

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**  
**ESCUELA DE POSGRADO**

**FACTORES ECOLOGICOS Y SOCIOECONOMICOS QUE INFLUYEN EN LA  
REGENERACION NATURAL DE *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken)  
EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL TROPICO HUMEDO Y SUBHUMEDO  
DE COSTA RICA**

**POR**

**JUAN CARLOS CAMARGO GARCIA**

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica  
1999

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACION PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION  
ESCUELA DE POSTGRADO**

RECIBIDO  
1999

**FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS QUE INFLUYEN EN LA  
REGENERACION NATURAL DE *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken).  
EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL TROPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE  
COSTA RICA**

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

***Magister Scientiae***

**Por**

**JUAN CARLOS CAMARGO GARCIA**

**Turrialba, Costa Rica  
1999**

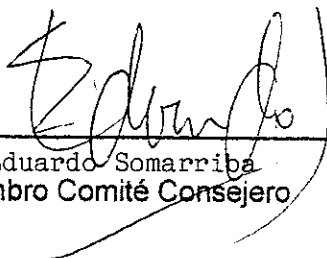
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE**

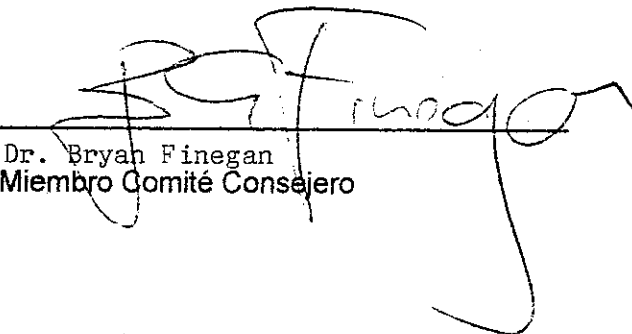
**FIRMANTES:**



Dr. Muhammad Ibrahim  
Consejero Principal



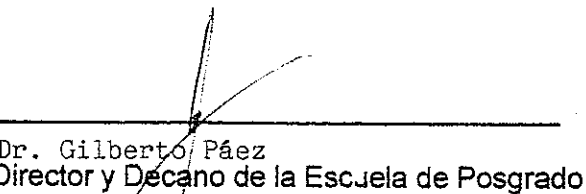
Dr. Eduardo Somarriba  
Miembro Comité Consejero



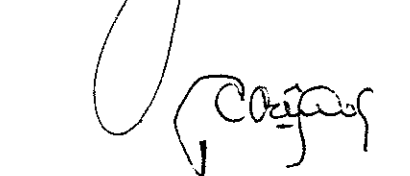
Dr. Bryan Finegan  
Miembro Comité Consejero



Dr. Dean Current  
Miembro Comité Consejero



Dr. Gilberto Páez  
Director y Decano de la Escuela de Posgrado



Juan Carlos Camargo García  
Candidato

## DEDICATORIA

A Dios que me condujo hasta aquí y me dio la fuerza para culminar esta meta

A mi esposa Marisol y mis hijos Juan Felipe y Sofía, porque gracias a su amor y comprensión las cosas fueron más fáciles y son quienes me inspiran a alcanzar nuevas metas

A mis padres porque desde donde estaban siempre me apoyaron

A mis hermanos Fernando y Ricardo

A mi perro Mateo, mi mejor amigo y aunque hoy no estés con nosotros, siempre te llevaremos en nuestros corazones

A Colombia

## AGRADECIMIENTOS

A Muhammad Ibrahim, quien además de enriquecerme con sabios consejos, siempre me brindó su amistad.

A Brian Finegan, Eduardo Somarriba y Dean Current, miembros del comité asesor por sus valiosos aportes que permitieron a este trabajo salir adelante.

Al proyecto GTZ-UTP, que financió mis estudios y estadía en CATIE.

A Michael Tistl, director del proyecto GTZ-UTP por su apoyo durante los dos años de maestría.

Al CATIE por financiar parte de mis estudios.

A Pablo Dittel, Simón Solís, José Angel Quiroz y Patricia Aguilar, quienes apoyaron mi trabajo dentro y fuera del CATIE.

A Johnny Pérez y Christoph Kleinn por su apoyo y consejos estadísticos.

A los productores ganaderos de las zonas de Guápiles y Esparza, en especial a José Antonio López y Carlos Carvajal.

A la calidad y amable familia Lobo López, porque me hicieron sentir como en mi casa.

A Enrique Lobo por su apoyo y compañía

A Enrique Murgueitio, director de la fundación CIPAV por sus consejos y alientos para trabajar en el tema

A todos mis compañeros de promoción, en especial a Hernán, Glenda, Eloina, Eufemia, Debora, Naiko, Mario, Carla, Beto, Marinés, Euge, Meli, Gio, Omar, Dr. Albarran, Jazmina, Nata, Rosina, Mile, Manuel y Raúl.

A todo el personal de la biblioteca Orton, por su gran amabilidad y apoyo

A Frank López, Carlos Aguirre y Patricia Leandro, por su apoyo en los análisis de laboratorio.

A Viviana Sánchez por su gran amistad

A la Universidad Tecnológica de Pereira y Facultad de Ciencias Ambientales.

A todos aquellos que de una manera u otra contribuyeron a la culminación de este trabajo

## Contenido

### 1. FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS QUE INFLUYEN EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Ruiz y Pavón) Oken), EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA.....

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	1
1.2.1 General.....	2
1.2.2 Específicos.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	3
1.4 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.4.1 Árboles dentro de pasturas.....	4
1.4.2 La regeneración natural y pasturas.....	4
1.4.3 Características generales del laurel <i>Cordia alliodora</i> .....	5
1.4.3.1 Descripción botánica.....	7
1.4.3.2 Biología reproductiva.....	7
1.4.3.3 Requerimientos ecológicos.....	8
1.4.3.4 Regeneración natural de laurel.....	9
1.4.3.5 El laurel dentro de sistemas silvopastoriles.....	9
1.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
1.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
1.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12
1.8 REFERENCIAS.....	14
	19

### Apéndices

2. EFECTO DE FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS SOBRE LA REGENERACION NATURAL DE LAUREL ( <i>Cordia alliodora</i> ), EN POTREROS DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA.....	24
2.1 INTRODUCCIÓN.....	24
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
2.2.1 Zona de estudio.....	26
2.2.2 Definición de los sitios de muestreo.....	26
2.2.3 Medición de la regeneración natural de laurel.....	26
2.2.4 Caracterización de suelos, pendiente y variables climáticas.....	27
2.2.5 Caracterización de la vegetación asociada.....	27
2.2.6 Características socioeconómicas.....	28
2.2.7 Análisis para características generales de las zonas.....	28
2.2.8 Análisis multivariado del efecto multivariado sobre la regeneración natural de laurel.....	29
2.2.8.1 Análisis de componentes principales y modelos de regresión.....	29
2.2.8.2 Análisis de conglomerados y canónico discriminante.....	29
2.2.8.3 Efectividad de la regeneración natural.....	30
2.3 RESULTADOS.....	30
	31

2.3.1 Características biofísicas de los sitios estudiados.....	31
2.3.1.1 <i>Variables geomórficas y edáficas</i> .....	31
2.3.1.2 <i>Vegetación asociada a los árboles de laurel en los sitios de muestreo</i> ...	31
2.3.1.3 <i>Variables climáticas</i> .....	33
2.3.2 Características socioeconómicas .....	34
2.3.2.1 <i>Condiciones de vida</i> .....	34
2.3.2.2 <i>Historia del uso de la tierra</i> .....	35
2.3.2.3 <i>Manejo de la finca y sistema de producción</i> .....	35
2.3.2.4 <i>Actividades silvícolas</i> .....	36
2.3.3 Regeneración natural de laurel.....	36
2.3.4 Relaciones multivariadas con la regeneración natural de laurel.....	38
2.3.4.1 <i>Modelos de regresión múltiple usando componentes principales como variables independientes</i> .....	38
2.3.4.2 <i>Modelos de regresión múltiple con variables independientes extraídas de los componentes principales</i> .....	40
2.3.4.3 <i>Análisis de conglomerados y canónico discriminante</i> .....	41
2.3.5 Efectividad de la regeneración natural.....	46
2.4 DISCUSIÓN.....	46
2.4.1 Características biofísicas y socioeconómicas del área de estudio.....	46
2.4.2 Abundancia de plántulas, brinzales, latizales y fustales de laurel.....	48
2.4.3 Efecto multivariado sobre la regeneración natural de laurel.....	49
2.4.3.1 <i>Modelos para plántulas</i> .....	50
2.4.3.2 <i>Modelos para brinzales</i> .....	51
2.4.3.3 <i>Modelos para latizales</i> .....	53
2.4.3.4 <i>Modelos para fustales</i> .....	54
2.4.3.5 <i>Grupos de fincas y regeneración natural de laurel</i> .....	55
2.4.4 Efectividad de la regeneración natural de laurel.....	56
2.5 CONCLUSIONES.....	57
2.6 RECOMENDACIONES.....	58
2.7 REFERENCIAS.....	59

### **3. DAÑOS, MORTALIDAD Y CALIDAD EN DIFERENTES ESTADOS DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*). EN POTREROS DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA.....** 63

3.1 INTRODUCCIÓN.....	64
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
3.2.1 Zona de estudio.....	65
3.2.2 Definición de los sitios de muestreo.....	65
3.2.3 Evaluación de daños, mortalidad y calidad de la regeneración natural.....	65
3.2.4 Características de los sistemas productivos.....	66
3.2.5 Análisis de los resultados.....	66
3.3 RESULTADOS.....	67
3.3.1 Evaluación de daños y mortalidad en la regeneración natural de laurel.....	67
3.3.2 <i>Tipos de daño registrados en la regeneración natural de laurel</i> .....	67

3.3.3 Efecto univariado sobre los tipos de daños y mortalidad en plántulas, brinzales, latizales y fustales de laurel.....	69
3.3.4 Calidad según la forma del fuste en latizales y fustales de laurel.....	70
3.4 DISCUSIÓN.....	71
3.4.1 Daños totales y mortalidad registrados para cada estado de desarrollo....	71
3.4.2 Tipos de daños registrados para cada estado de desarrollo.....	72
3.4.3 Relación entre las características de los sitios y su manejo con los tipos de daños y mortalidad en plántulas, brinzales, latizales y fustales.....	74
3.4.4 Evaluación de la forma de latizales y fustales y su relación con algunas variables.....	76
3.5 CONCLUSIONES.....	77
3.6 RECOMENDACIONES.....	78
3.7 REFERENCIAS.....	79

#### 4. DINÁMICA POBLACIONAL EN LA FASE TEMPRANA DE ESTABLECIMIENTO DE LAUREL (*Cordia alliodora*), DENTRO DE CUATRO PASTURAS DIFERENTES. EN EL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA.....

4.1 INTRODUCCIÓN.....	83
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	84
4.2.1 Descripción de la zona de estudio.....	84
4.2.2 Fuente de semillas de laurel y tipos de pasturas.....	84
4.2.3 Dispersión de la semilla, tratamientos, variables de respuesta y diseño experimental.....	85
4.2.4 Análisis de la información.....	87
4.3 RESULTADOS.....	87
4.3.1 Germinación y mortalidad acumuladas y su dinámica en el tiempo.....	87
4.3.2 Relaciones entre mortalidad y germinación de laurel dentro de las pasturas y las dos formas de manejo.....	91
4.3.3 Efecto de la aplicación de estiércol a las plántulas como repelente para el ganado.....	92
4.4 DISCUSIÓN.....	92
4.4.1 Germinación y mortalidad de plántulas de laurel dentro de cuatro pasturas	92
4.4.2. Relaciones entre mortalidad y germinación de laurel dentro de las pasturas y las dos formas de manejo.....	98
4.4.3 Efecto de la aplicación de estiércol a las plántulas como repelente para el ganado.....	98
4.5 CONCLUSIONES.....	99
4.6 RECOMENDACIONES.....	100
4.7 REFERENCIAS.....	101



**ANEXOS**

1. Mapa de localización, zona de estudio.....	105
2. Esquema, parcela de muestreo.....	106
3. Formato de encuesta.....	107
4. Salidas SAS modelos con variables.....	112
5. Análisis canónico discriminante.....	117
6. Modelos matemáticos y diseño experimental.....	126

Esta tesis es la síntesis y discusión de los siguientes tres artículos:

**EFFECTO DE FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS SOBRE LA REGENERACION NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*), EN POTREROS DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA**

**DAÑOS, MORTALIDAD Y CALIDAD EN DIFERENTES ESTADOS DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*). EN POTREROS DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA**

**DINÁMICA POBLACIONAL EN LA FASE TEMPRANA DE ESTABLECIMIENTO DE LAUREL (*Cordia alliodora*), DENTRO DE CUATRO PASTURAS DIFERENTES. EN EL TRÓPICO HÚMEDO Y SÚB-HÚMEDO DE COSTA RICA**

**CAMARGO GARCIA, J.C.** Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural de Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken). En sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y sub-húmedo de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. M. Sc. Tesis. CATIE. 127p

Palabras claves: *Cordia alliodora*, regeneración natural, modelos de regresión, análisis multivariado, daños, calidad, mortalidad, dinámica poblacional, sistemas silvopastoriles, estados de desarrollo.

#### RESUMEN

Se identificó el patrón de regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*) en potreros de dos zonas ecológicamente distintas y se estudió el efecto de propiedades edáficas, pendiente, condiciones climáticas, vegetación asociada y características socioeconómicas de los sistemas ganaderos, sobre esta. El trabajo se realizó en Costa Rica, dentro de 30 sitios de la zona húmeda de Guápiles (4000 mm de precipitación promedio anual, temperatura media de 25 °C, suelos ácidos y pendiente plana) y 30 en la zona sub-húmeda de Esparza (2000 mm de precipitación promedio anual, temperatura media de 27 °C, suelos neutros y pendiente inclinada). Los sitios se ubicaron en un rango altitudinal entre 50 y 500 msnm. En cada uno se estableció una parcela temporal, dentro de la cual utilizando un muestreo con diseño anidado se cuantificaron individuos de laurel en cuatro estados de desarrollo, plántulas, brinzales, latizales y fustales. Se ajustaron modelos de regresión múltiple, para cada uno de los estados de desarrollo, logrando explicar el 58% de la variabilidad para cantidad de plántulas, el 77% para brinzales, el 65% para latizales y 65% para fustales. Todos los modelos involucraron variables edáficas, de vegetación asociada al laurel, manejo de las pasturas y uso anterior de la tierra. La tendencia mostró mayor peso de variables edáficas para los primeros estados de desarrollo y de manejo y uso anterior de la tierra, a medida que se iba hacia los estados superiores. Un análisis de conglomerados dilucidó cuatro grupos de sitios con diferentes patrones de regeneración natural de laurel dentro de las dos zonas y mediante un análisis canónico discriminante, se encontró que las variables que más contribuyeron a separar los conglomerados fueron las características edáficas, la dependencia económica de la finca y su manejo, el uso anterior a las pasturas y las prácticas realizadas para establecerlas. Se concluyó que una o dos características edáficas y la vegetación asociada, son los factores biofísicos más relevantes que explican la regeneración natural de laurel dentro de potreros. En todos los modelos se involucraron más variables socioeconómicas que biofísicas, mostrando mayor relevancia las prácticas de control de malezas y el uso anterior a la pastura y estas a la vez representan la decisión del productor para dejar árboles en sus fincas. En las dos zonas se presentan patrones de regeneración natural diferentes influenciados en cada caso por las particularidades de cada una.

Se identificaron diferentes tipos de daños, la mortalidad y calidad, sobre los mismos individuos que se habían evaluado para la regeneración natural de laurel. Se encontró 43% de los brinzales con daños, siendo el estado de la regeneración más susceptible y los fustales con 13%, fueron los menos afectados. La mortalidad también fue más alta en los brinzales y la evaluación de calidad mostró con mejor forma individuos en Guápiles los cuales correlacionaron con el número de árboles sin daños. Para el total de plántulas, brinzales y latizales dañados, el tipo de daño más frecuente fue el tallo cortado (93.5, 73.5 y 81% respectivamente) y en fustales las parásitas (97%). Los daños por tallo cortado se relacionaron con el control de malezas manual, el ramoneo con la presencia de ganado, y disminuyeron cuando aumentó la población de frutales. Para fustales problemas por parásitas fueron más importantes en condiciones húmedas y por ausencia de prácticas silviculturales. En general los daños variaron de acuerdo

al estado de desarrollo, pero los brinzales fueron los más susceptibles. El ramoneo fue importante en brinzales y latizales e incrementó con mayor carga animal, suelos degradados y condiciones húmedas beneficiaron los daños en fustales. La calidad de los árboles fue mejor en la zona de Guápiles.

Se realizaron cuatro experimentos entre mayo y agosto de 1999, dos en una finca privada de la zona húmeda de Guápiles y dos en otra finca privada de la zona sub-húmeda de Esparza. Se estudió la dinámica poblacional en la fase temprana de establecimiento de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa*, *Cynodon nlemfuensis* e *Ischaemum ciliare*, a partir de la germinación de semillas y mortalidad de plántulas, durante un ciclo de ochenta días después de la siembra. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con parcela dividida. A cada pastura, se aplicaron dos tratamientos de manejo eliminando o no, la cobertura del pasto; y en la zona de Esparza además, se usó estiércol líquido como repelente contra el ramoneo del ganado. En Guápiles, la germinación fue significativamente más alta dentro de *C. nlemfuensis* al eliminar la cobertura del pasto (59 vs 11%) y la mortalidad fue mayor cuando no se eliminó (30 vs 69%). Dentro de *I. ciliare*, hubo más germinación cuando no se eliminó el pasto (24 vs 50%) y la mortalidad fue más alta (85 vs 42%). En Esparza, cuando no se eliminó la cobertura de pasto, en *B. decumbens* hubo mayor germinación (28 vs 21%) y menor mortalidad (55 vs 63%) y dentro *H. rufa*, la germinación fue más alta cuando no se eliminó la cobertura (8 vs 6%), pero la mortalidad fue mayor con el mismo tratamiento (83 vs 76%). El uso de estiércol líquido como repelente, no mostró resultados significativos y los daños causados fueron por pisoteo del ganado. Las condiciones ambientales junto con la pastura y su hábito de crecimiento, afectan significativamente la dinámica del laurel en la fase temprana de establecimiento, encontrando una tendencia de mejor comportamiento, cuando las condiciones de estrés hídrico son menos severas, ya sea por la zona o el tratamiento de manejo aplicado.

**CAMARGO GARCIA, J.C.** Effect of ecological and socio-economic factors on natural regeneration of laurel (*Cordia alliodora* Ruiz y Pavón) in silvopastoral systems in the humid and sub-humid tropics of Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. M. Sc. Tesis. CATIE. 127p

Key words: *Cordia alliodora*, natural regeneration, regression models, multivariate analysis, damages, quality, mortality, populations dynamic, silvopastoral systems, stages of growth.

### SUMMARY

Was identified the pattern of natural regeneration of laurel (*Cordia alliodora*) within pastures in two contrasting ecological zones: in the humid zone of Guápiles (mean annual rainfall of 4000 mm, mean temperature 25°C and acid soils) and the sub-humid zone of Esparza (mean annual rainfall = 2000 mm, mean temperature = 27°C; and neuter soils). In each zone 30 sites were selected between 100 and 500m of altitude. Temporal plots were established in a nested sampling design to account for the populations of laurel in different growth stages: seedling, sapling, young trees and old trees. The adjusted regression models explained 58% of variability for seedling, 77% for sapling, 65% for young trees and 65% for trees. The soil type, neighboring vegetation, management of pastures and previous land use were variables which explained variations of seedling and tree populations. Soil variables were more important for seedling and sapling stages whereas socioeconomic variables had more weight for mature stages of laurel populations. The cluster analysis identified four groups of with different patterns of natural regeneration of laurel, and the discriminant analysis showed that the variables which separated groups were soil characteristics, farm economics, management of pastures and establishment of pastures. The soil characteristic and the neighboring vegetation were the biophysical variables more important for explaining natural regeneration of laurel. The socioeconomic variables were important in all models including the management of the pastures and the last use systems. These also represent the decision of farmers to permit the trees within cattle farm. In Guápiles and Esparza, there are different patterns of natural regeneration of laurel with influence of particularities of each zone.

Were identified different damages, mortality and quality in four growth stages of natural regeneration of laurel (*Cordia alliodora*): seedling, sapling, young trees and matured trees; within pastures in the same zones, sites and plots. The results showed that saplings were more susceptible to damage with 43% of damages whereas trees had 13% of damages. The mortality also was higher with saplings. In terms of quality, young and old trees had better growth forms in Guápiles than in Esparza, the number of individuals with good shape had high correlation with the number of individuals without damages. For seedling, sapling and young trees the damage caused by cut stem (93.5, 73.5, 81%, respectively) was more frequent and the majority of matured trees were damaged by parasite infection (97%). Damages for cut stem showed relationship with manual weed control (use of cutlass), cattle defoliation and were less when the populations of fruit trees in pastures were greater. For the tree populations, problems for parasites were more important where greater moisture exist and lack of silvicultural practices. In general the damages are different according to stage of growth with saplings being more susceptible to damage. Damaged caused by cattle defoliation is more important for saplings and young trees and depends with cow densities. Soil degradation and wet conditions favored tree damages but better quality of the trees were found in the humid zone.

Were conducted four experiments between may and august of 1999, two in one farm localized in the humid zone of Guápiles and two in other farm in sub-humid zone of Esparza. The population dynamics of laurel (*Cordia alliodora*) in the early seedling phase of establishment was studied within *Brachiaria decumbens* and *Hyparrhenia rufa* in Esparza; and *Cynodon nlemfuensis* and

*Iscahemun ciliare* in Guápiles. Measurements were taken on germination and mortality during one cycle of 80 days after seed was sown. The experimental design was randomized blocks with split plots and five replicates. Two treatments were made for each grass, with and without grass cover; in Esparza cattle dung was used to determine repellent effect on cattle defoliation. In the humid zone of Guápiles, the germination of laurel was higher in *C. nlemfuensis* swards when grass cover was removed (59 vs 11%), while seedling mortality was higher when laurel was seeded with grass cover (30 vs 69%). Within *I. Ciliare* swards, germination was higher with grass cover seeding (24 vs 50%) but the mortality was higher in this treatment (85 vs 42%). In the sub-humid zone of Esparza, germination of laurel was higher and mortality lower with seeding with grass cover of *B. decumbens* (28 vs 21%; 55 vs 63% respectively). In *H. rufa* the germination was higher with grass cover (8 vs 6%) but mortality was greater in this treatment (83 vs 76%). The use of dung as a repellent, did not show positive effect in defoliation of laurel probably because a higher percentage of seedlings were damaged by treading. The environmental conditions (moisture and temperature) and growth habit of grasses affected the germination and survival of laurel.

### Lista de Cuadros

1. Categorías de regeneración y tamaño de las unidades de muestreo.....	27
2. Promedios y frecuencias relativas de variables geomórficas y edáficas, para parcelas muestradas en Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	32
3. Abundancia y cobertura medias, para grupos de vegetación asociada al laurel dentro de las parcelas de muestreo. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	33
4. Frecuencia por sitios y total, de maderables y frutales asociados al laurel, más frecuentes en las parcelas de muestreo. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	33
5. Características climáticas de la zona de estudio (promedios anuales).....	34
6. Densidad media $ha^{-1}$ , estimada para la regeneración natural de laurel. Guápiles y Esparza. Costa Rica.....	37
7. Valor de los parámetros y $P>T$ , en modelos de regresión lineal múltiple para la regeneración natural de laurel, usando componentes principales. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	39
8. Valor de los parámetros para variables involucradas en modelos de regresión lineal múltiple, para la regeneración natural de laurel, Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	40
9. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado $D^2(ij)$ entre pares de conglomerados.....	42
10. Variables de mayor peso en la estructura canónica total y su relación con la regeneración natural de laurel. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	42
11. Diferencias biofísicas y en la regeneración natural de laurel entre tipos de conglomerados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	45
12. Diferencias socioeconómicas entre tipos de conglomerados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	46
13. Características evaluadas en la regeneración natural de laurel.....	66
14. Daños y mortalidad registrados en la regeneración natural de laurel.....	67
15. Tipos de daño para fustales de laurel, con respecto al total dañados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	69

16. Relaciones significativas ( $P < 0.05$ ) entre variables, tipos de daño y mortalidad para diferentes estados de la regeneración natural de laurel..... 70

### Lista de figuras

1. Fertilidad del suelo en las zonas de Guápiles y Esparza .....	32
2. Area de la finca predominante en Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	34
3. Sistemas de producción ganadera en las fincas estudiadas, Guápiles y Esparza. Costa Rica.....	36
4. Diferencias para la regeneración natural de laurel entre las zonas de Guápiles y Esparza.....	37
5. Relación entre los conglomerados o grupos de sitios con respecto a las variables canónicas 1 y 2. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	43
6. Regeneración natural de laurel dentro de cada conglomerado. Guápiles y Esparza, Costa Rica. ....	44
7. Diferencias en la regeneración natural de laurel entre los conglomerados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	45
8. Tipos de daño para plántulas de laurel con respecto al total dañadas. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	67
9. Tipos de daño para brinzales de laurel, con respecto al total dañados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	68
10. Tipos de daño para latizales de laurel, con respecto al total dañados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	68
11. Porcentaje de latizales y fustales con buena forma en las zonas de Guápiles y Esparza, Costa Rica.....	71
12. Germinación relativa de laurel ( <i>Cordia alliodora</i> ), dentro de <i>Brachiaria decumbens</i> e <i>Hiparrhenia rufa</i> , bajo dos condiciones manejo. Esparza, Costa Rica.....	88
13. Mortalidad relativa de laurel ( <i>Cordia alliodora</i> ), dentro de <i>Brachiaria decumbens</i> e <i>Hiparrhenia rufa</i> , bajo dos condiciones de manejo. Esparza, Costa Rica.....	89



14. Germinación relativa de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Cynodon nlemfuensis* e *Ischaemun Ciliare*, bajo dos condiciones de manejo. Guápiles, Costa Rica..... 89
15. Mortalidad relativa de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Cynodon nlemfuensis* e *Ischaemun Ciliare*, bajo dos condiciones de manejo. Guápiles, Costa Rica..... 90
16. Número promedio de plántulas vivas por m<sup>2</sup> al final del ciclo de 80 días, para las cuatro pasturas y dos formas de manejo. Guápiles y Esparza, Costa Rica..... 91

# 1. FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS QUE INFLUYEN EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora* Ruiz y Pavón) Oken). EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos son una importante base económica para los países de latinoamérica. Sin embargo, han sido una de las principales causas de la conversión de áreas bajo bosque en otros usos; con un efecto importante en la degradación del entorno y graves consecuencias económicas, sociales y ecológicas (Ledec 1992).

En Centroamérica durante 1950 y 1980, se presentó el mayor incremento en el establecimiento de zonas para ganadería, debido al mercado favorable para los productos ganaderos, aumento en el consumo de carne en Estados Unidos, desarrollo de la industria de embutidos, créditos, subsidios, construcción de vías, disminución del precio de la madera, políticas inadecuadas sobre tenencia de la tierra y cambio en tecnologías para la producción pecuaria (Kaimowitz 1996).

A finales de la década de los 80 y comienzos de los 90, se empiezan a presentar algunos cambios en la dinámica expansionista que caracterizaba la actividad ganadera, generándose sistemas más extensivos y reduciéndose la tasa de incremento anual de áreas con pasturas; debido a la disminución del precio de la carne, restricciones ambientales, creación de algunas áreas protegidas y el incremento de los precios de la madera (Von Platen y Luján 1993; ITTO 1996).

Actualmente, los sistemas ganaderos tradicionales están en crisis, debido a la disminución de los precios de productos como carne y leche y por la degradación ambiental de las zonas donde se encuentran (Pomareda *et al* 1997). Una producción ganadera más eficiente, es posible con el establecimiento de maderables dentro de potreros, por la diversificación de la producción, nuevas opciones de ingresos para los productores por la venta de madera y por los beneficios ambientales generados con la presencia de los árboles dentro de la pastura (Barrios 1998).

En Costa Rica son comunes sistemas silvopastoriles con árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y muchos productores están promoviendo su regeneración natural, porque se han beneficiado en la negociación de madera dentro de mercados competitivos y donde en los últimos años se han alcanzado precios importantes (90 y 120 dólares el m<sup>3</sup>), favoreciéndose por el bajo costo de extracción (Viera y Barrios 1997). Mantener los árboles continuando con la ganadería y el manejo de la regeneración natural con un costo menor que el de una plantación, puede ser una alternativa interesante para los productores ganaderos y especies como esta, cuya dispersión de semillas es realizada por el viento, de turno corto y aparentemente poco afectadas por el ganado, pueden resultar promisorias. Sin embargo, pocos estudios se han realizado sobre factores ecológicos y socioeconómicos que afectan su regeneración natural dentro de pasturas.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 General**

Estudiar el efecto de factores ecológicos y socioeconómicos, sobre la regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*) dentro de potreros en uso y dilucidar una estrategia de manejo para los productores ganaderos de las zonas de Guápiles y Esparza, Costa Rica.

### **1.2.2 Especificos**

Estudiar el efecto de propiedades edáficas, pendiente, condiciones climáticas, vegetación asociada, manejo de los sistemas de producción ganaderos e historia del uso de la tierra; sobre la regeneración natural de laurel en potreros e identificar el patrón actual de la misma en las zonas de Guápiles y Esparza.

Evaluar los diferentes tipos de daño que se presentan sobre la regeneración natural de laurel dentro de potreros, en dos zonas ecológicamente distintas y bajo diferentes condiciones de manejo.

Estudiar la dinámica poblacional en la fase temprana de establecimiento del laurel, dentro pasturas mejoradas y no mejoradas, comúnmente usadas por los productores ganaderos de Guápiles y Esparza.

### 1.3 HIPÓTESIS

La regeneración natural laurel *Cordia alliodora* dentro de potreros, es afectada por la variabilidad de condiciones ecológicas en el espacio y en el tiempo.

La regeneración natural de laurel *Cordia alliodora* es afectada por la historia del uso y el manejo de la tierra.

La decisión de los productores de mantener o no árboles en sus fincas, tiene un efecto sobre la regeneración natural de laurel dentro de pasturas.

El manejo de la pastura, la presencia de ganado y diferentes condiciones ecológicas, afectan la calidad y generan daños e incrementan la mortalidad y los daños en distintos estados de desarrollo del laurel dentro de potreros.

El establecimiento del laurel en la fase temprana depende del tipo de pastura, las practicas de manejo y las condiciones ecológicas del sitio.

