EQ	2,10	1,95	2,17	0,18	0,16	0,20
EsQ	1,63	1,49	1,73	0,31	0,28	0,34
NQ	2,56	2,44	2,61	0,12	0,11	0,13
NsQ	2,53	2,43	2,58	0,12	0,11	0,14

3.4.2.4 Composición de especies de plántulas

El análisis de coordenadas principales evidenció diferencias en la composición de especies de plántulas entre los seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (Figura 16). Los componentes principales (CP1 y CP2) estuvieron compuestos por combinaciones lineales no correlacionadas de las abundancias específicas encontradas en cada potrero como variables originales. Los CP1 y CP2 explicaron el 75,9% de la variabilidad encontrada en la composición de especies de plántulas en cada una de las seis diferentes condiciones de potrero evaluadas.

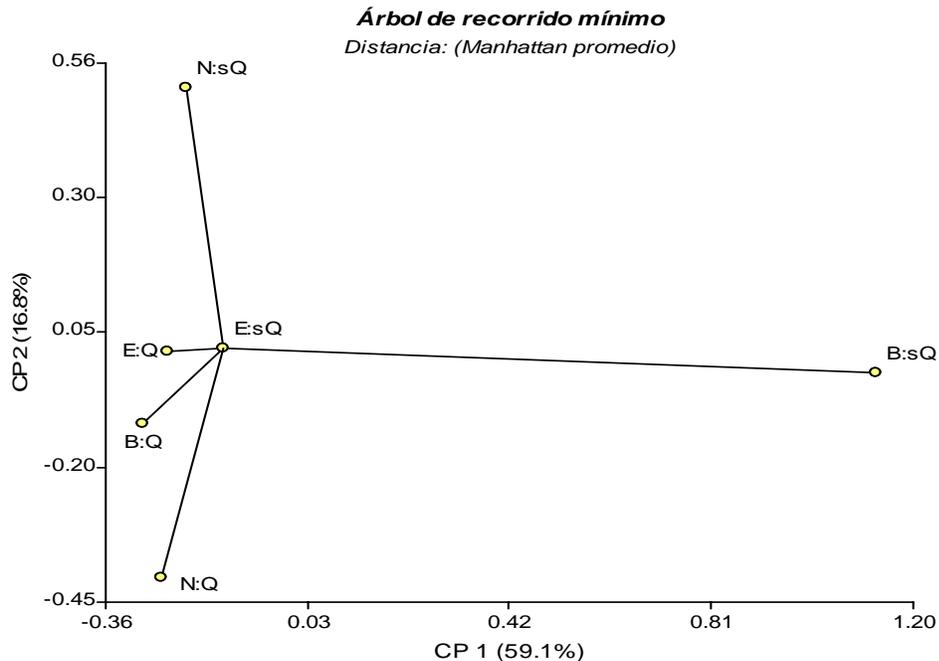


Figura 16. Biplot con árbol de recorrido mínimo (ARM) utilizando la abundancia específica de plántulas en seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ).

En función de las abundancias de las especies de plántulas encontradas, la composición de BsQ se diferencia más del resto de condiciones de potrero. La NsQ y NQ están en los extremos en sentido nort-sur, por lo que se diferencian entre sí; mientras que EsQ, EQ y BQ tienen composición de especies de plántulas más similares. Esta misma tendencia observada con el análisis de componentes principales, se obtuvo con el análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico promedio con la distancia de Manhattan al analizar abundancia relativa de las especies de plántulas en cada potrero. Las mayores distancias se encontraron para los potreros BsQ, lo cual indica la composición de especies de plántulas presente en estos potreros presenta mayores diferencias respecto a las demás condiciones de potreros. Los potreros con NsQ y NQ también presentaron altas distancias respecto a BQ, EQ y EsQ. Los potreros con pasto estrella (EQ, EsQ), presentaron las menores distancias Manhattan entre sí, y fueron también cercanos respecto a BQ. Esto indica que la abundancia específica y la composición de plántulas arbóreas es muy similar entre potreros con pasto estrella a pesar de las diferentes condiciones de quema. Mientras que, los potreros con pasto braquiaria y con pasturas naturalizadas presentaron las mayores diferencias en abundancia y composición de plántulas. Siendo BsQ la que más se diferencio entre estos poteros. (Cuadro 37, Figura 17).

Cuadro 37. Matriz de distancias de Manhattan para abundancia específica de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Pasturas	BQ	BsQ	EQ	EsQ	NQ	NsQ
BQ	0					
BsQ	89,84	0				
EQ	43,03	86,02	0			
EsQ	36,14	78,04	19,83	0		
NQ	49,46	89,26	46,29	42,8	0	
NsQ	52,69	87,72	46,8	41,38	56,12	0

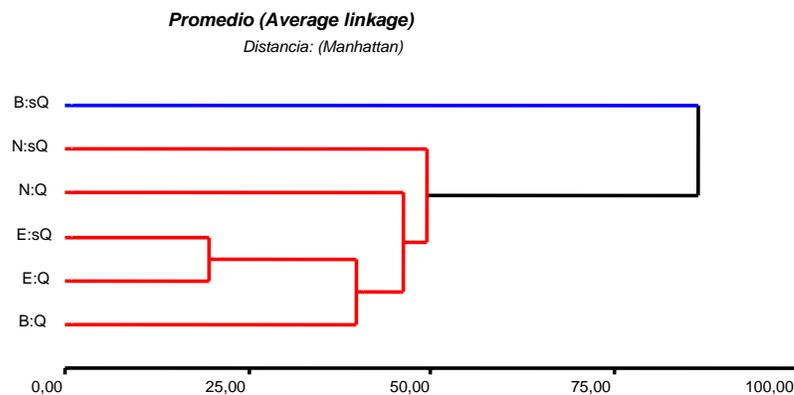


Figura 17. Diagrama de conglomerados con distancias Manhattan para la abundancia específica de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

El análisis de conglomerados realizado con el índice de similitud de DICE (presencia y ausencia de especies) presentó un patrón similar. Los mayores índices de similitud se obtuvieron para la composición de EQ y EsQ, y de NQ y NsQ. El índice de similitud de la composición de especies de plántulas entre BQ y BsQ en cambio fue el menor, mientras que las pasturas BQ, presentaron altos índices de similitud con los potreros con pasto estrella. Nuevamente los potreros con BsQ presentaron los índices de similitud más bajos respecto a las otras condiciones de pasturas. Esto indica que, teniendo solo en cuenta la presencia de las especies, la composición de especies de plántulas en los potreros con pasto estrella y las pasturas naturalizadas se parecen más entre sí sin verse tan afectadas por las condiciones de quema de los potreros. Mientras que, la composición de especies de plántulas sí se diferenció fuertemente entre potreros con pasto *Brachiaria spp.* con diferentes condiciones de quema. (Cuadro 38, Figura 18). De este modo, tanto por composición como por abundancia, los BsQ se diferencian de la composición de las otras pasturas.

Cuadro 38. Matriz del Coeficiente de distancias DICE para la composición de especies (presencia-ausencia) de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Pasturas	BQ	BsQ	EQ	EsQ	NQ	NsQ
BQ	1,00					
BsQ	0,52	1,00				
EQ	0,73	0,48	1,00			
EsQ	0,78	0,57	0,82	1,00		
NQ	0,75	0,60	0,72	0,77	1,00	
NsQ	0,72	0,53	0,62	0,63	0,77	1,00

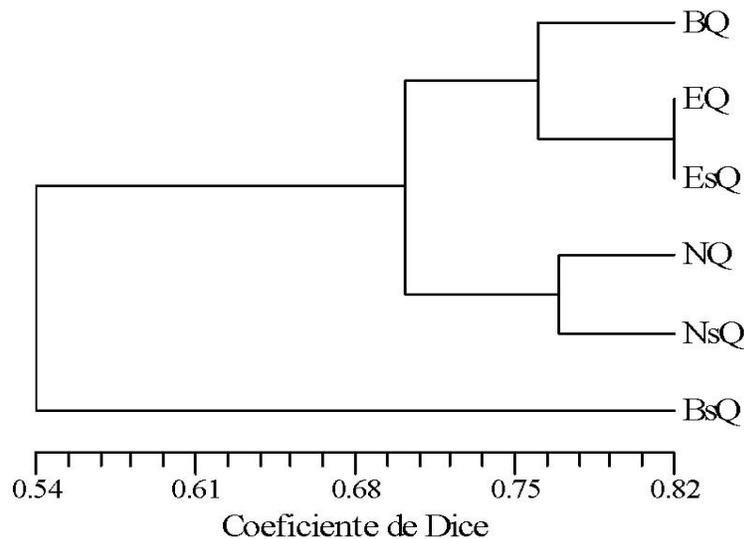


Figura 18. Diagrama de conglomerados con los coeficientes de similitud DICE para la composición (presencia-ausencia) de especies de plántulas de árboles y arbustos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Las 60 especies de plántulas registradas presentaron diferencias en la distribución de sus abundancias entre las diferentes condiciones de potrero, determinando las diferencias presentadas anteriormente. Solo diez especies se encontraron en todas las condiciones de potrero (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ): *Spondias mombin*, *Tabebuia rosea*, *Cordia collococca*, *Cassia grandis*, *Cedrela odorata*, *Leucaena shannoni*, *Albizia saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Genipa americana* y *Guazuma ulmifolia*. Ocho de las cuales presentaron altos valores de importancia, mientras que *Cordia alliodora*, *Bursera simaruba*, *Platymiscium parviflorum* y *Trichillia americana* no se encontraron en todas las condiciones de potreros a pesar de su alta abundancia y frecuencia (Cuadro 39). *Cordia collococa* y *Spondias mombin* no presentaron altos IVIs pero estuvieron presentes en todas las condiciones de potreros.

Cuadro 39. Las 12 especies de plántulas de árboles y arbustos (altura ≤ 30 cm) con mayores índices de valor de importancia simplificado (en orden de mayor a menor IVIs) y tipos de potreros en los cuales se encontraron.

Nombre científico	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVIs	Tipos de potrero
<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	93	99	*
<i>Tabebuia rosea</i>	12	87	99	*
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	8	83	91	*
<i>Cordia alliodora</i>	43	41	84	BQ, BsQ, NQ, NsQ
<i>Genipa americana</i>	1	52	53	*
<i>Leucaena shannoni</i>	2	46	48	*
<i>Cedrela odorata</i>	4	43	48	*
<i>Cassia grandis</i>	1	46	46	*
<i>Bursera simarouba</i>	2	39	41	BQ, BsQ, EsQ, NQ, NsQ
<i>Platymiscium parviflorum</i>	8	28	37	BQ, BsQ, EQ, NQ, NsQ
<i>Albizia saman</i>	1	33	33	*
<i>Trichillia americana</i>	2	30	32	BsQ, EQ, NQ, NsQ

$$IVIs \text{ especie } i = \text{Abundancia relativa } i + \text{Frecuencia relativa } i.$$

*Presentes en todos los tipos de potreros

Un total de 17 especies fueron exclusivas a un solo tipo de potrero. El 65% de las cuales fueron encontradas en potreros con pastos braquiaria, 15 especies en los potreros sin eventos recientes de quema (BsQ) y solo 1 especie en los potreros con eventos recientes de quema (BQ). En los potreros naturalizados se encontraron 5 especies exclusivas: 2 especies en potreros con eventos recientes de quema (NQ) y 3 especies en potreros sin eventos recientes de quema (NsQ). Mientras que solo una especie de plántulas se fue exclusiva a los potreros con pasto estrella (Cuadro 40). Adicionalmente, el 65% de las especies exclusivas estuvieron representadas solo por uno o dos individuos, consideradas como especies raras según la categoría de abundancias obtenidas a partir del modelo truncado log normal al cual se ajustan la distribución de las abundancias de las especies de plántulas (Cuadro 11). Las restantes especies exclusivas presentaron abundancias dentro de la categoría de escasas. De igual forma los potreros con pastos braquiaria presentaron el mayor número de especies raras, la mayor parte de ellas encontradas en también en los potreros sin eventos recientes de quema (BsQ), seguido por los potreros naturalizados (7) y los potreros con pasto estrella (3).

Cuadro 40. Especies de plántulas abundantes, exclusivas y raras según las categorías de abundancia obtenidas en los seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Potreros	Especies abundantes *	Especies exclusivas	Especies raras
B (n=15)	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Platymiscium parviflorum</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Gliricidia sepium</i>	<i>Trichilia havanensis</i> <i>Xylosma flexuosa</i> <i>Citrus xlimon</i> <i>Annona reticulata</i> <i>Cassearia spp</i> <i>Bravaisia intigerrima</i> <i>Inga vera</i> <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> <i>Cupania guatemalensis</i> <i>Cornutia pyramidata</i>	
E (n=13)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Leucaena shannoni</i>	<i>Cascabella peruviana</i>	
N (n=18)	<i>Tabebuia rosea</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Platymiscium parviflorum</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	<i>Annona cherimola</i> <i>Sapindus saponaria</i>	
Q (n=16)	<i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Capparis frondosa</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Leucaena shannoni</i>	<i>Cascabella peruviana</i> <i>Sapindus saponaria</i> <i>Cassearia spp</i> <i>Lonchocarpus macrocarpus</i>	
sQ (n=30)	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Platymiscium parviflorum</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Sapium macrocarpum</i> <i>Pachira quinata</i> <i>Trichilia havanensis</i> <i>Xylosma flexuosa</i> <i>Bravaisia intigerrima</i> <i>Citrus xlimon</i> <i>Annona reticulata</i> <i>Cupania guatemalensis</i> <i>Erythrina berteroana</i> <i>Hymenaea coubaril</i> <i>Delonix regia</i> <i>Copaifera aromatica</i> <i>Lonchocarpus macrocarpus</i> <i>Cornutia pyramidata</i> <i>Inga vera</i>	

Continuación Cuadro 40. Especies de plántulas abundantes, exclusivas y raras según las categorías de abundancia obtenidas en los seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemadas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Potreros	Especies abundantes *	Especies exclusivas	Especies raras
BQ (n=5)	<i>Cedrela odorata</i> <i>Capparis frondosa</i> <i>Lonchocarpus parviflorus</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Casearia corymbosa</i>	<i>Casearia spp</i>	<i>Platymiscium parviflorum</i> <i>Casearia sylvestris</i>
BsQ (n=10)	<i>Cordia alliodora</i> <i>Platymiscium parviflorum</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Gliricidia sepium</i>	<i>Trichilia havanensis</i> <i>Xylosma flexuosa</i> <i>Bravaisia intigerrima</i> <i>Cornutia pyramidata</i> <i>Inga vera</i> <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> <i>Cupania guatemalensis</i> <i>Erythrina berteroana</i> <i>Citrus xlimon</i> <i>Annona reticulata</i>	<i>Albizia guachapele</i> <i>Capparis frondosa</i> <i>Casearia corymbosa</i>
EQ (n=5)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i>	<i>Cascabella peruviana</i>	<i>Albizia guachapele</i>
EsQ (n=8)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Albizia saman</i> <i>Bursera simaruba</i>		<i>Albizia guachapele</i> <i>Genipa americana</i> <i>Lonchocarpus parviflorus</i> <i>Cochlospermum vitifolium</i> <i>Psidium guajava</i>
NQ (n=6)	<i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Leucaena shannoni</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Capparis frondosa</i>	<i>Sapindus saponaria</i> <i>Lonchocarpus macrocarpus</i>	<i>Acrocomia mexicana</i> <i>Bursera simarouba</i> <i>Calycophyllum candidissimum</i> <i>Cochlospermum vitifolium</i> <i>Albizia guachapele</i> <i>Casearia sylvestris</i> <i>Annona cherimola</i>
NsQ (n=12)	<i>Tabebuia rosea</i> <i>Platymiscium parviflorum</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Tabebuia ochracea</i>	<i>Hymenaea coubaril</i> <i>Delonix regia</i> <i>Copaifera aromatica</i>	<i>Casearia corymbosa</i> <i>Pachira quinata</i> <i>Annona cherimola</i> <i>Casearia sylvestris</i>

Las especies más abundantes y frecuentes también presentaron diferencias en la distribución de las abundancias relativa y las abundancias medias por parcela entre las diferentes condiciones de potrero (Cuadro 41). *Cedrela odorata* por ejemplo, presentó mayor densidad en potreros con pastos *Brachiaria spp.* *Tabebuia rosea* presentó una mayor densidad en potreros de braquiaria sin eventos recientes de quema. *Leucaena shannoni* y *Guazuma ulmifolia* presentaron mayores densidades de plántulas en potreros naturalizados con eventos reciente de quema. Mientras que, *Enterolobium cyclocarpum* presentó

mayores densidades de plántulas en potreros con pasto estrella y *Albizia saman* en potreros de estrella sin eventos recientes de quema.