## 1.4 REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.4.1 Árboles dentro de pasturas

La composición botánica de una pastura varía en el tiempo y en el espacio, el ganado ayuda al reciclaje de nutrientes, dispersa semillas, defolia y genera efectos alelopáticos con su estiércol. Los árboles dentro de una pastura modifican el balance energético, hídrico y de nutrientes del sistema, lo que se refleja en la producción total de biomasa tanto por animales como por vegetales, siendo mayor que cuando se tienen pastos solos (Snaydon 1981; Hart y Norton 1988; Tejada *et al* 1994).

Algunos estudios realizados en pasturas con árboles, muestran beneficios económicos directos por la obtención de madera, forraje y recuperación de áreas degradadas. Así mismo, cuando hay un buen manejo de la carga animal y un adecuado tratamiento silvicultural, se logra la disminución del estrés animal, aumento de la concentración y del reciclaje de nutrientes, promoción de relaciones simbióticas, conservación de la humedad y protección del suelo (Gonzalez y Fisher 1994; Russo 1994; Fisher 1995; Gomez y Preston 1996; Carvalho 1997; Giraldo 1998; Sadeghian *et al* 1998).

La selección de especies arbóreas, su manejo silvicultural y la manipulación del comportamiento del ganado, pueden ser orientados como técnicas de manejo silvopastoril para una exitosa producción ganadera. Es necesario tener identificados los lugares del potrero por donde el ganado trafica, consume y ejerce pisoteo, la variación de la fertilidad del suelo, las características del ganado, la relación entre períodos de pastoreo y la fenología de las especies vegetales presentes (Barrios, 1998).

### 1.4.2 La regeneración natural y pasturas

La regeneración natural de árboles se puede definir como la reproducción de especies forestales, donde la siguiente generación se produce por medios naturales.

Ocurre como uno de los procesos o fases de la dinámica del ecosistema forestal, no obstante puede variar o alterarse de acuerdo a las condiciones que se presenten. Es una alternativa que evita la búsqueda de una especie que se adapte a determinadas condiciones y también algunos de los costos en que se incurriría si fuera plantada, como semillas, viveros, insumos y transporte del material vegetal al sitio de plantación (Sterringa 1984; Beek y Saenz 1992).

Los fenómenos naturales pueden alterar la dinámica de los ecosistemas y por ende la regeneración natural, no obstante existen factores ambientales que regulan esta dinámica, como el clima y el suelo, entre otros. Las fluctuaciones de la temperatura tanto del aire como del suelo, pueden ser de los más importantes factores que varían principalmente cuando las condiciones de cobertura son diferentes. La radiación es uno puede ser mas afectado por la intervención silvicultural, sin embargo es posible puede ser regularla y adaptarla a las exigencias de las especies (Beek y Saenz 1992). Para el laurel, su propagación se ha beneficiado cuando se elimina la cobertura boscosa indicando que responde bien a condiciones de buena luminosidad (Perez 1954; Greaves y McCarter 1990), no obstante niveles de sombra en los estados más jóvenes pueden favorecerlo (Butterfield 1995).

La fauna puede actuar favoreciendo o inhibiendo la regeneración natural, se puede tener un efecto benéfico de roedores al comer los frutos y ampliar los rangos de dispersión de la semilla; o negativo por la destrucción de estas por insectos y aves. También el consumo de raíces y de cortezas de algunas plántulas por parte de los roedores, puede ir en contra del desarrollo de las mismas. La modificación de las condiciones y la introducción de nuevas especies y la homogeneización cuando se disminuye la diversidad, puede aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades e incluso la aparición de algunas que antes no estaban presentes (Beek y Saenz 1992).

Dentro de pasturas, la regeneración natural de árboles se puede afectar por la ausencia de fuentes de dispersión semillas o del banco de estas en el suelo, deposición de semillas en lugares sombreados donde se facilita el daño por depredadores, pisoteo

del ganado, desarrollo de plántulas en sitios de mayor tráfico de ganado, ramoneo y germinación al inicio del periodo de lluvias cuando existe poca disponibilidad de alimento por la sequía y condiciones extremas de estrés hídrico (Hateway y Baker 1969; Janzen 1981; Archer 1995).

La falta de uniformidad en el uso del espacio por el ganado, debido a cambios en los patrones de desplazamiento y asentamiento, es un aspecto muy importante. Se pueden generar sitios en donde los árboles corren menor peligro, así mismo otros lugares donde la vegetación será más afectada por los animales y con mayor concentración de estiércol, defoliación y pisoteo (cerca de puertas, abrevaderos y zonas de fácil acceso en general) (Arnold 1981). Importante teniendo en cuenta que un animal adulto, puede ejercer una presión estática sobre el suelo de aproximadamente  $1.5$  a  $1.7 \text{ kg cm}^{-2}$  (Bezkorowajnyj *et al* 1993).

Contrariamente, la regeneración se favorece si hay un alto nivel de producción y efectiva dispersión de semillas, además la presencia de un banco de estas o de plántulas en el banco dentro del suelo. También por la tolerancia a condiciones de estrés en el sitio, sistema de raíces profundo o extenso, repelentes químicos o físicos contra el ramoneo del ganado y capacidad de regenerar vegetativamente si es defoliado (Archer 1995).

Otro aspecto a tener en cuenta, son las características de la gramínea que hace parte de la pastura, algunos pastos mejorados por ejemplo las *Braquiarias*, tienen hábitos de crecimiento muy agresivos y pueden afectar el establecimiento de los árboles. Su facilidad de propagarse en el espacio tanto aéreo como dentro del suelo, donde sus raíces son dominantes, genera un efecto de competencia difícil de superar por algunas especies arbóreas (Miles *et al* 1996; Larb *et al* 1998).

### 1.4.3 Características generales del laurel *Cordia alliodora*

*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, pertenece a la familia de las Boraginaceae, tiene gran número de sinónimos como *Cerdana alliodora* (Ruiz & Pav.) y *Cordia trichotoma* (Vell), Arrab. Su distribución ecológica, esta entre 25°N (oeste de la Costa de México), hasta Misiones (Argentina) 25°S. Así mismo, su presencia es un hecho en muchas de las islas caribeñas (Johnson y Morales 1972).

La nomenclatura formal es la siguiente (Boshier 1992):

**Familia:** Boraginaceae  
**Subfamilia:** Cordioeae  
**Género:** Cordia  
**Sección:** Cerdanae  
**Nombre Botánico:** *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavon) Oken

Se puede considerar como un árbol de tamaño mediano, con diámetros que alcanzan hasta 1 m y alturas que sobrepasan los 30 m y generalmente está limpio de ramas hasta un 50 ó 60% de la altura total (Johnson y Morales 1972).

#### 1.4.3.1 Descripción botánica

Sus hojas son simples, alternas, dispuestas en espiral, ovolanceoladas elípticas u oblongas, enteras, con ápice agudo, acuminado y de base aguda. Las flores están en panículas axiales o terminales, voluminosas entre 5 y 15 cm de longitud, son hermafroditas, pequeñas de corola blanca y olor dulce, su fruto se asemeja a una nuez carnosa con todas las partes de la flor persistentes, el epicarpio es liso, los pétalos en forma de alas favorecen su distribución y en su madurez toma un color rojizo (Johnson y Morales 1972).



Su corteza no es muy fisurada, color pardo y cubierta con líquenes durante su juventud. En su madurez su fuste se torna acanalado, color gris blancuzco, con lenticelas en algunos sectores y el ritidoma cubierto de muchas especies saprófitas (Johnson y Morales 1972).

Su copa es cilíndrica con ramas delgadas, ascendentes y verticiladas a medida que su altura aumenta. Sus ramas inferiores se van secando y caen lo que se ha denominado autopoda. También presenta rámulas lenticeladas y con hinchazones ahuecadas, habitadas por hormigas. Su sistema radicular amplio, de raíces laterales bien desarrolladas y cuando las condiciones edáficas son favorables desarrolla una raíz principal grande y profunda (CONIF 1988).

#### 1.4.3.2 *Biología reproductiva*

El laurel puede empezar a florecer a los dos años de edad, sin embargo no existe un patrón general que indique épocas exactas. Se presentan variaciones entre los diferentes países y al interior de los mismos de acuerdo con su localización y características climáticas. También dentro de grupos, algunos individuos no están sincronizados. Como consecuencia las etapas de maduración de la semilla y el fruto presentan la misma tendencia (Greaves y McCarter 1990).

La producción de flores es proporcional al tamaño del árbol y esto correlaciona con la duración de la floración, los individuos florecen entre una y ocho semanas sin ningún pico de floración. La producción de semilla no muestra ninguna relación con la producción de flores y al igual que las inflorescencias individuales, parece depender del clima y de la cantidad de polen depositado (Boshier 1992).

El laurel en la época seca bota todas sus hojas y es común ver los árboles totalmente defoliados, coincidiendo con la última etapa de floración o terminación de esta, todo el árbol se cubre de flores blancas que posteriormente se tornan

oscuras. Muchas de las semillas que caen principalmente en la primera época de floración son vanas y proceden de flores no fecundadas (Pérez 1954).

La dispersión del polen y semillas presenta distribuciones leptokúrticas. La mayoría del polen se origina dentro de un radio de 75 m a partir del árbol madre. Sin embargo, es posible un bajo movimiento a distancias hasta de 280 m. La dispersión de la semilla está fuertemente influenciada por el viento prevaleciente, de tal forma que no presenta un patrón de distribución circular, es posible que se alcancen distancias hasta de kilómetros, con ayuda del viento y del agua, pero la mayor cantidad se concentra entre 10 y 20 m de distancia con respecto al árbol madre (Boshier 1992).

#### 1.4.3.3 *Requerimientos ecológicos*

La especie ha alcanzado mejor crecimiento en altura y diámetro, en suelos ricos en materia orgánica, bien drenados, profundos, de textura franco arcillosa a arenosa y con pH cercano a la neutralidad. Aunque es más exigente en propiedades físicas que químicas, el Ca se puede convertir en un gran limitante. Para suelos con pH menor de 4.5, altas concentraciones de Fe y Al y compactados por ganadería, su crecimiento y rendimiento han sido limitados. Respecto al clima, su comportamiento es mejor en zonas cálidas con precipitaciones entre 3000 y 4000 mm anuales (Pérez 1954; Escobar 1979; Giraldo *et al* 1980; CONIF 1988; CATIE 1994; Bergmann *et al* 1994; CONIF 1996; Valdivieso 1997; Reyes 1997).

#### 1.4.3.4 *Regeneración natural de laurel*

En Costa Rica, la presencia de laurel dentro de sistemas agroforestales, ha estado asociada generalmente al manejo que hacen los productores de la regeneración natural y gran cantidad de la información generada sobre crecimiento y rendimiento, proviene de este tipo de casos. Cuando existen claros en el bosque o la tierra está desnuda y existe la presencia de semillas, la

regeneración natural es proliferante y mucho más en suelos disturbados, además si se presenta una densidad y no hay interferencia con el crecimiento, puede ser manejado como una plantación (Greaves y Mc Carter 1990).

Se ha observado que su regeneración es posible en claros en el bosque, dentro cultivos agrícolas y pasturas, siempre que existan árboles semilleros, debido a la facilidad de dispersión de su semilla y la cantidad que produce (Pérez 1954; Tschinkel 1965; Escobar 1979; Greaves 1990). En una evaluación de los factores incidentes en la regeneración natural, dispersando semillas artificialmente, se vieron mejores resultados para las semillas sembradas al inicio de la estación lluviosa, con protección y sobre suelos quemados o arados (Tschinkel 1965).

#### 1.4.3.5 *El laurel dentro de sistemas silvopastoriles*

El laurel es un árbol que ha mostrado buen comportamiento dentro de diferentes sistemas agroforestales y generalmente se asocia sin problemas, con cultivos en las zonas tropicales (Rosero y Gewald 1979; Somarriba y Beer 1986; Espinoza y Butterfield 1992; Somarriba y Dominguez 1994; CATIE, 1994; Kapp y Beer 1995; CONIF 1996).

Debido a las características de copa estrecha, el laurel produce poca sombra, además la autopoda que presenta garantiza libre de ramas entre el 50 y el 60% de su altura total, favoreciendo su asocio con pasturas. Dentro de los potreros, no alcanza un gran diámetro pero su madera es más dura que la de zonas boscosas, donde alcanza mayor desarrollo. El principal daño que sufren es debido a pisadas del ganado y al posible consumo de las hojas más tiernas; así mismo cuando se hace un control de malezas, muchos de los árboles pueden ser cortados en su estado más joven (Pérez 1954, Greaves y Mc Carter 1990).

Aunque se ha reportado efecto alelopático de algunos pastos como *Melinis minutiflora* sobre laurel (Marinero 1964). Su asociación en sistemas

silvopastoriles, ha mostrado efectos benéficos sobre las pasturas (Dacarett y Blydenstein 1968; Rosero y Gewald 1979; Bronstein 1984; Neil y Jacovelli 1985; Kampen 1996) y los análisis financieros siempre han reportado buenos resultados (Bishop 1979; Holmann *et al* 1992; Von Platen, 1993).

## 1.5 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en Costa Rica entre febrero y septiembre de 1999, dentro de 30 sitios de la zona húmeda de Guápiles (4000 mm de precipitación promedio anual, temperatura media de 25 °C, suelos ácidos y pendiente plana) y 30 en la zona sub-húmeda de Esparza (2000 mm de precipitación promedio anual, temperatura media de 27 °C, suelos neutros y pendiente inclinada) (Anexo 1). Los sitios se ubicaron en un rango altitudinal entre 50 y 500 msnm y fueron elegidos mediante un muestreo aleatorio dirigido, teniendo en cuenta la presencia de árboles adultos de laurel, área de influencia de estos en un radio de 100, ganadería activa y anuencia del productor.

En cada sitio se estableció una parcela temporal, dentro de la cual utilizando un muestreo con diseño anidado se cuantificaron individuos de laurel en cuatro estados de desarrollo, plántulas ( $0.1\text{m} > \text{altura} \leq 0.3\text{m}$ ), brinzales ( $0.3 > \text{altura} \leq 1.5\text{m}$ ), latizales ( $> 1.5\text{m}$  altura y  $< 5$  cm dap) y fustales ( $\text{dap} > 5$  cm) (Anexo 2). En cada parcela adicionalmente se tomó información sobre suelos, pendiente vegetación asociada y una encuesta realizada a los productores aportó información sobre el nivel de vida, la dinámica del uso de la tierra y manejo de la finca actual y pasado.

Se realizó un análisis de componentes principales y con las variables de mayor peso extraídas de estos, se ajustaron modelos de regresión múltiple para cada uno de los estados de desarrollo del laurel. Posteriormente con las variables involucradas en los modelos, se realizó un análisis de conglomerados para clasificar los sitios de acuerdo a sus características. Luego mediante un análisis canónico discriminante se determinaron las variables de mayor peso en la separación de los conglomerados.

Se identificaron diferentes tipos de daños, la mortalidad y calidad para la regeneración natural de laurel. Entre zonas se hicieron comparaciones y pruebas de dependencia con respecto a las características de los sitios.

Entre mayo y agosto, se realizaron cuatro experimentos, dos en una finca privada de la zona húmeda de Guápiles y dos en otra finca privada de la zona sub-húmeda de Esparza. Se estudió la dinámica poblacional en la fase temprana de establecimiento de laurel, a partir de la germinación de semillas y mortalidad de plántulas, durante un ciclo de ochenta días después de la siembra dentro de *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa* en Esparza y *Cynodon nlemfuensis* e *Ischaemum ciliare* en Guápiles,.

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con parcela dividida (Anexo 6). A cada pastura, se aplicaron dos tratamientos de manejo eliminando (chapia) o no (sin chapia) la cobertura del pasto; y en la zona de Esparza además, se usó estiércol líquido como repelente contra el ramoneo del ganado.

## 1.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos de regresión lograron explicar el 58% de la variabilidad para cantidad de plántulas, el 77% para brinzales, el 65% para latizales y 65% para fustales. Todos involucraron variables edáficas, de vegetación asociada al laurel, manejo de las pasturas y uso anterior de la tierra. La tendencia mostró mayor peso de variables edáficas para los primeros estados de desarrollo y de manejo y uso anterior de la tierra, a medida que se iba hacia los estados de desarrollo superiores.

Del análisis de conglomerados se obtuvieron cuatro grupos de sitios con diferentes patrones de regeneración natural de laurel (dos en cada zona) y el análisis canónico discriminante, mostró que las variables de mayor contribución a separar los conglomerados fueron las características edáficas, la dependencia económica de la

finca y su manejo, el uso anterior a las pasturas y las prácticas realizadas para establecerlas.

Una o dos características edáficas y la vegetación asociada, fueron los factores biofísicos más relevantes que explican la regeneración natural de laurel dentro de potreros. Todos los modelos involucraron más variables socioeconómicas que biofísicas, mostrando mayor relevancia las prácticas de control de malezas y el uso anterior a la pastura, que a la vez representan la decisión del productor para dejar árboles en sus fincas. En las dos zonas se presentan patrones de regeneración natural diferentes influenciados en cada caso por las particularidades de cada una.

Se encontró 43% de los brinzales con daños, siendo el estado de la regeneración más susceptible; y los fustales con 13%, fueron los menos afectados. La mortalidad también fue mas alta en los brinzales y la evaluación de calidad mostró con mejor forma individuos en Guápiles, los cuales correlacionaron con el número de árboles sin daños. Para el total de plántulas, brinzales y latizales dañados, el tipo de daño más frecuente fue el tallo cortado (93.5, 73.5 y 81% respectivamente) y en fustales el ataque de parásitas (97%).

Los daños por tallo cortado se relacionaron con el control de malezas manual, el ramoneo con la presencia de ganado, y disminuyeron cuando aumentó la población de frutales. Para fustales problemas por parásitas fueron más importantes en condiciones húmedas y por ausencia de prácticas silviculturales. En general los daños variaron de acuerdo al estado de desarrollo, pero los brinzales fueron los más susceptibles. El ramoneo fue importante en brinzales y latizales e incrementó con mayor carga animal, suelos degradados y condiciones húmedas beneficiaron los daños en fustales. La calidad de los árboles fue mejor en la zona de Guápiles.

En Guápiles, la germinación fue significativamente más alta dentro de *C. nlemfuensis* al eliminar la cobertura del pasto (59 vs 11%) y la mortalidad fue mayor cuando no se eliminó (30 vs 69%). Dentro de *I. ciliare*, hubo más germinación cuando no se eliminó el

pasto (24 vs 50%) y la mortalidad fue más alta (85 vs 42%). En Esparza, cuando no se eliminó la cobertura de pasto, en *B. decumbens* hubo mayor germinación (28 vs 21%) y menor mortalidad (55 vs 63%) y dentro *H. rufa*, la germinación fue más alta cuando no se eliminó la cobertura (8 vs 6%), pero la mortalidad fue mayor con el mismo tratamiento (83 vs 76%). El uso de estiércol líquido como repelente, no mostró resultados significativos y los daños causados fueron por pisoteo del ganado.

Las condiciones ambientales junto con la pastura y su hábito de crecimiento, mostraron afectar significativamente la dinámica del laurel en la fase temprana de establecimiento, encontrando una tendencia de mejor comportamiento cuando las condiciones de estrés hídrico son menos severas, ya sea por la zona o el tratamiento de manejo aplicado.

## 1.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En los sistemas silvopastoriles de las zonas de Guápiles y Esparza, donde se promueve la regeneración natural de maderables como el laurel, resulta beneficioso la presencia de otras especies maderables y frutales. Todos los estados de la regeneración natural de laurel, muestran respuestas positivas en su abundancia en la medida que hay mayor diversidad de maderables y frutales en los potreros. Así mismo, la intensidad de daños disminuye notablemente, cuando hay mayor cantidad de frutales cuyos frutos consume el ganado. Mantener densidades adecuadas de especies maderables y de frutales, podría resultar una estrategia para promover la regeneración natural y evitar los daños sobre la misma.

El control manual de malezas o chapia, aplicación de herbicida y quemas, ejercen un efecto nocivo sobre la regeneración natural, tanto en la reducción de la población como en la generación de daños. Sin embargo, es un factor que se puede manejar porque depende de los productores. Es posible seguir haciendo uso de herbicidas y las chapias, mientras estas sean dirigidas a las especies que realmente se quieren eliminar. Obviamente, el herbicida tiene más riesgo de afectar a los árboles en

crecimiento por su fácil dispersión en el medio. Ante esta situación, disminuir la intensidad y aplicar el producto de una forma más localizada, podría ayudar a disminuir los efectos. Es posible también, manejar franjas de terreno sin el uso de herbicida, donde los árboles estén fuera del alcance de su efecto y tal vez su presencia puede contribuir a disminuir la de malezas que son las que realmente se quieren eliminar. De otro lado, no se recomiendan las quemas bajo ninguna circunstancia, ya que tienen un efecto adverso y del cual muy pocos arboles se recuperan.

El ganado tiene su efecto más significativo a través del pisoteo en las etapas más tempranas de desarrollo del laurel. Teniendo en cuenta que los sistemas ganaderos predominantes en las dos zonas, siempre tienen animales jóvenes y livianos involucrados en el proceso productivo, estos podrían ser usados en áreas donde se quiere incrementar la población de individuos jóvenes (plántulas). Mientras que el ganado pesado, podría ser usado en potreros con árboles en estados de desarrollo más avanzados. Esto no resultaría extraño para los productores, quienes acostumbran a tener potreros exclusivos para terneros. Otros daños como el ramoneo generalmente no resultan tan drásticos y los árboles generalmente se recuperan de estos.

Todos los estados de desarrollo del laurel, responden a la vegetación asociada y prácticas de control de malezas. Pero de acuerdo a la dinámica, cada etapa requiere de especial atención en determinados aspectos para favorecer su manejo. En plántulas, cambios drásticos en el clima o en el suelo pueden generar daños irreversibles, así como el pisoteo del ganado. Por lo tanto las prácticas para favorecer esta etapa deben encaminarse a mantener sombra, humedad y materia orgánica en el suelo como soporte a la fertilidad y el pastoreo con animales livianos.

En brinzales y latizales, la regulación en el pastoreo, practicas de control de malezas localizadas y favorecer la presencia de árboles frutales de los cuales el ganado consume sus frutos, son prácticas adecuadas teniendo en cuenta que los problemas en esta etapa se presentan debido al ramoneo y a las chapias. En fustales y latizales, resultan favorables practicas silviculturales como podas y raleos, porque pueden



mantener los árboles menos expuestos a problemas por enfermedades y parásitos. Los fustales, también representan el estado de mayor probabilidad de ataque por diferentes agentes causantes de daños, debido al tiempo que representa el periodo de exposición, así mismo todas las actividades que se hagan a través del tiempo se reflejan en este estado. De esta manera, practicas no adecuadas de manejo que conllevan a la degradación del entorno, como sobrepastoreo, quemas y uso indiscriminado de herbicidas, pueden encontrar una respuesta en la ausencia de fustales o presencia de individuos con mala calidad o demasiado susceptibles a ser dañados.

En las zonas de estudio, predominan las pasturas no mejoradas y dentro de ellas se encuentra una población aceptable de árboles de laurel. Sin embargo, dentro de sitios con pasturas mejoradas los resultados tendieron a ser mejores. La renovación de pasturas, puede ser entonces una alternativa importante para los productores, teniendo en cuenta la mejor calidad nutricional de estas para el ganado y que con especies como el laurel, parece no haber incompatibilidades, principalmente en el caso de las *Brachiarias*.

Obviamente, se debe tener en cuenta los diferentes patrones de crecimiento de las pasturas, debido a que en algunas (como estrella *C. nlemfuensis*) es necesario eliminar parte de la cobertura para permitir que los arbolitos puedan crecer. No obstante, es una práctica no recomendada en zonas secas, debido a que las plántulas se afectarían por estrés hídrico.

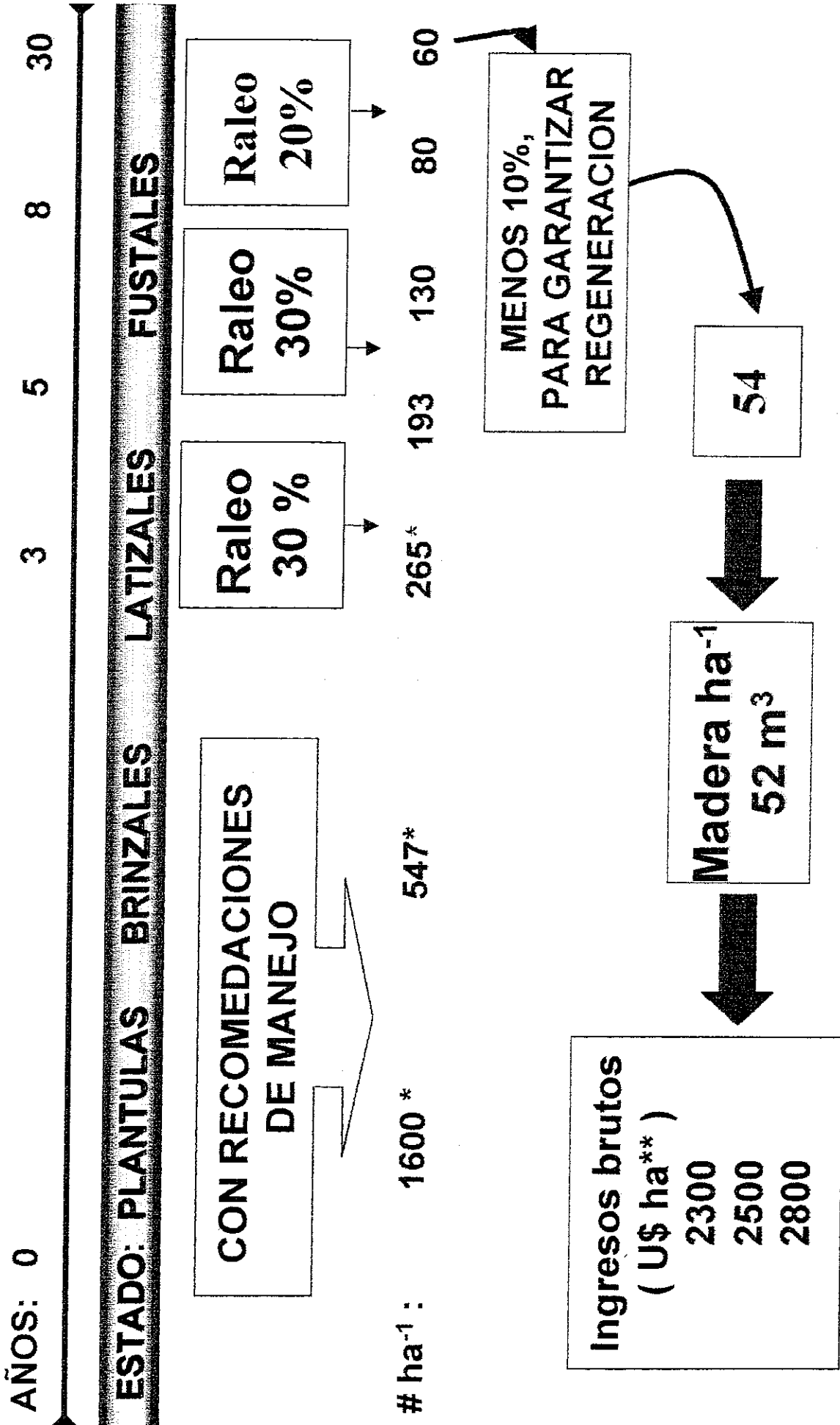
Existe una correlación muy fuerte entre la dependencia de la finca y la regeneración natural. Esa dependencia implica que el productor esta comprometido con su finca y le interesa cada uno de los componentes que se involucran e ella. Así mismo, su relación con la abundancia muestra que ha habido una decisión de tener árboles para su beneficio. Este tipo de productores, podrían ser candidatos para probar estrategias de manejo de la regeneración, como las propuestas en este trabajo.

De acuerdo a como es encontrada la regeneración natural de laurel en potreros, donde existen individuos en diferentes estados de desarrollo, su manejo debe considerar además de las estrategias mencionadas anteriormente, una planificación de las actividades incluyendo inicialmente un inventario de los árboles adultos que puedan ser extraídos para venta de su madera. Siempre teniendo en cuenta de mantener o conservar un número fustales de buena forma (cinco individuos  $\text{ha}^{-1}$ ) como semilleros y así darle continuidad al proceso. A niveles de más jóvenes el raleo y la poda, pueden mejorar la calidad de la población existente y en la medida que hay extracciones de individuos se podrían homogeneizar áreas con individuos de tamaño y desarrollo similares, para facilitar las practicas en estados más adultos.

Para el manejo de un ciclo de regeneración natural, se toma como ejemplo una población de 265 latizales  $\text{ha}^{-1}$  (conglomerado tres en la zona de Guápiles), densidad apropiada para individuos en esta etapa dentro de una pastura. Considerando el promedio de árboles con buena forma que llegan a latizales (70%) se sugiere hacer un raleo del 30%, dejando individuos solo de buena calidad. Se proponen otros dos raleos (5 y 8 años), para evitar competencia con el pasto e intraespecífica, pero donde algunos individuos ya puedan tener diámetros comerciales.

Finalmente, se llegaría a una población promedio de 60  $\text{ha}^{-1}$  y conservando el 10% para garantizar el ciclo de regeneración y utilizando como referencia un dap de 30 cm, una altura de 30 m (Somarriba y Beer 1987) y un factor de volumen comercial de 0.45, se obtendrían al final 52  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de madera en pie. De acuerdo al precio con que se paga la madera de laurel en Costa Rica, se pueden obtener ingresos brutos totales de alrededor de 3000 dólares anuales  $\text{ha}^{-1}$  (sin tener en cuenta costos de manejo) (un dólar = 295 colones). Se destaca que esta sería una actividad cíclica que se puede replicar a más áreas de la finca y es adicional a la producción ganadera (Ejemplo1).