Cuadro 41. Diferencias significativas en la abundancia de plántulas compartidas entre potreros con diferente composición de pastos: braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N); e historia de uso de quemas: recientes (Q), hace más de 5 años (sQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Especie	Pasto	Quema	Pasto*Quema
<i>Cedrela odorata</i>	B>E=N (p<0,0010)	Q>sQ (p=0,0276)	BQ>BsQ> EQ=NsQ=EsQ=NQ (p=0,0500)
<i>Leucaena shannoni</i>	N > B = E (p<0,0010)	Q>sQ (p=0,0030)	NQ>BsQ=BQ=EQ=NsQ=EsQ (p<0,0001)
<i>Albizia saman</i>	E > N = B (p<0,0020)	Q=sQ (p=0,1427)	EsQ > EQ = NQ = BsQ =NsQ= BQ (p<0,0146)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	N = E > B (p<0,0020)	Q > sQ (p<0,0010)	NQ > EQ = EsQ = BsQ =NsQ= BQ (p<0,0010)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	E > N = B (p<0,0010)	Q = sQ (p=0,4462)	EQ = EsQ > NQ = NsQ = BsQ = BQ (p<0,5080)
<i>Tabebuia rosea</i>	E = N = B (p=0,3629)	sQ > Q (p=0,0009)	BsQ > NsQ = EQ = EsQ = NQ = BQ (p<0,0506)

El gráfico de dispersión biplot usando como ejes la CP1 y la CP2 resultantes del análisis de componentes principales, identificó entre las 60 especies de plántulas, aquellas con mayor correlación con las diferentes condiciones de potreros. En este análisis, especies como *Curatella americana*, *Cedrela odorata*, *Psidium guajava*, *Trichilia americana* y *Tabebuia rosea* no se encontraron correlacionadas con ninguna de las seis condiciones de potreros evaluados (Cuadro 42, Figura 19).

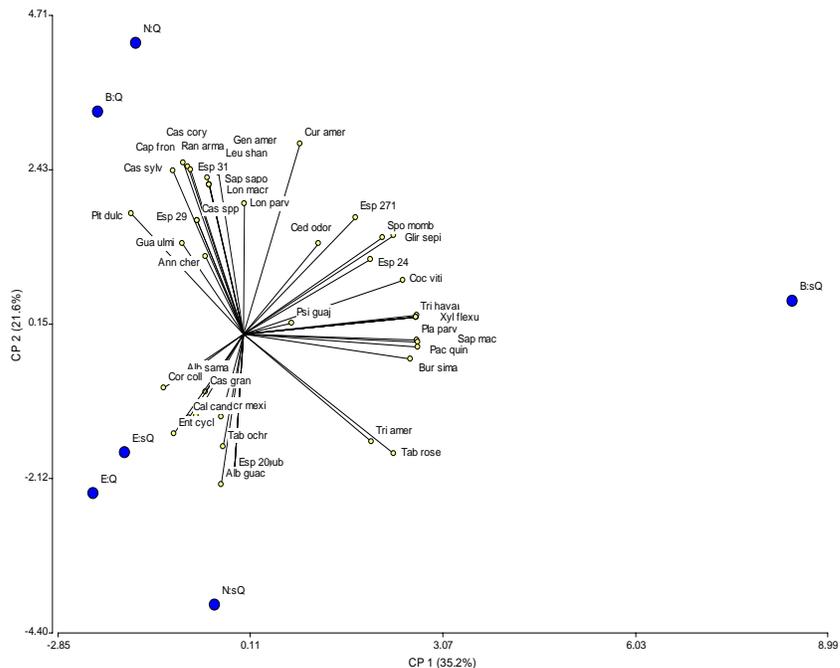


Figura 19. Biplot con árbol de recorrido mínimo (ARM) utilizando la abundancia específica de plántulas en seis tipos de potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) y las especies de plántulas.

Cuadro 42. Especies de plántulas asociadas a potreros con diferente composición de pastos: braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N); e historia de uso de quemas: recientes (Q), hace más de 5 años (sQ) en Muy Muy, Nicaragua.

BsQ	EQ y EsQ	BQ y NQ	NsQ
<i>Trichilia havanensis</i>	<i>Callycophyllum candidisimum</i>	<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Tabebuia ochraceae</i>
<i>Sapindus macrocarpum</i>	<i>Cassia grandis</i>	<i>Randia armata</i>	<i>Albizia guachapele</i>
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	<i>Genipa americana</i>	
<i>Xylosma flexuosa</i>	<i>Cordia collococca</i>	<i>Capparis frondosa</i>	
<i>Platymiscium parviflorum</i>	<i>Acrocomia mexicana</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	
<i>Pachira quinata</i>	<i>Albizia saman</i>	<i>Lonchocarpus macrocarpus</i>	
<i>Bursera simaruba</i>		<i>Guazuma ulmifolia</i>	
<i>Cordia alliodora</i>		<i>Sapindus saponaria</i>	
		<i>Annona cherimola</i>	
		<i>Curatella americana</i>	
		<i>Lonchocarpus parviflorus</i>	
		<i>Casearia corymbosa</i>	

3.4.3 COMPARACIÓN ENTRE LA COBERTURA ARBOREA ADULTA Y EL BANCO PLÁNTULAS

El análisis de conglomerados realizado con el índice de similitud de DICE (presencia y ausencia de especies) para comparar la composición de especies de árboles adultos en los distintos tipos de potreros, presentó algunas variaciones respecto a los conglomerados obtenidos para las especies de plántulas. Los mayores índices de similitud se obtuvieron para la composición de EQ y NQ, y para EsQ y BQ. El índice de similitud de la composición de especies de plántulas entre NsQ en cambio fue el menor, respecto a estos dos grupos, mientras que las pasturas BsQ continuaron presentar también las mayores diferencias en la composición de adultos y de plántulas respecto a los otros tipos de potreros (Figura 20). Esto indica que, teniendo solo en cuenta la presencia de las especies, la composición de especies de plántulas y de árboles adultos en BsQ es consistentemente distinta de los otros grupos. Mientras que la composición de especies de árboles adultos en los potreros con pasto estrella y las pasturas naturalizadas presentó diferente agrupamiento al apreciado con la composición de las especies de plántulas (Figura 18 y 20).

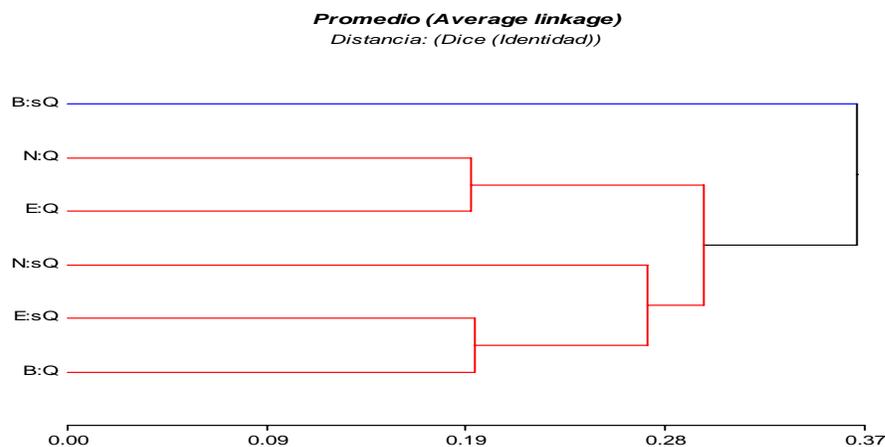


Figura 20. Diagrama de conglomerados con los coeficientes de similitud DICE para la composición (presencia-ausencia) de especies de árboles y arbustos adultos en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Las regresiones lineales mostraron además que existen relaciones entre el número de árboles adultos y el número promedio de plántulas encontrado en los potreros. La amplia variabilidad observada en las muestras a dentro de los distintos tipos de pasturas, solo permitió observar esta relación de forma significativa en los potreros con pasto *Brachiaria spp.* Existe una tendencia a encontrar una mayor abundancia de plántulas en potreros una mayor abundancia de árboles adultos dentro de los mismos potreros, pero esta tendencia es solo fuertemente observada en potreros dominados por pasto braquiaria. En los potreros de braquiaria estudiados, aquellos que presentaron un mayor número de árboles adultos presentaron también el mayor número de plántulas (Figura 21a) independientemente de sus condiciones de quema (Cuadro 43, Figura 21 a).

Adicionalmente, se observaron relaciones lineales significativas entre el número de especies de árboles adultos y el número de especies de plántulas encontradas en los potreros con los tres tipos de pasturas (B, N, E). Esto indica que en pasturas con diferente composición de pastos (B, N, E) los potreros con una mayor riqueza de árboles adultos presentaron la mayor riqueza de plántulas (Cuadro 43, Figura 21 b, c, d). Estos resultados indican que además de la composición de las pasturas y la historia de uso de quemas, las características del banco de plántulas son afectadas por abundancia, riqueza y composición de la cobertura arbórea dentro de los potreros.

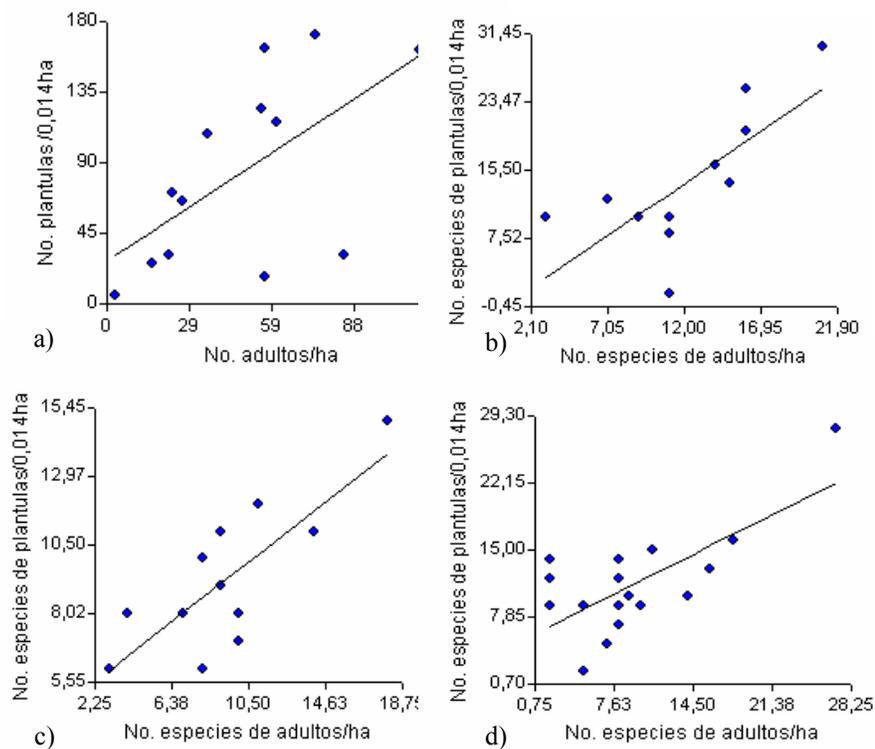


Figura 21. Regresiones lineales entre la densidad de especies y de plántulas y adultos en potreros con diferente composición de pastos: a, b) braquiaria (B), c) estrella (E), d) pasturas naturalizadas (N).

Cuadro 43. Significancia de las relaciones lineales entre la densidad de especies y de individuos de plántulas y de árboles y arbustos adultos en potreros con diferente composición de pastos: braquiaria (B), estrella (E), pasturas naturalizadas (N) en Muy Muy, Nicaragua.

Pasto	Regresoras	n	r ²	F	Valor p	Cp Mallow
B	No. adultos/ha	11	0.78	31.89	0.0003	29.81
E	No. adultos/ha	13	0.10	1.27	0.2839	2.25
N	No. adultos/ha	18	<0.10	0.01	0.092	1.07
B	No. especies/ha	11	0.63	15.32	0.0035	14.89
E	No. especies/ha	13	0.62	16.56	0.0023	16.14
N	No. especies/ha	18	0.49	14.65	0.0016	19.79

3.4.4 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA REGENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE POTREROS

El análisis de correspondencia canónico (CCA) encontró una correlación significativa de 0,886 entre la abundancia específica de las plántulas de árboles y arbustos en los potreros y la composición de la pastura (presencia de pastos braquiaria, estrella y naturalizados) y de la historia de uso de quemas (presencia de eventos recientes de quema) como variables ambientales. Estas dos variables ambientales explicaron el 56,6 % de la variabilidad encontrada en la abundancia de plántulas en los 46 potreros evaluados con el primer eje CCA.

Otras variables ambientales como la cobertura arbórea dentro del potrero (% cobertura arbórea, densidad de árboles adultos, densidad de especies de árboles adultos), manejo (chapeas, herbicidas), pastoreo (parido, forro, terneros), topografía (pendiente, plano ondulado) y distribución espacial (bosque ripario, casa, charral, corral y bosque) variaron entre los diferentes potreros. El porcentaje de cobertura arbórea (Co_AG_m2), el pastoreo de ganado forro, el terreno pendiente y la ubicación de los potreros junto a la casa de la finca, corrales o charrales presentaron correspondencia significativa con el primer eje CCA y por tanto correlación con la variabilidad de la ordenación de plántulas descrita por el CA (Cuadro 44).

Al adicionar estas variables ambientales al análisis CCA, la correlación entre el grupo de variables ambientales y la ordenación de las especies de plántulas aumentó hasta 0,945. Sin embargo, el porcentaje de varianza explicado por los dos primeros ejes canónicos no aumentó respecto al encontrado con la composición de las pasturas y la historia de uso de las quemas (Cuadro 45). De modo que, estas variables ambientales adicionales en los potreros no contribuyen a explicar una mayor proporción de la variabilidad encontrada en la distribución de abundancias de plántulas de árboles y arbustos en los potreros, a la ya explicada por la composición de las pasturas (E, B, N) y la historia de uso de las quemas (Q, sQ) (Figura 22).