**Ejemplo 1: Esquema de manejo para iniciar un ciclo de regeneración natural de laurel en potreros de las zonas de estudio**



\* Población de acuerdo al promedio encontrado en el conglomerado tres, zona de Guápiles  
 \*\* precios madera en pie, con base en información de la Cámara Costarricense Forestal

## 1.8 REFERENCIAS

- Arnold, G. 1981.** Grazing behaviour. In *Animals Grazing*. Morley, F. (ed). Serie world Animal Science. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam . 79-104p
- Archer, S. 1995.** Herbivore mediation of grass-woody Plants interaction. Harry Stobbs Memorial Lecture. *Tropical Grassland*. 29 . 218-235.
- Barrios, C. 1998.** Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para la protección de arbolitos en potreros. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa rica. 93p
- Beek, R., Saenz, G. 1992.** Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Colección de Manejo y Silvicultura de Bosques Naturales No. 6. CATIE-COSUDE. 48p.
- Bergmann, C., Stuhmann, M., Zech, W. 1994.** Site factors, foliar nutrients level and growth of *Cordia alliodora* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. *Plant and Soil* 166. 193-202.
- Bezkorowajnyj, P.; Gordon, A. y McBride, 1993.** The effect of cattle foot traffic on soil compactation in a silvopastoral system . *Agroforestry Systems*. 21: 1-10
- Bishop, J. 1979.** Producción ganadera - forestal en el trópico húmedo hispanoamericano. Taller sistemas agroforestales en América Latina, Turrialba, 1979Ed. De las Salas G. Turrialba Costa Rica, CATIE. 140-144.
- Boshier, D. 1992.** A study of the reproductive biology of *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken. Thesis PhD. Linacre, College, Oxford, England. 150p.
- Bronstein, E. 1984.** Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora* , con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110p.
- Butterfield, R. 1995.** Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 260 41p.
- CATIE. 1994.** Laurel *Cordia alliodora* especie de árbol de uso múltiple en América Central. colección de guías silviculturales. Serie Técnica, Informe Técnico No. 239. 41p.
- CONIF, 1988.** *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Experiencias en Colombia. Compilado por Paul van der Poel. Serie de documentación No. 15. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Convenio CONIF- Holanda. Bogotá, Colombia. 38p.
- CONIF, 1996.** Latifoliadas zona alta, Santafe de Bogotá Colombia, 1996. 1-22p.
- Daccarett, M., Blydenstein, J. 1968.** La Influencia de árboles leguminosos y no leguminosos, sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba, 18 (4): 405-408.
- Escobar, M. 1979.** El Crecimiento y rendimiento del guácimo nogal *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Sham. Asociado con el café en el suroeste de Antioquia. Tesis IF: Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín, Colombia. 158p.

- Espinoza, M., Butterfields, R. 1992.** Adaptabilidad de 14 especies forestales nativas bajo condiciones de plantación en las tierras bajas del Atlántico, Costa Rica. II Congreso Forestal Nacional, 25-27 noviembre de 1992, San José, Costa Rica. 33-35p.
- Fisher, R. 1995.** Amelioration of degraded rain forest soils by plantations of native trees. Soil Science Society of America Journal. 59 (2): 544-553.
- Giraldo, L., Del Valle, J., Escobar, M. 1980.** El crecimiento del nogal (*Cordia alliodora* Ruiz & Pavon) Oken, en relación con algunos factores climáticos edáficos y fisiográficos en el suroeste de Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 33 (1).21-32
- Gómez, M., Preston, T. 1996.** Livestock research for rural development 8 (1).sp
- Gonzalez, E. Fisher, R. 1994.** Growth of native forest species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. Forest Ecology and Management 70:159-167.
- Greaves, A., McCarter, P. 1990.** *Cordia alliodora*, A promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers No. 22. 37p.
- Hart, R., y Norton, B. 1988.** Grazing management and vegetation response. in handbook of vegetation science. vegetation science application for rangelands analysis and management. Paul Tueller (ed). Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, Netherlands. Pp 493-525.
- Hateway, W. Y Baker, H. 1969.** Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*.- Further information. Notes and Comments. Evolution 24: 253-254.
- Holmann, F. et al. 1992.** Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. Turrialba, 42 (1). 79-89.
- ITTO. 1996.** Anual review and assesment of the world tropical timber situation international tropical timber organization. Yokohama, Japan. Division of Economic Information and Market Intelligence. GI-7.sp.
- Janzen, D. 1981.** *Enterolobium cyclocarpum* seeds passage rate and survival in horses. Costa Rican pleistocen seed dispersal agents. Ecology, 62 (3): 593-601.
- Johnson, P., y Morales, R. 1972.** A Review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba (22): 210-220.
- Kapp, G. , Beer, J. 1995.** A comparison of agrisilvicultural systems with plantation forestry in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Agroforestry systems 32: 207-223.
- Kaimowitz, D. 1996.** Livestock and deforestation Central America in the 1980s and 1990s: A Policy perspective. CIFOR, GTZ, IICA, International Food Policy Research Institute.88p
- Kampen, P. 1996.** Trees in grassland. The influence of the trees on grass production within sylvopastoral systems of the atlantic zone of Costa Rica. Proyecto REPOSA (CATIE, MAG Wageningen University). Report No. 104. Field report No. 149. 33p

Larb, D.; Lapido, I.; Adekunle, J.; Smith, J. y Jabbar, M. 1998. Multipurpose tree selection for silvopastoral system on acid Ultisol: The effect of grass competition on early growth of tree and shrub species. *Tree crops journal*. 9: 213-225.

Ledec, G. 1992. New directions for livestock Policy: an Environmental perspective. In: Development or destruction. The conversion of tropical forest to pasture in Latin America. (ed) Downing, T., Hecht, S., Pearson, H., and Garcia, C. USA. 27-59.

Marinero, R. 1964. Influencia de *Melinis minutiflora* en el crecimiento de *Cordia alliodora*. *Turrialba* 22 (4): 449-453.

Miles, W.; Maass, B.; do Valle, C. y Kumble, V. 1996. *Brachiaria*: Biology, agronomy, and improvement. CIAT y EMBRAPA. 288P

Neil, P., Jacovelli, P. 1985. Agroforestry as aid to rational rural development in Vanuato. *Commonwealth Forestry Review* 64 (3): 259-266.

Opler, P., et al, 1975. Reproductive biology of some Costa Rican *Cordia* species (Boraginaceae). *Biotrópica* 7 (4): 234-247.

Perez, C. 1954. Estudio forestal de laurel *Cordia alliodora* (R.&P.) Cham, en Costa Rica. Tesis Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 209p

Pomareda, C.; Perez, E.; Ganoza, V.; Matamoros, M. y Javier, O. 1997. La ganadería e industrias afines en Honduras: desafíos y propuestas para su modernización. 75p.

Reyes, C. 1997. Estimación del incremento diamétrico en *Cordia alliodora* y *Vochysia ferruginea* a partir de variables de árbol y factores del sitio en un bosque secundario de Costa Rica. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119p.

Rosero, P., Gewald, N. (1979). Growth of laurel (*Cordia alliodora*) in coffee and cacao plantations and pastures in the Atlantic region of Costa Rica. In Workshop. Agroforestry Systems in Latin America. Turrialba, Costa Rica, March 26-30, 1979. Proceedings. Ed. por Salas G. De las. Turrialba, CATIE. 205-210.

Russo, R. 1994. *Stryphnodendron excelsum*, a Potential candidate for recovering abandoned pasture lands in the humid tropics. Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils. Proceeding of a Workshop, Turrialba, Costa Rica. 164-173

Sadeghian, S., Rivera, J., Gómez, M. 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Conferencia Electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. 16p

Snaydon, R. 1981. The ecology grazed pastures. In *Animal Grazing*. F, Morley (ed). Serie World Animal Science. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp 13-32.

Somarriba, E., Dominguez, L. 1994. Maderables como alternativa a la sustitución de sombra en cacaotales establecidos manejo y crecimiento. Serie Técnica, Informe Técnico, No. 240. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 95p.

**Somarriba, E., Beer, J. 1987.** Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*. 113-126.

**Sterringa, J. 1984.** Escogencia de la regeneración natural más apropiada. CATIE. Turrialba Costa Rica. 70p.

**Tejada, M. et al. 1994.** Alimentación de ganado bovino durante la estación seca. En: *Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional*. Ed. Radulovich, R. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 95-147p.

**Tschinkel, H. 1965.** Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Cham. *Turrialba* 15 (4). 317-324.

**Valdivieso, R. 1997.** Crecimiento del laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pavon) Oken) como componente maderable de sistemas agroforestales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70p.

**Vega, L. 1978.** Plantaciones de *Cordia alliodora* en combinación con cultivos agrícolas, una alternativa de manejo en Surinam. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 18p.

**Viera, C. y Barrios, C. 1997.** Exploración sumaria de la producción de maderas en potreros de la zona ganadera de Esparza, especies, manejo y dinámica del componente maderable. SP. Trabajo Domiciliario. Curso Manejo Forestal II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 34p.

**Von Platen, H. 1993.** Evaluación económica de sistemas agroforestales de cacao con laurel y poró en Costa Rica. Seminario Regional "Sombras y Cultivos Asociados con Cacao". Ed. Philips W. Turrialba, Costa Rica. 163-171p.

**Von Platen, H., y Luján .1993.** Precios de la madera en Costa Rica. Resúmenes Semana Científica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

## Apéndices



## **EFFECT OF ECOLOGICAL AND SOCIO-ECONOMIC FACTORS ON NATURAL REGENERATION OF LAUREL (*Cordia alliodora*) IN PASTURES IN THE HUMID AND SUB-HUMID TROPICS OF COSTA RICA**

### **Abstrac**

This study identified the patterns of natural regeneration of laurel (*Cordia alliodora*) within pastures in two contrasting ecological zones: in the humid zone of Guápiles (mean annual rainfall of 4000 mm, mean temperature 25°C and acid soils) and the sub-humid zone of Esparza (mean annual rainfall = 2000 m, mean temperature = 27°C; and neuter soils). In each zone 30 sites were selected between 100 and 500m of altitude. Temporal plots were established in a nested sampling design to account for the populations of laurel in different growth stages: seedling, sapling, young trees and old trees. The adjusted regression models explained 58% of variability for seedling, 77% for sapling, 65% for young trees and 65% for trees. The soil type, neighboring vegetation, management of pastures and previous land use were variables which explained variations of seedling and tree populations. Soil variables were more important for seedling and sapling stages whereas socioeconomic variables had more weight for mature stages of laurel populations. The cluster analysis identified four groups of with different patterns of natural regeneration of laurel, and the discriminate analysis showed that the variables which separated groups were soil characteristics, farm economics, management of pastures and establishment of pastures. The soil characteristic and the neighboring vegetation were the biophysical variables more important for explaining natural regeneration of laurel. The socioeconomic variables were important in all models including the management of the pastures and the last use systems. Theses also represent the decision of farmers to permit the trees within cattle farm. In Guápiles and Esparza, there are different patterns of natural regeneration of laurel with influence of particularities of each zone.

## **2. EFECTO DE FACTORES ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS SOBRE LA REGENERACIÓN NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*), EN POTREROS DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA**

### **Resumen**

Se identificó el patrón de regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*) en potreros de dos zonas ecológicamente distintas y se estudió el efecto de propiedades edáficas, pendiente, condiciones climáticas, vegetación asociada y características socioeconómicas de los sistemas ganaderos, sobre esta. El trabajo se realizó en Costa Rica, dentro de 30 sitios de la zona húmeda de Guápiles (precipitación = 4000 mm promedio anual, temperatura media = 25°C, suelos ácidos y topografía plana) y 30 en la zona sub-húmeda de Esparza (precipitación = 2000 mm promedio anual, temperatura media = 27°C, suelos neutros y topografía quebrada). En cada uno se estableció una parcela temporal, dentro de la cual utilizando un muestreo con diseño anidado, se cuantificaron individuos de laurel en cuatro estados de desarrollo, plántulas, brinzales, latizales y fustales. Se ajustaron modelos de regresión múltiple, para cada para cada uno de los estados de desarrollo, logrando explicar el 58% de la variabilidad para cantidad de plántulas, el 77% para brinzales, el 65% para latizales y 65% para fustales. Todos los modelos involucraron variables edáficas, de vegetación asociada al laurel, manejo de las pasturas y uso anterior de la tierra. La tendencia mostró de mayor peso en variables edáficas para los primeros estados de desarrollo y de manejo y uso anterior de la tierra, a medida que se iba hacia los estados superiores. Un análisis de conglomerados dilucidó cuatro grupos de sitios con diferentes patrones de regeneración natural de laurel dentro de las dos zonas y mediante un análisis canónico discriminante, se encontró que las variables que más contribuyeron a separar los conglomerados fueron las características edáficas, la dependencia económica de la finca y su manejo, el uso anterior a las pasturas y las prácticas realizadas para establecerlas. Se concluye que una o dos características edáficas y la vegetación asociada, son los factores

biofísicos más relevantes que explican la regeneración natural de laurel dentro de potreros. En todos los modelos se involucraron más variables socioeconómicas que biofísicas, mostrando mayor relevancia las prácticas de control de malezas y el uso anterior a la pastura y estas a la vez representan la decisión del productor para dejar árboles en sus fincas. En las dos zonas se presentan patrones de regeneración natural diferentes influenciados en cada caso por las particularidades de cada una.

## 2.1 INTRODUCCIÓN

El laurel (*Cordia alliodora*), es una especie arbórea de amplio rango de adaptación que se encuentra presente en gran cantidad de fincas ganaderas de Costa Rica. Su regeneración natural puede haber sido favorecida o alterada por los productores y las características del medio. Su asociación con pasturas, reportado para la zona húmeda de Guápiles (Kampen 1996) y sub-húmeda de Esparza (Viera y Barrios 1997), la convierten en una especie de gran potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en estos lugares.

En los últimos años, la producción de madera en fincas ganaderas ha tenido mayor importancia por su valor comercial (Howard 1995). Los sistemas ganaderos tradicionales, enfrentan problemas por la baja en los precios de sus productos, disminución del rendimiento y degradación del entorno (Hirvela *et al* 1989; Von Platen y Lujan 1993 y Pomareda *et al* 1997). En este contexto, los árboles resultan una alternativa muy importante en la recuperación de áreas degradadas y la diversificación de fincas ganaderas. Así mismo, la disponibilidad de tecnologías para arborización a bajo costo con el uso de recursos de fácil acceso para los productores; pueden favorecer actualmente el establecimiento de árboles en pasturas (Barrios 1998).

La alta producción de semillas, fácil dispersión, sistema de raíces extenso y profundo y capacidad de recuperarse vegetativamente cuando es defoliado, son fundamentales para especies arbóreas de gran potencial en la regeneración natural dentro de potreros (Archer 1995); y el laurel tiene estas condiciones (Pérez 1954; Greaves y McCarter 1990; CATIE 1994 y Boshier y Lamp 1997).

En este trabajo se estudian las condiciones ecológicas y socioeconómicas que influyen en la regeneración natural de laurel en potreros, identificando su patrón actual en las zonas de Guápiles y Esparza, Costa Rica.

## **2.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.2.1 Zona de estudio**

El estudio fue realizado en Costa Rica entre febrero y septiembre de 1999, dentro de 60 sitios ubicados en 30 fincas de la zona atlántica norte, Cantón de Guápiles ( $83^{\circ}$  -  $84^{\circ}$  W y  $11^{\circ}$ - $10^{\circ}$  N); y en 30 fincas sobre la costa pacífica central, Cantón de Esparza ( $84^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  W y  $10^{\circ}$  -  $09^{\circ}$  N) (Anexo 1).

### **2.2.2 Definición de los sitios de muestreo**

De acuerdo a la distribución del laurel a través de las dos zonas, cada una de ellas fue dividida en tres relieves, definidos con base en estudios generales por cotas altitudinales, diferencias climatológicas, geomorfológicas y edáficas (MOPT *et al* 1983; IMN y MAG 1985). Dentro de estos, se eligieron 10 sitios para el muestreo, ubicados dentro de 10 fincas respectivamente. En Guápiles, el relieve bajo se definió entre 50-100 msnm, el medio entre 100-200 msnm y el alto en altitudes mayores de 200 msnm. En Esparza, el relieve bajo se delimitó entre 0 y 100 msnm, el medio entre 100 y 300 msnm y el alto para alturas mayores a los 300 msnm. Siguiendo un esquema de muestreo aleatorio dirigido, la elección de los sitios de muestreo dentro de cada relieve tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- ❖ Anuencia del finquero
- ❖ Ganadería activa
- ❖ Ubicación en un área de potreros con influencia de árboles adultos (semilleros) de laurel por lo menos a 100 m de distancia. De otro lado, el rango de influencia se definió con base en una distancia probable de dispersión de la semilla, teniendo en

cuenta estudios realizados anteriormente (Pérez 1954; Tschinkel 1965 y Boshier y Lamp 1997).

### 2.2.3 Medición de la regeneración natural de laurel

Se establecieron al azar parcelas circulares temporales de 15m de radio (707m<sup>2</sup>). La regeneración natural se cuantificó con base en la población de laurel en cuatro estados de desarrollo **plántulas, brinzales, latizales y fustales**; incluyendo rebrotes de las raíces de los árboles. Se hizo una modificación al diseño anidado propuesto por Saenz (1998), considerando aspectos logísticos, ecológicos y estadísticos (Krebs 1998) (Cuadro 1) (Anexo 2).

Cuadro 1. Categorías de regeneración natural y tamaño de las unidades de muestreo.

CATEGORIAS	DIMENSIONES	PARCELA		INTENSIDAD POR ha (%)
		RADIO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	
PLANTULAS	0.1 m ≥ altura < 0.3 m	4	50	0.5
BRINZALES	0.3 m ≥ altura < 1.5 m	8	201	2
LATIZALES	≥ 1.5 m y dap < 5 cm	12	452	4.5
FUSTALES	dap > 5 cm.	15	707	7

### 2.2.4 Caracterización de suelos, pendiente y variables climáticas

Se evaluaron propiedades químicas y físicas de los suelos de la parcela (707 m<sup>2</sup>), tomando cinco muestras distribuidas al azar de los primeros 30 cm de profundidad para conformar una muestra compuesta. Se determinó el pH (H<sub>2</sub>O); Ca, Mg, K y Al, en solución de KCl 1N y P por Olsen modificado a pH 8.5. La capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE), saturación de bases y Al, bases totales y la relación (Ca +Mg)/K, se estimaron a partir de los valores obtenidos en el laboratorio. Así mismo, se calificó la fertilidad química, con la metodología propuesta por Ortega (1987).

La densidad aparente se midió por el método de los cilindros, tomando tres muestras al azar en cada parcela a 10 cm de profundidad y promediando los valores obtenidos. En el mismo punto y profundidad, se hicieron pruebas de conductividad hidráulica, usando los mismos cilindros y contabilizando el tiempo que tardaba en pasar una

lámina de agua conocida, sobre un volumen de suelo conocido. También se estimó la compactación usando un penetrómetro manual.

La textura se determinó por granulometría de Boyucos, usando las mismas muestras tomadas para análisis químicos. La profundidad efectiva se midió con un barreno, en los puntos donde de muestreo para análisis químico. Se determinaron clases de drenaje de acuerdo a la presencia de moteados en los horizontes del suelo, la humedad actual y la profundidad del nivel freático. Para la pedregosidad, se establecieron dos clases, fina (diámetro de partículas  $< 10$  cm) y gruesa (diámetro de partículas  $\geq 10$  cm). La pendiente se midió con clinómetro, promediando tres valores obtenidos por parcela. Para variables climatológicas, se usaron registros de las estaciones más cercanas a los sitios de muestreo, obteniendo promedios anuales de precipitación, temperatura, humedad relativa y brillo solar. Sin embargo, fueron pocas las estaciones existentes y su cobertura respecto al área estudiada.

### **2.2.5 Caracterización de la vegetación asociada**

Se realizó un muestreo dentro de las parcelas estimando la abundancia de vegetación asociada al laurel, teniendo en cuenta grupos de maderables, frutales, arbustos o matorrales (diferentes a frutales y maderables), malezas de hoja ancha y gramíneas. Maderables, frutales y arbustos, se contabilizaron sin considerar su estado de desarrollo. Para las malezas, gramíneas y suelo desnudo, se realizó un muestreo, lanzando al azar 5 veces un marco de  $0.5 \times 0.5$  m y obteniendo el porcentaje promedio de cobertura de cada uno.

### **2.2.6 Características socioeconómicas**

Se obtuvo información socioeconómica mediante una encuesta realizada a cada productor. La encuesta midió el nivel de vida del productor (actividades económicas más relevantes, ingresos por actividades ganaderas, dependencia económica de la finca, nivel educativo); un análisis retrospectivo del uso de la tierra en la finca (uso de la tierra al llegar y durante los últimos cinco años); manejo actual y pasado de la finca

(control de malezas, fertilización, carga animal, suplementación); y manejo, uso y restricciones de los árboles dentro de la finca (Anexo 3).

### **2.2.7 Análisis para características generales de las zonas**

Para cada variable (113) dentro de las zonas, los relieves y en general, se calcularon estadísticas descriptivas. Se realizaron comparaciones de medias entre las zonas mediante pruebas de t para variables cuantitativas y análisis de contingencia para las cualitativas. Para la regeneración natural de laurel, se realizaron pruebas de normalidad y la comparación de medias entre zonas se hizo con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

### **2.2.8 Análisis del efecto multivariado sobre la regeneración natural de laurel**

#### *2.2.8.1 Análisis de componentes principales y modelos de regresión*

Para reducir el número de variables (113) y encontrar las de mayor peso, se hizo un análisis de componentes principales, realizando una rotación de ejes tipo varimax e identificando correlaciones entre las variables de los componentes y luego se seleccionando los que tenían valor propio mayor a uno. Previamente, variables nominales que mostraron relaciones significativas con la regeneración natural de laurel, fueron convertidas a variables "dummy" e incluidas en el análisis de componentes. Este procedimiento se realizó solo para los datos totales, considerando el bajo número de observaciones respecto al total de variables.

Con el fin de ajustar modelos de regresión múltiple para los estados de desarrollo de laurel, el procedimiento de componentes se hizo cuatro veces, substrayendo en cada caso la variable de respuesta y usando como variables independientes los componentes seleccionados. Luego se extrajeron las variables de mayor peso en los componentes principales involucrados dentro de

los modelos y con estas también se ajustaron modelos de regresión múltiple. Se realizaron análisis de residuos y pruebas de colinealidad, usando como criterio para eliminar variables de los modelos, índices de inflación de varianza mayores a 10. Se probaron diferentes tipos de modelos para elegir el de mejor ajuste.

#### *2.2.8.2 Análisis de conglomerados y canónico discriminante*

Para agrupar los sitios con características similares, se hizo un análisis de conglomerados con las variables involucradas en los modelos de regresión (37) (dependientes e independientes) y las que no se habían usado por problemas de colinealidad. Se midieron las distancias entre cada par de observaciones con el método de Gower, que permite trabajar con diferentes tipos de variables y las estandariza según su rango (Anderberg 1973; Kaufman y Rousseeuw 1990).

Con la matriz de distancias generada, se hizo el análisis de conglomerados usando el método de varianza mínima de Ward y la prueba de pseudo  $t^2$  para elegir el número adecuado de estos. Se realizó un análisis canónico discriminante, para encontrar las variables causantes de la conformación de los grupos y se calculó la distancia entre las combinaciones de pares de estos para observar similitudes, usando la prueba de Lambda Wilks para probar la hipótesis que eran diferentes.

#### *2.2.8.3 Efectividad de la regeneración natural*

Para establecer una relación entre la población plántulas de laurel y la que llega a un estado de desarrollo más estable, se realizó un balance entre plántulas y latizales. No se hizo con fustales, debido a la posible influencia de otras etapas de uso de la tierra y diferencias en el tiempo más grandes. Los latizales son individuos jóvenes pero estables, que pueden asociarse con más certeza a las condiciones de regeneración actuales. Se realizó una comparación entre zonas y entre conglomerados, usando la prueba de Kruscal - Wallis.

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Características biofísicas de los sitios estudiados

#### 2.3.1.1 *Variables geomórficas y edáficas*

En Esparza fueron más frecuentes las laderas y los sitios quebrados, suelos superficiales, compactados, de alta densidad aparente, baja conductividad hidráulica, arcillosos, pH neutro, ricos Ca y Mg, alta relación  $(Ca+Mg)/K$  y bajo contenido de Al. En Guápiles, predominó el relieve plano y las terrazas aluviales con suelos arenosos, profundos, de baja densidad aparente, drenaje moderado, bajo contenido de bases y medio de Al, y una relación  $(Ca+Mg)/K$  más equilibrada (Cuadro 2). El valor de fertilidad química de los suelos mostró diferencias significativas entre zonas ( $P>0.0001$ ), predominando valores más altos en Esparza (Figura 1).

#### 2.3.1.2 *Vegetación asociada a los árboles de laurel en los sitios de muestreo*

Por grupos, el promedio de maderables fue mayor en Esparza y el de frutales en Guápiles. La vegetación arbustiva y las malezas fueron superiores en Esparza; la cobertura de gramíneas fue más densa en Guápiles y únicamente en Esparza, hubo porciones de suelo sin cobertura (Cuadro 3). En Guápiles el cedro y el gavián como maderables y limón y guayaba como frutales, fueron los más frecuentes; y en Esparza el guácimo y el roble de sabana como maderables junto con el coyol y el nance como frutales (Cuadro 4). Solo 7% de los sitios en Guápiles y 17% en Esparza, tenían pasturas mejoradas. Se debe destacar que el muestreo de vegetación se realizó durante la época de verano y es posible que existan variaciones a través del tiempo, principalmente en los estados más inestables en el tiempo como malezas.



Cuadro 2. Promedios y frecuencias relativas de variables geomórficas y edáficas, para parcelas muestradas en Guápiles y Esparza, Costa Rica.

VARIABLES	UNIDADES	TOTAL SITIOS	GUAPILES	ESPARZA	P
Sitios en laderas <sup>t</sup>	%	53	17	90	0.001**
Sitios en terrazas <sup>t</sup>	%	47	83	10	0.001**
Pendiente <sup>p</sup>	%	17	3.5	31	0.0001***
Profundidad efectiva <sup>p</sup>	cm	92.5	116.6	68.4	0.0001***
Compactación <sup>p</sup>	Kg m <sup>2</sup>	2.7	2.2	3.3	0.0001***
Densidad aparente <sup>p</sup>	g cm <sup>3</sup>	0.9	0.8	1.0	ns
Contenido de arena <sup>p</sup>	%	38.8	53.6	24	0.0001***
Contenido de arcilla <sup>p</sup>	%	30.7	19.6	41.9	0.0001***
Drenaje bueno <sup>p</sup>	%	70	53.4	86.7	0.005**
Drenaje moderado <sup>t</sup>	%	30	46.6	13.3	0.005**
Conductividad hidráulica <sup>p</sup>	cm min <sup>-1</sup>	3.2	3.3	3.1	ns
pH <sup>p</sup>		5.7	5.4	6.0	0.0001***
Ca <sup>p</sup>	cmol L <sup>-1</sup>	11.0	3.7	18.4	0.0001***
Mg <sup>p</sup>	cmol L <sup>-1</sup>	3.7	1.0	6.5	0.0001***
K <sup>p</sup>	cmol L <sup>-1</sup>	0.3	0.2	0.3	0.002**
Al <sup>p</sup>	cmol L <sup>-1</sup>	0.3	0.4	0.2	ns
(Ca +Mg)/K <sup>p</sup>		75.7	28.9	122.5	0.0002***
P <sup>p</sup>	mg L <sup>-1</sup>	4.5	4	4.9	ns

<sup>t</sup> Frecuencia relativa. <sup>p</sup> promedio. \*\* diferencias significativas (P<0.01) \*\*\* diferencias significativas (P<0.001) ns = diferencias no significativas.

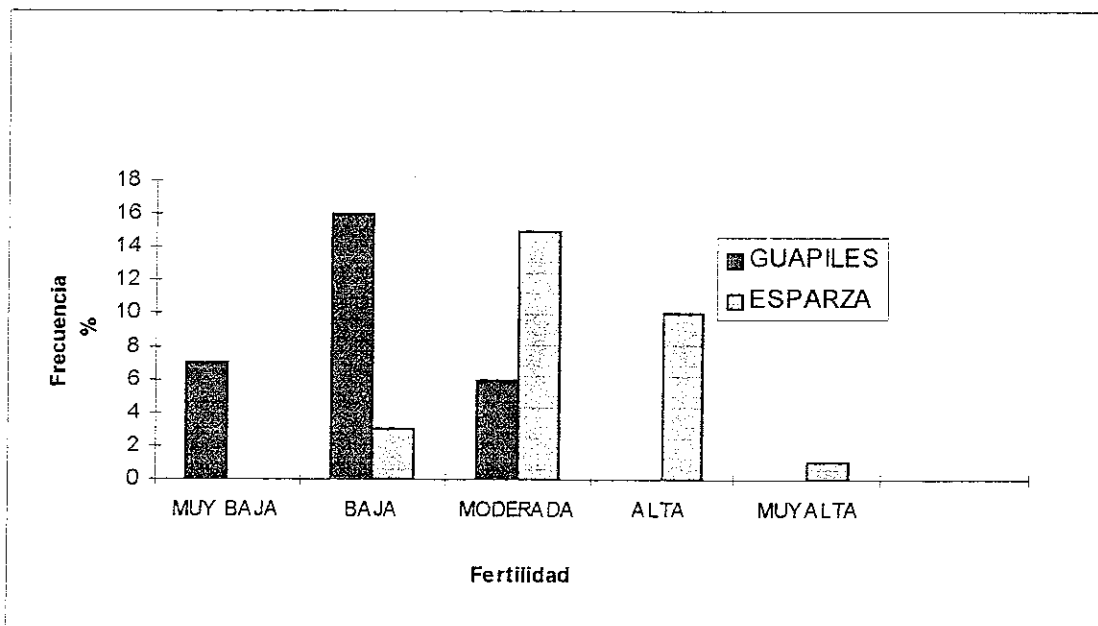


Figura 1. Fertilidad del suelo en las zonas de Guápiles y Esparza

Cuadro 3. Abundancia y cobertura medias para grupos de vegetación asociada al laurel dentro de las parcelas de muestreo, Guápiles y Esparza, Costa Rica.

VARIABLES	UNIDAD	TOTAL	GUAPILES	ESPARZA	P
Maderables	No.	4.2	1.8	6.5	0.0005***
Frutales	No.	2.2	2.5	1.93	Ns
Matorrales o arbustos	No.	26	18	33	0.01*
Malezas	%	13.2	12.9	13.5	Ns
Cobertura de pasto mejorado	%	66	84	59	0.0001***
Cobertura de pasto no mejorado	%	65.8	81	50.7	0.0001***
Suelo sin cobertura	%	-	-	23	Ns

\* diferencias significativas (P<0.05) \*\*\* diferencias significativas (P<0.001) ns = no significativo .