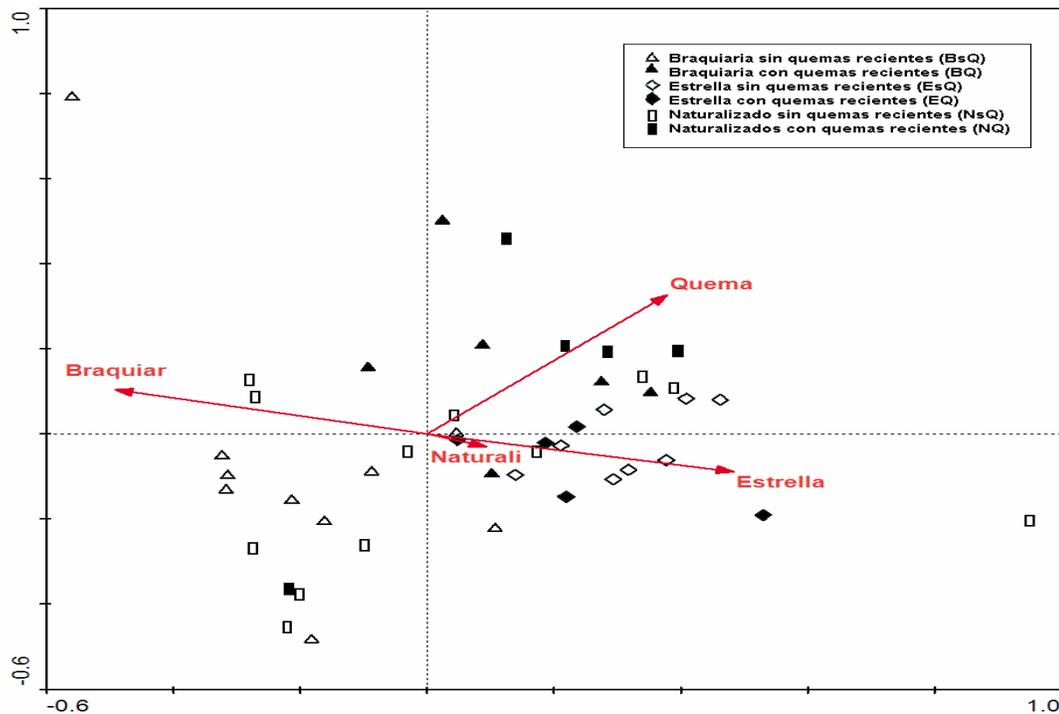


Figura 22. Gráfico de ordenamiento (CA) de la abundancia de especies de plántulas de árboles en potreros en relación al composición de la pastura y la historia de uso de quemas de cada potrero.

Cuadro 44. Variables ambientales adicionales incluidas en el análisis de correspondencia canónica (CCA), el valor del estadístico F (F-ratio) y probabilidad p asociada, obtenidos mediante la prueba de Montecarlo (499 permutaciones) para 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

VARIABLES AMBIENTALES	VALOR F	VALOR P
braquiaria*	5,010	0,0020
quema*	2,790	0,0020
estrella*	2,500	0,0020
% área con cobertura arbórea/m2 (Co_AG_m2)*	2,020	0,0080
densidad de árboles adultos/ha (A_ha)*	2,028	0,0240
densidad de especies de árboles/ha (A_Esp_ha)*	3,040	0,0040
chapeas	1,549	0,0660
herbicida	1,291	0,1440
forro*	1,702	0,0180
parido	1,236	0,1840
terneros	0,911	0,5440
pendiente*	3,669	0,0020
ondulado*	2,316	0,0220
plano*	1,680	0,0260
bosque ripario	0,946	0,4820
casa*	1,606	0,0400
charral*	1,677	0,0280
corral*	1,768	0,0260
bosque	1,129	0,3540

*Variables ambientales con correlación significativa en el CCA.

Cuadro 45. Valores de correlación y porcentajes de la variabilidad del ordenamiento de las especies de plántulas explicado por las variables ambientales adicionadas al CCA.

Factores ambientales	VARIABLES ambientales incluidas al modelo CCA	Correlación Eje 1	Varianza Eje 1
pastura y quemas	braquiaria, estrella, naturalizado, quemas	0,886	56,6 %
cobertura arbórea	% cobertura, densidad de árboles y de especies	0,920	39,7%
	% cobertura*	0,886	48,5%
manejo	chapeas, herbicidas	0,891	46,1%
	parido, forro, terneros	0,922	46,9%
pastoreo	forro*	0,917	52,4%
	pendiente, ondulada, plana	0,945	46,4%
topografía	pendiente*	0,941	49,5%
	bosque, bosque ripario, corral, casa, charral	0,924	38,5%
ubicación	casa, charral*	0,923	46,8%

*Variables ambientales con correlación significativa en el CCA.

Algunas de estas variables ambientales adicionales presentaron correlaciones significativas respecto las variables ambientales de composición de las pasturas (braquiaria, estrella, naturalizadas). La composición de pasturas (B, E, N) implica consigo otras variaciones ambientales que pueden influir sobre las características de plántulas arbóreas en los potreros (Cuadro 46). Esta correlación puede explicar la falta de aumento de la variabilidad explicada por el modelo con la incorporación de las variables significativamente correlacionadas al eje de ordenación canónico 1 al incluirlas al modelo del CCA.

Cuadro 46. Correlación de variables ambientales incluidas en el análisis de correspondencia canónica (CCA), y las variables de composición de pastos en los 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

VARIABLES ambientales	braquiaria (B)	estrella (E)	naturalizadas (N)
% cobertura arbórea	0,2160	-0,2653	-0,0362
densidad (árboles /ha)*	0,4156	-0,4002	-0,1572
riqueza (no. especies árboles/ha)*	0,5218	-0,4581	-0,2325
chapeas	-0,2916	0,4958	-0,0603
herbicida	0,6583	-0,2300	-0,5695
forro*	0,4541	-0,3026	-0,2786
parido	-0,3316	-0,0900	0,4502
terneros	-0,2193	0,5348	-0,1739
pendiente*	0,6559	-0,4259	-0,4114
ondulado*	0,0556	0,0314	-0,0884
plano*	-0,7013	0,4259	0,4674
bosque ripario	-0,6341	0,2403	0,5338
casa*	-0,4164	0,3926	0,1641
charral*	-0,2292	-0,1608	0,3895
corral*	-0,4064	0,2815	0,2409
bosque	0,0799	0,0270	-0,1127

*Variables ambientales con correlación significativa en el CCA.

Cuadro 47. Caracterización de variables ambientales asociadas a la composición de las pasturas mediante Andeva (variables de cobertura arbórea) y tablas de contingencia (variables de manejo, pastoreo, ubicación) en los 46 potreros activos en Muy Muy, Nicaragua.

Variables ambientales	braquiaria (B)	estrella (E)	naturalizadas (N)	gl	Valor F	Valores χ^2 / p
% cobertura arbórea*	20 A	14 A	17 A	2	0,47	0,6261
densidad (árboles /ha)*	43 A	26 A	49 A	2	2,14	0,1304
riqueza (no. especies árboles/ha)*	11 A	9 A	11 A	2	0,84	0,4387
no. de chapeas por año	2	4	1	6	-	0,0512
uso de herbicida	si	Si/no	no	2	-	0,0663
pastoreo*	parido	forro	terneros	4	-	0,0015
pendiente*	ondulado - pendiente	plano	plano -pendiente	4	-	0,1846
	bosque ¹	-	bosque ripario ²	2	-	¹ 0,0774 ² 0,0554
ubicación junto a las áreas de	charral ¹ *	corral ² *, casa ³	charral*	2	-	¹ 0,0183 ² 0,0831 ³ 0,0775

*Variables ambientales con correlación significativa en el CCA.

Ninguna de estas variables ambientales adicionales presentó diferencias significativas entre las dos condiciones de quema de cada uno de los potreros (Q, sQ). Mientras que, si se encontraron diferencias significativas para variables como pastoreo, vecindad a charrales, casas y corrales de las fincas, densidad de especies y de árboles adultos dentro del potrero, y los índices de Shannon y de Margalef, entre las seis tipos de potreros (Cuadro 48).

Cuadro 48. Caracterización del manejo (chapeas y herbicidas), pastoreo, pendiente, topografía, ubicación (% de potrero colindando con casas, corrales, charrales, bosques secundarios y riparios) y cobertura arbórea dentro de los potreros con diferentes condiciones de pastura e historia de uso de quema en Muy Muy, Nicaragua.

Variables ambientales	BQ (n=5)	BsQ (n=10)	EQ (n=5)	EsQ (n=8)	NQ (n=6)	NsQ (n=12)	gl	Valor F	Valor p
no. chapeas/año	2	2	4	4	1	1	15	20,48	0,1542
uso de herbicidas	Si	Si	No	No	Si/No	Si/No	5	6,21	0,2864
pastoreo	parido	parido	terneros	terneros	forro	forro	5	19,97	0,0013
topografía	ondulado	pendiente	plano	ondulado	pendiente	pendiente	10	12,12	0,2768
colindancia con:									
casa	20%	40%	40%	75%	50%	8%	5	11,21	0,0474
corrales	0%	20%	40%	50%	17%	17%	5	6,56	0,2556
charrales	80%	20%	0%	0%	50%	42%	5	16,9	0,0047
bosque	0%	75%	25%	0%	0%	0%	5	9,96	0,0764
bosque ripario	20%	30%	40%	38%	67%	67%	5	5,97	0,3091
%cobertura	16 a	23 a	15 a	13 a	21 a	13 a	2	1,10	0,3442
árboles/ha	35 b	51 ab	27 b	26 b	73 a	25 b	2	4,57	0,0163
especies/ha	10 ab	12 ab	8 b	9 ab	15 a	7 b	2	4,66	0,0152
I. Shannon	1,82 ab	1,95 a	1,64 ab	1,91ab	2,01 a	1,42 b	2	3,45	0,0416
I. Margalef	1,83 ab	2,11 ab	1,58 b	1,87 ab	2,28 a	1,42 b	2	3,60	0,0355

% del número de potreros (indican asociaciones observadas en tablas de contingencia, significancia en el valor p. Letras diferentes indican diferencias significativas para los resultados de Andeva.

Los potreros BQ se encontraron colindando principalmente con charrales. Los potreros BsQ colindaron principalmente con charrales, bosques secundarios y presentan una densidad media de árboles adultos dentro de los potreros aunque un bajo índice de diversidad de Shannon. Los potreros EQ y EsQ se caracterizaron por una mayor cercanía a los corrales y las casas de las fincas y por una baja cobertura y diversidad arbórea dentro de los potreros. Los potreros naturalizados se caracterizaron también por colindar con charrales y bosques riparios. Se diferencian porque los NQ presentan los mayores valores de cobertura arbórea dentro de los potreros, a pesar de una menor diversidad a la encontrada en los potreros NsQ.

De esta forma, las principales variables que explican la variabilidad de la abundancia y la composición de las plántulas de árboles y arbustos en los potreros activos evaluados son la composición de la pastura y la historia de uso de quema. Pero, es necesario tener en cuenta que diferentes tipos de potrero presentaron además de las condiciones seleccionadas de composición de la pastura e historia de uso de quemas, condiciones particulares de manejo, cobertura arbóreas dentro de los potreros y colindancia a usos del suelo con mayor o menor cobertura arbórea, y estas diferencias pueden influir en el banco de plántulas disponible para la regeneración arbórea en estas áreas de pastoreo activo.

3.5 DISCUSIÓN

En los potreros activos de Muy Muy existe un importante banco de plántulas de árboles y arbustos para el manejo de la regeneración natural. Se encontraron un total de 6378 plántulas pertenecientes a 60 especies arbóreas en 0,6 hectáreas de pastura (8 plántulas /7 m²). La riqueza, diversidad y composición de especies observadas en estas etapas iniciales de germinación y establecimiento en potreros se vio afectada principalmente por la composición de las pasturas más que por la historia de uso de las quemas. Las diferencias encontradas en el banco de plántula reflejaron las interacciones de los propágulos de las especies arbóreas con las condiciones de sitio dominantes en las diferentes pasturas, la disponibilidad de fuentes semilleras dentro y junto a los potreros, y el manejo del pastoreo en cada tipo de pastura. Estas diferencias se evidenciaron principalmente en:

- los potreros con pasto *Brachiaria spp.* y con pasturas naturalizadas presentaron mayor riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos que los potreros con pasto estrella, mientras que no encontraron diferencias significativas entre potreros considerando solo su historia de uso de quema.
- el crecimiento erecto y en macolla de los pastos *Brachiaria spp.* y los diferentes estratos herbáceos producto de las diferentes formas de crecimiento de los pastos nativos en las pasturas naturalizadas, probablemente permiten mayor disponibilidad de micrositos apropiados para la germinación de semillas y el establecimiento inicial de plántulas arbóreas, a diferencia del crecimiento rastrero e invasiva del pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* que puede impedir la germinación y establecimiento de las plántulas.
- los potreros con pasto *Brachiaria spp.* y con pasturas naturalizadas con mayor riqueza de plántulas, se caracterizaron por la mayor diversidad y densidad de árboles y arbustos adultos respecto a las otras tipos de potreros y por ubicarse junto a relictos de bosque secundario o bosques riparios.
- la composición de especies del banco de plántulas en potreros con el mismo tipo de pasturas fueron más similares entre si, independientemente de la historia de uso de las quemas en potreros con pasturas naturalizadas y en potreros con pasto estrella. Las fuertes diferencias en la composición del banco de plántulas entre potreros con pasto braquiaria y diferentes historia de uso de quemas probablemente reflejan las diferencias en la composición de árboles adultos. También pueden reflejar la ubicación de los potreros sin eventos recientes de quema (BsQ) junto a relictos de bosque secundario que podría aportar propágulos de un mayor número de especies.
- las especies de plántulas más abundantes y presentes en todas las condiciones de potreros, presentaron diferentes densidades en las condiciones de potreros evaluadas. Por ejemplo, *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea* presentaron una mayor densidad de plántulas en potreros con pasto *Brachiaria spp.*, mientras que *Leucaena shannoni* y *Guazuma ulmifolia* presentaron mayores

densidades en pasturas naturalizadas; y *Albizia saman* y *Enterolobium cyclocarpum* presentaron mayores abundancias en potreros con pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*.

Los resultados de este trabajo resaltan que la composición de la pastura y la historia de uso de la quema explican la mayor proporción de la variabilidad en la abundancia y la composición de especies de plántulas de árboles y arbustos. Pero que resulta difícil separar sus efectos independientes de su interacción sobre la regeneración natural arbórea dado que los diferentes tipos de pastos presentaron condiciones particulares de manejo, cobertura arbórea adulta dentro de los potreros y colindancia a usos del suelo con mayor o menor cobertura arbórea. Estas condiciones pueden influir también en las características del banco de plántulas disponible para la regeneración arbórea en estas áreas de pastoreo activo. Finalmente, el potencial de estos bancos de plántulas para la regeneración exitosa de las diferentes especies dependerá de las interacciones de etapas posteriores de desarrollo con las condiciones de sitio, el ganado y el manejo que los productores realicen en los potreros del municipio de Muy Muy, Nicaragua.