Cuadro 4. Frecuencia por sitios y total, de maderables y frutales asociados al laurel en las parcelas de muestreo. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

GRUPO	ESPECIES		ZONA			
	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	GUAPILES		ESPARZA	
			F <sup>s</sup> (%)	F <sup>t</sup> (%)	F <sup>s</sup> (%)	F <sup>t</sup> (%)
MADERABLES	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	19	26	3.5	5
	Gavián	<i>Pentaclethra macroloba</i>	14	18.5		
	Almendra	<i>Dypterix panamensis</i>	5	4		
	Manú plátano	<i>Vitex cooperi</i>	5	4		
	Surá	<i>Terminalia oblonga</i>	9.5	7		
	Roble coral	<i>Terminalia amazonia</i>	5	4		
	Pilon	<i>Hyeronima oblonga</i>	5	4		
	Poró	<i>Erythrina spp</i>	14	11		
	Gallinazo	<i>Jacaranda copaia</i>	5	4		
	Guaba	<i>Inga spp</i>	14	14		
	Roble de sabana	<i>Tabebuia rosea</i>	5	4	18	14
	Cortes amarillo	<i>Tabebuia ochracea</i>			14	6
	Guachipelin ratón	<i>Diphysa americana</i>			3.5	1
	Guachipelin amarillo	<i>Diphysa robiniodes</i>			3.5	1
	Panamá	<i>Sterculia apetala</i>			7	4
	Poro poro	<i>Cochlospermum vitifolium</i>			18	11
	Carao	<i>Cassia grandis</i>			3.5	2.5
	Jobo	<i>Spondias mombin</i>			3.5	1
	Guanacaste	<i>EnteroLobium cyclocarpum</i>			11	4
	Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>			3.5	1
Ojoche	<i>Brossimun allicastrum</i>			11	4	
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>			43	44.5	
Mora	<i>Maclura tinctoria</i>			3.5	1	
FRUTALES	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	23	15		
	Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	41	50		
	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	17	7.5		
	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	30	27.5	8	12
	Palma de coyot	<i>Acrocomia vinifera</i>			84	67
	Mango	<i>Mangifera indica</i>			8	8.5
	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>			31	10.5
Jocote	<i>Spondias spp</i>			8	2	

F<sup>s</sup>= frecuencia por sitios (% sitios donde aparece) F<sup>t</sup>= frecuencia total (% respecto al total de maderables encontrados)

### 2.3.1.3 Variables climáticas

La precipitación y humedad son más altas en Guápiles y el brillo solar y la temperatura, mayores en Esparza. En ambas zonas a medida que se incrementa la altura sobre el nivel del mar aumenta la precipitación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Características climáticas de la zona de estudio (promedios anuales).

ZONA	ESTACION	MSNM	VARIABLE	MEDIA ANUAL
GUAPILES	LOS DIAMANTES	249	PRECIPITACION (mm)	4577
			TEMPERATURA (°c)	24.4
			RADIACION (MGJ)	13.2
			BRILLO SOLAR (Horas)	4.3
			HUMEDAD (%)	87
	COBAL	55	PRECIPITACION (mm)	3932
			TEMPERATURA (°c)	24.4
			BRILLO SOLAR (Horas)	5.2
			RADIACION (MGJ)	12.9
			HUMEDAD (%)	88
GUACIMO	200	PRECIPITACION (mm)	4305	
ESPARZA	SAN MIGUEL	140	BRILLO SOLAR (Horas)	4.1
			PRECIPITACION (mm)	2030
	PUNTARENAS	3	TEMPERATURA (°c)	27.2
			PRECIPITACION (mm)	1608
			TEMPERATURA (°c)	28.2
			BRILLO SOLAR (Horas)	7.0
			RADIACION (MGJ)	15.5
HUMEDAD (%)	80			

Fuente: Instituto meteorológico nacional, Costa Rica

## 2.3.2 Características socioeconómicas

### 2.3.2.1 Condiciones de vida

Familias de 4 personas fueron mas frecuentes, con productores de 47 años edad en promedio y la mayoría con solo con educación primaria (71.7%). El 57% vive en la finca y 19% poseen otra y perciben ingresos por ella. El área promedio de las fincas fue mayor en Esparza que en Guápiles (53 vs 29 ha) y el rango de área predominante estuvo entre 6 y 20 ha (Figura 2).

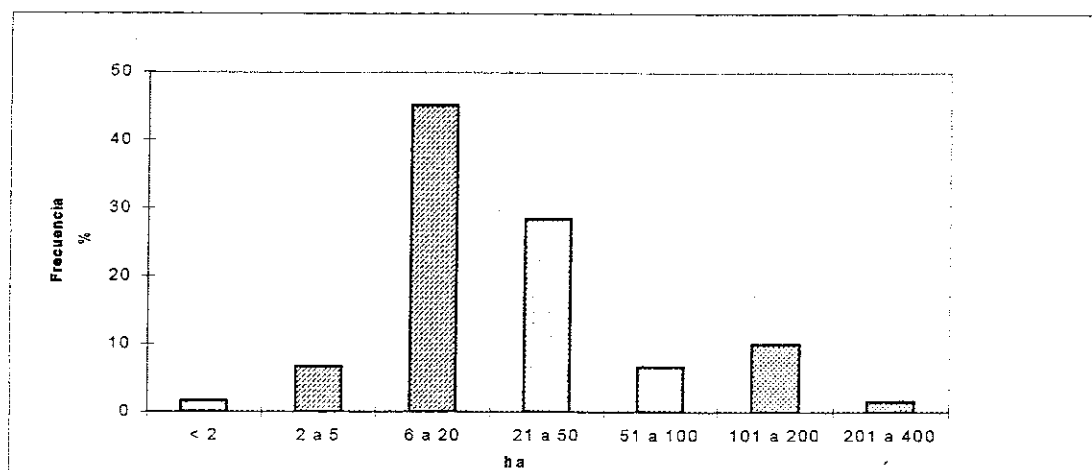


Figura 2. Area de la finca predominante. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

El promedio de ingresos brutos y per cápita por actividades ganaderas, fue mayor en Guápiles que en Esparza 2022000 vs 1455933 colones año<sup>-1</sup> y 516193 vs 338575 colones año<sup>-1</sup>, respectivamente. El 55% del total percibe ingresos entre 1000000 y 2000000 colones año<sup>-1</sup> y 23% obtiene menos de 1000000 colones año<sup>-1</sup>, encontrándose mas productores dentro de este rango en Esparza que en Guápiles (33 vs 13%).

### 2.3.2.2 *Historia del uso de la tierra*

Los productores llegaron a sus fincas hace 20 años en promedio, no obstante el tiempo promedio de establecidas las pasturas es de 10 años. El 7% encontraron bosque natural cuando llegaron a la finca, 28% pastos, 50% tacotales<sup>1</sup> y 28% agricultura. El 76% en Guápiles y 66% en Esparza, encontraron coberturas diferentes a pasturas al llegar a la finca. La práctica más usual durante el establecimiento de pasturas fue la chapia<sup>2</sup>, con una aplicación posterior de herbicida (61%). Los métodos de establecimiento fueron más severos en Esparza, por la combinación de quemas, chapia y aplicación de herbicida. Durante los últimos cinco años 72% de los sitios estuvo en pasturas, 15% tuvo tacotales y 13% cultivos agrícolas, siendo significativamente mas frecuente la agricultura en Guápiles y los tacotales en Esparza (P=0.001).

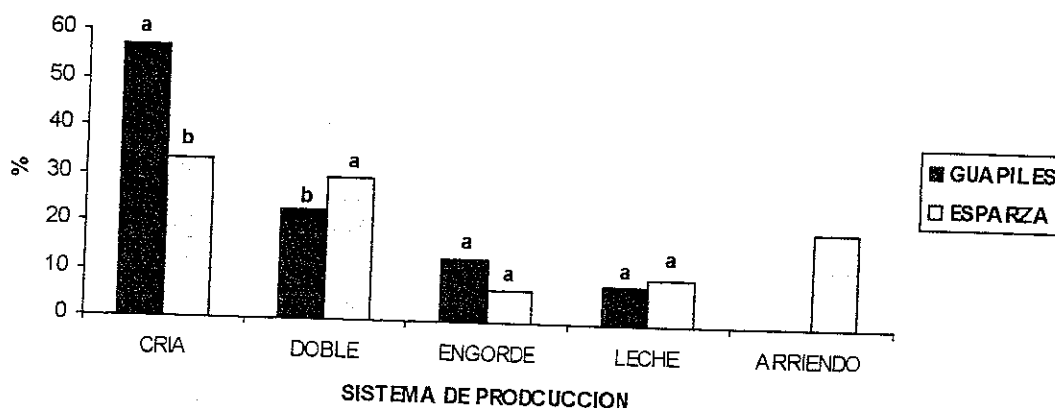
### 2.3.2.3 *Manejo de la finca y sistema de producción*

El 77% de los productores en Guápiles y 53% en Esparza, contratan mano de obra para control de malezas, arreglo de cercas y suplementación al ganado. Para control de malezas 83% en Esparza combina métodos de chapia y aplicación de herbicida y 70% en Guápiles, donde es más intensivo por la frecuencia con que se hace. En Esparza las quemas han sido importantes y 60% de las fincas las ha tenido alguna vez. Entre zonas el predominio de sistemas de producción fue significativamente diferente, en Esparza 33% de las fincas se

<sup>1</sup> Vegetación natural, posterior a la intervención humana en un sitio y producto de la sucesión vegetal.

<sup>2</sup> Corte de la vegetación existente, que se hace manualmente con un machete o cuchillo

dedicaban a cría de ganado y 30% a doble propósito; y en Guápiles, 57% tenían cría de ganado y 23% doble propósito (Figura 3). La carga animal fue significativamente más alta ( $P=0.001$ ) en Guápiles que en Esparza ( $1.7$  vs  $1.0$  UA ha<sup>-1</sup>). El 63% del total de fincas tiene escasez de pasto durante el año, 50% suplementa el ganado y 85% solo tiene pastos no mejorados.



\*Letras distintas entre sistemas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre zonas

Figura 3. Sistemas de producción ganadera en las fincas estudiadas, Guápiles y Esparza. Costa Rica.

#### 2.3.2.4 Actividades silvícolas

El 53% de los productores comercializan madera, 5% hacen uso doméstico y 42% combina las dos formas. La frecuencia de tala fue mayor en Guápiles que en Esparza ( $1.0$  vs  $0.6$  veces año<sup>-1</sup>). El 62% hace prácticas de raleo para los árboles y solo 15% ha realizado podas. El 40% en Esparza y 53% en Guápiles, tiene alguna restricción para tener árboles en la finca.

#### 2.3.3 Regeneración natural de laurel

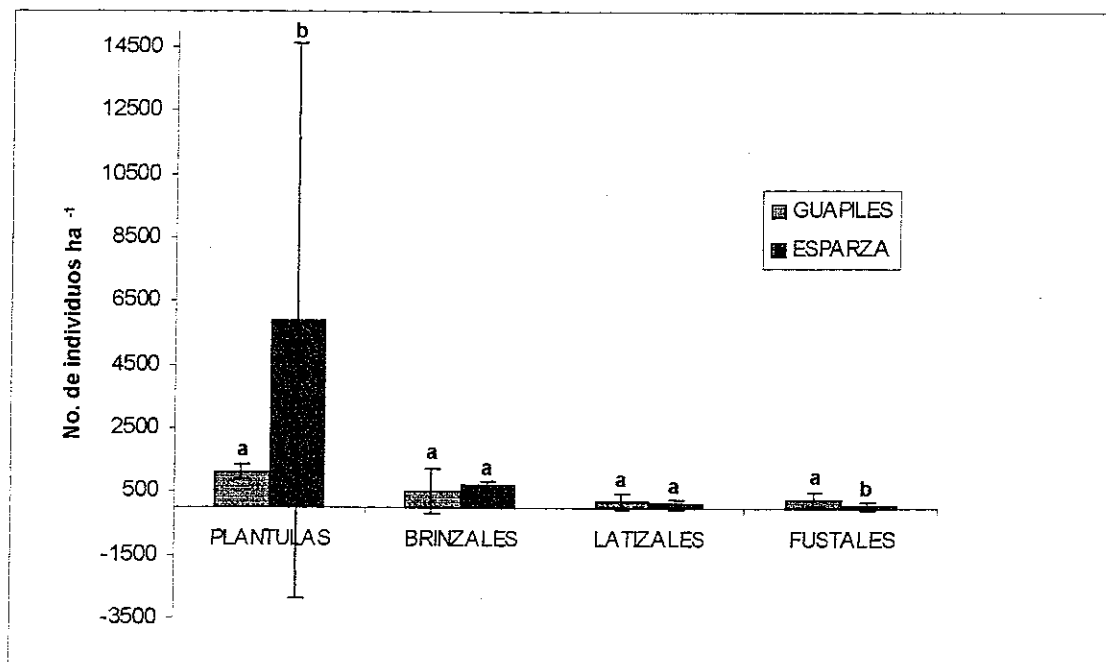
La cantidad de plántulas, brinzales, latizales y fustales de laurel, no sigue una distribución normal, principalmente por la variabilidad de los datos debido a valores extremos. Se probaron diferentes tipos de transformación de los mismos, pero no tuvieron efecto sobre el cambio en la distribución.

Para llevar la población a una misma área de referencia, se estimó la densidad media  $\text{ha}^{-1}$  para cada estado de desarrollo de laurel. Comparaciones entre medias mostraron diferencias significativas entre zonas para plántulas, siendo mayor el promedio en Esparza que en Guápiles; y para fustales, más abundantes en Guápiles que en Esparza. Aunque no hubo diferencias significativas, los brinzales fueron más abundantes en Esparza y los latizales en Guápiles (Cuadro 6) (Figura 4).

Cuadro 6. Densidad media  $\text{ha}^{-1}$  de la regeneración natural de laurel. Guápiles y Esparza. Costa Rica.

ESTADO DE DESARROLLO	ZONA DE ESTUDIO				P
	GUAPILES		ESPARZA		
	MEDIA	STD <sup>s</sup>	MEDIA	STD <sup>s</sup>	
PLANTULAS	1120	223	5873	8766	0.0005***
BRINZALES	502	712	711	147	0.326 <sup>ns</sup>
LATIZALES	192	278	107	142	0.539 <sup>ns</sup>
FUSTALES	280	216	84	108	0.0001***

<sup>s</sup> desviación estándar \*\*\* diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ) ns= estadísticamente no significativas



\*\*\* Letras diferentes entre tipos de individuos, presentan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.0005$ )

Figura 4. Diferencias para la regeneración natural de laurel entre las zonas de Guápiles y Esparza, Costa Rica (líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar).

La altura promedio de fustales para Guápiles fue de 18 m y en Esparza de 17.5 m. El diámetro a la altura del pecho (dap), fue en promedio para Guápiles de 19.5 cm y para Esparza de 29 cm. Se encontró una relación altura/diámetro de 0.99 para Guápiles y 0.70 en Esparza. No se hallaron diferencias significativas entre zonas con respecto a estas variables ( $P > 0.1$ ).

### **2.3.4 Relaciones multivariadas con la regeneración natural de laurel**

Después de realizar la rotación de ejes varimax, 25 componentes principales explicaron el 90% de la variabilidad. Cada vez que se excluyó del análisis un estado de desarrollo de laurel, se mantuvo esta misma proporción de explicación e igual número de componentes, los cuales fueron probados en modelos de regresión múltiple, para plántulas, brinzales, latizales y fustales (variables dependientes).

#### *2.3.4.1 Modelos de regresión múltiple usando componentes principales como variables independientes*

Los modelos obtenidos para cada variable dependiente, fueron altamente significativos y expresan un alto porcentaje de su variabilidad. Para plántulas se explica un 53% ( $R^2=0.53$ ), en brinzales 58% ( $R^2=0.58$ ), latizales 66% ( $R^2=0.66$ ) y fustales 70% ( $R^2=0.70$ ) (Cuadro 7).

En el modelo para plántulas, las bases del suelo, vegetación asociada, uso anterior tacotales, bajos ingresos y uso de herbicida al establecer la pastura, muestran un efecto positivo; uso anterior pastos; altos ingresos; frecuencia de quemas y el sistema de producción de leche, tienen un efecto inverso. En brinzales, la vegetación asociada, el uso anterior en tacotales y la dependencia económica de la finca, ejercen un efecto favorable y las restricciones para tener árboles en la finca un efecto negativo. Los latizales se relacionan positivamente con la vegetación asociada, uso anterior tacotal, descanso de la pastura, restricciones por conocimiento y dependencia económica de la finca,

contrariamente, suelos ácidos o básicos, pedregosidad, frecuencia de chapia y el nivel educativo, muestran relaciones inversas. Para fustales, la vegetación asociada, el uso anterior tacotal, el sistema de cría de ganado y las restricciones por espacio, tienen cargas favorables; mientras suelos básicos, control de malezas con chapia y el tamaño de la familia, presentan efectos contrarios (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valor de parámetros y P>T, en modelos de regresión lineal múltiple para la regeneración natural de laurel usando componentes principales. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES DE RESPUESTA							
		PLANTULAS		BRINZALES		LATIZALES		FUSTALES	
COMPONENTE PRINCIPAL <sup>cp</sup>		PTO	P>T	PTO	P>T	PTO	P>T	PTO	P>T
Suelos básicos		9.96	0.0039			-2.52	0.0057	-5.19	0.0001
Suelos ácidos						-1.69	0.057		
Pedregosidad						-1.32	0.13		
Vegetación asociada		11.44	0.001	11.78	0.0001	4.24	0.0001	5.46	0.0001
Uso anterior pastos		-5.46	0.100						
Uso anterior tacotal		8.50	0.012	4.29	0.015	2.07	0.021	1.75	0.107
Altos ingresos		-6.24	0.063						
Bajos ingresos		10.0	0.003						
Frecuencia de quemas		-7.07	0.036						
Control de malezas (chapia)						-1.75	0.049	-5.74	0.0001
Descanso de la pastura						2.51	0.0057		
Días de pastoreo						2.82	0.0021		
Producción de leche		-6.97	0.038						
Cría de ganado								4.03	0.0004
Establecimiento herbicida		6.13	0.068			-1.70	0.055		
Restricciones conocimiento						2.01	0.025		
Restricción espacio y tiempo				-3.33	0.056	-1.72	0.052	3.45	0.0021
Dependencia de la finca				3.23	0.064	1.43	0.100		
Nivel educativo						-2.10	0.019		
Tamaño de la familia								-3.39	0.0025
MODELO	R <sup>2</sup>	0.53		0.58		0.66		0.70	
	P>F	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
	INTERCEPTO	17.48		12.20		6.76		12.88	

<sup>cp</sup> representan un conjunto de variables y se asigno un nombre de acuerdo a la variable de mayor peso. PTO= parámetro



### 2.3.4.2 Modelos de regresión múltiple con variables independientes extraídas de los componentes principales

Se obtuvo un modelo de regresión múltiple para cada estado de desarrollo del laurel, usando como variables independientes las que tenían mayor peso dentro de los componentes principales involucrados en los modelos ajustados a partir de estos (Cuadro 8) (Anexo 4).

Cuadro 8. Valor de parámetros y P>T, en modelos de regresión múltiple para la regeneración natural de laurel. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

VARIABLE INDEPENDIENTE		PLANTULAS		BRINZALES		LATIZALES		FUSTALES	
Xn	DEFINICION	PTO	P>T	PTO	P>T	PTO	P>T	PTO	P>T
A	Intercepto	24.9	0.1	-21.9	0.06	14.78	0.01	34.3	0.0001
X1	Compactación del suelo	-9.6	0.01						
X2	Pendiente			-0.42	0.0001				
X3	Da			27.75	0.0006				
X4	Pedregosidad gruesa					-0.15	0.09		
X5	Ca	0.9	0.02			-0.21	0.02	-0.2	0.1
X6	Al	60.9	0.01						
X7	Al <sup>2</sup>	-19.57	0.05						
X8	Maderables asociados	2.9	0.0002						
X9	Matorrales asociados			0.5	0.0001	0.2	0.001		
X10	Frutales asociados							2.0	
X11	Número de latizales			0.55	0.003				
X12	Número de fustales					0.2	0.02		0.0001
X13	Cobertura pasturas no mejoradas							-0.12	0.002
X14	Edad de los árboles adultos			0.77	0.001	-0.41	0.003		
X15	Uso anterior en pastos	-15.2	0.04			-3.2	0.1		
X16	Uso agrícola al llegar a la finca							13.3	0.001
X17	Frecuencia de chapias	-10.2	0.03						
X18	Control de malezas con chapia					-7.2	0.07	-20.2	0.0001
X19	Tiempo de establecido el pasto			-0.82	0.0003				
X20	Días de descanso de la pastura			-0.06	0.03	0.093	0.0001		
X21	Sistema cría de ganado							5.77	0.0001
X22	Ingreso per cápita	-0.0001	0.1						
X23	Finca ingreso principal	17.8	0.01	8.99	0.007				
X24	Tamaño de la familia			3.20	0.03				
X25	Edad del productor			-0.45	0.002				
X26	Restricciones por tiempo					-4.44	0.1		
P>F	Significancia del modelo	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinación	0.58		0.77		0.65		0.65	

Xn = códigos que representan la variable dentro del modelo PTO = parámetro. P>T = significancia de las variables independientes en el modelo. P>F= significancia del modelo.

- ❖ Para plántulas (P), el modelo de regresión explica 58% de la variabilidad ( $R^2=0.58$ ), involucra nueve variables una con comportamiento cuadrático y las otras lineales (Cuadro 8):

$$P = 24.9 - 9.6 X_1 + 0.9 X_5 + 60.9 X_6 - 19.6 X_7^2 + 2.9 X_8 - 15.2 X_{15} - 10.2 X_{17} - 13 \cdot 10^{-5} X_{22} + 17.8 X_{23}$$

- ❖ Los brinzales (B), ajustaron un modelo lineal con 10 variables, que explica el 77% de su variabilidad ( $R^2=0.77$ ) (Cuadro 8):

$$B = -21.9 - 0.4 X_2 + 27.8 X_3 + 0.5 X_9 + 3.2 X_{24} + 0.5 X_{11} + 0.8 X_{14} - 0.4 X_{25} - 0.8 X_{19} - 0.06 X_{20} + 8.9 X_{23}$$

- ❖ El modelo de mejor ajuste para latizales (L), también fue lineal y explica 65% de la variabilidad ( $R^2=0.65$ ) (Cuadro 8):

$$L = 14.8 - 0.2 X_5 + 0.09 X_{20} - 0.4 X_{14} + 0.2 X_9 + 0.2 X_{12} - 0.15 X_4 - 7.2 X_{18} - 4.4 X_{26} - 3.2 X_{15}$$

- ❖ Para los fustales (F) un modelo lineal explicó el 65% de su variabilidad ( $R^2=0.65$ ) (Cuadro 8):

$$F = 34.33 - 20.2 X_{18} + 2 X_{10} + 13.3 X_{16} - 0.2 X_5 - 0.1 X_{13} + 5.8 X_{21}$$

Los modelos no mostraron problemas en el análisis de residuos, pero fue necesario prescindir de algunas variables extraídas de los componentes que siendo significativas, porque su presencia generaba colinealidad.

#### 2.3.4.3 *Análisis de conglomerados y canónico discriminante, para la clasificación de los sitios*

Con 37 variables tomadas de los modelos regresión (dependientes e independientes) incluyendo eliminadas por colinealidad, se generó la matriz de distancias para el análisis de conglomerados. La prueba de pseudo  $t^2$  sugirió conformar cuatro conglomerados. El primero agrupó 9 de los sitios (15%), el segundo 22 (37%), el tercero 21 (35%) y el cuarto 8 (13%). La prueba multivariada de Lambda de Wilks, mostró diferencias altamente significativas entre los conglomerados ( $P=0.0001$ ). De otro lado, el análisis discriminante basado en la matriz de covarianza combinada de las 37 variables, mostró diferencias bien marcadas entre conglomerados, no obstante el 2 y el 4 presentaron cierto grado de similitud, igual que el 1 y el 3 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado  $D^2(i|j)$  entre pares de conglomerados.

CONGLOMERADO <sup>a</sup>	1	2	3	4
1	0	235.77970	101.43290	136.9997
2	235.77970	0	175.39219	75.34463
3	101.43290	175.39219	0	179.78999
4	136.99970	75.34463	179.78999	0

<sup>a</sup> grupos de sitios con características similares

Del análisis discriminante se obtuvieron tres variables canónicas, la (1), tuvo peso fuerte de características edáficas y de relieve, con una carga para latizales y fustales negativa, indicando relaciones inversas con estos. La (2), mostró mayor influencia de aspectos relacionados con la dependencia económica de la finca y el manejo de la misma; variables que muestran relaciones inversas con las plántulas. La (3), tuvo mayor peso del uso de la tierra antes de ser establecida la pastura y las prácticas realizadas para establecerlas (Anexo 5) (Cuadro 10) (Figura 5).

Cuadro 10. Variables de mayor peso en la estructura canónica total y su relación con la regeneración natural de laurel, Guápiles y Esparza, Costa Rica

VARIABLE CANONICA	CAN1	CAN2	CAN3
Correlación canónica	0.9880***	0.9688***	0.8732*
Valor propio	41.1	15.3	3.2
Explicación de la variabilidad (%)	69	25	5
VARIABLES			
Relieve	0.8819		
Pendiente	0.820428		
Ca	0.784310		
pH	0.606413		
Da	0.638782		
Fertilidad	0.782757		
Mg	0.798781		
Arcilla	0.597479		
Compactación	0.554227		
Control malezas intensivo		-0.493291	
Sistema productivo		0.452420	
Restricciones para tener árboles		-0.532901	
Ingreso principal finca		0.756698	
Agricultura al llegar a la finca		0.486238	-0.461423
Uso anterior			0.282637
Práctica al establecer pastura			0.410701
Plántulas	0.344881	-0.028865	-0.192685
Brizales	0.118695	0.166177	-0.091223
Latizales	-0.216311	0.175846	-0.314243
Fustales	-0.516431	0.086270	-0.081272

\*\*\* estadísticamente diferentes de cero ( $P < 0.001$ ) \* ( $P < 0.05$ )

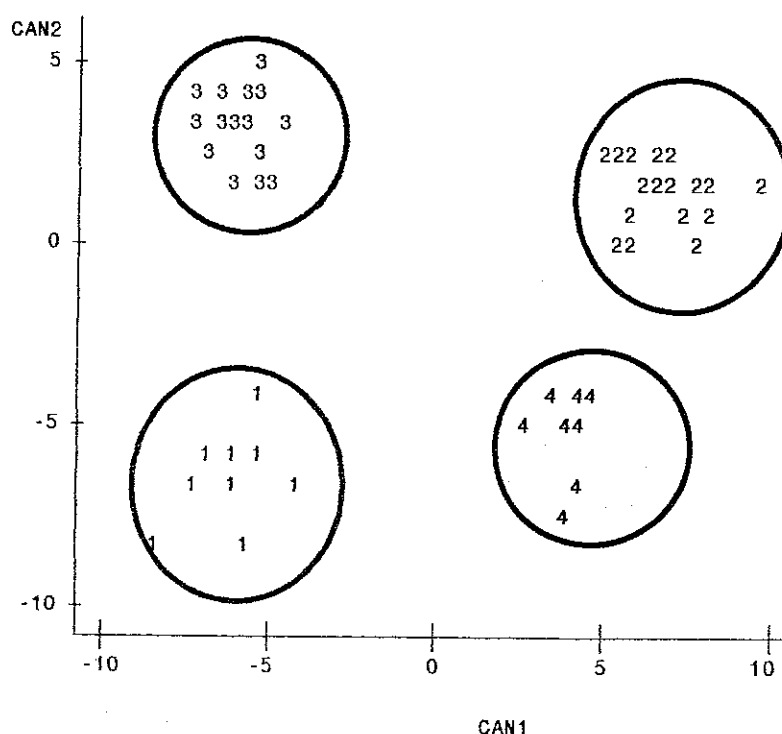


Figura 5. Relación entre los conglomerados o grupos de sitios con respecto a las variables canónicas 1 y 2. Guápiles y Esparza, Costa Rica. (Nota: 11 observaciones ocultas. Números representan los conglomerados, 1 y 3 ubicados en Guápiles y 2 y 4 en Esparza).

El conglomerado (1) está en Guápiles, la población promedio de plántulas, brinzales y latizales es baja y de fustales alta (Figuras 6 y 7). Los suelos químicamente tienen problemas de fertilidad baja, pero físicamente mostraron buenas condiciones (Cuadro 11). Los productores no dependen económicamente de la finca, tienen ingresos bajos, gran parte tiene restricciones para tener árboles en la finca, se dedican a la cría de ganado, predomina la combinación de chapia y herbicida para control de malezas y la mayoría encontró agricultura al llegar a la finca (Cuadro 12).

El conglomerado (2), ubicado en Esparza tiene promedio alto de plántulas y brinzales, pero bajo de latizales y fustales (Figuras 6 y 7). Predominan pendientes quebradas con suelos ricos químicamente, pero limitados físicamente (Cuadro 11). Gran parte de los productores dependen económicamente de la finca, poseen ingresos medios y se dedican principalmente a la cría de ganado y al doble propósito. La mayoría ha hecho quemadas, han tenido solo pastos en los últimos cinco años y para control de malezas combinan chapias con herbicida (Cuadro 12).

El conglomerado (3) está en Guápiles, tiene una población media de plántulas, brinzales y alta de latizales y fustales (Figuras 6 y 7). La pendiente es suave, los suelos son ligeramente ácidos con fertilidad moderada y buenas propiedades físicas (Cuadro 11). La mayoría de los productores dependen económicamente de la finca, la cría de ganado es el sistema más frecuente. Para control de malezas combinan prácticas de chapia y herbicida; sus ingresos son altos; un porcentaje importante tuvo tacotales y agricultura antes de las pasturas y durante los últimos 5 años la mayoría solo pastos.

El conglomerado (4) ubicado en Esparza, mostró un promedio alto de plántulas y brinzales; y medio de latizales y fustales (Figuras 6 y 7). Con suelos fértiles, pero limitados físicamente y en pendientes quebradas (Cuadro 11). Los productores no dependen económicamente de la finca y poseen ingresos bajos. La mayoría arrienda los potreros porque no tienen ganado propio y las pasturas tienen periodos de abandono y durante últimos cinco años han tenido usos agrícolas y en tacotales.

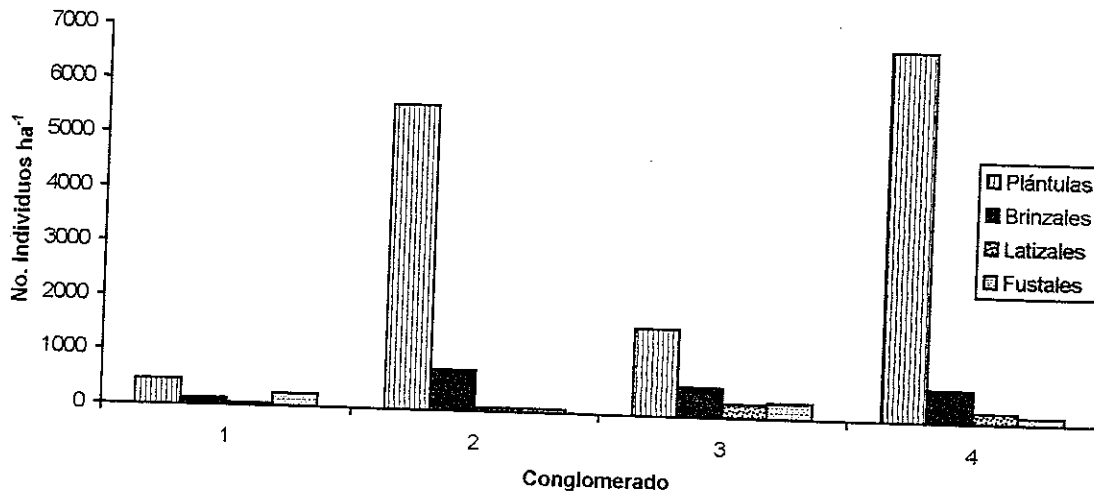
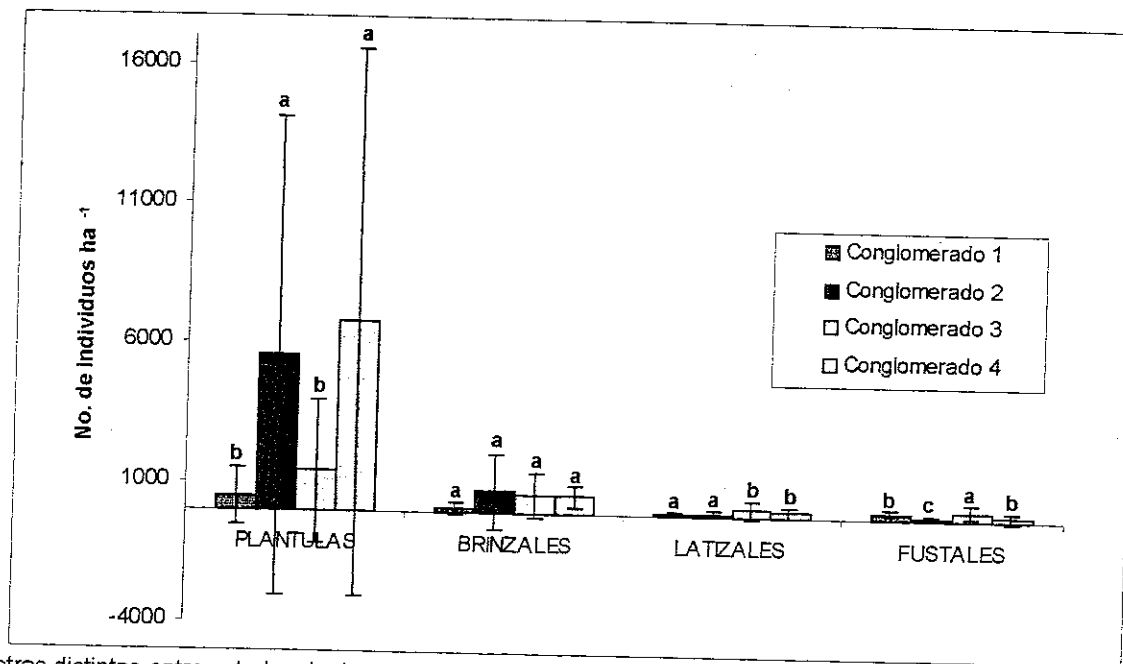


Figura 6. Regeneración natural de laurel dentro de cada conglomerado. Guápiles y Esparza, Costa Rica.



\* Letras distintas entre estados de desarrollo de laurel son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ )

Figura 7. Diferencias en la regeneración natural de laurel entre conglomerados. Guápiles y Esparza, Costa Rica. (líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar)

Cuadro 11. Diferencias biofísicas y en la regeneración natural de laurel entre conglomerados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

VARIABLES	UNIDAD	CONGLOMERADOS				P
		1	2	3	4	
Piántulas	# ha <sup>-1</sup>	460	5600	1600	6800	0.04*
Brinzales	# ha <sup>-1</sup>	134	746	547	597	0.44 <sup>ns</sup>
Latzales	# ha <sup>-1</sup>	51	77	265	199	0.02*
Fustales	# ha <sup>-1</sup>	240	69	297	127	0.0004***
Relieve bajo	%	55	36	24	25	0.001**
Relieve medio	%		32	48	37.5	
Relieve alto	%	44	32	28	37.5	
Pendiente	%	5.1	30	4.5	33.8	0.0001***
Compactación del suelo	Kg m <sup>-2</sup>	2.0	3.2	2.3	3.5	0.0001***
Pedregosidad gruesa	%	7.0	9.8	5.0	4.4	0.33 <sup>ns</sup>
Densidad aparente	g cm <sup>-3</sup>	0.7	1.1	0.8	1.0	0.0001***
Arena	%	46	24	77	26	0.002**
Arcilla	%	30	42.5	16.4	40	0.0001***
PH		5.2	6.1	5.5	6.0	0.0001***
Ca	cmL <sup>-1</sup>	3.3	19.8	3.8	14.5	0.0001***
Mg	cmL <sup>-1</sup>	0.9	7.0	1.0	4.9	0.0001***
Al	cmL <sup>-1</sup>	0.7	0.1	0.2	0.3	0.003**
Fertilidad química		4.1	6.8	4.6	6.1	0.0001***
Maderables asociados	No.	1.4	6.5	2.0	6.6	0.005**
Frutales asociados	No.	0.9	0.3	3.2	1.6	0.004**
Matorrales asociados	No.	13.4	13.9	21	38.8	0.07 <sup>ns</sup>
Cobertura de pastos no mejorados	%	90	52.9	77	44.8	0.0005***

Diferencias significativas \* ( $P < 0.05$ ) \*\* ( $P < 0.01$ ) \*\*\* ( $P > 0.001$ ) ns = no significativo

Cuadro 12. Diferencias socioeconómicas entre tipos de conglomerados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

VARIABLES	UNIDAD	CONGLOMERADOS				P
		1	2	3	4	
Dependencia económica de la finca	%	11	95.5	90.5	25	0.001**
Ingresos brutos totales por ganadería	miles Colones año <sup>-1</sup>	1188	1689	2379	812	0.08 <sup>ns</sup>
Ingreso per cápita por ganadería	miles Colones año <sup>-1</sup>	310	395	604	182	0.04*
Cría de ganado	%	100	41	38	12.5	0.005**
Engorde de ganado	%	0	4.5	19	12.5	
Lechería	%	0	9.1	9.5	12.5	
Arriendo de potreros	%	0	4.5	0	62.5	
Doble propósito	%	0	41	33	0	
Control de malezas solo con chapia	%	33	4.5	0	50	0.001**
Control de malezas chapia y herbicida	%	67	95.5	95	50	
Control de malezas solo herbicida	%	0	0	5	0	
Quemas	%	0	68.2	4.8	37.5	0.005**
Quemas herbicida en el establecimiento	%	0	32	0	0	0.001**
Solo herbicida en el establecimiento	%	0	9	0	0	
Chapia herbicida en el establecimiento	%	100	59	100	100	
Edad del productor	años	39	47	51	45	0.04*
Tiempo establecimiento de las pasturas	años	9.4	12.3	10.7	7.3	0.33
Agricultura al llegar a la finca	%	77.8	0	9.5	0	0.001**
Agricultura en los últimos cinco años	%	22.2	0	19	25	0.08 <sup>ns</sup>
Tacotal en los últimos cinco años	%	0	18	9.5	37.5	
Pastos en los últimos cinco años	%	77.8	82	71.5	37.5	
Restricciones para tener árboles	%	88.9	22.7	33.3	87.5	0.001**
Frecuencia de tala de árboles	veces año <sup>-1</sup>	0	0.5	1.5	0.9	0.04*

\* Diferencias significativas \* (P<0.05) \*\* (P<0.01) \*\*\* (P>0.001) ns = no significativo

### 2.3.5 Efectividad de la regeneración natural

Un balance entre plántulas y latizales, mostró que en Guápiles hay mayor efectividad en la regeneración natural. Allí los latizales son el 31% respecto a la población actual de plántulas; en Esparza equivalen al 8%. Igual tendencia se observó entre conglomerados, con 37% para el (3) ubicado en Guápiles, (9%) para el (4), 7.8% para el (2) y 2.2 % para el (1). Cabe anotar, que entre conglomerados y entre zonas se hallaron diferencias significativas (P<0.001).

## 2.4 DISCUSIÓN

### 2.4.1 Características biofísicas y socioeconómicas del área de estudio

Diferencias biofísicas contrastantes, evidencian condiciones distintas en cada zona. Guápiles, con alta humedad, predominantemente plana y suelos medianamente limitados por acidez pero de buenas propiedades físicas. Esparza con problemas de

déficit hídrico debido a un periodo de verano fuerte, topografía quebrada y suelos químicamente ricos pero con limitaciones físicas. Resultados que coinciden con otros estudios (MOPT, IGN, UCR 1983; IMN, MAG 1985 y Stoorvogel y Eppink 1995). Maderables y matorrales asociados al laurel, fueron más abundantes en Esparza, siendo una opción de sombra para el ganado que dejan los productores ante las condiciones de la zona; las cuales implican también menos cobertura del pasto durante el verano. Los frutales más frecuentes en Guápiles, se relacionan con la adaptabilidad de estos a las condiciones de la zona (*P. guajava*) y abundante regeneración favorecida por el ganado (Somarriba 1985) y por su comercialización en otros casos (*C. aurantifolia*) (Leeuwen y Hofstede 1995).

Fincas con áreas entre 6 y 20 ha más frecuentes en este estudio, se consideran pequeñas respecto a extensiones superiores a 100 ha, reportadas como predominantes en otros trabajos (Viera y Barrios 1997 y Huisisng 1993). El área promedio de la finca fue mayor en Esparza, pero sus sistemas productivos menos intensos, con ingresos, carga animal, mano de obra adicional y frecuencia en el control de malezas, bajos. Sin embargo, quemas más frecuentes en esta zona pueden tener un efecto negativo sobre la vegetación existente en el momento de la práctica y sobre otras características del entorno (Brinkmann y Viera 1971; Lal 1987).

El bajo porcentaje de productores que encontró bosque al llegar a la finca (7%), se asocia con bastantes años de colonización para estas áreas. No obstante, los usos anteriores de la tierra no fueron en su mayoría pasturas resaltando el alto porcentaje de tacotales en Esparza y agricultura y tacotales en Guápiles. Con base en la relación significativa entre la edad de los árboles de laurel mas viejos en la finca (reportada por el productor) y el tiempo de establecidas las pasturas, es posible que muchos de los árboles que aún se encuentran en pie, hayan crecido con influencia del uso anterior. De igual manera, árboles mas jóvenes pueden haber tenido influencia del uso durante los últimos cinco años (agricultura 20% en Guápiles y 6.7% en Esparza y tacotales en 6.7% Guápiles y 23%).



#### 2.4.2 Abundancia de plántulas, brinzales, latizales y fustales de laurel

La forma como se encuentra distribuida la población de laurel en Guápiles, ecológicamente presenta el patrón esperado hasta la etapa de latizales. Las medias muestran una relación de densidad  $ha^{-1}$  para plántulas: brinzales : latizales: fustales de 1120: 502: 192: **280** y la distribución debería tener un valor más bajo para fustales. Posiblemente parte de los árboles existentes (fustales), no sea producto del patrón actual de regeneración, sino en usos anteriores de la tierra. También se debe considerar la alta variabilidad de los datos, principalmente en los estados de desarrollo más jóvenes, que podrían afectar esta relación basada en promedios.

Se incluyeron los fustales en la evaluación de la regeneración natural, porque sin ellos no habría semilla para iniciar el proceso; son un parámetro de comparación del efecto de usos anteriores y es el estado con el que más se identifican los productores. Además, el límite mínimo para dap en esta clase (5 cm), implica que muchos árboles jóvenes se involucren en ella, asegurando que su desarrollo se haya dado durante los últimos años, esto con base en registros de crecimiento de laurel en pasturas (Rosero y Gewald 1979; Somarriba y Beer 1987). Las relaciones altura/diámetro encontradas, podrían asociarse a crecimiento sin problemas de competencia intraespecífica, fenómeno más evidente en Esparza con un valor de 0.70. En Guápiles fue superior (0.99) y se debe considerar el mayor número de fustales en esta zona.

El promedio de plántulas más alto para Esparza, puede indicar una posible estrategia adaptativa de la especie, con mayor producción de semilla y de individuos jóvenes ante condiciones de estrés hídrico más severas. Aunque en este estado de desarrollo la variabilidad fue alta, los estudios reportan dificultades para crecimiento del laurel en condiciones secas (Greaves y McCarter 1990). De otro lado, se ha encontrado que el laurel presenta asincronía floral (Boshier y Lamp 1997), no obstante se observó que los árboles permanecen durante mas meses floreados en la zona de Esparza.

Respecto a densidades de laurel en pasturas registradas en otros estudios, los valores para Guápiles (280 fustales  $ha^{-1}$ ) y Esparza (84 fustales  $ha^{-1}$ ) son altos. Sin embargo,

se debe tener en cuenta que los sitios muestreados no representan en todos los casos la distribución total de cobertura de la finca, sino parte de ella.

### **2.4.3 Efecto multivariado sobre la regeneración natural de laurel**

Indices de sitio y modelos para crecimiento de laurel bajo diferentes condiciones, han mostrado correlaciones positivas con suelos fértiles y negativas con suelos ácidos, erodados, texturas arcillosas, pendiente fuerte, tiempo de pastoreo y vegetación asociada (Giraldo *et al* 1980; Escobar 1979; Reyes 1997; Bergmann *et al* 1994; Valdivieso 1997). Los sitios muestreados no tienen limitaciones severas en cuanto a fertilidad de los suelos, mostraron clases de drenaje predominante bueno (70%) y algunas veces moderado (30%), esto los ubica dentro del rango óptimo de condiciones para el desarrollo del laurel de acuerdo con la literatura (CATIE; 1994; CONIF; 1996; Boshier y Lamp, 1997).

Los modelos obtenidos, presentan algunas variables con cargas contrarias a como se han encontrado evaluando otras características de la especie, indicando su aplicabilidad solo para las zonas de estudio y la regeneración natural de laurel en potreros y su objeto en este estudio es mostrar relaciones entre variables y no la predicción. Dentro de ellos, relaciones entre brinzales con latizales y latizales con fustales, pueden representar que las mismas condiciones han influido sobre la población en diferentes estados de desarrollo o parte de la dinámica en la regeneración, donde los individuos de la clase inferior están pasando a una superior. Los fustales no se involucran, porque en ellos termina el proceso y las plántulas representan el estado más inestable y de mayor variabilidad estadística. La respuesta a variables biofísicas, fue menos fuerte para latizales y fustales, contrariamente el efecto de variables socioeconómicas se acentuó más en estos individuos, aunque fue importante también en plántulas y brinzales.

### 2.4.3.1 Modelos para plántulas

Es el estado donde se observa mayor variabilidad en la información recolectada, siendo el más inestable y susceptible a condiciones puntuales del sitio y en el tiempo; y pequeños cambios en el microambiente pueden generar cambios drásticos en ellas (Janzen 1977; Sosebee y Wan, 1988; Beek y Saenz, 1992; Pinard *et al* 1996).

El modelo con componentes principales, involucró positivamente las características del suelo como soporte físico y nutritivo para su desarrollo; la vegetación asociada que implica posiblemente condiciones de manejo que han favorecido su presencia y la del laurel; un nivel de vida bajo y uso anterior en tacotales, que representan condiciones favorables por baja intensidad de uso de la pastura. Los efectos negativos se dan para el sistema leche, que asocia la práctica de quemas y un uso anterior predominante en pastos. El parámetro negativo de altos ingresos no se asocia al sistema, pero funciona como excluyente de bajos ingresos con carga inversa.

En el modelo con variables, el Al tiene el mayor peso y aunque es caracterizado por ser un elemento tóxico, en las zonas de estudio no alcanza niveles problemáticos ( $0.27 \text{ cmol L}^{-1}$  en promedio), tal vez por ello se presenta con parámetro positivo. Sin embargo, su comportamiento cuadrático disminuye su efecto en el modelo. Cabe anotar, que sitios donde se han generado modelos para crecimiento de laurel y presentan Al con efecto inverso (Reyes 1997; Bergmann *et al* 1994), están en suelos más ácidos que los encontrados en este estudio. La compactación del suelo muestra un efecto negativo, que indica el impedimento físico para el establecimiento de las plántulas, donde además se reduce la actividad de microorganismos y se dificulta la toma de nutrientes, lo que puede impedir su desarrollo y regeneración natural (Bezkorowajnyj *et al* 1993; Guariguata y Dupuy 1997). El Ca con parámetro positivo, es importante para la fertilidad del suelo, además las plántulas mostraron la tendencia a ser más abundantes en los sitios más fértiles, no obstante su valor en el modelo no

tiene mucho peso. Se ha observado que la baja fertilidad del suelo y la degradación de las pasturas tienen un efecto adverso importante sobre la regeneración de leñosas (Nepstad *et al* 1991).

Los maderables asociados tienen un efecto positivo sobre las plántulas y es posible que condiciones de sombra en los estados iniciales sean beneficiosos. Siendo una especie pionera cierto grado de sombra en estados juveniles favorece su crecimiento, posteriormente necesita sitios abiertos (Butterfield 1995). Se ha visto que el establecimiento de las especies leñosas mejora cerca de árboles muertos o donde hay vegetación en descomposición, debido a que en estos lugares los suelos pueden ser más fértiles, hay mayor disponibilidad de agua y protección de la radiación (Uhl *et al* 1982).

Cuando se depende económicamente de la finca, hay más cuidado del productor en las prácticas de manejo como parte de su decisión de permitir la regeneración, por eso su efecto favorable en el modelo. El uso anterior exclusivamente en pastos, asociado a altos ingresos y a un manejo intensivo en el control de malezas, tienen un peso fuerte y pueden generar efectos negativos sobre las plántulas. Se debe considerar, que cuando hay un desmalezado muy seguido se reduce la biomasa de leñosas y las herbáceas ganan mayores espacios, impidiendo la colonización por especies arbóreas (Uhl *et al* 1982). Así mismo, se ha observado que cuanto más largo e intenso sea el periodo de cultivo o de usos en pasturas, es más difícil una recuperación de la vegetación florística y estructuralmente, las cuales se favorecen con periodos de abandono (Purata 1986; Aide 1996).

#### 2.4.3.2 Modelos para brinzales

Es posible que la dependencia de microcondiciones empiece a ser menos importante en esta etapa, porque se ha superado parte de la fase de establecimiento. Muchas especies pioneras, pueden incluso desarrollarse bajo condiciones de sitio limitadas (pe. *Vismia spp* en la amazonía) resaltando su

capacidad de invasión (Uhl y Jordan 1984). El modelo con componentes, mostró mayor relevancia de la vegetación asociada que creció en las mismas condiciones y permitió el desarrollo de los brinzales, los usos recientes con buena cobertura del suelo, con abundante vegetación, posiblemente tuvieron efecto favorable sobre las condiciones actuales del sitio, así como la dependencia del productor respecto a la finca. Sin embargo, restricciones por espacio para tener árboles y por tiempo a la espera del turno, muestran efectos inversos porque interfieren en la decisión del productor para permitir la regeneración.

El modelo con variables tiene peso fuerte y positivo de la densidad aparente, que puede ser contradictorio ya que valores muy altos implican compactación del suelo, pero el valor negativo del intercepto le quita peso y se compensa por su rango de valores entre 0.7 y 1.2 g cm<sup>-3</sup>. La pendiente con carga negativa, indica que a mayor inclinación es posible encontrar menos árboles, concordando con el efecto adverso reportado para crecimiento (Bergmann *et al* 1994 y Reyes 1997). Así mismo, se ha encontrado que propiedades físicas del suelo, explican con mayor contundencia la variabilidad en el crecimiento del laurel (Salas y Franco 1978, Bergmann *et al* 1994; Reyes 1997; CATIE 1994; Conif 1996).

Matorrales y latizales tienen efecto positivo, pero con poco peso en el modelo debido a su parámetro y rango de valores. Los matorrales pueden favorecer el crecimiento de leñosas en potreros con sombra y disminución de la compactación por pisoteo de ganado, no obstante en algunos momentos se pueden dar problemas de competencia por luz, agua y nutrientes (Barrios, 1998). Los latizales, confirman el beneficio para la regeneración en sus diferentes estados.

Familias grandes dependientes de la finca, permiten la presencia de árboles porque les interesan y esto tiene un peso importante en el modelo. Un mayor descanso de la pastura, se relaciona con menor dependencia de la finca en este caso y tiene una leve influencia negativa. El tiempo de establecidas las pasturas

y la edad del productor, muestran efectos inversos sobre los brinzales, siendo factible que pasturas establecidas hace mucho tiempo, se asocien a condiciones de mayor deterioro del entorno y la regeneración natural sea menos abundante dentro de ellas (Purata 1986; Aide 1996). De otro lado, cuando la edad de los árboles adultos de laurel incrementa, hay un efecto favorable, que posiblemente representa el tiempo donde han prevalecido condiciones propias para el desarrollo de fustales y que benefician actualmente a los brinzales. Aunque a mayor edad, puede haber mayor tamaño, más producción de flores y durante tiempo más largo, no se ha encontrado una relación con la producción de semillas (Boshier 1992), que podría ayudar a explicar esta relación considerando que a mayor cantidad de semillas es probable mayor población de laurel.

#### 2.4.3.3 Modelos para latizales

En el modelo con componentes, suelos fértiles con malas propiedades físicas o ácidos, desfavorecen el desarrollo de latizales. La de vegetación asociada o su manejo han generado un efecto benévolo, lo mismo que el uso anterior con tacotales, ciclos de pastoreo largos y la dependencia de la finca. Las restricciones por espacio y tiempo, limitan el productor para mantener la regeneración, contrariamente si hay falta de conocimiento, existe una relación positiva, quizás porque no implica la imposibilidad de tener árboles sino de manejarlos. Manejo intenso de control de malezas con chapia y aplicación de herbicida en el establecimiento de las pasturas, para productores con niveles de educación mas altos, equivalen a independencia de la finca y son factores de influencia inversa para los latizales.

Control de malezas con chapia, restricciones por tiempo y el uso anterior más reciente solo en pastos, son las cargas más fuertes e inversas del modelo con variables. No obstante, el valor máximo de estas equivale al del parámetro, debido a su condición de variables dicotómicas. Posiblemente chapias en una pastura de mucho tiempo de establecida y un productor que pretende obtener beneficios en el corto plazo, tengan efectos nocivos sobre los latizales. Existe

una relación entre la intensidad de uso de la tierra y la presencia en la actualidad de leñosas dentro de los potreros, en la medida que el uso anterior es menos intenso en prácticas de control de malezas, la regeneración natural es más probable (Uhl *et al* 1982; Concklin 1987; Aide *et al* 1996).

Presencia de matorrales y ciclos de pastoreo más largos, benefician los latizales. De otro lado, se ha encontrado que una mayor defoliación de la vegetación cercana, puede favorecer el crecimiento de las plántulas (Barrios 1998). De igual manera, los vacíos creados sobre el suelo cuando el ganado defolia la gramínea, favorecen el desarrollo de las arbóreas, porque reducen la competencia (Archer 1995). Un periodo de descanso largo, antecedido por un pastoreo fuerte para eliminar parte de la vegetación cercana, favorecería los latizales. Es factible también, que los arbolitos en este estado puedan soportar cierto tipo de ataques porque sus tallos están más lignificados (Barrios 1998).

El valor negativo de Ca en el modelo aunque tiene poco peso, puede estar asociado a la imposibilidad de absorción de K a causa de una alta relación  $(Ca + Mg)/K$  (75) (Bergmann *et al* 1994; Bertsch 1995). De otro lado, todos los sitios donde el Ca tuvo valores altos, estaban limitados por pendiente, profundidad efectiva, compactación del suelo y pedregosidad, características propias de la zona de Esparza. La relación inversa con la edad de los árboles adultos de laurel puede explicarse, como la distancia en tiempo que separaría árboles más maduros de los latizales, siendo estos el estado anterior de desarrollo.

#### 2.4.3.4 Modelos para fustales

Un efecto fuerte sobre el modelo con componentes se presentó en forma inversa con suelos limitados físicamente y el manejo intensivo representado en las chapias, que implicaría 6 árboles menos cada vez que se hacen. La vegetación asociada y el uso anterior con buena cobertura, se relacionaron positivamente, debido a que las prácticas de manejo favorecieron la población actual. Fincas con familias pequeñas, se asociaron con abundancia de fustales,

pero con restricciones por espacio, que podrían ser más fuertes si posiblemente no se cuenta con el control de todas las actividades debido al tamaño de la familia. La de cría de ganado, se presenta como favorable para fustales, debido probablemente a la presencia de animales de menor peso, que generan menos efectos negativos sobre los árboles y reducen la carga animal.

El modelo ajustado con variables, tiene mayor carga en el control de malezas con chapia. De acuerdo con el valor del parámetro, 20 árboles menos se presentarían si esta práctica es hecha. Esto corresponde con lo encontrado en diferentes estudios, donde se demuestra que la intensidad en el desmalezado afecta inversamente la regeneración (Uhl 1982; Concklin 1987). El Ca se presenta con baja peso en el modelo y su carga negativa puede tener la misma explicación hecha en el modelo de latizales. Los frutales que se han desarrollado junto con fustales, pueden haber tenido un efecto benéfico o tal vez, ambos fueron influenciados por condiciones y un manejo que permitieron su establecimiento y presencia actual. El uso agrícola al momento de establecer las pasturas, marca el efecto positivo más grande en el modelo y permite inferir el desarrollo de laureles influenciados por este uso. Es común que el establecimiento de especies suceda, en lugares donde las condiciones sean más favorables, cerca de árboles muertos, frutales y vegetación en descomposición, porque allí los suelos pueden ser más fértiles, hay mayor disponibilidad de agua y protección de la radiación (Aide 1996).

#### 2.4.3.5 *Grupos de fincas y regeneración natural de laurel*

El conglomerado (1), muestra características que favorecieron la regeneración natural en un momento anterior por usos agrícolas donde esta se permitió y favoreció, siendo quizás la variable que más explique su presencia ahora. Actualmente, hay un efecto negativo sobre la regeneración natural, debido a suelos ligeramente limitados por acidez, pero sobretodo un manejo intensivo en el control de malezas, donde 67% hace chapias y aplica herbicidad y la frecuencia de chapias es en promedio 1.4 veces año<sup>-1</sup>.



En el conglomerado (2), la regeneración natural es posible bajo las condiciones actuales, sin embargo la baja población de latizales y de fustales, indica que el proceso tiene problemas por limitaciones físicas del suelo, 88% de los sitios ha practicado quemas y el 82% han tenido solo pastos en los últimos cinco años. El efecto benéfico principal lo ejerce la abundancia de vegetación asociada.

El conglomerado (3), muestra una forma de distribución de la población atípica donde en promedio existe mayor número de fustales que de latizales. Esto indica que parte de los árboles actuales posiblemente son el producto de la regeneración en usos pasados. Sin embargo, las condiciones actuales de regeneración son importantes y se favorecen por suelos con fertilidad moderada, propiedades físicas buenas y abundante vegetación asociada. Así mismo, la dependencia económica de la finca, cerca de un 50% entre usos agrícolas y de tacotales antes de las pasturas, son relevantes en beneficio de la regeneración. Este grupo de fincas tiene una importante comercialización de la madera (tala promedio 1.4 veces año<sup>-1</sup>), que podría representar el interés de los productores de mantener árboles dentro de pasturas, pero a la vez puede ser preocupante, si se considera que la población actual que regenera no es igual a la existente.

En el conglomerado (4), la abundancia en los estados más jóvenes se debe a suelos buenos químicamente, 63% de las fincas sin manejo constante en ganadería, pero con arriendo de potreros y periodos de abandono relacionados con tacotales y agricultura durante los últimos cinco años.

#### **2.4.4 Efectividad de la regeneración natural de laurel**

Aunque no es una aproximación tan válida debido a que existe mucha variabilidad en los datos y en el tiempo, si puede dar una idea de la tendencia dentro de cada zona y por conglomerados, de la efectividad del proceso de regeneración natural. Observando que bajo condiciones húmedas, la especie puede

tener mejores resultados y ser más efectiva en términos de población viva. Pero es solo una tendencia que puede ser afectada por variables socioeconómicas que han mostrado tener gran peso en la explicación de la variabilidad y los productores serían quienes definirían al final el éxito en el establecimiento de la especie.

## 2.5 CONCLUSIONES

Una o dos características edáficas y la vegetación asociada, son los factores biofísicos más relevantes que explican la regeneración natural de laurel dentro de potreros. Su efecto tiende a ser más fuerte en los estados jóvenes (plántulas y brinzales) y disminuye en los adultos (latizales y fustales).

En todos los casos mayor cantidad de variables socioeconómicas, contribuyeron a explicar la regeneración natural de laurel en potreros. La dependencia económica de la finca, la intensidad de las prácticas de control de malezas y el uso anterior a la pastura, fueron las más importantes y su efecto sobre cada estado de desarrollo de laurel, mostró una tendencia a ser más fuerte a medida que los árboles eran más adultos. Estas a la vez, representan la decisión del productor para favorecer los árboles o para detener el proceso de regeneración, así las condiciones biofísicas sean óptimas.

En las dos zonas se presentan patrones de regeneración natural diferentes, en cada caso influenciados por las particularidades de cada zona. Pero son las mismas variables, las que definen la abundancia de la regeneración natural. Sin embargo, es notable que el bajo condiciones de mayor humedad la especie puede tener más éxito.

Poblaciones altas de fustales en la zona de Guápiles. Mostraron el efecto benéfico de usos anteriores en la población actual de árboles. Pero cuando la tasa de extracción de madera es alta en esta condición, se corre el riesgo de agotar las fuentes ya que las etapas de regeneración más jóvenes, tienen menos abundancia,

## 2.6 RECOMENDACIONES

La presencia de vegetación asociada al laurel, es fundamental en el éxito de la regeneración. Mantener, frutales y otros árboles maderables, así como arbustos o matorrales, en densidades que no interfieran con la productividad de la pastura, favorece el éxito del establecimiento a partir de la regeneración.

El manejo y control de malezas dentro de los potreros debe contemplar cuidados especiales, evitando afectar con la práctica a los laureles que se están estableciendo. Tanto chapias como la aplicación de herbicidas, pueden ser reguladas fácilmente por el productor y efectuadas sobre las especies que realmente se quieren eliminar. No obstante, el manejo de herbicidas debe ser más restringido porque su dispersión a través del viento, genera un espectro de acción más amplio. De otro lado, la práctica de quemas debe ser definitivamente desechada por sus efectos negativos.

Extracción de madera de laurel en potreros de la zona de Guápiles, se deben planificar con base en la dinámica de regeneración actual, ya que la relación entre población de adultos y los primeros estados de sucesión, muestra que la tasa de regeneración actual no compensa la población de adultos.

Estrategias de manejo, regulando el pastoreo tanto en carga como en tipo de animales de acuerdo al peso, puede beneficiar las etapas de establecimiento del laurel en las pasturas.