3.5.1 RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE PLÁNTULAS ARBÓREAS EN POTREROS

Los potreros con pasto braquiaria y pasturas naturalizadas presentaron mayor riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos que los potreros con pasto estrella en Muy Muy, Nicaragua. Este patrón de riqueza y diversidad de plántulas en la regeneración natural de árboles y arbustos en estos potreros posiblemente refleja las diferencias en la composición de pastos, la cobertura arbórea dentro de los potreros y en las áreas vecinas, así como por las condiciones de manejo asociadas a cada tipo de pasto. Las interacciones entre todos estos factores hacen difícil separar el efecto de cada factor individual sobre las características de esta primera etapa de la regeneración natural de árboles en potreros.

Sin embargo, cada una de estas condiciones puede influir de diferentes formas estas características del banco de plántulas disponible para la regeneración arbórea en áreas de pastoreo activo. La composición de las pasturas por ejemplo, puede influir en la disponibilidad de micrositios seguros para la germinación de semillas y el establecimiento y crecimiento inicial de plántulas. La cobertura arbórea dentro y junto a los potreros puede determinar la mayor o menor disponibilidad de fuentes de propágulos. Mientras que las condiciones de manejo tanto la dispersión de semillas, como las condiciones de micrositio y/o la supervivencia de plántulas dentro de los potreros.

3.5.2 COMPOSICION DE PASTOS

La disponibilidad de nutrientes, luz, y suelo en un hábitat está fuertemente correlacionado con la vegetación preexistente al momento de la colonización, la cual junto con otras variables como la microtopografía del suelo, determinan la disponibilidad de micrositios apropiados para la germinación y establecimiento inicial de los propágulos de diferentes especies de plantas. Este concepto de micrositio apropiado o de sitio seguro es frecuentemente usado para examinar la potencialidad de regeneración de muchas especies de plantas en un hábitat determinado durante la etapa crítica de germinación y

establecimiento de plántulas (Cornett *et al.* 2000). En las condiciones de los potreros activos, la composición de los pastos y su forma de crecimiento y agresividad puede determinar en gran medida la disponibilidad de microsistemas seguros y el establecimiento de diferentes especies de plántulas arbóreas (Holl 1999). En áreas bajo estrés hídrico en particular, la competencia con los pastos como vegetación competitiva, puede disminuir la supervivencia y hasta el 50% del crecimiento de plantas leñosas durante sus primeros años de establecimiento (Doescher *et al.* 1987).

Es probable que las características de crecimiento y comportamiento invasivo agresivo del pasto estrella disminuyen la disponibilidad de microsistemas apropiados para la germinación de una importante proporción de especies arbóreas, y pueda explicar en parte la baja riqueza encontrada en los potreros con pasto estrella en el municipio de Muy Muy. Los pastos exóticos como la estrella *Cynodon nlemfuensis* pueden ser fuertes competidores de la vegetación nativa pudiendo tener impactos en la diversidad de las plantas nativas (Fairfax y Fensham 2000). El pasto estrella es una gramínea herbácea de raíces profundas y hábitos rastreros, que se reproduce principalmente en forma vegetativa, y puede soportar situaciones adversas como sequías, suelos poco fértiles y pastoreo intensivo (Brenes 1995). Estos pastos disminuyen su biomasa durante la época seca pero rápidamente responden a las lluvias, aumentando su altura y densidad en los potreros. Su crecimiento estolonado con tallos erectos ascendentes o caedizos, crea una densa red de tallos que cubre rápidamente el suelo e impide a muchas semillas llegar hasta el suelo, para encontrar microsistemas adecuados para su germinación y establecimiento. Si las semillas logran llegar al suelo e iniciar su germinación, la densa cobertura del pasto y de raíces podría igualmente limitar su crecimiento y desarrollo.

Los pastos *Brachiaria spp.*, en cambio, desarrollan una mayor altura a la de los pastos estrella o las pasturas naturalizadas. En la localidad de estudio los pastos *Brachiaria spp.* pueden alcanzar alturas promedio de 1 m. antes de la entrada del pastoreo (obs. pers.). Su tipo de crecimiento en macolla y menor densidad de crecimiento comparado con los pastos estrella, puede permitir mayores espacios de suelo desnudo y de espacio aéreo para la germinación, el crecimiento y establecimiento inicial de las plántulas arbóreas. Estas condiciones podrían estar favoreciendo la mayor densidad de sitios seguros para la germinación de semillas y el desarrollo inicial de una mayor riqueza de las plántulas arbóreas en los potreros con pasto *Brachiaria spp.* en comparación con los potreros con pasturas naturalizadas y con pasto estrella en la localidad de estudio, a pesar de que han sido considerados pasto con crecimiento agresivo que disminuirían por el establecimiento de especies arbóreas (Miles *et al.* 1996).

Las pasturas naturalizadas en los potreros de Muy Muy, desarrollan alturas muy variables e intermedias a las de pasturas dominadas por pasto estrella y por pasto braquiaria (obs. pers.). La mezcla de varias especies de gramíneas en estas pasturas, y por tanto de diferentes formas de crecimiento probablemente permiten la formación de diferentes sustratos dentro de la vegetación herbácea. A su vez la distribución de las diferentes especies de pastos resulta ser agregada, formando grupos densos de una misma especie de pastos y área con una mayor diversificación de su composición. Esta

heterogeneidad en la estructura vertical y horizontal del estrato herbáceo en las pasturas naturalizadas también podría permitir espacios apropiados para la llegada y germinación de semillas, permitiendo el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Estas condiciones probablemente se reflejan en la mayor riqueza de especies presente en potreros naturalizados respecto a las pasturas de estrella.

3.5.3 COBERTURA ARBÓREA ADULTA

Otro factor que puede ayudar a explicar la mayor riqueza y diversidad de plántulas en los potreros con pasto *Brachiaria spp.* y pasturas naturalizadas es la mayor cobertura arbórea observada dentro de estos potreros y su frecuente ubicación junto a áreas de mayor cobertura arbórea como bosques secundarios y riparios, respecto a los potreros con pasto estrella. Una mayor diversidad y densidad de individuos y de especies (ha) de árboles y arbustos adultos dentro de los potreros y en áreas aledañas pueden determinar una mayor la disponibilidad de semillas y reflejarse en una mayor lluvia de semillas llegando a estas pasturas. Una mayor lluvia de semillas junto con la mayor disponibilidad de condiciones para la germinación puede reflejarse en un banco de plántulas más rico y diverso en los potreros con pasto braquiaria y pastos naturalizados respecto a los potreros con pasto estrella (Aide y Cavalier 1994, Viera *et al.* 1994, Holl 1999).

Numerosos estudios han demostrado claramente que la pérdida de dispersión de semillas es el factor principal que limita la regeneración en potreros abandonados, pues la cantidad de semillas y de especies dispersadas por animales disminuye drásticamente a más de 5 metros del borde de bosque en potreros sin árboles o arbustos (Aide y Cavalier 1994, Viera *et al.* 1994, Holl 1999). Aún bajo pasturas activas, se ha observado una mayor regeneración natural bajo árboles aislados, donde es posible encontrar una elevada lluvia de semillas, un microclima más favorable y mayores niveles de nutrientes en el suelo que los encontrados en áreas de pasturas sin cobertura arbórea (Holl y Lulow 1997, Arnaiz *et al.* 1999, Esquivel y Calle 2002).

La disponibilidad de árboles adultos en los potreros de este estudio fue evaluada en 1 ha circundante a las áreas de muestreo de las plántulas, incluyendo solo los árboles aislados o en grupos ubicados dentro del área del potrero. Sin embargo, muchas de estas pasturas presentaron cercas vivas, las cuales pueden aumentar la diversidad y la disponibilidad de árboles adultos y de fuentes de propágulos hacia los potreros. A pesar de que esta cobertura no ha sido tenido en cuenta en el análisis, probablemente la mayor o menos disponibilidad de las cercas vivas de estos potreros este influenciado también la disponibilidad de adultos y de fuentes de propágulos para la regeneración de natural de árboles dentro de los potreros (Harvey y Haber 1995).

La cercanía de potreros de *Brachiaria spp.* y de pastos naturalizados, a áreas con mayor cobertura arbórea como bosques secundarios y bosques riparios, probablemente también influenciaron los patrones de mayor riqueza y diversidad de plántulas arbóreas en estos tipo de potreros Adicionalmente a la mayor cobertura arbórea presente dentro de los potreros, los potreros con pasto *Brachiaria spp.* se encontraron

con una mayor frecuencia junto a bosques secundarios, a su vez que una mayor proporción de pasturas naturalizadas se encontró junto a bosque riparios, mientras que, los potreros con pasto estrella se asociaron en menor proporción a estas condiciones de cobertura boscosa, y se ubicaron principalmente junto a las casa de la finca y los corrales. Esta asociación con áreas de mayor cobertura arbórea junto a los potreros, podría aumentar la disponibilidad de propágulos de árboles y junto con la mayor disponibilidad de condiciones para la germinación y explicar la mayor riqueza, diversidad y baja dominancia en las especies de plántulas observadas en los potreros con pasto braquiaria y pastos naturalizados, respecto a los potreros con pasto estrella (Aide y Cavalier 1994, Viera *et al.* 1994, Holl 1999).

3.5.4 CONDICIONES DE MANEJO

La asociación de potreros con diferentes composición de pasturas con diferentes grupos de ganado en pastoreo en los potreros de Muy Muy es otro factor que puede contribuir a explicar los patrones de riqueza en los potreros de *Brachiaria spp.* Una vez superada la etapa de disponibilidad de semillas y de disponibilidad de micrositos para la germinación y el establecimiento inicial de plántulas, el pastoreo del ganado puede tener un efecto significativo en esta etapa inicial del desarrollo arbóreo en potreros. Los daños por pisoteo o ramoneo pueden disminuir el reclutamiento de algunas especies arbóreas de interés en áreas de pastoreo activo (Hall *et al.* 1992, Camargo 1999). Estudios experimentales han encontrado además que mediante la utilización de cercos o bostas del ganado para proteger las plántulas de la interacción con el ganado, puede aumentar la supervivencia y crecimiento en áreas de pastoreo activo (Eissenstat *et al.* 1982; Barrios 1998). Condiciones como una mayor carga animal, los ciclos de pastoreo poco controlados, o la disponibilidad de pasto al inicio del pastoreo han sido factores reportados como determinantes para una mayor mortalidad de plántulas arbóreas (Eissenstat *et al.* 1982, Simón 1997).

Los potreros con pasto *Brachiaria spp.* son utilizados por los productores de Muy Muy para el pastoreo del ganado en producción. Estos animales de mayor tamaño por ejemplo, podrían generar una mayor presión de pastoreo sobre las plantas arbóreas afectando negativamente la supervivencia de las plántulas, debido tanto al ramoneo como al daño físico por pisoteo. Sin embargo, los ciclos de rotación del pastoreo en los potreros con pasto braquiaria suelen ser mas cortos que los realizadas en las otras pasturas, manteniendo un menor número de días el ganado dentro de los potreros y permitiéndoles un mayor número de días de descanso (obs.pers.). Este mayor control del pastoreo en estos potreros probablemente se realiza con el fin de evitar el sobrepastoreo y la pérdida de la calidad de forraje de estos pastos, los cuales presentan una mayor calidad forrajera y mayor costo de establecimiento, respecto las pasturas naturalizadas y los potreros con pasto estrella (Miles *et al.* 1996). Este mayor control del pastoreo podría estar disminuyendo la presión de pastoreo sobre las plántulas que logran llegar, germinar e iniciar su desarrollo en los potreros con pasto *Brachiaria spp.* Danco como resultado una menor presión

de pastoreo sobre la vegetación arbórea en estos potreros, que permite una mayor riqueza de especies de plántulas como lo evidenciado en esta localidad.

Los potreros con pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* son utilizados principalmente para el pastoreo de los terneros, que son animales más pequeños y livianos que generan probablemente una menor presión de pastoreo que permitiría una mayor supervivencia de plántulas, favoreciendo una mayor riqueza de especies de plántulas. A pesar de que este manejo de pastoreo podría indicar favorecer una mayor regeneración natural de árboles y arbustos, la baja riqueza de y diversidad de plántulas en estos potreros parece estar más influenciada por la baja disponibilidad de propágulos dentro de los potreros y en áreas vecinas. Adicionalmente, el crecimiento agresivo de estos pastos que cubren profusamente el suelo, podría limitar fuertemente el establecimiento de las plántulas de aquellas semillas que logran llegar a estos potreros. La fuerte influencia de las fuentes de propágulos dentro de estos por ejemplo, podría reflejarse en la mayor diversidad de plántulas que fue encontrada en aquellos potreros de pasto estrella que colindaron con bosques secundarios.

Las pasturas naturalizadas en cambio, son utilizadas para el pastoreo del ganado horro o forro (vacas secas, vaquillas, toretes, etc.). Estos potreros suelen presentar un manejo irregular del pastoreo con un mayor número de días en pastoreo y menores días de descanso en época de invierno. Debido a este manejo irregular y a la percepción de una menor productividad de estas pasturas respecto a los pastos mejorados (obs.pers) estos potreros podrían ser más propensos al sobrepastoreo que afectaría negativamente la supervivencia de las plántulas y reflejándose en una menor riqueza de especies respecto a los potreros con pastos braquiaria. En contraste con los potreros de pasto estrella, las pasturas naturalizadas presentan una alta cobertura arbórea dentro de los potreros lo cual les permite tener una mayor riqueza a la encontrada en los potreros de estrella. Y aquellos potreros con pasturas naturalizadas con mayor cobertura arbórea adulta tendieron a presentar una mayor riqueza y diversidad de plántulas.

Otras condiciones de manejo como el uso de chapeas al año y el uso de herbicidas no parecen estar influyendo significativamente la riqueza y diversidad de plántulas arbóreas en los potreros de Muy Muy. La eliminación de plantas leñosas durante las chapeas suele ser realizada a alturas superiores a los 30 cm de altura, de modo que probablemente su influencia se observada en las características de las poblaciones de individuos juveniles, mas que en las características de las primeras etapas del desarrollo de las plántulas (consideradas en este estudio como individuos menores a 30 cm de altura). De igual forma, el uso de herbicidas en las pasturas es realizado principalmente de forma localizada sobre aquellas plantas arbóreas y herbáceas no deseadas ya establecidas en los potreros y no en toda la pastura (conversación con productores). Esta forma de aplicación localizada podría estar disminuyendo la probabilidad de observar un efecto del uso de herbicidas sobre el banco de plántulas arbóreas en los potreros. Adicionalmente, la aplicación de herbicidas fuertemente asociada con los potreros de pasto *Brachiaria spp.*, suele realizarse solo para la siembra y el establecimiento de las pasturas. De modo que en pasturas con más de un año de establecidas como las evaluadas en este estudio, existe una menor probabilidad de

observar un efecto negativo del uso de herbicidas sobre el establecimiento inicial de plántulas arbóreas. A diferencia de otros estudios en los cuales se encontraron efectos directos de estas actividades de manejo sobre el establecimiento de plántulas (Camargo 1999), en este estudio la competencia con la vegetación circundante dominante como los pastos parecen influir más el establecimiento de plántula los potreros activos.