Considerando el beneficio de tacotales como uso anterior a la pastura, aquellos productores que no tengan limitaciones por espacio, podrían dejar esas áreas en descanso por periodos hasta de dos años, garantizando el flujo de semillas ya sea artificial o natural cuando quedan árboles adultos dentro de estas áreas y favorecer el incremento de la población de maderables como el laurel durante ese lapso de tiempo. Por lo menos una vez al año, es recomendable realizar liberaciones de vegetación al rededor de los árbolitos, para minimizar la competencia. Al establecer la pastura de nuevo, las practicas deben contemplar favorecer los árboles que se han establecido

durante este tiempo de descanso. Si la densidad que se obtuvo es alta (2000 y 6000 plántulas ha<sup>-1</sup> ó 10 y 30 en 50 m<sup>2</sup>; 600 ó 900 brinzales ha<sup>-1</sup> ó 3 y 5 en 50 m<sup>2</sup>; y 300 ó 400 latizales ha<sup>-1</sup> ó 1 y 2 en 50 m<sup>2</sup>, para Guápiles y Esparza respectivamente), se pueden hacer raleos al momento del establecimiento, pero siempre considerando un margen, ya que el cambio de condiciones cuando se elimina la vegetación asociada del tacotal podría generar estrés y muerte de algunos individuos.

## 2.7 REFERENCIAS

- Aide, T.; Zimmerman, K.; Rosario, M. y Marcano, H. 1996. Forest Recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico. *Biotropica* 28 (4a): 537-548
- Anderberg, M. 1973. Cluster analysis for applications. Probability and mathematical statistics. Academic press, New York, 359p.
- Archer, S. 1995. Herbivore mediation of grass-woody Plants interaction. Harry Stobbs Memorial Lecture. *Tropical Grassland*. 29 . 218-235
- Barrios, C. 1998. Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para la protección de arbolitos en potreros. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 93p
- Beek, R., Saenz, G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Colección de Manejo y Silvicultura de Bosques Naturales No. 6. CATIE-COSUDE. 48p.
- Bergmann, C., Stuhmann, M., Zech, W. 1994. Site factors, foliar nutrients level and growth of *Cordia alliodora* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. *Plant and Soil* 166. 193-202.
- Bertsch, F. 1995. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2° Ed. San Jose, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 80p
- Bezkorowajnyj, P.; Gordon, A.; y McBride, R. 1993. The effect of cattle foot traffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agroforestry system* 21: 1-10
- Boshier, D. 1992. A study of the reproductive biology of *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken. Thesis PhD. Linacre, College, Oxford, England. 150p.
- Boshier, A. y Lamp, T. 1997. *Cordia alliodora* genética y mejoramiento de árboles. Oxford forestry institute Department of plant sciences. University of Oxford. Tropical forestry papers.
- Brinkmann, W. y Viera, A. 1971. The effect of burning on germination of seeds at different soil depth of various tropical tree species. *Turrialba* 21: 77-82

- Butterfield, R. 1995.** Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 260 41p.
- CATIE. 1994.** Laurel *Cordia alliodora* especie de árbol de uso múltiple en América Central. colección de guías silviculturales. Serie Técnica, Informe Técnico No. 239. 41p.
- CATIE. 1994.** Manejo y crecimiento de linderos: Resultados del proyecto agroforestal CATIE/GTZ, de tres especies maderables en la zona de Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico No. 224. 94p.
- Concklin, N. 1987.** The potencial nutritional value to cattle to some tropical browse species for Guanacaste, Costa Rica. Thesis PhD. Cornell University
- CONIF, 1988.** *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Experiencias en Colombia. Compilado por Paul van der Poel. Serie de documentación No. 15. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Convenio CONIF- Holanda. Bogotá, Colombia. 38p.
- CONIF, 1996.** Latifoliadas zona alta, Santafe de Bogotá Colombia, 1996. 1-22p.
- Escobar, M. 1979.** El Crecimiento y rendimiento del guácimo nogal *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Sham. Asociado con el café en el suroeste de Antioquia. Tesis IF. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellin, Colombia. 158p.
- Espinoza, M., Butterfields, R. 1992.** Adaptabilidad de 14 especies forestales nativas bajo condiciones de plantación en las tierras bajas del Atlántico, Costa Rica. II Congreso Forestal Nacional, 25-27 noviembre de 1992, San José, Costa Rica. 33-35p.
- Giraldo, L., Del Valle, J., Escobar, M. 1980.** El crecimiento del nogal (*Cordia alliodora* Ruiz & Pavon) Oken, en relación con algunos factores climáticos edáficos y fisiográficos en el suroeste de Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 33 (1).21-32
- Greaves, A., McCarter, P. 1990.** *Cordia alliodora*, A promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers No. 22. 37p
- Guariguata, M. y Dupuy, J. 1997.** Forest regeneration in abandoned logging roads in lowland Costa Rica. Biotropica 29 (1): 15-28
- Hirvela, I; Kanninen, M.; Ryokas, A. y Sumelius, J. 1989.** Nicaragua: Cattle husbandry in region V, a basic study. Helsinki: Ministry of Foreng Affairs, Finnish International Development Agency. Sp.
- Howard, A. 1995.** Price trends for stumpage and selected agricultural products in Costa Rica. Forest Ecology and Management (26) 101-110
- Huisisng, J. 1993.** Land use zones and land use patterns in the atlantic zone of Costa Rica. (CATIE-UAW-MAG). Guápiles, Costa Rica, 222p
- IMN, MAG, 1985.** Atlas climatológico de Costa Rica, San Jose Costa Rica. Sp

- Janzen, D. 1977.** Intensity of predation on *Pithecelobium saman* (leguminosae) seed by *Merobruchus colombinus* and *Stator limbatus* (Bruchidae) in Costa Rican deciduos forest. *Tropical ecology* (18): 162-176.
- Kampen, P. 1996.** Trees in grassland. The influence of the trees on grass production within sylvopastoral systems of the atlantic zone of Costa Rica. Proyecto REPOSA (CATIE, MAG Wageningen University). Report No. 104. Field report No. 149. 33p
- Kaufman, L. y Rousseeuw. P. 1990.** Finding groups in data. An introduction to cluster analisis. John Wiley & Sons, INC. New York. 341p
- Krebs, C. 1998.** *Ecological Methodology*. 2ª. Ed. University of British Columbia. 620p
- Lal, R. 1987.** *Tropical ecology and physical edaphology*. John Wiley y Sons. New York. EUA. 328p
- Leeuwen, A. y Hofstede, A. 1995.** Forest trees and farming in the Atlantic zone of Costa Rica. An evaluation of the current and future integration of trees and forest in farming systems in the Atlantic zone of Costa Rica. ST-IT. No. 257. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 48p
- MOPT, IGN, UCR, 1983.** Geomorfología del pacifico Norte de Costa Rica, San José, Costa Rica, 110p.
- Nepstad, D.; Uhl, C. y Serrao, E. 1991.** Recuperation of degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio*(6):248-255.
- Ortega, 1987.** Metodología para estimar la fertilidad química de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Bogotá, Colombia. 4p
- Perez, C. 1954.** Estudio forestal de laurel *Cordia alliodora*(R.&P.)Cham, en Costa Rica. Tesis Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 209p
- Pinard, M.; Howlett, B. y Davison, D. 1996.** Site conditions limit pioneer tree recruitment after logging of dipterocarp forest in sabah, Malaysia *Biotropica* 28 (1): 2-12
- Pomareda, C.; Perez, E.; Ganoza, V.; Matamoros, M. y Javier, O. 1997.** La ganadería e industrias afines en Honduras: desafíos y propuestas para su modernización. 75p.
- Purata, S. 1986.** Floristic and structural changes during old-field succession in the Mexican tropics in relation to site hystory and species availability. *Journal of tropical ecology* 2: 257-276.
- Reyes, C. 1997.** Estimación del incremento diamétrico en *Cordia alliodora* y *Vochysia ferruginea* a partir de variables de árbol y factores del sitio en un bosque secundario de Costa Rica. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119p.
- Rosero, P. y Gewald, N. (1979).** Growth of laurel (*Cordia alliodora*) in coffee and cacao plantations and pastures in the Atlantic region of Costa Rica. In Workshop. Agroforetry Systems in Latin America. Turrialba, Costa Rica., March 26-30, 1979. Proceedings. Ed. por Salas G. De las. Turrialba, CATIE. 205-210.

- Saenz, G. 1998.** Guía para el establecimiento y medición de parcelas permanentes de muestreo en Bosques Naturales Tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (Borrador). (Sin publicar). 33p.
- Salas, G. y Franco, J. 1978.** Influencia del factor edáfico en el crecimiento inicial del laurel (*Cordia alliodora*) (R. Pav.) (Oken) en las terrazas del río Mira, Nariño, Colombia, Bogotá. CONIF. 48p.
- SAS/STAT. 1991.** User's Guide, Release 6.03 Edition. SAS institute INC. Cary, NY, USA. 1028p
- Somarriba, E. 1985.** Arboles de Guayaba (*Psidium guajava* L.). En Pastizales. II Consumo de Fruta y Dispersión de Semillas. Turrialba, 35 (4). 329-332
- Somarriba, E., Beer, J. 1987.** Dimensions, Volumes and Growth of *Cordia alliodora* in Agroforestry Systems. Forest Ecology and Management. 113-126.
- Sosebee R., y Wan, Ch. 1988.** Ecophysiology of range plants. In vegetation science applications for rangelands analysis and management. Ed Paul Tuekker, Kluwer academic publisher. Dordrecht, Netherlands. 635p.
- Stoorvogel, J. y Eppink, G. 1995.** Atlas de la zona atlántica norte de Costa Rica. Programa zona atlántica (CATIE-UAW-MAG). Guápiles, Costa Rica. 84p
- Sterringa, J. 1984.** Escogencia de la regeneración natural más apropiada. CATIE. Turrialba Costa Rica. 70p.
- Tschinkel, H. 1965.** Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Cham. Turrialba 15 (4). 317-324.
- Uhl, C.; Clark, H.; Clark, K. Y Maquirino, P. 1982.** Successional patterns associated with slash and burn agriculture in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. Biotropica 14 (4): 249-254
- Uhl, C.; Jordan, C. 1984.** Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. Ecology, 65(5): 1476-1490.
- Valdivieso, R. 1997.** Crecimiento del laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pavon) Oken) como componente maderable de sistemas agroforestales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70p.
- Viera, C. y Barrios, C. 1997.** Exploración sumaria de la producción de maderas en potreros de la zona ganadera de Esparza, especies, manejo y dinámica del componente maderable. SP. Trabajo Domiciliario. Curso Manejo Forestal II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 34p.
- Von Platen, H., y Luján. 1993.** Precios de la madera en Costa Rica. Resúmenes Semana Científica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Zech, W.; Bergmann, CH.; Stuhmann, M.; Schneider, B. 1994.** Metodología práctica para la identificación de sitios para reforestación en la zona norte de Costa Rica, en especial con melina y laurel. COSEFORMA. Documento del proyecto no. 39(CR). 53p.

## DAMAGES, MORTALITY AND QUALITY IN DIFFERENT GROWTH STAGES OF NATURAL REGENERATION OF LAUREL (*Cordia alliodora*) WITHIN PASTURES IN THE HUMID AND SUB-HUMID ZONES OF COSTA RICA

### Abstract

This study identified different damages, mortality and quality in four growth stages of natural regeneration of laurel (*Cordia alliodora*): seedling, sapling, young trees and matured trees; within pastures in the humid zone of Guapiles and the sub-humid zone of Esparza, Costa Rica. This study was conducted in 60 sites and used temporal plots in a nested sampling design. The results showed that saplings were more susceptible to damage with 43% of damages whereas trees had 13% of damages. The mortality also was higher with saplings. In terms of quality, young and old trees had better growth forms in Guápiles than in Esparza, the number of individuals with good shape had high correlation with the number of individuals without damages. For seedling, sapling and young trees the damage caused by cut stem (93.5, 73.5, 81%, respectively) was more frequent and the majority of matured trees were damaged by parasite infection (97%). Damages for cut stem showed relationship with manual weed control (use of cutlass), cattle defoliation and were less when the populations of fruit trees in pastures were greater. For the tree populations, problems for parasites were more important where greater moisture exist and lack of silvicultural practices. In general the damages are different according to stage of growth with saplings being more susceptible to damage. Damaged caused by cattle defoliation is more important for saplings and young trees and depends with cow densities. Soil degradation and wet conditions favored tree damages but better quality of the trees were found in the humid zone.

### 3. DAÑOS, MORTALIDAD Y CALIDAD EN DIFERENTES ESTADOS DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*). EN POTREROS DEL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA.

#### Resumen

Se identificaron diferentes tipos de daños, la mortalidad y calidad, en cuatro estados de la regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*), plántulas, brinzales, latizales y fustales, dentro de potreros de las zonas húmeda de Guápiles (precipitación = 4000 mm promedio anual, temperatura media = 25°C, suelos ácidos y topografía plana) y 30 en la sub-húmeda de Esparza (precipitación = 2000 mm promedio anual, temperatura media = 27°C, suelos neutros y topografía quebrada), Costa Rica. El estudio se realizó dentro de 60 sitios y se trabajó con parcelas temporales en diseño con muestreo anidado. Se encontró 43% de los brinzales con daños, siendo el estado de la regeneración más susceptible, los fustales con 13%, fueron los menos afectados. La mortalidad también fue mas alta en los brinzales y la evaluación de calidad mostró con mejor forma individuos en Guápiles los cuales correlacionaron altamente el número de árboles sin daños. Para plántulas, brinzales y latizales el daño más frecuente fue el tallo cortado (93.5, 73.5 y 81% respectivamente) y la mayoría de fustales presentaron parasitas (97%). Los daños por tallo cortado se relacionaron con el control de malezas manual, el ramoneo con la presencia de ganado disminuyendo cuando aumentó la población de frutales. Para fustales problemas por parásitas fueron más importantes en condiciones húmedas y por ausencia de prácticas silviculturales. En general los daños variaron de acuerdo al estado de desarrollo pero los brinzales fueron los más susceptibles, el ramoneo fue importante en brinzales y latizales e incrementó con mayor carga animal, suelos degradados y condiciones húmedas beneficiaron los daños en fustales y la calidad de los árboles fue mejor en la zona húmeda.



### 3.1 INTRODUCCIÓN

La crisis actual de la ganadería por la reducción en los precios de carne y leche y degradación ambiental (Pomareda *et al* 1997) hacen que la presencia de árboles maderables en los potreros, sea una alternativa para la diversificación de fincas ganaderas, con importancia económica y ambiental (Barrios 1998). Dentro de las fincas ganaderas de las zonas de Guápiles y Esparza, Costa Rica, es común observar regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*) (Kampen 1996; Viera y Barrios 1997), especie promisoría en sistemas silvopastoriles, con autopoda, copa angosta y madera de buen mercado (Perez 1954; Greaves y McCarter 1990; Kampen 1996).

La falta de conocimiento de los productores sobre el manejo silvicultural, enfermedades y la susceptibilidad del laurel a prácticas de control de malezas en la pastura, puede generar problemas en la calidad y mortalidad, equivalentes a pérdidas económicas. La especie tolera el viento por la flexibilidad de sus fustes, pero cuando son maduros y han tenido problemas en el desarrollo radicular, pueden quebrarse (Nail y Barrant 1987). En Costa Rica dentro de sistemas agroforestales, se ha detectado el hongo *Puccinia cordiae* (Johnson y Morales 1972) que causa heridas importantes en el fuste, problemas de defoliación debidos a *Dyctyla monotropidia* (Lepidóptera, Pyralidae) (Somarriba y Dominguez 1994) y la parásita *Phoradendron robustisium* (Viscaceae) sobre su fuste (Somarriba y Beer 1986).

El establecimiento de leñosas en potreros tiene algunas limitaciones, debido a daños por ramoneo y pisoteo del ganado (Barrios, 1998). Sin embargo, pocos estudios sobre la especie han hecho énfasis al respecto y tampoco sobre la influencia de las prácticas de manejo de la pastura, comúnmente utilizadas por los productores ganaderos.

El objetivo de este estudio es evaluar daños, mortalidad y calidad de la regeneración natural de laurel dentro de potreros y conocer el efecto de diferentes condiciones de manejo y de sitio sobre estos, en dos zonas ecológicamente distintas.

## 3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.2.1 Zona de estudio

El estudio fue realizado en Costa Rica entre febrero y septiembre de 1999, dentro de 60 sitios, 30 en fincas de la zona atlántica norte, Cantón de Guápiles, Provincia de Limón (83° - 84° W y 11° - 10°N), con precipitación media anual cercana a los 4000 mm y temperatura promedio de 24°C; y 30 en fincas sobre la costa pacífica central, Cantón de Esparza, Provincia de Puntarenas (84° - 85°W y 10°- 09°N), con precipitación cercana a los 2000 mm promedio anual y temperatura media de 28°C.

### 3.2.2 Definición de los sitios de muestreo

Siguiendo un esquema de muestreo aleatorio dirigido, la elección de los sitios de muestreo tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- ❖ Ganadería activa
- ❖ Influencia de árboles adultos (semilleros) de laurel por lo menos a 100 m de distancia. El rango de influencia se definió, con base en un área probable de dispersión de la semilla (Perez 1954; Tschinkel 1965; Boshier y Lamp 1997).
- ❖ Anuencia del finquero.

### 3.2.3 Evaluación de daños mortalidad y calidad de la regeneración natural

En los sitios seleccionados, aleatoriamente se delimitó una parcela circular temporal y la regeneración natural de laurel se cuantificó en un muestreo anidado, para cuatro estados de desarrollo en subparcelas de diferente área; plántulas ( $0.1 \text{ m} \geq \text{altura} < 0.3 \text{ m}$ ) ( $50 \text{ m}^2$  radio 4 m); brinzales ( $0.3 \text{ m} \geq \text{altura} < 1.5 \text{ m}$ ) ( $201 \text{ m}^2$  radio 8 m); latizales ( $1.5 \text{ m} \geq \text{altura}$  y  $\text{dap} < 5 \text{ cm}$ ) ( $452 \text{ m}^2$  radió 12 m) y fustales ( $\text{dap} > 5 \text{ cm}$ ) ( $707 \text{ m}^2$  radio 15 m). Se incluyeron rebrotes de las raíces de los árboles.

Se contabilizó dentro de las parcelas la cantidad de individuos en cada uno de los estados de la regeneración y con base en la población total, se empezaron a evaluar los daños, mortalidad y calidad mediante apreciación visual. Para cada estado de desarrollo, se obtuvo el número total de individuos dañados (tipos de daño), muertos y con buena forma de fuste (Cuadro 13).

Cuadro 13. Características evaluadas en la regeneración natural de laurel

DAÑOS EVALUADOS	PLANTULAS	BRINZALES	LATIZALES	FUSTALES
TOTAL DE INDIVIDUOS DAÑADOS	X	X	X	X
DAÑOS POR RAMONEO	X	X	X	
DAÑOS TALLO CORTADO MANUALMENTE	X	X	X	
QUEMADURAS POR HERBICIDA	X	X	X	
QUEMADURAS POR FUEGO	X	X	X	X
DEFOLIACION	X	X	X	X
ENFERMEDAD	X	X	X	X
CORTEZA DAÑADA	X	X	X	X
FUSTE QUEBRADO				X
PARASITAS SOBRE EL FUSTE	X	X		X
TOTAL DE INDIVIDUOS MUERTOS	X	X	X	X
INDIVIDUOS CON BUENA FORMA*			X	X

### 3.2.4 Características de los sistemas productivos

Una encuesta para cada productor (60), midió la dinámica del uso de la tierra (uso al llegar a la finca, en los últimos cinco años y tiempo de establecidas las pasturas); manejo de la finca actual y pasado (control de malezas, fertilización, carga animal, suplementación) y de los árboles (manejo, usos, restricciones). Se tomaron datos sobre compactación del suelo en la parcela (707 m<sup>2</sup>) obteniendo un promedio de tres mediciones hechas con un penetrómetro manual a 10 cm de profundidad, clases de drenaje de acuerdo a los moteados en el perfil de suelo y la profundidad del nivel freático; y se contabilizó la abundancia de frutales y maderables asociados al laurel.

### 3.2.5 Análisis de los resultados

Se calculó la frecuencia relativa y absoluta de daños y muertes, en los cuatro estados de desarrollo de laurel; y de fustales y latizales con buena forma. Se probó la hipótesis de independencia de los daños, mortalidad y calidad respecto a las características de los sitios y las zonas, a partir de pruebas de contingencia y se hizo un análisis de correlación simple, entre individuos sin daños y con buena forma.

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Evaluación de daños y mortalidad en la regeneración natural de laurel

Los brinzales fueron el estado con más daños (43%) y los menos afectados los fustales (13%). Plántulas, brinzales y fustales, mostraron mayor proporción de daños en Guápiles; y latizales, en Esparza. La mortalidad registrada en general fue baja y el valor más representativo se presentó para brinzales y fustales (Cuadro 14).

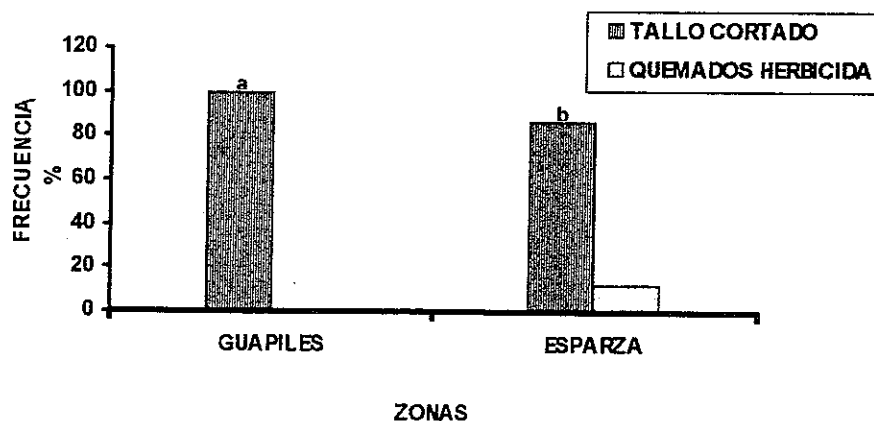
Cuadro 14. Daños y mortalidad registrados en la regeneración natural de laurel. Guápiles y Esparza, Costa Rica

ESTADO DE DESARROLLO	POBLACION TOTAL No.			POBLACION CON DAÑOS (%)			MORTALIDAD (%)		
	GUAPILES	ESPARZA	TOTAL	GUAPILES	ESPARZA	TOTAL	GUAPILES	ESPARZA	TOTAL
Plántulas	168	248	416	26*	12.5*	18	0 <sup>sa</sup>	0.8 <sup>sa</sup>	0.5
Brinzales	303	429	732	50*	39*	43	1*	3*	2.2
Latizales	261	145	406	18 <sup>ns</sup>	22 <sup>ns</sup>	19.5	0 <sup>sa</sup>	1.5 <sup>sa</sup>	0.5
Fustales	594	179	773	16*	3.4*	13	0.7*	4.5*	1.5

\*= diferencias significativas entre zonas ( $p < 0.05$ ), ns= no significativos, sa= valor de 0 en una zona, no análisis estadístico

#### 3.3.2 Tipos de daño registrados en la regeneración natural de laurel

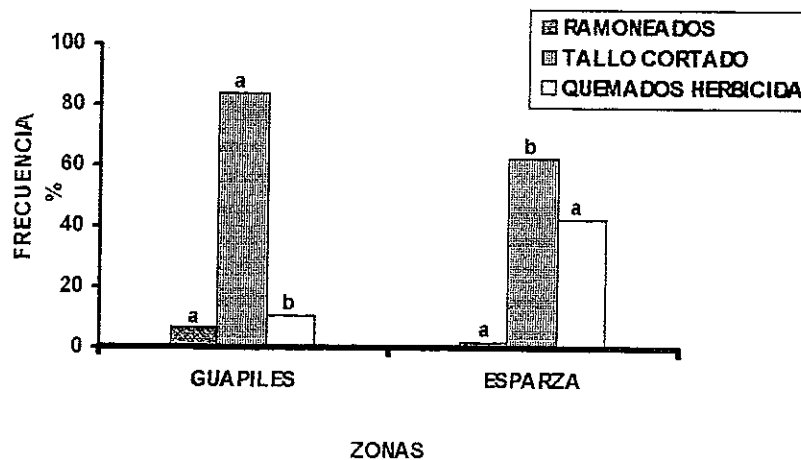
Respecto al total de plántulas dañadas en Guápiles y Esparza, la mayoría presentó tallo cortado 100% y 87%, respectivamente, otros tipos de daño fueron menos importantes (Figura 8).



\* Letras distintas entre zonas, diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Figura 8. Tipos de daño para plántulas de laurel con respecto al total dañadas. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

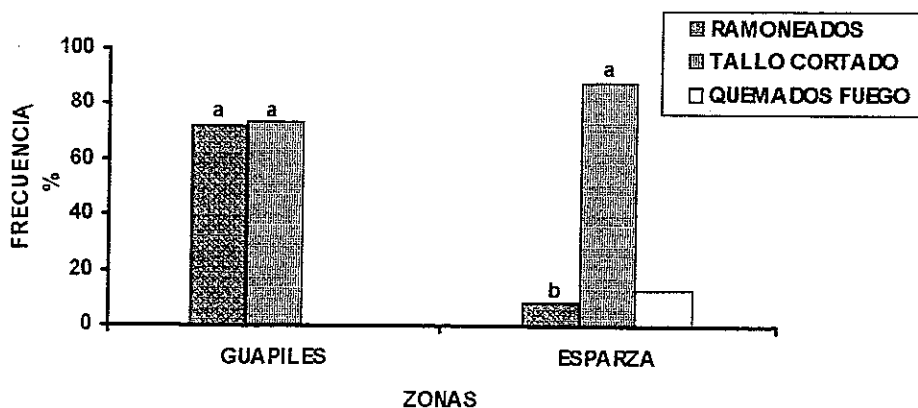
En ambas zonas, la mayor parte de brinzales fueron dañados por cortes en el tallo, 84% en Guápiles y 63% en Esparza. Hubo más quemados por herbicida en Esparza y empezaron observarse árboles ramoneados (Figura 9).



\* Letras distintas entre zonas, diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Figura 9. Tipos de daño para brinzales de laurel, con respecto al total dañados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

De los latizales, 74% en Guápiles y 88% en Esparza, mostraron el tallo cortado, mientras 72% y 9% respectivamente, habían sido ramoneados. Solo en Esparza se observaron quemaduras por fuego (Figura 10).



\* Letras distintas entre zonas, diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Figura 10. Tipos de daño para latizales de laurel, con respecto al total dañados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

El daño más relevante para los fustales, fue la presencia de la parásita *Phoradendron robustisium* sobre el fuste, principalmente en Guapiles (97%), en Esparza las quemaduras por fuego fueron importantes y también se resaltan árboles enfermos de "chancro" en ambas zonas a causa del hongo *Puccinia cordiae*. En general, otros daños fueron menos importantes (Cuadro 15).

Cuadro 15. Tipos de daño para fustales de laurel, con respecto al total dañados. Guápiles y Esparza, Costa Rica.

TIPO DE DAÑO	GUAPILES (%)	ESPARZA (%)
Defoliados	5 <sup>sa</sup>	0 <sup>sa</sup>
Corteza dañada	1 <sup>sa</sup>	0 <sup>sa</sup>
Quemados por fuego	2*	4*
Fuste quebrado	0 <sup>sa</sup>	7 <sup>sa</sup>
Enfermos (chancro)	5 <sup>ns</sup>	6 <sup>ns</sup>
Parásitas sobre el fuste	97*	10*

\*= diferencias significativas entre zonas ( $p < 0.05$ ), ns= no significativos, sa= valor de 0 en una zona, no análisis estadístico

### 3.3.3 Efecto univariado sobre los tipos de daños y mortalidad de plántulas, brinzales, latizales y fustales de laurel

El tallo cortado en plántulas, brinzales y latizales, dependió de la chapia<sup>1</sup>; otras variables como frecuencia de tala y descanso de la pastura, mostraron efecto inverso. El ramoneo en brinzales y latizales, resultó dependiente de mayor número de animales, intensidad alta para control de malezas, más días de pastoreo, menor descanso de la pastura y abundancia baja de frutales y maderables. Quemaduras por herbicida y fuego, en cada caso dependieron de este tipo de práctica. Fustales defoliados, se asociaron a carga animal alta y compactación del suelo, disminuyendo cuando se suplementaba el ganado. Es posible la defoliación por insectos (*Dyctila monotropidia*), aunque no se encontraron evidencias de su presencia. El fuste quebrado, dependió de la intensidad de las prácticas y el pastoreo. La presencia de parásitas de la ausencia de prácticas silviculturales como raleos y podas y árboles enfermos con "chancro", se asociaron a sitios con drenaje moderado (Cuadro 16).

<sup>1</sup> Eliminación manual de la vegetación, mediante corte utilizando un cuchillo o machete y realizada como control de malezas dentro de las pasturas

La mortalidad de plántulas y brinzales, no mostró dependencia de las variables evaluadas, sin embargo fue mas frecuente en sitios con más diversidad de tipos de daño. En latizales y fustales, se relacionó con el manejo más intenso de la finca y prácticas de quemas; tendiendo a ser menor con más días de descanso de la pastura y mayor área de la finca (Cuadro 16).

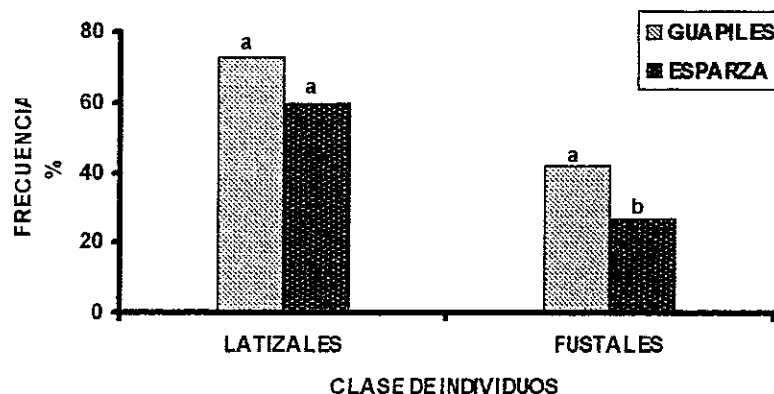
Cuadro 16. Relaciones significativas ( $P < 0.05$ ), entre variables y tipos de daño para diferentes estados de la regeneración natural de laurel.