Adicionalmente a la composición de los pastos, la cobertura arbórea y el pastoreo del ganado, la topografía del suelo asociada a los diferentes tipos de pasturas podría ayudar a explicar la mayor riqueza y diversidad en los potreros con pasto braquiaria y pasturas naturalizadas en relación a los potreros con pasto estrella. En contraste al estrés por sequía identificado como una de las limitantes para el establecimiento de plántulas en diferentes tipos de bosques y hábitat (Gerhardt 1994, Dokrak *et al.* 2004), las plántulas que germinaron al inicio de la época de lluvias en los potreros de Muy Muy deben ser capaces de tolerar las inundaciones. Las características verticas de estos suelos y su bajo nivel de drenaje determinan que durante los tres primeros meses de invierno en los cuales se realizó este estudio, una importante proporción de potreros presentaron áreas con encharcamientos (obs. pers). La topografía asociada a potreros con diferente composición de pastura a su vez determina la mayor proporción de poteros con anegamiento en estos potreros. Los potreros con pasto *Brachiaria spp.* se encontraron principalmente en áreas onduladas y pendientes con menor riesgo de anegamiento, mientras que, los potreros con pasto estrella que se encontraron principalmente en áreas planas. De este modo, la capacidad de tolerar inundaciones por las especies de plántulas en potreros podría determinar la menor riqueza de la regeneración natural en potreros con pasto estrella.

Aunque la mayor variabilidad en la riqueza y diversidad de plántulas arbóreas puede ser explicada por la composición de las pasturas, su asociación con variables ambientales con variables de manejo y de cobertura arborea dentro y cerca de los potreros resalta que estas variables adicionales, también deben tenerse en cuenta para explicar los patrones de riqueza encontrados en los potreros de Muy Muy.

3.5.5 HISTORIA DE USO DE LAS QUEMAS

A diferencia de la composición de las pasturas, la historia de uso de quema en los potreros no afectó la riqueza de plántulas de árboles y arbustos en los potreros independiente de la composición de la pastura. La interacción entre quema y composición de pastos de los potreros disminuyó la riqueza de plántulas dentro de las pasturas con pasto *Brachiaria spp.* pero no en los potreros con otras especies de pasto. Este resultado indicaría que la historia de uso de quemas afecta diferencialmente la regeneración natural de árboles en potreros de pendiente de la composición de las pasturas. Y en el caso de Muy Muy este efecto sería evidente solo en las condiciones de los pastos *Brachiaria*.

Sin embargo, los potreros de braquiaria con diferente historia de uso de quemas presentaron también diferencias en su ubicación junto a bosques secundarios. Esta diferencia de ubicación probablemente determina una mayor disponibilidad de semillas en los potreros de *Brachiaria spp.* sin uso

reciente de quemas ubicados junto a bosques secundarios a diferencia los potreros con este pasto y eventos recientes de quema. Esta característica se reflejaría en la mayor riqueza de especies de plántulas en los potreros de braquiaria sin uso reciente de quemas debido a la mayor disponibilidad de fuentes de propágulos. Esta diferencia no permite identificar el efecto individual de las quemas sobre la riqueza de la regeneración de plántulas de especies arbóreas.

La baja influencia de las quemas en el banco de plántulas de estos potreros, puede deberse a la mayor importancia la lluvia de semillas al banco de plántulas en los potreros, mas que el del banco de semillas en el suelo. La mayoría de las especies de bosques tropicales presentan semillas sin dormancia (Holl 1999, Rees 1997) por lo que el avance de la sucesión en áreas como potreros se atribuye principalmente a semillas recientemente dispersadas (Holl 1999). Mucho se ha debatido acerca de la capacidad de las especies pioneras para formar un banco de semillas en el suelo, su capacidad para formar un banco de semillas persistente en el suelo y su aporte a las regeneración de estas especies, depende principalmente de las estrategias reproductivas de cada especie (Dalling 1998, Alvarez y Martínez 1990). Aunque el efecto del fuego se considera negativo para la viabilidad y germinación de muchas especies arbóreas, otros factores como la disponibilidad de fuentes de semillas, las condiciones de micrositio en incluso las estrategias de dispersión y las características de las semillas, parecen determinar las características de los bancos de plántulas arbóreas en los potreros de Muy Muy.

Los efectos de las quemas podrían ser evidentes con la evaluación de las abundancias de especies individuales o grupos de especies con características reproductivas similares en potreros con diferentes condiciones de uso de quema. Y probablemente estos efectos negativos serán mas evidentes sobre especies sin cubiertas duras que solo podrían regenerar por semillas dispersadas por viento o animales depuse de los eventos de quema (Conrado *et al.* 1993). Por ejemplo, a pesar de la amplia diversidad de estrategias de reproducción presentes en áreas de bosque seco, la estrategia principal consiste en llegar a áreas abiertas a finales de la época seca y responder rápidamente a las condiciones de luz y humedad al inicio de la época de lluvias (Bullock 1995). Semillas de especies abundantes como *Tabebuia rosea*, son dispersadas al final de la época seca y con rápida germinación en la época de lluvias, presentando baja capacidad de latencia en condiciones de alta humedad del suelo y anegamiento como las que predominan en el área de estudio durante parte importante del año. Eventos de quema a finales de la época podrían tener negativas consecuencias en la viabilidad de sus semillas reflejándose en una menor abundancia de plántulas en la época de lluvias consecutiva de ese año.

También muchas de las especies encontradas en los potreros de Muy Muy son leguminosas que tienen semillas con testas duras e impermeables que responden principalmente a la escarificación por acción de agentes dispersores como el ganado, aunque toleran el efecto de las quemas sin disminuir significativamente su capacidad de germinación. En cambio, otras especies pioneras sin testas duras en sus semillas como *Guazuma ulmifolia*, aumentan los porcentajes de germinación con las quemas al compararlas con semillas testigo, evidenciando un potencial para el aumento de su regeneración

inmediatamente después de eventos de quema. *Cochlospermum vitifolium* disminuyen en cambio su germinación después de quemas, mientras que las semillas de *Ceiba aescutifolia* no se ven afectadas por eventos de quema (Conrado 1993).

Al mismo tiempo el efecto de las quemas sobre la germinación de las semillas y por tanto sobre las características generales del banco de plántulas, podría ser evidente inmediatamente después de estas perturbaciones y no en períodos subsecuentes (5 años) como los evaluados en este estudio (Conrado 1993). Durante este período otros factores podrían moldear la disponibilidad de semillas en el suelo para su germinación. De este modo no fue posible detectar el efecto de las quemas sobre las características de esta primera etapa de la regeneración natural. Posiblemente la evaluación de los efectos de la quema serian evidentes en potreros con eventos de quemas realizados durante el últimos año versus potreros con el ultimo evento de quema hace mas de 5 años. Igualmente, la complementación de la información existente sobre el banco de plántulas con información sobre el banco de semillas en el suelo y de las características sucesionales de las diferentes especies arbóreas involucradas permitiría posiblemente identificar evecotos de la quema sobre determinados grupos de especies (Quintana *et al.* 1996).

3.5.6 COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE PLÁNTULAS

La composición de especies de plántulas varió principalmente entre potreros con diferente composición de pastos en los potreros de Muy Muy. Los potreros con pasto estrella fueron los mas similares entre si; mientras que la composición del banco de plántulas entre potreros con pasto *Brachiaria spp* presentaron las mayores diferencias. Cada tipo de pastura se caracterizó por el número de especies raras, exclusivas y abundancias de las especies dominantes. Estas similitudes y diferencias entre los potreros reflejan en parte la variabilidad en la composición de la cobertura arbórea adulta dentro de los diferentes tipos de pastura y probablemente también de áreas vecinas, así como las interacciones entre las especies arbóreas y las condiciones de sitio de los potreros, el tipo de pasto y su capacidad de establecerse en áreas de pastoreo activo.

Los potreros con diferente historia de quema compartieron el 70% de las especies de plántulas y no fueron agrupados de acuerdo con su composición, indicando una menor influencia de este factor sobre la composición de la regeneración natural frente a las condiciones de composición de las pasturas. Los potreros con diferente historia de quema se caracterizaron por un mayor número de especies raras y un mayor número de especies exclusivas en los potreros sin eventos recientes de quemas. Sin embargo, ninguna de estas especies exclusivas fue encontrada de forma recurrente en la misma condición de quema de las diferentes pasturas. Una tendencia en la respuesta a los diferentes eventos de quema en la composición del banco de plántulas podría parcialmente reflejarse en las especies más abundantes en cada condición. Las especies mas abundantes sin eventos recientes de quema fueron *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea*, *Platymiscium parviflorum* mientras que, en los potreros con eventos recientes de quema

dominan especies con mayor tolerancia a eventos quemados como *Guazuma ulmifolia* y *Enterolobium cyclocarpum* (Conrado 1993).

En contraste, las diferencias en la composición del banco de plántulas de la regeneración natural en los diferentes tipos de potreros (BQ, BsQ, NQ, NsQ, EQ, EsQ) reflejaron tanto la distinta composición de las pasturas, como la influencia de la composición de la cobertura arbórea adulta dentro de los mismos potreros. Las mayores similitudes en la composición de plántulas por ejemplo, se encontraron entre potreros con la misma composición de la pastura. Los potreros con pasto estrella fueron los más parecidos entre sí y compartieron el 82% de las especies, las pasturas naturalizadas compartieron entre sí 77% de las especies, mientras que los potreros con pasto braquiaria compartieron el 54%. La mayor diferencia en la composición del banco de plántulas observada en la composición de plántulas de los potreros con pastos *Brachiaria spp.* y diferentes historia de uso de quemados probablemente reflejan además las mayores diferencias observadas en la composición de árboles adultos de estos potreros.

Adicionalmente, la composición de plántulas dentro de los potreros evaluados probablemente estuvo influenciada por la composición de la cobertura adulta en otros componentes arbóreos del agropaisaje. La cercanía a diferentes tipos de bosques, podría hacer más probable la llegada de fuentes de propágulos de especies arbóreas diferentes a las encontradas dentro de los potreros evaluados. Los potreros con pastos *Brachiaria spp.* por ejemplo se caracterizaron por el mayor número de especies raras y exclusivas, los cuales a su vez se ubicaron frecuentemente junto a bosques secundarios. A pesar de su historia de perturbación, los bosques secundarios en agropaisajes como el de Muy Muy, tienen mayor diversidad de árboles y arbustos que los bosques riparios y que los potreros con alta cobertura arbórea (Sánchez *et al.* 2005 en publicación). Es probable entonces, que la cercanía a estos bosques secundarios facilitaría una mayor dispersión de propágulos desde el bosque que se reflejaron no solo en la mayor riqueza de plántulas encontrada en los potreros de braquiaria, sino también en las diferencias de su composición.

La composición de las plántulas en potreros reflejó además de la disponibilidad de fuentes de semillas, las estrategias y capacidades de diferentes especies para colonizar las pasturas y su interacción con las condiciones de sitio de las pasturas dominantes. Estas interacciones se hacen evidentes cuando especies de plántulas con mayor representación ecológica (mayores IVI) y presentes en todas las condiciones de potreros presentaron diferentes densidades en las condiciones de potreros evaluadas. Por ejemplo, *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea* presentaron una mayor densidad de plántulas en potreros con pasto *Brachiaria spp.*, mientras que *Leucaena shannoni* y *Guazuma ulmifolia* presentaron mayores densidades en pasturas naturalizadas; y *Albizia saman* y *Enterolobium cyclocarpum* en potreros con pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*. Sin embargo, para comprender mejor las limitaciones y ventajas de las diferentes especies arbóreas a las condiciones de sitios de las pasturas, es necesario desarrollar estudios adicionales que evalúa el éxito de su regeneración en diferentes condiciones experimentales. Esto

permitiría comprender con más detalle la amplia variabilidad recopilada en este estudio, y recurrente en los paisajes agropecuarios

En potreros con baja disponibilidad de micrositios para la regeneración del establecimiento de plántulas y baja disponibilidad de fuente de propágulos y centros de reclutamiento como sucede en los potreros con pasto estrella, posiblemente el efecto de la dispersión de semillas por el ganado y su aporte en la regeneración natural resultan más evidentes y crucial para el avance de la regeneración arbórea. El efecto del ganado puede influenciar la disponibilidad de plántulas en esta fase inicial de la regeneración natural de árboles en potreros mediante la dispersión de semillas en las bostas de ganado (Janzen 1982, Somarriba 1985). La dispersión de semillas en las bostas del ganado pueden dar una ventaja de espacio y nutrientes para el desarrollo inicial de las plántulas en estas pasturas (Barrios), que puede reflejarse en el éxito de establecimiento de algunas especies en micrositios no apropiados. Mientras que, en los potreros naturalizados con disponibilidad media de fuentes de semillas y de micrositios para la germinación, y mayor presión de pastoreo, se observa un aporte tanto de especies dispersadas por el viento como de especies dispersadas por el ganado.

Los potreros con pasto braquiaria se caracterizaron por la mayor abundancia de plántulas de *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Platymiscium parviflorum*, y *Lonchocarpus parviflorus*, *Gliricidia sepium*. Mayores proporciones de especies como *Cochlospermum vitifolium*, *Trichilia havanensis*, *Pachira quinata* (dispersadas por el viento), *Xylosma flexuosa*, *Bursera simaruba*, *Capparis frondosa*, *Casearia corymbosa*, *Randia armata* (dispersadas por animales silvestres) y *Sapium macrocarpum* (autocoria). Y por especies como *Cupania guatemalensis*, *Lonchocarpus minimiflorus* y *Cupania guatemalensis* fueron especies solo encontradas en estas pasturas (exclusivas), que están asociadas a áreas de bosque secundario se encontraron solo en esta condición de pastura.

Los potreros con pasto estrella en cambio se caracterizaron por la mayor abundancia de *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena shannoni*, *Albizia saman* (dispersadas por el ganado) *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata* (dispersadas por viento), la ausencia de plántulas de *Cordia alliodora*, la mayor proporción del banco de plántulas de especies como *Cassia grandis*, *Acrocomia mexicana*, *Cordia collococa* y *Calycophyllum candidissimum*, solo una especie exclusiva *Cascabella peruviana* y la ausencia de especies raras.

Y finalmente, las pasturas naturalizadas se caracterizaron por la mayor abundancia de especies como *Tabebuia rosea*, *Guazuma ulmifolia*, *Platymiscium parviflorus* y *Enterolobium cyclocarpum* y *Cordia alliodora*. Adicionalmente presentaron una mayor proporción de plántulas de *Guazuma ulmifolia*, *Genipa americana* y *Leucaena shannoni*. Las especies como *Annona cherimola* y *Sapindus saponaria*, *Hymenaea courbaril* y *Copaifera aromática* fueron exclusivas a estos potreros que presentaron mayor número de especies raras.