VARIABLES	TIPOS DE DAÑO								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Chapia		Pabc / Ba							
Frecuencia de chapia	Bab								
Frecuencia de herbicida			Bab				Fab		Fa
Frecuencia de tala		Pc							Lac
Frecuencia de quemas	Lc			Fac / Lc			Fac		Lc
Quema y Herbicida al establecer pasto							Fab		
Mano de obra adicional		Bb / La							
Carga animal	Bab				Fab				
Numero de animales	La								Lac
Días de descanso de la pastura	La	Pc					Fab		
Días de pastoreo	La						Fab		Lac
Escasez de pasto							Fab		Lac
Suplementación		Pb			Fab		Fab		
Area de la finca									Lac
Manejo silvicultural								Fb	
Maderables asociados	Labc								
Frutales asociados	Labc								
Drenaje						Fa			
Compactación					Fa				

1= ramoneo 2= tallo cortado 3= quemaduras por herbicida 4= quemaduras por fuego 5= defoliación 6= enfermos 7= fuste quebrado 8= parásitas 9= mortalidad. P= plántulas B= brinzales L= latizales F= fustales. a= total de los sitios b= Guápiles c= Esparza.

### 3.3.4 Calidad según la forma del fuste en latizales y fustales de laurel

Fustales con buena forma fueron significativamente ( $P < 0.05$ ) más frecuentes en Guápiles que en Esparza (42 vs 27%). Los latizales, aunque no mostraron diferencias significativas, fueron más abundantes con buena forma en Guápiles (73%) que en Esparza (60%) (Figura 11). Se encontró una alta correlación significativa ( $P < 0.01$ ) entre la cantidad de fustales y latizales de buena forma y la ausencia de daños, así mismo dependencia del uso comercial de la madera ( $P < 0.001$ ) y de prácticas de manejo silvicultural como raleos y podas ( $P < 0.05$ ). Control de malezas intenso ( $P < 0.05$ ) y carga animal alta ( $P < 0.05$ ), mostraron efectos desfavorables.



\* letras diferentes entre zonas son estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ )

Figura 11. Porcentaje de latizales y fustales con buena forma en las zonas de Guápiles y Esparza. Costa Rica.

### 3.4 DISCUSION

#### 3.4.1 Daños y mortalidad registrados en cada estado de desarrollo

El grado de exposición que depende del tamaño de los individuos y la resistencia adquirida a medida que los tallos se van lignificando y son más fuertes, son los aspectos más relevantes en la susceptibilidad a los daños. Esto se observó, en experimentos con *P. saman* en potreros, donde las plantas pequeñas y expuestas, eran normalmente las más dañadas, pero en la medida que fueron más grandes, ganaron resistencia por la lignificación de sus tallos (Barrios 1998).

Los brinzales de laurel resultaron los más susceptibles a daños, debido a que sus dimensiones los hacen más vulnerables a cortes cuando se realizan desmalezados y el ganado tiene fácil acceso sobre ellos. Una situación similar fue descrita para arbolitos de *Pithecellobium* y *Enterolobium*, que mostraron ser alcanzados por el ganado desde etapas tempranas de desarrollo (Hatheway y Baker 1970).

Las plántulas no sobresalen sobre la gramínea, por ello cuando se hacen chapías generalmente no son cortadas, porque no siempre son observados por quien realiza



esta labor. Así mismo, el ganado no las ramonea porque primero encuentra el follaje del pasto. No obstante, si las plántulas no son comidas, pueden ser pisoteadas (Hart y Norton 1988), que puede ser mas grave considerando que un animal adulto puede ejercer una presión de  $1.7 \text{ Kg cm}^{-2}$  (Bezkorowajnyj *et al* 1993).

Los latizales son más estables y se encuentran en una etapa que ha superado diferentes obstáculos ecológicos y de manejo de la pastura, tienen tejidos más fuertes y a veces dimensiones que los ponen fuera del alcance del ganado para ser ramoneados. Esta etapa es crucial y es importante su resistencia a ataques por ramoneo para el éxito de la regeneración natural de leñosas (Archer 1995). Los fustales, representan el estado más estable de acuerdo con la frecuencia de daños encontrada, aunque con alta probabilidad de tenerlos y su mayor exposición en el tiempo a los agentes causantes de daños más diversos y severos.

La mortalidad baja registrada en los estados más jóvenes e inestables, se puede relacionar con que muchos individuos en estos estados mueren, pero sus rastros no perduran en el tiempo por sus pequeñas dimensiones. De otro lado, mayor frecuencia de individuos muertos en Esparza en todos los estados, se asocia con un control de malezas más intensivo en esta zona y quemas dentro de un alto porcentaje de los sitios (60%), práctica que puede causar la muerte de muchas especies y deteriora otras condiciones del entorno (Brinkmann y Viera 1971; Lal 1987).

#### **3.4.2 Tipos de daños registrados para cada estado de desarrollo**

Los daños encontrados en plántulas, muestran que son causados en el control de malezas con chapias principalmente y algunos por la aplicación de herbicida. Los brinzales, al ser más vistosos para el ganado empiezan a ser ramoneados y quizás por su mayor área foliar respecto a las plántulas, se observa mayor número afectados por quemaduras con herbicida. Sin embargo, el daño más frecuente sigue siendo el tallo cortado que se genera en las prácticas de chapias.

Casi la mitad de los latizales dañados tiene un efecto fuerte del ramoneo, indicando que es el estado al cual el ganado se acerca más frecuentemente. Sin embargo, el tallo cortado fue más frecuente. Es posible, que gran parte soporten los daños y puedan seguir adelante con su desarrollo, como lo han mostrado algunos estudios (Pérez 1954). Las quemaduras por fuego de épocas pasadas, muestran que su efecto perdurable y a la vez severo.

La tendencia para tipos de daño, es igual al interior de las dos zonas para plántulas, brinzales y latizales. Pero mayor utilización de herbicidas en Esparza que en Guápiles (83% vs 70%), mano de obra adicional (77 vs 53%) y quemas (60% vs 3%), pudieron generar un incremento en las quemaduras por herbicida en plántulas y brinzales y por fuego para latizales. De igual manera, menos daños por ramoneo en brinzales y latizales para esta zona, se asocian a menor carga animal promedio respecto a Guápiles (1.0 vs 1.7 UA ha<sup>-1</sup>). De otro lado, la abundancia de frutos en el verano de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y de palmas de coyol (*Acrocomia vinifera*) que usualmente consume el ganado, pueden influir en la reducción del ramoneo de especies como el laurel.

Diferentes tipos de daños en fustales, se deben mayor exposición durante el tiempo a los agentes causantes, lo que implica una mayor probabilidad de ser afectados. El más común que fueron las parásitas en Guápiles, se asocia con mayor adaptabilidad de éstas a condiciones húmedas. El laurel que presenta autopoda hasta cierta edad (Greaves y McCarter 1990), mientras crece pierde las ramas inferiores que pueden tener parásitas y les dificulta su establecimiento en el árbol, pero cuando se suspende el proceso permanecen en él causando daños. Árboles en zonas húmedas, tienen cierta predisposición a verse infectados por chancro (Greaves y McCarter 1990), sin embargo las diferencias entre zonas no mostraron esta tendencia y resultaron similares. La defoliación es posible que haya sido a causa de insectos, con base en estudios anteriores en zonas húmedas donde se ha registrado la defoliación a causa de *Dyctilia monotropidia* (Somarriba y Dominguez 1994; Lujan *et al* 1996), sin embargo al no encontrar evidencias del insecto y de acuerdo a la época de muestreo, puede asociarse a la pérdida de follaje en verano (Pérez 1954).

### **3.4.3 Relación entre las características de los sitios y su manejo con los tipos de daños y mortalidad en plántulas, brinzales, latizales y fustales.**

Los grupos de variables que ejercen efectos a favor y en contra de los daños dentro de la regeneración natural de laurel, son los mismos. El control de malezas, las quemas, mayor número de animales, ciclos de pastoreo largos y contratación de mano de obra adicional, favorecieron los daños; de otro lado, en fincas grandes, con potreros extensos, periodos de descanso largos y donde había extracción comercial de madera, fueron menores los daños. El primer grupo de variables implica labores antrópicas asociadas a los sistemas de producción y el representa lugares más espaciados, manejados con menor intensidad y aquellos donde el productor explota la madera y se preocupa por mantener la regeneración en buen estado.

Cuando los tipos de daño se evalúan individualmente, no hay modificaciones en los grupos de variables que generan incidencia sobre estos y la tendencia es la misma dentro de las zonas. Los tallos cortados se generan por chapia e influyen en forma inversa ciclos de descanso largos, potreros grandes y fincas extensas. Periodos donde no se practican desmalezados, favorecen la presencia de especies de la regeneración en los potreros (Concklin 1987). Así mismo, el periodo de abandono más largo es un indicador de la recuperación de la composición y estructura vegetal (Uhl 1982 y Aide 1996) y aunque en los sitios estudiados un periodo de descanso no sería de años, es probable que las especies ya establecidas se beneficien en tiempo cortos.

La presencia de brinzales y latizales ramoneados, se incrementa con mayor carga animal, al aumentar la competencia por alimento dentro de la pastura, al igual que daños cuando el ganado se rasca contra los árboles. Así mismo, el manejo intensivo del control de malezas, ciclos de pastoreo largos y cortos de descanso, los favorecen. Brinzales y latizales de otras especies en potreros, han mostrado estar más expuestos al ganado, porque su follaje puede ser fácilmente visto y alcanzado (Hatheway y Baker 1970). Estudios realizados en Vanatu, muestran que la corteza de laurel no es palatable para el ganado y esto contribuye a menor incidencia de daños, no obstante se debe tener en cuenta problemas por pisoteo (Neil y Jacovelli 1985).

Según los productores, en la época de verano (cuando se hizo el muestreo) la productividad del pasto baja notablemente, situación que podría obligar al ganado al consumo de laurel. Lo cual es posible, porque especies de árboles jóvenes, pueden resultar atractivas para el ganado por almacenar reservas durante la época seca (Janzen 1981; Skerman *et al* 1991) y seguramente en periodos lluviosos con pastos de buena calidad, los daños no sean tan severos por ramoneo. La relación entre menor cantidad de latizales y brinzales ramoneados, con abundancia de maderables y de frutales asociados, se debe probablemente a que bajo la sombra de maderables el pasto se favorece con menos estrés calórico y puede ser más palatable para el ganado (Brostein 1984). Árboles como *Enterolobium cyclocarpum* comunes en Esparza, producen frutos que son consumidos por el ganado, igual que frutales que pueden ser abundantes en la zonas de estudio y de los cuales se ha registrado consumo por ganado como *Guazuma unimifolia*, *Psidium guajava*, *Acronomia vinifera* (Somarriba 1985; Franco 1997; Giraldo 1998).

La defoliación de fustales por efecto de practicas de quemas y aplicación de herbicida en el momento de establecer la pastura, es el resultado de condiciones de establecimiento más intensas, que pueden dejar árboles muy susceptibles a perder el follaje o sin este, además de características de sitio poco favorables para su desarrollo. Esto se corrobora con la relación entre quemaduras por fuego en latizales y fustales y la frecuencia de quemas, considerando estudios en zonas donde se han realizado estas prácticas, que muestran condiciones del suelo deterioradas y efectos nocivos sobre la vegetación (Lal 1987). Así mismo, en suelos degradados donde la condición de nutrientes foliares en el laurel es baja, se presenta una relación con los estados cloróticos y enfermizos de los árboles (Begrmann *et al* 1994).

La presencia de parásitas se asocia también a la ausencia prácticas silviculturales, que implica que no solo las causas naturales hacen posible este daño, reportado para laurel en sistemas agroforestales de la zona húmeda (Somarriba y Beer 1986). De otro lado, la relación entre el drenaje moderado del suelo y el número de árboles enfermos, podría explicarse por la asociación con sitios de mayor humedad, teniendo en cuenta que problemas con *Puccinia cordiae* para laurel en Costa Rica, han sido asociados a

sitios con problemas por exceso de humedad (Johnson y Morales 1972; Somarriba y Beer 1986), aunque los resultados hayan mostrado un valor levemente más alto en Esparza, pero en sitios con mal drenaje.

Existen relaciones entre el estado de salud de los árboles de laurel y el suministro de nutrientes, porque al dificultarse la toma de nutrientes el árbol es más susceptible y se afecta su estado de salud (Bergmann *et al* 1994). La dependencia entre el fuste quebrado y el uso de herbicidas, frecuencia de quemas, pastoreo intensivo y escasez de pasto; puede ser el producto de influencia a través de los años de prácticas intensivas, donde el suelo se ha degradado y los árboles se han crecido con fustes endebles y con cortezas débiles. Otros estudios muestran que la quebradura del fuste se asocia con rodales viejos, así como el volcamiento a suelos poco profundos donde la raíz se había podrido (Nail y Barrance 1987).

Es posible que la mortalidad en los estados más jóvenes (plántulas y brinzales), aparezca como consecuencia de un tipo de daño, razón por la cual se observó mayor frecuencia en los sitios con más diversidad de daños y no se relaciono con las características de los sitios estudiadas. En latizales, la mortalidad aumentó con practicas intensivas y disminuyó cuando se tenían áreas grandes y periodos de descanso largos. Indicando que parte de los árboles dañados por ramoneo, quemas o tallo quebrado, pueden llegar a morir. Para fustales, se observó influencia directa de las quemas, realizadas durante los últimos años, cuyo efecto dejó marcas claras en estos individuos. Es importante resaltar, algunos estudios donde se ha observado la mortalidad se puede favorecer por efecto de la pendiente (CATIE 1994; Kapp y Beer 1995). Acentuándose más en este estudio en los lugares donde más se practican las quemas, que están en posiciones inclinadas de la zona de Esparza.

#### **3.4.4 Evaluación de la forma de latizales y fustales y su relación con algunas variables**

Porcentajes altos de latizales con buena forma y menor proporción en estado de fustales, indica que hay problemas entre las dos etapas que impiden que individuos

con buena forma llegue igual al estado de fustales. Situación mas acentuada en Esparza, donde el déficit hídrico durante gran parte del año y una alta radicación, implican que el crecimiento del fuste no sea recto. Es posible, que siendo menos población se reduzca la competencia intra específica y los individuos empiezan a crecer con mayor libertad, tendiendo a bifurcarse (Barrios, 1998).

Es factible que los sitios donde se hace una extracción más continua de madera y su carácter sea comercial, presenten mejores características, además porque tienen prácticas de manejo silvicultural. Prácticas de control de malezas, podrían generar mala forma de los árboles cuando se hacen con gran intensidad, considerando la relación entre individuos sin daño y los que tiene buena forma.

### 3.5 CONCLUSIONES

Los daños para la regeneración natural de laurel en potreros, varían de acuerdo al estado de desarrollo, siendo los brinzales los más susceptibles. Plántulas, brinzales y latizales, son principalmente dañados por corte en sus tallos, el ramoneo es más frecuente en la medida que se van desarrollando hasta latizales y los daños en fustales, son de diferente tipo y se asocian con el mayor tiempo de exposición a los agentes causantes siendo el más común la presencia de parásitas.

Los productores han sido el principal agente generador de daños, a través del control de malezas con chapias para los tres primeros estados de desarrollo y la ausencia de manejo silvicultural ha incidido en mayor presencia de daños en fustales. Las particularidades de cada zona, el sistema de producción ganadero y condiciones ambientales, son importantes en la definición de daños de acuerdo a cada estado de desarrollo.

Daños por ramoneo, fueron comunes en el estado de brinzales y latizales y resultaron favorecidos cuando las condiciones de manejo de la pastura, eran más intensas. Los maderables y frutales asociados al laurel, contrariamente pueden ser una estrategia

para disminuir los daños por ramoneo, debido a sus efectos benéficos de sombra y alimento para el ganado. Para fustales, aparentemente sitios con suelos degradados, mayor humedad y la permanencia en el sitio predisponen los daños.

La proporción de mortalidad para la regeneración natural de laurel en potreros no fue tan relevante. En los primeros estados de desarrollo, seguramente influyó que al momento de muestreo pueden ya no existir rastros de individuos muertos. Se observa además que hay mayor número de muertes cuando existe mayor diversidad de daños, indicando que estos pueden estar causando mortalidad. En fustales y latizales, el manejo intensivo y los sitios degradados fueron los factores más relevantes en relación con la mortalidad. Destacando las quemas como la práctica de mayor incidencia.

Bajo condiciones de mayor humedad (Guápiles), latizales y fustales con buena forma de fuste fueron proporcionalmente mayores y se observó un efecto positivo de las prácticas silviculturales (podas y raleos) sobre estos. La correlación entre árboles sin daños y su calidad en términos de forma, podría implicar que los daños están afectando la calidad de los árboles, lo que generaría problemas de aceptación en el mercado de la madera y pérdida de ingresos para los productores.

### **3.6 RECOMENDACIONES**

Prácticas de control de malezas menos intensivas y evitando hacerlas sobre maderables en potreros puede disminuir notablemente los daños más comunes. De otro lado, no se recomiendan las quemas debido a su impacto severo sobre los árboles.

Ciclos de pastoreo regulados y la promoción de árboles maderables y frutales cuyos frutos sean consumibles por el ganado. Pueden disminuir el ataque por ramoneo a los árboles por el ganado.

Realizar prácticas de manejo silvicultural como raleos, podas y limpieza de parásitos, puede beneficiar la calidad de los árboles y disminuir los niveles de daño sobre estos.

### 3.7 REFERENCIAS

- Aide, T.; Zimmerman, K.; Rosario, M, y Marcano, H. 1996. Forest Recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico. *Biotropica* 28 (4a): 537-548
- Archer, S. 1995. Herbivore mediation of grass-woody Plants interaction. Harry Stobbs Memorial Lecture. *Tropical Grassland*. 29 . 218-235
- Barrios, C. 1998. Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas foestales para la protección de arbolitos en potreros. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa rica. 93p
- Bergmann, C., Stuhmann, M., Zech, W. 1994. Site factors, foliar nutrients level and growth of *Cordia alliodora* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. *Plant and Soil* 166. 193-202.
- Bezkorowajnyj, P.; Gordon, A.; y McBride, R. 1993. The effect of cattle foot traffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agoforestry system* 21: 1-10
- Boshier, A. y Lamp. T. 1997. *Cordia alliodora* genética y mejoramiento de árboles. Oxford forestry institute Department of plant sciences. University of Oxford. *Tropical forestry papers*.
- Brinkmann, W. y Viera, A. 1971. The effect of burning on germination of seeds at diferente soli depth of various tropical tree species. *Turrialba* 21: 77-82
- Bronstein, E. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora* , con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110p.
- CATIE. 1994. Manejo y crecimiento de linderos: Resultados del proyecto agroforestal CATIE/GTZ, de tres especies maderables en la zona de Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico No. 224. 94p.
- Concklin, N. 1987. The potencial nutritional value to cattle to some tropical browse species for Guanacaste, Costa Rica. Thesis PhD. Cornell University 154p
- Franco, M. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción doble propósito en el trópico sub-húmedo de Costa Rica. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 75 p
- Giraldo, L. 1998. Potencial forrajero de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Conferencia Electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. 13p.
- Greaves, A., McCarter, P. 1990. *Cordia alliodora*, A promising tree for tropical agroforestry. *Tropical Forestry Papers* No. 22. 37p
- Hart, R., y Norton, B. 1988. Grazing management and vegetation responce. in handbook of vegetation science. vegetation science application for rangelands analisis and management. Paul Tueller (ed). Kluwer Academic Publisher. Dordretch, Netherlands. Pp 493-525.



- Hatheway, W y Baker, H. 1970. Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*. Further information. *Evolution* (24). 253-254
- Janzen, D. 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seeds passage rate and survival in horses. Costa Rican pleistocen seed dispersal agents. *Ecology*, 62 (3): 593-601.
- Johnson, P., y Morales, R. 1972. A Review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba (22): 210-220.
- Kampen, P. 1996. Trees in grassland. The influence of the trees on grass production within sylvopastoral systems of the atlantic zone of Costa Rica. Proyecto REPOSA (CATIE, MAG Wageningen University). Report No. 104. Field report No. 149. 33p
- Kapp, G y Beer, J. 1995. A comparison of agrisilvicultural systems with plantation forestry in the Atlantic low lands of Costa Rica. *Agroforestry systems* 32:207-223.
- Lal, R. 1987. Tropical ecology and physical edaphology. John Wiley y Sons. New York. EUA.328p
- Luján, R.; Beer, J. y Kapp, G. 1996. Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el valle de Sixaola, Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico, No. 241. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 73p.
- Neil, P., Jacovelli, P. 1985. Agroforestry as aid to rational rural development in Vanuato. *Commonwealth Forestry Review* 64 (3): 259-266.
- Neil, P. Barrance, A. 1987. Cyclone damage in Vanatu. *Commonwealth Forestry review* 66: 255-264
- Perez, C. 1954. Estudio forestal de laurel *Cordia alliodora*(R.&P.)Cham, en Costa Rica. Tesis Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 209p
- Pomareda, C.; Perez, E.; Ganoza, V.; Matamoros, M. y Javier, O. 1997. La ganadería e industrias afines en Honduras: desafíos y propuestas para su modernización. 75p.
- SAS/STAT. 1991. User' s Guide, Release 6.03 Edition. SAS instituteINC. Cary, NY, USA. 1028p
- Skerman, P.; Cameron, D. y Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO.697p.
- Somarriba, E. 1985. Arboles de Guayaba (*Psidium guajava* L.). En Pastizales. II Consumo de Fruta y Dispersión de Semillas. Turrialba, 35 (4). 329-332
- Somarriba, E. y Beer, J. 1986. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia aliadora* en sistemas agroforestales. ST. BT No. 16.CATIE, Turrialba, Costa Rica, 23p.
- Somarriba, E., Dominguez, L. 1994. Maderables como alternativa a la sustitución de sombra en cacaotales establecidos manejo y crecimiento. Serie Técnica, Informe Técnico, No. 240. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 95p.
- Tschinkel, H. 1965. Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Cham. Turrialba 15 (4). 317-324.

Uhl, C.; Clark, H.; Clark, K. Y Maquirino, P. 1982. Successional patterns associated with slash and burn agriculture in the upper Río Negro region of the Amazon basin. *Biotropica* 14 (4): 249-254

Viera, C. y Barrios, C. 1997. Exploración sumaria de la producción de maderas en potreros de la zona ganadera de Esparza, especies, manejo y dinámica del componente maderable. SP. Trabajo Domiciliario. Curso Manejo Forestal II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 34p.

## POPULATION DYNAMICS IN THE EARLY PHASE OF ESTABLISHMENT OF LAUREL (*Cordia alliodora*) IN CONTRASTING GRASS PASTURES GROWN IN THE HUMID AND SUB-HUMID TROPICS OF COSTA RICA

### Abstract

Four experiments were conducted between may and august of 1999, two in one farm localized in the humid zone of Guápiles (mean annual rainfall of 4000 mm, mean temperature 25°C and acid soils) and two in other farm in sub-humid zone of Esparza (mean annual rainfall = 2000 m, mean temperature = 27°C; and neuter soils). The population dynamics of laurel (*Cordia alliodora*) in the early seedling phase of establishment was studied within *Brachiaria decumbens* and *Hyparrhenia rufa* in Esparza; and *Cynodon nlemfuensis* and *Ischaemun ciliare* in Guápiles. Measurements were taken on germination and mortality during one cycle of 80 days after seed was sown. The experimental design was randomize blocks with split plots and five replicates. Two treatments were made for each grass, with and without grass cover; in Esparza cattle dung was used to determine repellent effect on cattle defoliation. In the humid zone of Guápiles, the germination of laurel was higher in *C. nlemfuensis* swards when grass cover was removed (59 vs 11%), while seedling mortality was in greater when laurel was seeded with grass cover (30 vs 69%). Within *I. Ciliare* swards, germination was higher with grass cover seeding (24 vs 50%) but the mortality was higher in this treatment (85 vs 42%). In the sub-humid zone of Esparza, germination of laurel was higher and mortality lower with seeding with grass cover of *B. decumbens* (28 vs 21%; 55 vs 63% respectively). In *H. rufa* the germination was higher with grass cover (8 vs 6%) but mortality was greater in this treatment (83 vs 76%). The use of dung as a repellent, did not show positive effect in defoliation of laurel probably because a higher percentage of seedlings were damaged by treading. The environmental conditions (moisture and temperature) and growth habit of grasses affected the germination and survival of laurel.

## 4. DINÁMICA POBLACIONAL EN LA FASE TEMPRANA DE ESTABLECIMIENTO DE LAUREL (*Cordia alliodora*), DENTRO DE CUATRO PASTURAS DIFERENTES. EN EL TRÓPICO HÚMEDO Y SUB-HÚMEDO DE COSTA RICA

### Resumen

El experimento se realizó en Costa Rica entre mayo y agosto de 1999, en la zona húmeda de Guápiles (4000 mm de precipitación promedio anual, suelos ácidos y pendiente plana) y subhúmeda de Esparza (2000 mm de precipitación promedio anual, suelos neutros y pendiente inclinada). Se estudió la dinámica poblacional en la fase temprana de establecimiento de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa*, *Cynodon nlemfuensis* e *Ischaemun ciliare*, a partir de la germinación de semillas y mortalidad de plántulas, en un ciclo de ochenta días, después de la siembra, usando un diseño experimental de bloques completos al azar con parcela dividida. En cada pastura hubo dos tratamientos de manejo, eliminando o no, la cobertura. En Esparza, se usó estiércol líquido como repelente contra el ramoneo del ganado. En Guápiles, la germinación fue significativamente más alta dentro de *C. nlemfuensis*, al eliminar la cobertura del pasto (59 vs 11%) y la mortalidad mayor cuando no se hizo (30 vs 69%). Dentro de *I. ciliare*, hubo más germinación cuando no se eliminó el pasto (24 vs 50%) pero mayor mortalidad (85 vs 42%). En Esparza cuando no se eliminó la cobertura de pasto, en *B. decumbens*, hubo mayor germinación (28 vs 21%) y menor mortalidad (55 vs 63%) y dentro *H. rufa*, la germinación fue más alta cuando no se eliminó la cobertura (8 vs 6%), pero la mortalidad fue mayor con el mismo tratamiento (83 vs 76%). El uso de estiércol como repelente, no mostró resultados significativos y los daños causados fueron por pisoteo del ganado. Las condiciones ambientales la pastura y su hábito de crecimiento, afectan la dinámica del laurel en la fase temprana de establecimiento, con mejor comportamiento, cuando las condiciones de estrés hídrico son menos severas, ya sea por la zona o el tratamiento de manejo aplicado.

## 4.1 INTRODUCCIÓN

En Costa Rica el laurel (*Cordia alliodora*) se encuentra frecuentemente en los potreros, debido a su capacidad de regeneración natural (Kampen 1996; Viera y Barrios 1997). Su rango de adaptación es amplio, pero su mejor comportamiento ha sido en zonas húmedas, con precipitaciones entre 1500 a 3000 anuales, temperaturas de 18 y 25°C y suelos de buenas condiciones físicas y fertilidad moderada (Greaves y McCarter 1990). A pesar de que el valor de su madera no es el más alto, los volúmenes de salida hacia los aserraderos y la preferencia de estos comerciantes por árboles provenientes de potreros, lo hacen promisorio para sistemas silvopastoriles (Viera y Barrios 1997).

Recientemente el CIAT, ha seleccionado especies de pastos mejorados como las Brachiarias, para recuperar pasturas degradadas. Sin embargo, se han encontrado algunas evidencias de efectos negativos de estas sobre el establecimiento de leñosas en potreros (Larb *et al* 1998). Muchos aspectos sobre la dinámica poblacional de laurel dentro de potreros se desconocen y el estudio de las etapas tempranas de desarrollo puede ser punto de partida para investigaciones relacionadas con el manejo y diseño de alternativas silvopastoriles con esta especie.

En este trabajo se estudió la dinámica poblacional en la fase temprana de establecimiento de plántulas de laurel en cuatro pasturas diferentes (dos mejoradas y dos no mejoradas), comúnmente usadas por los productores de estas zonas, retana (*Ischaenum ciliare*) y estrella (*Cynodon nlemfuensis*) para Guápiles en el trópico húmedo; y jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y braquiaria (*Brachiaria decumbens*) para Esparza en el sub-húmedo. Dentro de cada pastura se evaluó el efecto de dos formas de manejo (corte y no corte de la pastura) y en la zona de Esparza se estudió el efecto de la aplicación de estiércol como repelente contra el ramoneo del ganado.

## 4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.2.1 Descripción de la zona de estudio

Los experimentos fueron realizados en Costa Rica entre los meses de mayo y agosto de 1999 uno en la zona atlántica y el otro en el pacífico central. El primero se hizo en una finca de Guápiles, distrito la colonia de San Rafael (N 10°26'48" W 83° 81'87") a 190 msnm. Con sistema de producción de engorde de ganado y una carga animal promedio de 2.1 UA ha<sup>-1</sup>. Suelos ligeramente ácidos (pH5.6), profundos, bien drenados, compactación de 2.1 Kg m<sup>2</sup> y pendiente plana (3%). La precipitación de la zona tiene dos picos altos en julio y noviembre y un promedio anual de 4577 mm con temperatura media de 24.4°C. El segundo se realizó en un finca de la zona de Esparza, ubicada en San Miguel de Barranca (N 10°63'48" W 84° 70'81") a 250 msnm. Con sistema de producción de ganadería doble propósito, carga animal de 1.5 UA ha<sup>-1</sup>. Suelos neutros (pH=6), bien drenados, moderadamente profundos, compactación de 2.1 Kg m<sup>2</sup> y ubicados en relieve quebrado (pendiente 30%). La zona tiene una precipitación con estacionalidad con un periodo de verano fuerte entre noviembre y mayo, con un promedio anual de 2030 mm y temperatura media de 27.2 °C.

### 4.2.2 Fuente de semillas de laurel y tipos de pasturas

Para los experimentos de Guápiles, se uso semilla de laurel del banco de semillas del CATIE, colectada en 1998 en la zona de San Carlos. En Esparza la semilla se recolectó en la zona durante el mes de mayo de 1999 y posteriormente fue seleccionada en el laboratorio de semillas del CATIE. Para las dos fuentes de semillas, se realizaron pruebas de germinación en el invernadero, obteniendo promedios de 75% para la procedente del banco del CATIE y 85% para la de la zona de Esparza.

En los experimentos de Guápiles la pastura no mejorada utilizada fue retana (*Ischaemun ciliare*) y la mejorada estrella (*Cynodon nlemfuensis*), establecidas hace 10 y cuatro años, respectivamente. Durante el experimento, cada una de las pasturas fue

pastoreada una vez con una carga animal de 2.1 UA ha<sup>-1</sup>. En Esparza la pastura natural usada fue jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y la mejorada *Brachiaria decumbens*, que fueron establecidas hace 10 y 2 años, respectivamente. Se realizó un pastoreo durante el experimento con una carga animal de 1.6 UA ha<sup>-1</sup>. En ambos sitios no se interfirió en los ciclos de pastoreo realizados normalmente por el productor.