De forma general los resultados de este estudio resaltan que existe una alta disponibilidad de plántulas de árboles y arbustos en sus estadios iniciales de germinación y establecimiento en los potreros activos de Muy Muy. Igualmente indican que la riqueza de banco de plántulas de especies árboles y arbustos depende de la disponibilidad de micrositios encontradas en pasturas dominadas por diferentes especies de pastos y de sus interacciones con los propágulos de diferentes especies arbóreas. Señalan además que, aunque los efectos de condiciones de manejo como la historia de uso de quemas no fueron evidenciadas sobre el banco de plántulas de especies arbóreas en los potreros de este estudio, otras características de manejo realizadas por los productores como la cobertura arbórea dentro de los mismos potreros y la forma de pastoreo del ganado pueden influenciar la riqueza del banco de plántulas de especies arbóreas. Y finalmente que la cercanía de los potreros a bosques secundarios y bosques riparios influye sobre la riqueza y composición del banco de plántulas disponible para la regeneración natural de árboles y arbustos de estos potreros.

Estos resultados indican que el establecimiento de especies arbóreas en potreros activos es limitado desde las primeras etapas de la regeneración natural. La composición de los pastos, el porcentaje de cobertura arbórea adulta dentro de los potreros y en áreas aledañas (bosques secundarios y riparios) y el tipo de pastoreo del ganado determinan riqueza, diversidad y composición de especies de plántulas dentro de estas áreas. Los potreros con *Brachiaria spp.*, por ejemplo pueden albergar alta riqueza de especies de plantas cuando tienen de una alta cobertura arbórea adulta dentro del potrero, se ubican junto a bosques secundarios y se evita el sobrepastoreo del ganado. Los potreros con pasto estrella *Cynodon nlefuensis* en cambio, presentan baja riqueza y diversidad de plántulas debido al crecimiento agresivo de este pasto que disminuye la disponibilidad micrositios para el establecimiento de plántulas asociada además a una baja cobertura arbórea dentro de los potreros u en áreas vecinas. Al tiempo que la variabilidad de la cobertura arbórea adulta y del estrato herbáceo de las pasturas naturalizadas se refleja en la alta riqueza y diversidad y la variable composición del de plantas en estos potreros.

La influencia de estas características de manejo sobre la riqueza, diversidad y composición del banco de plántulas en los potreros activos, resalta que el mantenimiento y aprovechamiento de la potencialidad de este banco de plantas para el manejo de la regeneración natural arbórea, dependerá del manejo actual y futuro que se reluce de estos potreros. La alta disponibilidad de plántulas observada tiene aun que sobrepasar otras presiones selectivas como la inundación de los pastizales, las condiciones de suelo y el forrajeo de ganado para asegurar el éxito de su regeneración en estas áreas de potreros activo. Solo con el desarrollo de estrategias de manejo que tengan en cuenta los efectos de la composición de los pastos, el pastoreo del ganado y la cobertura arbórea dentro y fuera de los potreros sobre la regeneración natural de las diferentes especies arbóreas, será posible aprovechar la riqueza y diversidad de los bancos de plantas para mantener una alta cobertura arbórea en los potreros de paisajes agropecuarios como el de Muy Muy, Nicaragua.

3.6 CONCLUSIONES

- Las 6378 plántulas de 60 especies encontradas en 0,6 ha de pastura (promedio de 8 plántulas /7 m²) durante tres meses al inicio de la época de lluvias (mayo-agosto) en pasturas del municipio de Muy Muy, Nicaragua, señalan la regeneración natural activa de diferentes especies de árboles en áreas bajo pastoreo activo de ganado y su potencialidad para el desarrollo de estrategias apropiadas de mejoramiento de sistemas de producción ganadera.
- La amplia variabilidad encontrada en las características de este banco de plántulas refleja principalmente las diferencias en la composición de pastos de las pasturas más que el efecto de diferentes historias de uso de quemas. Estas diferencias probablemente reflejan las diferentes condiciones de sitio ofrecidas por los diferentes tipos de crecimiento de los pastos dominantes en las pasturas, la disponibilidad de fuentes semilleras dentro y junto a los potreros, y el manejo del pastoreo que los productores hacen en cada tipo de pastura.
- Los potreros con pasto *Brachiaria spp.* y con pasturas naturalizadas probablemente ofrecen una mayor cantidad de micrositos para la germinación de semillas y el establecimiento inicial de plántulas arbóreas, que se refleja en mayor riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos en comparación a los potreros con pasto estrella.
- Potreros con quemas realizadas en los últimos cinco años no presentan diferencias significativas en la riqueza, abundancia, diversidad y composición de especies de plántulas de árboles y arbustos respecto a potreros con quemas realizadas hace más de 5 años. No fue posible observar el efecto de las quemas probablemente debido al mayor aporte de semillas recién dispersadas al proceso de regeneración natural arbóreo en estos potreros, al efecto diferencial de las quemas sobre la regeneración natural de especies con diferentes características reproductivas, así como a la interacción de otros factores sobre la regeneración natural en el período de 5 años con el cual fueron definidos los potreros con quemas recientes. Probablemente el efecto de la quemas sobre la regeneración natural podría ser evidentes al comparar potreros con quemas realizadas durante el último año y potreros con quemas realizadas hace más de 5 años.
- Los potreros con diferentes pasturas se encuentran asociados a diferentes condiciones de manejo del pastoreo del ganado, cobertura arbórea adulta dentro de los potreros y su ubicación junto a áreas con mayor cobertura arbórea como bosques secundarios y riparios, que en conjunto influyen sobre la riqueza y composición del banco de plántulas de plántulas de árboles y arbustos en potreros activos.
- Adicionalmente a la disponibilidad de fuentes de propágulos las estrategias de colonización de las diferentes especies de árboles y arbustos y sus interacciones con las condiciones de sitios de las pasturas determinan la abundancia y composición de plántulas en las diferentes pasturas.

- El potencial de estos bancos de plántulas en potreros para la regeneración exitosa de las diferentes especies dependerá de las interacciones con las condiciones de sitio, el ganado y los productores en las posteriores etapas de desarrollo de los árboles y arbusto en potreros.
- El manejo del pastoreo que los productores hacen en potreros con distinta composición de pastos, puede estar influyendo en las diferencias de riqueza y diversidad de plántulas arbóreas observadas en estos potreros. Un pastoreo regulado como el que se realiza con el ganado en producción de leche en los potreros con pastos *Brachiaria spp*, probablemente también se refleja en la mayor riqueza de plántulas de árboles y arbustos.
- La influencia de las características de manejo sobre la riqueza, diversidad y composición del banco de plántulas en los potreros activos, resalta que el mantenimiento y aprovechamiento de la potencialidad de este banco de plantulas para el manejo de la regeneración natural arbórea, dependera del manejo actual y futuro que se relize de estos potreros.
- Solo con el desarrollo de estrategias de manejo que tengan en cuenta los efectos de la composición de los pastos, el pastoreo del ganado y la cobertura arborea dentro y fuera de los potreros sobre la regeneración natural de las diferentes especies arbóreas, sera posible aprovechar la riqueza y diversidad de los bancos de plantulas para mantener una alta cobertura arbórea en los potreros de paisajes agropecuarios como el de Muy Muy, Nicaragua.

3.7 BIBLIOGRAFÍA

- Aide, M. y Cavalier, J. 1994. Barriers of lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta. *Restoration Ecology* 2(4): 219-229.
- Alvarez, E.R y Martínez, M. 1990. Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree. *Oecologia* 84: 314-325.
- Arnaiz, A. O; Castillo, S; Meave, K; Ibarra, G. 1999. Isolated pasture trees and the vegetation under their canopies in the Chiapas Coastal Plain, Mexico. *Biotrópica* 31(2): 243-254.
- Barrios, C.A. 1999. Pastoreo regulado de bostas de ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en potreros. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 127 p.
- Brenes, R.F. 1995. Evaluación del crecimiento calidad y productividad del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) bajo un sistema de pastoreo rotacional en Naranjo de Alajuela, Costa Rica. Tesis Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 80 p.
- Bullock, S.H. 1995. Plant reproduction in neotropical dry forest. En: Bullock, S.H; Mooney, H.A.; Medina, E. (Eds) *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, US. 450 p.
- Camargo, J.C. 1999. Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* ((Ruíz y Pavón) Oken) en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 127 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación en el desarrollo). 2003. Línea Base del Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, Costa Rica. 28 p. Turrialba, Costa Rica. 122 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)/NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación en el desarrollo). 2002. Proyecto “Desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para pasturas degradadas en Centroamérica”. Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- Censo Agropecuario. 2002. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2002. III Censo Nacional Agropecuario, Resultados Finales. Managua, Nicaragua. En: <http://www.inec.gob.ni/cenagro>
- Clavo, M. y Baca, J.F. 1999. Regeneración natural de especies arbóreas para el establecimiento de sistemas Silvopastoriles. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 10(1):71-81.
- Conrado, P.L; Chavelas, J; Camacho, F. 1993. Germinación de semillas de especies de vegetación primaria y secundaria (estudios comparativos). *Revista Ciencia Forestal en México*. 18 (73):1-19.
- Cornett, M.W; Reich, P.R; Puettmann, J; Frelich, L.E. 2000. Seedbed and moisture availability determine safe sites for early *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) regeneration. *American Journal of Botany* 87 (12): 1807-1814.
- Cowell, R.K. 2004. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from simples. Versión 7. User guide and applications En línea: <http://vicero.eeb.econn.edu/eEstimates>
- Dalling, J.W. 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in tropical moist forest. *Ecology* 79: 564-578.
- Doescher, P; S.D. Tesch y M. A. Castro. 1987. Livestock grazing: A silvicultural tool for plantation establishment. *Journal of forestry*. 85(10):29-37.
- Dokrak, M; Utis, K; Hiroshi, T; Tohru, N. 2004. Effects of drought and fire on seedling survival and growth under contrasting light conditions in a seasonal tropical forest. *Journal of Vegetation Science* 15: 691-700.

- Eissenstat, D.M; Mitchell, J.E; Pope, W.W. 1982. Trampling damage in an Idaho Forest Plantation. *Journal of Range Management* 35(6): 715-784.
- Esquivel, M.J. y Z. Calle. 2002. Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión vegetal: evaluación de plántulas bajo su dosel. *Agroforestería en las Américas* 9 (33-34):25-30.
- Fairfax, R.J. y Fensham, R.J. 2000. The effect of exotic pasture development on floristic diversity in Central Queensland, Australia. *Biological Conservation* 94: 11-21.
- Fuhlendorf, S.D. y Ingle, D.M. 2004. Application of the fire – grazing interaction to restore a shifting mosaic on tallgrass prairie. *Journal of Applied Ecology* 41: 604-614.
- Gerhardt, K. 1999. Tree seedling development in dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science* 4: 95102.
- Gobierno de Nicaragua. 1998. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). “Encuesta Nacional de Hogares Sobre Medición de Nivel de Vida”. En línea: <http://www.inec.gob.ni/index.htm>.
- Hall, L.M; R. Melvin, D. Douglas y T. Adams. 1992. Effects of cattle grazing on blue oak seedling damage an survival. *Journal of Range Management* 45 (5): 503-506.
- Harvey, C.A. y W.A. Haber. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44: 37 – 68.
- Harvey, C.A; Tucker, N; Estrada, A. 2003. Live fences, isolated trees, and windbreaks: Tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Capítulo 11. Pp. 261-289. En: Schroth, G; G. da Fonseca, C.A. Harvey, C. Gascon, H. Vasconcelos y A. Izac. 2003. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington
- Herdenson, P.A. y Seaby, R.M. 2002. Pisces Conservation – Species Diversity & Richness III (SDR) V. 3.0. En línea: <http://www.pisces-conservation.com/>
- Holl, K. 1999. Factors limiting tropical seed rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotrópica* 31(2): 229-242.
- Holl, K. y Lulow, M.E. 1997. Effects of species, habitat, and distance from edge on post-dispersal seed predation in a tropical rainforest. *Biotropica* 29(4): 459-468.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, Editorial Brujas Argentina.
- Janzen, D. 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seed pasaje rate and survival in horses, Costa Rican Pleistocene seed dispersal agents. *Ecology* 62(3): 593-601.
- Janzen, D.H. 1982. Diferencial seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocene dispersal agents. *Oikos* 38: 150-156.
- Magurran, A.E. 1988. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. US. 198 p.
- McCune, B. y Meddford, M.J. 1999. *Multivariate analysis of ecological data Version 4.25 MjM Software*, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Miles, W; Maass, B; do Valle, C; Kumble; V. 1996. *Brachiaria spp.*: biology, agronomy and improvement. CIAT y EMBRAPA, 288p.
- Muñoz, D; Harvey, C.A; Sinclair, F.L; Mora, J; Ibrahim, M. 2003. Conocimiento local de la cobertura de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. *Agroforestería en la Americas* 10(39-40): 61-68.
- Pezo, D. y Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza Agroforestal No. 2. Segunda edición*. Turrialba, Costa Rica. CATIE/GTZ. 276 p.

- Quintana, P.F; González, M; Ramírez, N; Domínguez, G; Martínez, M. 1996. Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Biotrópica* 28(2): 192-209.
- Ress, M. 1997. Seed dormancy. Cap. 7, pág: 214-238 En: M. J. Crawley (ed.). *Plant Ecology*. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Sánchez, D; Harvey, C.A; Grijalva, A; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. (Sin publicar).
- Setterfield, S.A. 2002. Seedling establishment in an Australian tropical savanna: effects of seed supply, soil disturbance and fire. *Journal of Applied Ecology* 39: 949-959.
- Simon M. 1997. Consecuencias del pastoreo bobino sobre la regeneración arbórea de tres especies comerciales en el chaco argentino, un metodo de protección. Tesis M.Sc; CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Smith, J.R; Whitehead, P.J; Cook, G.D; Hoare, J.L. 2003. Response of eucalyptus dominated savanna to frequent fires: lessons from Munmarlary. 1973-1996. *Ecological Monographs*, 73(3): 349-375.
- Somarriba, E. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. II Consumo de fruta y dispersión de semillas. *Turrialba* 35(4): 329-332.
- Stevens, W. 2001. Introducción de vegetación, p. 1-23. In W. Stevens, C. Ulloa, A. Pool y O. Montiel (eds.). *Flora de Nicaragua*. Missouri Botanical Garden.
- ter Braak, C.J.F; Smilauer, P; 1998. CANOCO Reference Manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Vasquez – Yañez, C; Orozco-Segovia, A; Rincon, E; Sánchez-Conrado, M.E; Huante, P; Toledo, J.R. y Barradas, V.L. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology* 71: 1952-1958.
- Viera, I.C; Uhl, C; Nepstad, D. 1994. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a succession facilitator in an abandoned pasture, Paragominas, Amazonia. *Vegetatio* 115: 91-99.
- Waidyanatha, U.P. De S.; Wijesinghe, D.S.; Stauss, R. 1981. Zero-grazed pasture under immature Hevea rubber. 1. Productivity of some grasses and grass-legume mixtures and their competition with Hevea. *Alawata* (Sri Lanka), 1981. 27p.
- Zamora, S; García, J; Bonilla, G; Aguilar, H; Harvey, C.A.; Ibrahim, M. 2001. Uso de productos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en la Américas* 8 (31): 31-38.

4. CONCLUSIONES GENERALES

- El banco de plántulas de 60 especies arbóreas encontrado en 0,6 hectáreas de pastura (promedio de 1063 plántulas /ha) en potreros del municipio de Muy Muy, Nicaragua, señala la regeneración natural activa de diferentes especies de árboles en áreas bajo pastoreo activo de ganado y su potencialidad para el desarrollo de estrategias apropiadas de mejoramiento de sistemas de producción ganadera.
- En los potreros de Muy Muy se encuentra una importante proporción de especies arbóreas con regeneración activa bajo el manejo de las actividades ganaderas actuales (44% de las especies). Las especies con regeneración activa en estos potreros se caracterizaron por ser especies pioneras o colonizadoras de claros en bosques secos y subhúmedos, ser dispersadas por viento o por el ganado, tener tolerancia a las interacciones con el ganado y a las actividades de manejo y mantenimiento de los potreros, y finalmente por ser especies útiles para los productores. Entre estas especies que se regeneran fácilmente en potreros activos se encontraron el laurel hormiguero *Cordia alliodora*, el guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, el guácimo *Guazuma ulmifolia*, el frijolillo *Leucaena shannoni*, el roble macuelí *Tabebuia rosea* y el carao *Cassia grandis*.
- Otra proporción de las especies encontradas en los potreros activos (56%) presenta limitaciones para regenerarse bajo las condiciones actuales de manejo de los potreros. Algunas de las especies con regeneración natural limitada fueron *Zuelaenia guidonea*, *Myrciaria floribunda*, *Cecropia peltata*, *Cordia panamensis*, *Mutingia calabura*, *Ocotea spp.*, *Luehea semanii*, *Robinsonella lindeniana* y *Lysisloma auritum*. Este grupo estuvo constituido por especies que no son capaces de establecerse en áreas con baja cobertura arbórea (no pioneras), especies que no presentaron fuentes de semillas dentro de los potreros y por especies intolerantes a las presiones de ramoneo y pisoteo del ganado o a las condiciones de micrositio de los potreros. A este grupo pertenecieron algunos árboles remanentes que podrían relacionarse con los “*living dead*” de Janzen (1982).
- La riqueza, diversidad y composición de plántulas arbóreas es afectada principalmente por la composición de las pasturas de los potreros más que por la historia de uso de las quemadas. La riqueza y diversidad de plántulas es mayor en potreros con *Brachiaria spp.* y en pasturas naturalizadas que en potreros con pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*. Estas diferencias reflejan la diferente disponibilidad de micrositios ofrecida por las diferentes formas de crecimiento de estos pastos y sus interacciones con los propágulos de las especies arbóreas, así como la disponibilidad de fuentes de propágulos dentro y en áreas aledañas a los potreros y el manejo de pastoreo asociado a las pasturas con diferente composición de pastos.

- Las diferentes especies de árboles presentes en los potreros de Muy Muy no responden de igual forma a las diferentes condiciones de manejo realizadas en potreros. Las características de las diferentes especies como afinidad de hábitat, estrategias de dispersión, disponibilidad de fuentes semilleros dentro de los agroecosistemas interactúan con las condiciones de micrositio, el ganado y a la selección negativa de los productores. El resultado de estas interacciones se refleja en las abundancias relativas del banco de plantulas de las diferentes especies y su capacidad de regenerarse activamente o no en los potreros activos.
- El conocimiento de las dinámicas de regeneración de las diferentes especies y de interacción con el manejo de la ganadería, brindan pautas para cambiar el manejo actual y favorecer una mayor diversidad y abundancia de especies en el paisaje agropecuarios de Muy Muy.
- Si se continúa con el manejo actual de los potreros, probablemente la riqueza y diversidad arbórea disminuirá a largo plazo, con la pérdida de las especies que presentaron regeneración natural limitada y la marcada dominancia de especies que regeneran fácilmente en estos potreros.
- Este estudio resalta que los esfuerzos para conservar una diversa cobertura arbórea dentro de potreros deben ser basados en las características ecológicas de las especies y de sus respuestas a diferentes condiciones de manejo y de sitio dentro de las pasturas.

5. RECOMENDACIONES

- Se podría facilitar una mayor regeneración de árboles al cambiar las estrategias de manejo actual en los distintos tipos de potreros. El control del pastoreo del ganado ayudaría a aumentar la supervivencia de las primeras etapas de desarrollo en los potreros. La alta riqueza del banco de plantulas encontrada en los potreros podría ser aprovechada mediante el transplante de plántulas en potreros hacia otros micrositios más apropiados para su establecimiento y desarrollo. Un manejo de chapeas selectivas podría ayudar a mantener una mayor población de juveniles de especies utiles para los productores como forrajeras y maderables. Mientras que, el mantenimiento de un mayor número de árboles remanentes dentro de los potreros podría ayudar a mantener la riqueza y diversidad de propágulos para la regeneración natural en pasturas.
- Las características de las diferentes especies como afinidad de hábitat, estrategias de dispersión, disponibilidad de fuentes semilleros dentro de los agroecosistemas, interacciones con las condiciones de micrositio y sus respuestas ante diferentes condiciones de manejo en las pasturas deben ser tenidas en cuenta para determinar las estrategias de manejo apropiadas para que cada especie mantenga sus poblaciones en los potreros activos.
- La comprensión sobre dinámicas de la regeneración natural de árboles en potreros debe ser complementada con el analisis espacial a escala de paisaje que incluya otros componentes arboreos del agropaisaje (cerkas vivas, bosques riparios y bosques secundarios) y la variabilidad de factores abióticos (condiciones del suelo, disponibilidad de agua, entre otros) que influyen en el establecimiento y crecimiento de los árboles en estas áreas.
- El conocimiento de los factores que influyen en la toma de decisiones en el manejo de estas áreas productivas junto con la información biológica sobre los recursos arbóreos en paisajes agropecuarios, permitan determinar las estrategias de manejo apropiadas que permitan mantener las poblaciones de diferentes especies de árboles en potreros y su aporte al establecimiento de sistemas sostenibles de producción agropecuaria.

6. ANEXOS

Anexo 1. Nombre común, científico, familia y código de las especies de árboles y arbustos identificadas encontradas en 46 potreros evaluados en el municipio de Muy Muy, Nicaragua.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Código
acacia amarilla	<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. & Cham.) Benth	Mimosaceae	Aca penn
achiote montero	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Bix orel
aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	Per amer
aguatillo 1	<i>Cinamomun triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm.,	Lauraceae	Cin trip
aguatillo 2	<i>Nectandra spp.</i> Rol. ex Rottb.	Lauraceae	Nect spp.
aguatillo 2	<i>Ocotea spp.</i> Aubl.	Lauraceae	Oco spp.
anona	<i>Annona reticulata</i> L.	Annonaceae	Ann reti
balona	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Verbenaceae	Vit gaum
camibar	<i>Copaifera aromatica</i> Dwyer.	Caesalpiniaceae	Cop arom
capirote	<i>Cornutia pyramidata</i> L.	Verbenaceae	Cor pyra
capulín	<i>Mutingia calabura</i> L.	Elaeocarpaceae	Mut cala
carao	<i>Cassia grandis</i> L. F.	Caesalpiniaceae	Cas gran
cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Ced odor
ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae	Cei pent
ceiba pochote	<i>Ceiba aescutifolia</i> (H.B.K) Britton & Baker.	Bombacaceae	Cei aesc
chaparro	<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	Cur amer
chaperno	<i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth.	Fabaceae	Lon parv
chaperno blanco	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm.	Fabaceae	Lon mini
chilamate	<i>Ficus maxima</i> Miller.	Moraceae	Fic maxi
chilca	<i>Cascabella peruviana</i> (Pers.)K.Schum.	Apocynaceae	Cas peru
chinche	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i> Macfad.	Euphorbiaceae	Zan elep
colapava	<i>Cupania guatemalensis</i> (Turez.) Radlk.	Sapindaceae	Cup guat
cortez	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Bignoniaceae	Tab ochr
cortez blanco	<i>Godmania aesculifolia</i> (Kunth.) Standl.	Bignoniaceae	God aesc
coyol	<i>Acrocomia mexicana</i> Karw. Ex Mart.	Arecaceae	Acr mexi
coyote	<i>Platymiscium parviflorum</i> Benth.	Fabaceae	Pla parv
elequeme	<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	Fabaceae	Ery bert
escobillo	<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	Myrtaceae	Myr flor
-	<i>Bravaisia intigerrima</i> (Spreng) Standl.	Acantaceae	Bra inti
-	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Fabaceae	Pte offi
-	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth.	Flacourtiaceae	Cas cory
espino playa	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Willd.	Mimosaceae	Pit dulc
frijolillo	<i>Leucaena shannoni</i> Donn. Sm.	Mimosaceae	Leu shan
genízaro	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) F. Muell.	Mimosaceae	Alb sama
guaba	<i>Inga vera</i> Willd.	Mimosaceae	Ing vera
guachipilin	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugland	Mimosaceae	Alb guac
guacimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Gua ulmi
guacimo blanco	<i>Robinsonella lindeniana</i> (Turez.) Rose & Baker	Malavaceae	Rob lind
guacimo molenillo	<i>Luehea candida</i> (Moc. & Sesse ex DC.) Mart.	Tiliaceae	Lue cand
guacimo rojo	<i>Luethea seemanii</i> Triana & Planch.	Tiliaceae	Lue sema
guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Mimosaceae	Ent cycl
guapinol	<i>Hymenaea coubaril</i> L.	Caesalpiniaceae	Hym coub

Continuación Anexo1. Nombre común, científico, familia y código de las especies de árboles y arbustos encontrados los 46 potreros evaluados en el municipio de Muy Muy, Nicaragua.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Código
guarumo	<i>Cecropia peltata L.</i>	Cecropiaceae	Cec pelt
guayaba	<i>Psidium guajava L.</i>	Myrtaceae	Psi guaj
jagua	<i>Genipa americana L.</i>	Rubiaceae	Gen amer
jicaro	<i>Crescentia alata H.B.K</i>	Bignoniaceae	Cres alat
jiñocuabo	<i>Bursera simarouba (L.) Sarg.</i>	Burseraceae	Bur sima
jobo	<i>Spondias mombin L.</i>	Anacardiaceae	Spo momb
jocote	<i>Spondias purpurea L.</i>	Anacardiaceae	Spon purp
lagarto	<i>Sciadodendron excelsum Gris.</i>	Araliaceae	Sci exce
laurel	<i>Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken</i>	Boraginaceae	Cor alli
limón real	<i>Citrus xlimon (L.) Osbeck</i>	Rutaceae	Cit xlim
limoncillo	<i>Trichilia havanensis Jacq.</i>	Meliaceae	Tri hava
madero	<i>Gliricidia sepium Kunth. Ex Steud.</i>	Fabaceae	Glir sepi
madroño	<i>Calycophyllum candidissimum (Vahl.) DC.</i>	Rubiaceae	Cal cand
malinche	<i>Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf.</i>	Caesalpiniaceae	Del reg
mango	<i>Mangifera indica L.</i>	Anacardiaceae	Man indi
matapalo	<i>Ficus isophlevia Standl.</i>	Moraceae	Fic isop
mora	<i>Maclura tinctoria (L.) Steud</i>	Moraceae	Mac tinc
muñeco	<i>Cordia collococca L.</i>	Boraginaceae	Cor coll
naranja	<i>Citrus xaurantium L.</i>	Rutaceae	Cit spp.
nervio rojo	<i>Xylosma flexuosa (Kunth) Hemsl.</i>	Flacourtiaceae	Xyl flexu
palo cera	<i>Casearia spp. Jacq.</i>	Flacourtiaceae	Cas spp
palo de leche	<i>Sapium macrocarpum Müll. Arg.,</i>	Euphorbiaceae	Sap macr
patacón	<i>Sapindus saponaria L.</i>	Sapindaceae	Sap sapo
piojo	<i>Trichilia americana (Sesse & Moc.) T.D. Penn</i>	Meliaceae	Tri amer
plomo	<i>Zuelania guidonea (Sw.) Britton & Millsp</i>	Flacourtiaceae	Zue guid
pochote	<i>Pachira quinata (Jacq.) Dugand</i>	Bombacaceae	Pach quin
poroporo	<i>Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng.</i>	Bixaceae	Coc viti
quebracho	<i>Lysiloma sp. Benth.</i>	Mimosaceae	Lys spp.
quebracho 1	<i>Lysiloma auritum (Schltdl.) Benth.</i>	Mimosaceae	Lys auri
reseda	<i>Randia armata (Sw.) DC</i>	Rubiaceae	Ran arma
roble macueli	<i>Tabebuia rosea (Bertol.) DC.</i>	Bignoniaceae	Tab rose
rompebotas	<i>Pithecellobium lanceolatum (Humb. & Bonpl. Ex Willd) Benth.</i>	Mimosaceae	Phi lanc
sangredrigo	<i>Croton draco spp panamensis (Klotzsch) G.L. Webster</i>	Euphorbiaceae	Cro drac
sombra armado	<i>Casearia sylvestris Sw.</i>	Flacourtiaceae	Cas sylv
soncoya	<i>Annona cherimola Mill.</i>	Annonaceae	Ann cher
tiguilote	<i>Cordia dentata Poir.</i>	Boraginaceae	Cor dent
tusa	<i>Cordia panamensis Riley</i>	Boraginaceae	Cor pana
verguetoro	<i>Capparis frondosa Jacq.</i>	Capparidaceae	Cap fron
zopilote	<i>Lonchocarpus macrocarpus Benth.</i>	Fabaceae	Lon macr
-	<i>Melastomataceae sp1 Juss.</i>	Melastomataceae	Melastom
-	<i>Malpighiaceae sp 1 Juss.</i>	Malpighiaceae	Malpig
-	<i>Cassipourea elliptica (Sw.) Poir.</i>	Rhizophoraceae	Cass elli
-	<i>Diospyros salicifolia Humb.</i>	Ebenaceae	Dyo sali

Anexo 2. Abundancia específica de árboles y arbustos identificadas en 46 potreros con diferente composición de pastura e historia de uso de quemas (BQ, BsQ, EQ, EsQ, NQ, NsQ) en Muy Muy, Nicaragua.

Código	BQ	BSQ	EQ	ESQ	NQ	NSQ	No. plántulas
Cor alli	32	2564	0	0	42	115	2752
Tab rose	16	331	67	113	19	235	782
Pla parv	1	405	3	0	21	121	551
Ent cycl	18	41	105	255	49	73	542
Gua ulmi	24	56	78	61	132	55	407
Ced odor	87	141	25	4	3	17	277
Leu shan	11	18	11	10	88	19	158
Glir sepi	13	97	11	0	24	4	149
Cap fron	85	1	0	5	40	2	132
Bur sima	8	76	0	12	1	36	132
Tri amer	0	45	5	0	2	53	105
Gen amer	10	13	3	1	31	22	80
Tab ochr	6	0	0	0	0	58	64
Lon parv	36	21	0	1	3	2	64
Sap mac	0	47	0	0	0	10	57
Cas gran	9	7	5	7	2	18	48
Alb sama	3	4	5	24	5	4	45
Pit dulc	5	0	7	9	15	4	40
Ran arma	18	4	0	6	8	3	39
Spo momb	2	19	3	2	8	5	39
Cas cory	26	1	0	0	11	1	39
Psi guaj	0	7	0	1	6	12	26
Cur amer	5	8	0	0	5	4	22
Cor coll	2	2	7	2	3	5	21
Acr mexi	0	3	6	3	1	0	13
Cal cand	0	0	7	0	1	2	10
Coc viti	0	5	0	1	1	0	7
Alb guac	0	1	1	1	1	3	7
Cas peru	0	0	7	0	0	0	7
Pac quin	0	4	0	0	0	1	5
Tri hava	0	5	0	0	0	0	5
Xyl flexu	0	5	0	0	0	0	5
Sap sapo	0	0	0	0	4	0	4
Cas sylv	1	0	0	0	1	1	3
Cas spp	3	0	0	0	0	0	3
Bra inti	0	3	0	0	0	0	3
Ann cher	0	0	0	0	1	1	2
Ann reti	0	1	0	0	0	0	1
Cit xlim	0	1	0	0	0	0	1
Ery berte	0	1	0	0	0	0	1
Cup guat	0	1	0	0	0	0	1
Del reg	0	0	0	0	0	1	1
Hym coub	0	0	0	0	0	1	1
Lon mini	0	1	0	0	0	0	1
Lon macr	0	0	0	0	1	0	1
Ing vera	0	1	0	0	0	0	1
Cor pyra	0	1	0	0	0	0	1
Cop arom	0	0	0	0	0	1	1
No identificadas	3	14	0	0	3	13	33
Total	374	3896	309	471	482	8421	6378

Anexo 3. Estrategias de dispersión (Au: autocoria, M: mamlocoria, Z: zoororia, An: anemocoria), presencia y abundancia específica de árboles y arbustos identificados en cada uno de los tres estado de desarrollo (A: adulto, J: juvenil, P: plántulas) encontrados en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Código	Dispersión	No. plántulas	No. juveniles	No. adultos	Abundancia total	Presencia
Aca penn	Au-M	0	0	13	13	A
Acr mexi	Z-M	12	79	1	92	P_J_A
Alb guac	Au-Z-M	7	47	17	71	P_J_A
Alb sama	Au-M	43	228	118	389	P_J_A
Ann cher	C	2	20	9	31	P_J_A
Ann reti	Z	1	9	4	14	P_J_A
Bix orel	Au-Z	0	1	0	1	J
Bra inti	Au	2	0	0	2	P
Bur sima	Z	130	14	156	300	P_J_A
Cal cand	Z	7	43	6	56	P_J_A
Cap fron	Z	88	24	0	112	P_J
Cas cory	Z	3	63	0	66	P_J
Cas gran	Au-M	44	293	189	526	P_J_A
Cas peru	Au-Z	5	2	4	11	P_J_A
Cas spp	Z	3	5	0	8	P_J
Cas sylv	Z	22	13	6	41	P_J_A
Cass elli	Au	0	6	0	6	J
Cec pelt	Z	0	0	1	1	A
Ced odor	An	264	4	66	334	P_J_A
Cei aesc	An	0	1	3	4	J_A
Cei pent	An	0	1	4	5	J_A
Cin trip	Z	0	1	2	3	J_A
Cit spp.	C	0	4	9	13	J_A
Cit xlim	C	1	7	2	10	P_J_A
Coc viti	An	6	18	8	32	P_J_A
Cop arom	Z	1	0	0	1	P
Cor alli	An	2717	239	102	3058	P_J_A
Cor coll	Z	17	96	23	136	P_J_A
Cor dent	Z	0	2	2	4	J_A
Cor pana	Z	0	0	1	1	A
Cor pyra	Z	1	37	4	42	P_J_A
Cres alat	Au-Z-M	0	1	2	3	J_A
Cro drac	Au	0	6	4	10	J_A
Cup guat	Z	1	15	0	16	P_J
Cur amer	Z	20	47	0	67	P_J
Del reg	Au-M	1	0	1	2	P_A
Dyo Sali	Z	0	2	0	2	J
Ent cycl	Au-M	525	1200	82	1807	P_J_A
Ery berte	Au-Z-M	1	2	25	28	P_J_A

Continuación Anexo 3. Estrategias de dispersión (Au: autocoria, M: mamlocoria, Z: zoororia, An: anemocoria), presencia y abundancia específica de árboles y arbustos identificados en cada uno de los tres estado de desarrollo (A: adulto, J: juvenil, P: plántulas) encontrados en 46 potreros en Muy Muy,

Código	Dispersión	No. plántulas	No. juveniles	No. adultos	Abundancia total	Presencia
God aesc	An	0	1	2	3	J_A
Gua ulmi	Z-M	358	898	251	1507	P_J_A
Hym coub	Au-M	1	0	0	1	P
Ing vera	Z-M	1	18	8	27	P_J_A
Leu shan	Au-Z-M	147	247	74	468	P_J_A
Lon macr	Au-M	1	27	6	34	P_J_A
Lon mini	Au-M	1	5	4	10	P_J_A
Lon parv	Au-M	45	175	7	227	P_J_A
Lue cand	An	0	1	2	3	J_A
Lue sema	An	0	0	1	1	A
Lys auri	Au	0	0	2	2	A
Lys spp.	Au	0	0	1	1	A
Mac tinc	Z	0	1	2	3	J_A
Malpig	Z	0	7	0	7	J
Man indi	Z-M	0	0	1	1	A
Melastom	Z	0	1	0	1	J
Mut cala	Z	0	0	1	1	A
Myr flor	Z	0	0	5	5	A
Nect spp.	Z	0	1	0	1	J
Oco spp.	Z	0	0	1	1	A
Pach quin	An	5	1	54	60	P_J_A
Per amer	Z	0	1	1	2	J_A
Phi lanc	Au-Z-M	0	0	1	1	A
Pit dulc	Z-M	40	224	9	273	P_J_A
Pla parv	An	533	206	40	779	P_J_A
Psi guaj	Z-M	25	264	12	301	P_J_A
Ran arma	Z	32	52	0	84	P_J
Rob lind	An	0	0	8	8	A
Sap macr	Au	54	5	13	72	P_J_A
Sap sapo	Au	4	13	5	22	P_J_A
Sci exce	Z	0	4	0	4	J
Spo momb	Z	38	31	37	106	P_J_A
Spon purp	Z	0	0	7	7	A
Tab ochr	An	60	156	4	220	P_J_A
Tab rose	An	750	597	226	1573	P_J_A
Tri amer	Z	98	13	8	119	P_J_A
Tri hava	Z	4	3	5	12	P_J_A
Vit gaum	Z	0	11	2	13	J_A
Xyl flexu	Z	12	0	0	12	P
Zant elep	?	0	4	5	9	J_A
Zue guid	Z	0	0	6	6	A
Total		6378	5698	1769	13845	-

Anexo 4. Abundancia total (no. de individuos) y relativa (% del no. de individuos), frecuencia total (no. de potreros en los cuales se registro la especie) y relativa (% del no. de potreros), área basal (cm²) y dominancia (% del área basal total, e índices de valor de importancia (IVI y IVIs) para las especies de árboles y arbustos identificadas como plántulas, juveniles y adultos en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Código	Plántula					Juvenil					Adulto						
	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Frecuencia		Abundancia		Dominancia		IVI
	Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa	Área Basal	%	
Aca penn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	13	1	0	0	10
Acro mexi	12	0	4	9	9	79	1	8	17	19	1	2	1	0	0	0	2
Alb guac	7	0	5	11	11	47	1	10	22	23	9	20	17	1	1	1	21
Alb sama	43	1	15	33	33	228	4	25	54	58	31	67	118	7	15	12	86
Ann cher	2	0	2	4	4	20	0	7	15	16	6	13	9	1	0	0	14
Ann reti	1	0	1	2	2	9	0	5	11	11	3	7	4	0	0	0	7
Bix orel	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Bra inti	2	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bur sima	130	2	18	39	41	14	0	8	17	18	25	54	156	9	6	5	68
Byr cras	0	0	0	0	0	5	0	2	4	4	1	2	1	0	0	0	2
Cal cand	7	0	4	9	9	43	1	4	9	9	4	9	6	0	1	1	10
Cap fron	88	1	12	26	27	24	0	7	15	16	0	0	0	0	0	0	0
Cas cory	22	0	4	9	9	63	1	12	26	27	0	0	0	0	0	0	0
Cas gran	44	1	21	46	46	293	5	36	78	83	32	70	189	11	16	13	93
Cas peru	3	0	1	2	2	2	0	2	4	4	1	2	4	0	0	0	2
Cas spp	5	0	1	2	2	5	0	3	7	7	0	0	0	0	0	0	0
Cas sylv	3	0	3	7	7	13	0	9	20	20	6	13	6	0	0	0	14
Cass elli	0	0	0	0	0	6	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Cec pelt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Ced odor	264	4	20	43	48	4	0	4	9	9	14	30	66	4	5	4	38
Cei aesc	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	3	7	3	0	2	1	8
Cei pent	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	3	7	4	0	2	1	8
Cin trip	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	1	2	2	0	0	0	2
Cit spp.	0	0	0	0	0	4	0	2	4	4	3	7	9	1	0	0	7
Cit xlim	1	0	1	2	2	7	0	3	7	7	1	2	2	0	0	0	2

Continuación Anexo 4. Abundancia total (no. de individuos) y relativa (% del no. de individuos), frecuencia total (no. de potreros en los cuales se registro la especie) y relativa (% del no. de potreros), área basal (cm²) y dominancia (% del área basal total, e índices de valor de importancia (IVI y IVIs) para las especies de árboles y arbustos identificadas como plántulas, juveniles y adultos en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Código	Plántula					Juvenil					Adulto					Dominancia		
	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Frecuencia		Abundancia		Área	%	IVI	
	Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa				
Coc viti	6	0	4	9	9	18	0	6	13	13	4	9	8	0	0	0	9	
Cop arom	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cor alli	2717	43	19	41	84	239	4	20	43	48	19	41	102	6	3	2	49	
Cor coll	17	0	12	26	26	96	2	18	39	41	11	24	23	1	2	1	26	
Cor dent	0	0	0	0	0	2	0	2	4	4	1	2	2	0	0	0	2	
Cor pana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2	
Cor pyra	1	0	1	2	2	37	1	6	13	14	2	4	4	0	0	0	5	
Cres alat	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	2	4	2	0	0	0	4	
Cro drac	0	0	0	0	0	6	0	1	2	2	2	4	4	0	0	0	5	
Cup guat	1	0	1	2	2	15	0	3	7	7	0	0	0	0	0	0	0	
Cur amer	20	0	8	17	18	47	1	8	17	18	0	0	0	0	0	0	0	
Del regi	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2	
Dyo Sali	0	0	0	0	0	2	0	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	
Ent cycl	525	8	38	83	91	1200	21	40	87	108	22	48	82	5	14	11	63	
Ery bert	1	0	1	2	2	2	0	2	4	4	9	20	25	1	2	2	22	
Fic isop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	15	12	1	2	1	17	
Fic maxi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	3	0	1	0	7	
Gen amer	74	1	24	52	53	48	1	14	30	31	0	0	0	0	0	0	0	
Gen amer	74	1	24	52	53	0	0	0	0	0	6	13	16	1	0	0	14	
Gli sepi	138	2	12	26	28	138	2	13	28	31	17	37	57	3	4	3	43	
God aesc	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	2	4	2	0	0	0	5	
Gua ulmi	358	6	43	93	99	898	16	43	93	109	31	67	251	14	17	13	95	
Hym coub	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ing vera	1	0	1	2	2	18	0	6	13	13	3	7	8	0	1	1	8	
Leu shan	147	2	21	46	48	247	4	24	52	57	19	41	74	4	2	2	47	

Continuación Anexo 4. Abundancia total (no. de individuos) y relativa (% del no. de individuos), frecuencia total (no. de potreros en los cuales se registro la especie) y relativa (% del no. de potreros), área basal (cm²) y dominancia (% del área basal total, e índices de valor de importancia (IVI y IVIs) para las especies de árboles y arbustos identificadas como plántulas, juveniles y adultos en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Códigos	Plántula					Juvenil					Adulto						
	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Frecuencia		Abundancia		Dominancia		IVI
	Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa	Área Basal	%	
Lon macr	1	0	1	2	2	27	0	6	13	14	5	11	6	0	0	0	11
Lon mini	1	0	1	2	2	5	0	3	7	7	3	7	4	0	0	0	7
Lon parv	45	1	8	17	18	175	3	9	20	23	6	13	7	0	0	0	14
Lue cand	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	2	4	2	0	0	0	5
Lue sema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Lys auri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	0	0	0	5
Lys spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Mac tinc	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	2	4	2	0	0	0	5
Malpig	0	0	0	0	0	7	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Man indi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Melastom	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Mut cala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Myr flor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	5	0	1	1	10
Nect spp.	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Oco spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Pac quin	5	0	3	7	7	1	0	1	2	2	10	22	54	3	9	7	32
Per amer	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	1	2	1	0	0	0	2
Phi lanc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2
Pit dulc	40	1	12	26	27	224	4	18	39	43	3	7	9	1	0	0	7
Pla parv	533	8	13	28	37	206	4	14	30	34	10	22	40	2	3	2	26
Psi guaj	25	0	8	17	18	264	5	23	50	55	10	22	12	1	0	0	23
Ran arma	32	1	11	24	24	52	1	14	30	31	0	0	0	0	0	0	0
Rob lind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	8	0	0	0	3
Sap macr	54	1	7	15	16	5	0	4	9	9	6	13	13	1	1	1	14
Sap sapo	4	0	2	4	4	13	0	6	13	13	5	11	5	0	0	0	11

Continuación Anexo 4. Abundancia total (no. de individuos) y relativa (% del no. de individuos), frecuencia total (no. de potreros en los cuales se registro la especie) y relativa (% del no. de potreros), área basal (cm²) y dominancia (% del área basal total, e índices de valor de importancia (IVI y IVIs) para las especies de árboles y arbustos identificadas como plántulas, juveniles y adultos en 46 potreros en Muy Muy, Nicaragua.

Códigos	Plántula					Juvenil					Adulto							
	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Abundancia		Frecuencia		IVIs	Frecuencia		Abundancia		Dominancia		IVI	
	Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa		Total	Relativa	Total	Relativa	Área Basal	%		
Sci exce	0	0	0	0	0	4	0	3	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Spo momb	38	1	14	30	31	31	1	11	24	24	16	35	37	2	6	5	42	
Spon purp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	7	0	0	0	12	
Tab ochr	60	1	3	7	7	156	3	9	20	22	3	7	4	0	0	0	7	
Tab rose	750	12	40	87	99	597	10	31	67	78	31	67	226	13	6	5	85	
Tri amer	98	2	14	30	32	13	0	7	15	15	5	11	8	0	0	0	12	
Tri hava	4	0	1	2	2	3	0	1	2	2	4	9	5	0	0	0	9	
Vit gaum	0	0	0	0	0	11	0	2	4	5	1	2	2	0	0	0	2	
Xyl flexu	12	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zant elep	0	0	0	0	0	4	0	3	7	7	4	9	5	0	0	0	9	
Zue guid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	6	0	0	0	9	