La *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*), es una gramínea estolonífera, de tallo decumbente y perenne. Se adapta a suelos bien drenados y con baja fertilidad, fácil recuperación después del pastoreo y es excelente competidor con malezas (Miles *et al* 1996). El jaragua (*Hyparrhenia rufa*), es un pasto de crecimiento erecto y en forma de matones, tallos delgados, hojas finas y raíces delgadas con ramificaciones abundantes. Se adapta a climas secos y altas temperaturas, pero necesita al menos de 500mm anuales precipitación, para una producción mínima de materia seca (Daubenmire 1971). El pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), es perenne, rastrero, con entrenudos largos, rizomas y estolones superficiales hasta de 5m. De los nudos crecen las raíces y su principal método de propagación es vegetativo. Se adapta a suelos ácidos y zonas húmedas (Mannetje y Jones 1992). El retana (*Ischaemun ciliare*), es una gramínea perenne de crecimiento erecto, entrenudos vigorosos y sistema radicular decumbente, crece fácilmente en climas húmedos y es buen competidor con malezas y gramíneas (Mannetje y Jones 1992; Kampen 1996).

#### **4.2.3 Dispersión de la semilla, tratamientos, variables de respuesta y diseño experimental**

La cantidad de semillas de laurel que caen al suelo durante la época reproductiva de los árboles, está cercana a 280 semillas m<sup>2</sup>, contabilizadas para un radio de dispersión de 10 m, respecto a la base del tronco (Boshier y Lamp 1997). En estos experimentos se utilizó una densidad de 160 semillas m<sup>2</sup>, considerando que ya había sido seleccionada y el porcentaje de germinación alto (75 y 85%).

Las variables medidas fueron la germinación y mortalidad acumuladas y su dinámica en el tiempo, con evaluaciones después de 25, 33, 40, 50, 60, 70 y 80 días posteriores a la siembra. La mortalidad se empezó a medir a partir de la segunda fecha (33 días). Finalmente, se evaluó la mortalidad después del pastoreo (70 días) luego de la aplicación del estiércol, solo en la zona de Esparza donde se logró ajustar el ciclo con el productor. La germinación fue medida contando las plántulas que habían emergido, marcando cada una con bandas de caucho (diferente color por fecha), para detectar en la siguiente medición nuevos individuos e identificar los muertos. Para cuantificar el efecto del banco de semillas del suelo y la posible influencia de árboles semilleros, se realizaron muestreos al azar en sitios donde no se había dispersado semillas (dentro y fuera de las parcelas), antes de establecer el experimento y durante cada jornada de medición. Para el cálculo de la germinación se tuvo en cuenta el porcentaje de germinación de las pruebas realizadas en el vivero, para eliminar parte del efecto debido a la semilla.

El diseño experimental utilizado para la germinación y la mortalidad acumuladas dentro de cada pastura, fue de bloques completos al azar (cinco) y dos tratamientos de manejo de la pastura 1) eliminación por corte manual de la cobertura del pasto (chapía) en el sitio donde se regaron las semillas de laurel 2) dispersión de las semillas sobre el pasto sin cortarlo (sin chapía). En la evaluación de la dinámica de germinación y la mortalidad en el tiempo, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con parcela dividida, donde la parcela principal fue el tratamiento eliminación de la cobertura de pasto y la subparcela fue el tiempo (fechas de evaluación post-siembra). Para la mortalidad después del pastoreo, el diseño utilizado fue de bloques completos al azar con parcela dividida, en donde la parcela principal fue el tratamiento de la eliminación de cobertura de las pasturas y la subparcela la aplicación de estiércol como repelente. En cada experimento (uno por cada tipo de pastura), se delimitaron parcelas de 18X12m y en ellas se dispersaron 40 semillas en 30 puntos de 0.25 m<sup>2</sup> de área cada uno (50\*50cm) (160 semillas\*m<sup>2</sup>) (Anexo 6).

#### 4.2.4 Análisis de la información

Se efectuaron análisis de varianza, utilizando un nivel de significancia del 5%. Cuando se encontraron diferencias significativas, se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Tukey. Siempre se realizó una prueba de normalidad sobre los residuos obtenidos en el análisis de varianza. No se realizó transformación de los datos porque cumplieron con el supuesto de distribución normal.

### 4.3 RESULTADOS

#### 4.3.1 Germinación y mortalidad acumulada y su dinámica en el tiempo

En Esparza, dentro de la *Brachiaria* la germinación de laurel fue significativamente ( $P < 0.05$ ) mayor en el tratamiento sin chapia, con una diferencia de 7% más a los 80 días post-siembra, respecto al tratamiento con chapia. En ambos tratamientos, la tasa de germinación en el tiempo mostró diferencias significativas ( $P < 0.001$ ), siendo más alta a los 25 días y posteriormente con un incremento decreciente hasta los 50. Dentro de bloques, se observaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ), mostrando una tendencia a ser mas baja la germinación a mayor pendiente. Dentro del pasto jaragua, la germinación acumulada no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), pero el promedio sin chapia fue levemente superior (6.1 vs 7.7%). Diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) entre bloques evidenciaron una relación inversa entre la pendiente y la germinación. La tasa de germinación fue significativamente mas alta durante los primeros 25 días ( $P < 0.001$ ), posteriormente el incremento predominante fue decreciente (Figura 12).



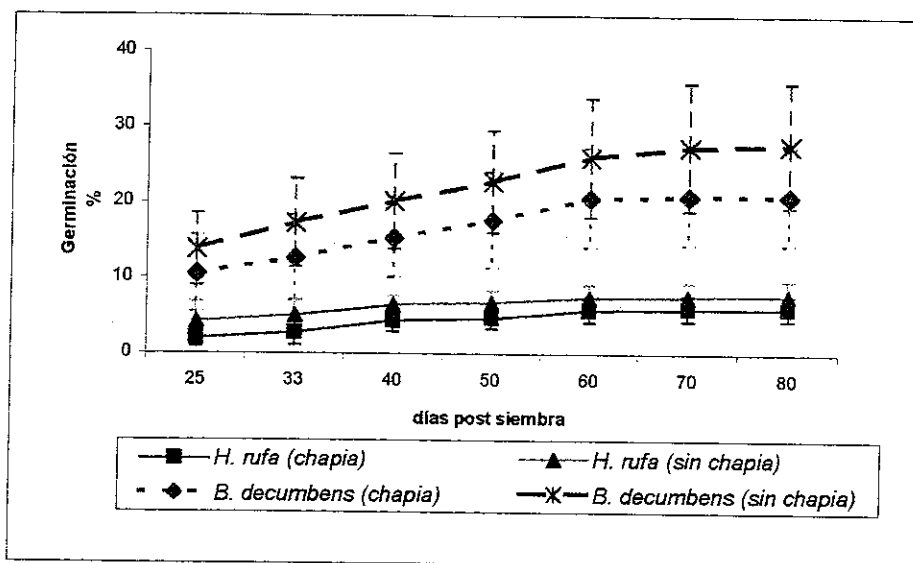


Figura 12. Germinación relativa de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Brachiaria decumbens* e *Hiparrhenia rufa* bajo dos condiciones manejo. Esparza, Costa Rica (líneas verticales sobre la curva, representan la desviación estándar)

En la *Brachiaria* no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la mortalidad de plántulas de laurel ( $P > 0.1$ ), aunque hubo valores más altos cuando se realizó chapia (63.5 vs 55%) y un incremento lineal hasta los 50 días post-siembra en ambos tratamientos. En jaragua, se hallaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la interacción tiempo y manejo, presentando con chapia un incremento lineal creciente entre 25 y 33 días y sin chapia un comportamiento siempre creciente. La mortalidad acumulada no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.1$ ) y con chapia fue levemente mayor (83 vs 76%). En ambas pasturas y tratamientos, después del pastoreo se presentó un fuerte incremento en la mortalidad (Figura 13).

Para Guápiles, en el pasto estrella se encontró una interacción significativa entre tiempo y manejo ( $P < 0.01$ ) con una tasa mas alta de germinación entre los 40 y 50 días (16.7%) e incremento lineal entre 25 y 50 días, para el tratamiento de chapia. Sin chapia, la mayor tasa de germinación fue a los 25 días y luego no hubo cambios marcados durante tiempo post-siembra. Al final de los 80 días, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la germinación acumulada y fue mayor donde se hizo chapia (59.2%) que donde no se realizó (11%). Dentro de bloques, se hallaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ), que indicaron un efecto inverso del mal drenaje del suelo. En el retana, se encontraron diferencias estadísticas para la interacción manejo

tiempo ( $P < 0.001$ ), presentándose toda la germinación durante los primeros 25 días y sin incremento posterior, cuando no hubo chapia. Con chapia, mostró un incremento lineal entre los 50 y 80 días post-siembra, sin embargo al final del ciclo fue significativamente ( $P < 0.05$ ) mayor (25%) en el tratamiento sin chapia.

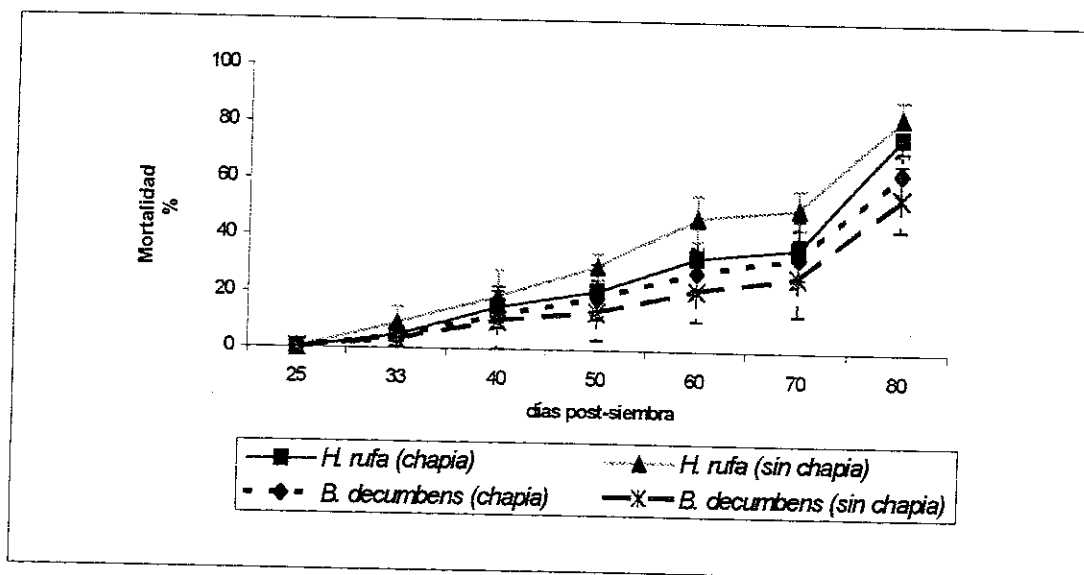


Figura 13. Mortalidad relativa de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Brachiaria decumbens* e *Hypharrena rufa*, bajo dos condiciones de manejo. Esparza, Costa Rica. (Líneas verticales sobre la curva, representan la desviación estándar).

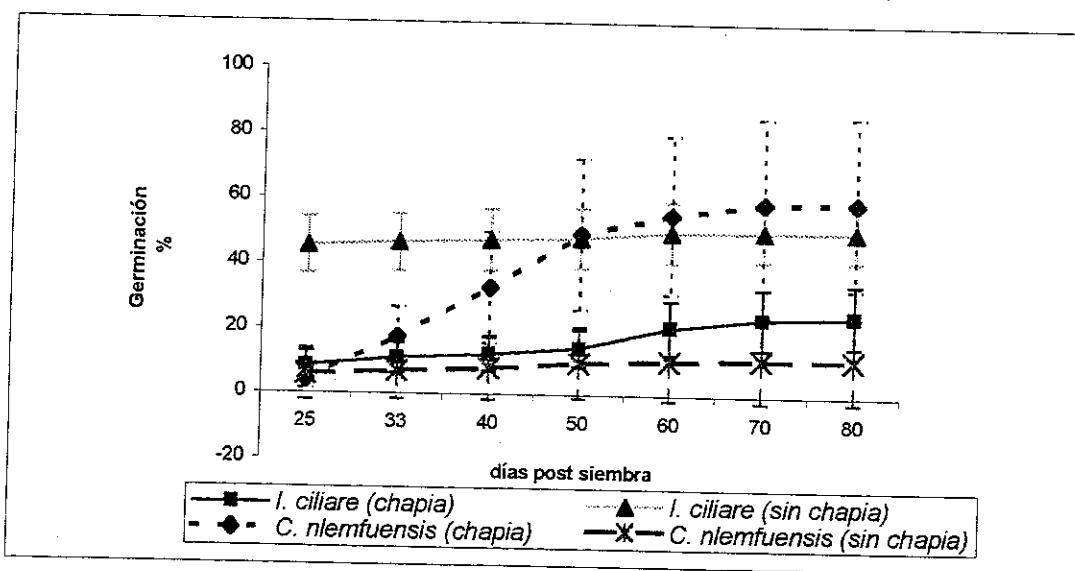


Figura 14. Germinación relativa de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de *Cynodon nlemfuensis* e *Ischaemun ciliare*, bajo dos condiciones de manejo. Guápiles, Costa Rica (líneas verticales sobre la curva, representan la desviación estándar).

En el pasto estrella, se presentaron diferencias significativas para la mortalidad de plántulas de laurel en la interacción manejo y tiempo ( $P < 0.001$ ), incrementando linealmente hasta los 50 días post-siembra, cuando no hubo chapia. Al final de los 80 días, la mortalidad fue de 29.8% para el tratamiento con chapia y del 69% para el tratamiento sin chapia. Para bloques, se hallaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) y se evidenció relación entre drenaje moderado del suelo y mayor mortalidad. En retana, se observó un incremento significativo ( $P < 0.001$ ) con tendencia lineal, en la tasa más alta de mortalidad cuando no se hizo chapia. En las dos pasturas y los dos tratamientos, se presenta un gran incremento de la mortalidad después del pastoreo (70 días) (Figura 15).

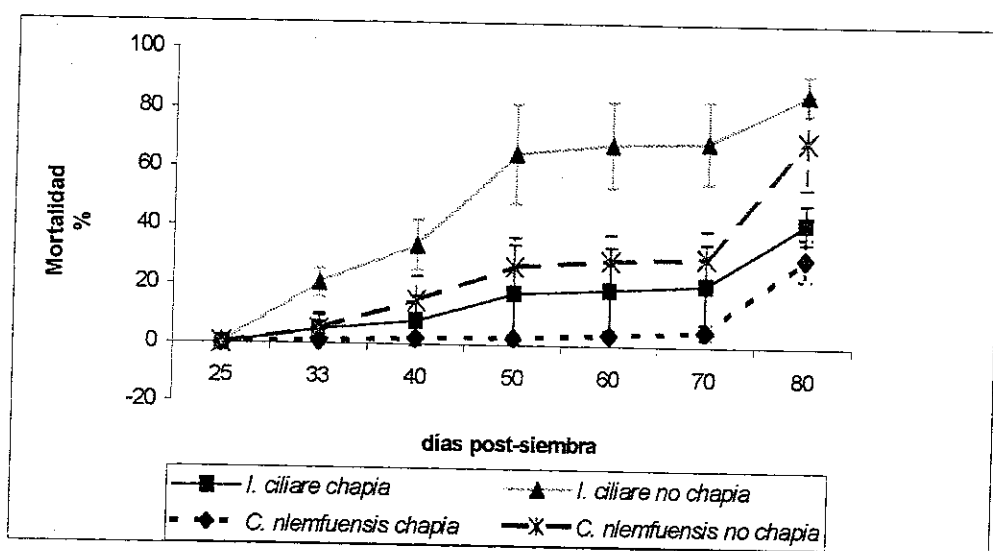
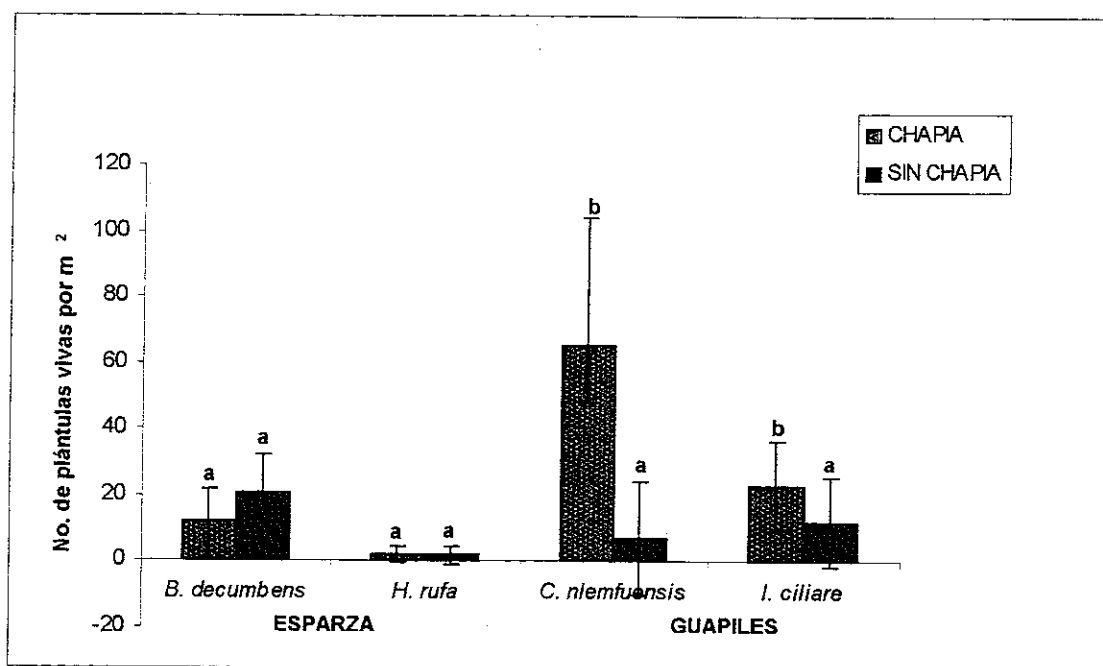


Figura 15. Mortalidad relativa de laurel (*Cordia alliodora*), dentro de una pastura de *Cynodon nlemfuensis* e *Ischemun ciliare*, bajo dos condiciones de manejo. Guápiles, Costa Rica. (Líneas verticales sobre la curva, representan la desviación estándar).

En los muestreos hechos para controlar el efecto del banco de semillas del suelo, no se encontraron plántulas de laurel que distorsionaran los resultados, antes y durante el experimento. También se debe tener en cuenta que el análisis de mortalidad no se realizó por cohortes, debido a que el número de individuos en cada uno de ellos fue muy bajo ( $< 10$ ), por lo tanto los datos se basaron en la mortalidad total durante el ciclo de estudio.

### 4.3.2 Relaciones entre mortalidad y germinación de laurel dentro de las pasturas y las dos formas de manejo

Se determinó el número de plántulas que terminaron vivas al final del ciclo de 80 días, haciendo un balance entre la germinación y la mortalidad acumuladas. Para la *Brachiaria* en Esparza, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos de manejo ( $P > 0.1$ ), observando que el promedio de plantulas vivas por  $m^2$  al final fue mayor en los sitios sin chapia que en los chapiaados (20 vs 12 respectivamente). De igual manera, dentro del jaragua no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos y el promedio fue bajo. Dentro del pasto estrella, el número promedio de plántulas vivas al final del ciclo fue más alto y mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). En el retana resultó significativamente ( $p < 0.05$ ) más alto el promedio cuando se hizo chapia que cuando no se realizó (Figura 16).



\* letras diferentes dentro de tipos de pasturas, presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ),

Figura 16. Número promedio de plántulas vivas por  $m^2$  al final del ciclo de 80 días, para las cuatro pasturas y dos formas de manejo. Guápiles y Esparza, Costa Rica. (Líneas verticales sobre la curva, representan la desviación estándar).

### 4.3.3 Efecto de la aplicación de estiércol a las plántulas como repelente para el ganado

El análisis de varianza realizado en la brachiaria y el jaragua, para encontrar relación entre la aplicación de estiércol de ganado a las plántulas y la mortalidad de estas después del pastoreo, no mostró diferencias significativas ( $P > 0.1$ ). Se realizaron pruebas, usando la tasa de mortalidad promedio hasta antes del pastoreo como covariable y tampoco se hallaron diferencias significativas.

## 4.4 DISCUSIÓN

### 4.4.1 Germinación y mortalidad de plántulas de laurel dentro de cuatro pasturas

La germinación no fue alta en los experimentos de la zona de Esparza, posiblemente porque parte de la semilla se lavó con la lluvia, presentada días después de la siembra. Además, la pendiente inclinada pudo haber favorecido esta pérdida, ya que se evidenció por el desplazamiento del sitio de siembra y amontonamiento de las plántulas germinadas en el sentido de la pendiente. Se observaron también, valores más altos de germinación en los bloques con pendiente menor. Condiciones de sitio pueden ser más relevantes para el establecimiento de una especie arbórea que problemas debido a la semilla (Pinard *et al* 1996), no obstante puede ser más importante en especies como el laurel que tienen semilla suave, fácilmente dispersada por el viento o arrastrada por el agua y que pierde su viabilidad fácilmente por efecto de altas temperaturas o humedad (Greaves y Mc Carter 1990; Boshier y Lamp 1997).

Aunque se ha reportado que *B. decumbens*, es un pasto agresivo y fuerte competidor (Miles *et al* 1996), el porcentaje de germinación de laurel dentro de éste, presentó un valor mayor con respecto a *H. rufa*. La cobertura poco densa en la zona, que además mantuvo una condición de humedad probablemente favorable para la germinación,

promueve la conservación de humedad en el suelo, importante en la zona debido al déficit hídrico que se presenta en verano y por la susceptibilidad de las plántulas a esta situación. En Nicaragua, se encontró que la vegetación adyacente de *P. saman*, funcionó como amortiguador para la compactación del suelo, generó cierto grado de sombreado que favoreció las plántulas (Barrios, 1998). Su dinámica en el tiempo con una tasa más alta en los primeros días e incremento cuando mejoran las condiciones de humedad, se asocia a un periodo temporal de lluvias (entre 20 y 40 días post-siembra), mostrando cierto grado de sensibilidad a las condiciones climáticas.

El jaragua (*H. rufa*), tiene un habito de crecimiento erecto y en forma de matones, dejando espacios de suelo sin cubrir (Daubenmire 1971). Las condiciones de estrés hídrico pueden ser más severas en espacios más amplios libres de cobertura, pudiendo afectar negativamente la germinación, esta relación se corrobora en parte con el momento que se presenta un periodo de lluvias (entre 20 y 40 días post-siembra) donde la tasa de germinación tiene un incremento temporal y luego vuelve a ser decreciente.

En ambas pasturas es importante el efecto de cambios microclimáticos sobre la germinación, que son relevantes para las posibilidades de vida de las especies que están estableciéndose, debido a su sensibilidad en este estado (Beek y Saenz 1992; Kapos 1989). Condiciones de buena disponibilidad de humedad favorecen a los individuos, coincidiendo con lo observado en bosques de México, donde la germinación y mortalidad de *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata* y *Enterolobium cyclocarpum*, aumentó con el suministro de agua lluvia bajo simulación, cuando la capacidad de retención de humedad del suelo fue mayor (Blain y Kellman 1991). Así mismo, evaluando factores que afectan la regeneración natural de laurel, las semillas regadas en épocas húmedas, mostraron mejores resultados en la germinación (Tschinkel 1965); además se ha encontrado la necesidad de sombra en los estados más jóvenes, aunque posteriormente necesita sitios abiertos (Butterfield 1995).

La mortalidad de plántulas dentro de la brachiaria fue mas alta al realizar chapia, posiblemente porque quedaron mas expuestas a las condiciones de radiación y

temperatura de la zona. Una tendencia de estabilización en la curva, obedece probablemente a la disminución del estrés, debido a la lluvia que mejoró las condiciones de humedad. Lo cual es factible, porque las plántulas son sensibles a condiciones edáficas y microclimáticas, pudiendo morir fácilmente por su incapacidad de almacenar agua (Janzen 1977; Sosebee y Wan 1988). En el pasto jaragua, la mortalidad resulta similar en ambos tratamientos y se expresa en una curva con incrementos lineales importantes, donde el estrés hídrico posiblemente favoreció la mortalidad debido a su patrón de crecimiento. Cuando se presenta el pastoreo en ambas pasturas, hay un notable incremento de la mortalidad debido al pisoteo, confirmando los efectos adversos encontrados en estudios anteriores (Hart y Norton 1988; Neil y Jacovelli 1985; Bezkorowajnyj *et al* 1993).

Existen diferencias en el patrón de crecimiento de la *Brachiaria* y el jaragua, lo que aparentemente ha generado efectos variados sobre las plántulas. Es posible que bajo las mismas condiciones ambientales, la presencia de pasturas con diferente patrón de crecimiento o de distribución de cobertura sobre la tierra, tengan distintos niveles de sobrevivencia, al variar la exposición a las condiciones del medio. Otros estudios muestran este efecto en diferencias de crecimiento y sobrevivencia de especies multipropósito dentro *Brachiaria mutica* y *Panicum maximun*, con una tendencia a mayor mortalidad dentro de *B. mutica* que en el *P. maximun* (Larb *et al* 1998). El efecto de amontonamiento de plántulas por la pendiente, pudo contribuir a la mortalidad, seguramente por competencia intraespecífica, considerando que se han observado relaciones inversas entre la mortalidad de especies con mayor grado de amontonamiento y cercanía entre individuos de la misma especie (Szwagrzyk 1992; Stohlgren 1993); además de que el laurel en sus primeros estados de desarrollo no es un buen competidor porque, presenta una raíz con un patrón extensivo y evita compartir espacios con otras especies, lo que también podría disminuir sus posibilidades de competir (Scholönvoigt y Scholönvoigt 1999; Schaller *et al* 1999).

En la pastura estrella, la germinación fue baja sin chapia, debido a la presencia de un colchón de raíces bastante denso, donde las semillas no tuvieron contacto con el suelo,

hubo exceso humedad y falta de radiación. Cuando las raíces de las leñosas, tienen problemas para alcanzar el suelo y hay gran cantidad de follaje y raíces, se generan competencia por factores de producción y su desarrollo se ve disminuido (Aide y Cavalier 1993). En Guápiles mayor exposición de las semillas, no implica el mismo estrés que en Esparza, por la temperatura más baja, ambiente más húmedo y sitios planos. Cuando no hay cobertura (chapia), el suelo aparentemente mantiene buenos niveles de materia orgánica descompuesta por la cantidad de raíces, que pueden favorecer el establecimiento de las plántulas (Uhl *et al* 1982). En fechas donde hubo lluvias (40-50 días post-siembra) la germinación incrementó en este tratamiento y sin chapia, se dio un efecto adverso por la acumulación de agua dentro del pasto.

En la pastura retana, con una cobertura menos densa del suelo en comparación con estrella, fue el tratamiento sin chapia más favorable. Esto confirma que el patrón de distribución de cobertura sobre el suelo y su densidad, tienen influencia sobre las posibilidades de desarrollo de las plántulas. A los 25 días post-siembra, en el tratamiento sin chapia se observó que 45% de la semilla germinó y solo un 5% más hasta el final del ciclo, debido posiblemente a condiciones de humedad adecuadas, que favorecieron la germinación inicialmente. Entre tratamientos el efecto fue marcado en el tiempo y con chapia hubo menos germinación. Diferencias entre bloques, se presentaron debido al efecto del drenaje y generaron cierta variabilidad en los datos con respecto al promedio, evidenciada en coeficientes de variación y desviación estándar altos, principalmente en la pastura estrella.

La forma como el pasto estrella se extiende sobre el suelo, limita las posibilidades de vida de las plántulas de laurel, al suprimir el paso de luz y almacenar agua en exceso durante la lluvia, debido a su forma de crecimiento rastrero y con entrenudos de los cuales salen raíces (Mannetje y Jones 1992). Problemas de competencia por luz y por nutrientes, inhiben el crecimiento e incluso causan la muerte de las leñosas (Aide y Cavalier 1993). Este efecto ocasionó una curva de mortalidad de plántulas de laurel siempre creciente y fue más grave, después del pastoreo. Cuando una especie ya esta establecida (en este caso la gramínea), tiene ventajas sobre la que intenta establecerse



y esto se traduce en mejores posibilidades de competir (Landhäuser y Lieffers 1994). En los lugares con chapia, la mortalidad fue menos intensa y la tasa mostró estabilizarse porque las condiciones permitieron el desarrollo de las plántulas. Estudios han mostrado que patrones de crecimiento en las gramíneas de alta densidad, pueden afectar la sobrevivencia de leñosas dentro de potreros (Larb *et al* 1998). En el caso del laurel, la gran cantidad de raíces de la pastura presentes sobre la superficie del suelo, puede ser una gran limitante para su establecimiento, ya que es una especie que evita compartir espacios en su sistema radicular (Scholönvoigt y Scholönvoigt, 1999; Schaller, *et al* 1999). Se ha registrado también, que asociado con el pasto *Melinis minutiflora*, se vio afectado cuando sus raíces fueron envueltas por la de la pastura inhibiendo su crecimiento (Marinero 1964).

El pasto retana, no presenta un patrón de acumulación de raíces y materia seca como el estrella, lo que generaría un ambiente menos limitado para las plántulas cuando no se hace chapia. No obstante, algunos estudios han registrado que este pasto produce efectos negativos por alelopatía sobre otras especies a partir de sus residuos, lixiviados y emanaciones volátiles (Arosemena 1990). Se pueden haber generado este tipo de efectos sobre las plantas que habían germinado, resaltando que los picos más altos de mortalidad coinciden con los de germinación, de esta manera mayor número de plantas estaban germinando, pero a la vez un porcentaje alto moría. Seguramente, una condición humedad adecuada generó germinación, sin embargo las condiciones para continuar viviendo no resultaron favorables y muchas plántulas murieron. Vale la pena destacar, que hubo un incremento fuerte en la mortalidad de plántulas al igual que en las otras pasturas debido al pastoreo. Sin embargo, los picos entre 40 y 50 días post-siembra fueron más altos, indicando que las causas de ellos (probablemente alelopatía) tuvieron un efecto muy relevante sobre la mortalidad. En los sitios con chapia, la tendencia fue la misma pero con porcentajes más bajos, seguramente porque los efectos del pasto se reducen cuando las plántulas tienen menos influencia de este.

Para todas las pasturas, la mayor tasa de germinación se presenta dentro de los primeros 25 días, lo cual es coincidente con trabajos realizados en Colombia, donde se

observó que el laurel es una especie cuya semilla germina rápidamente. Algunos ensayos reportan, que la germinación se presenta entre los 17 y 20 días, después de regar o sembrar las semillas (Venegas 1971 y Vega 1978).

Hubo mejor germinación para las pasturas de la zona húmeda, posiblemente porque las condiciones ambientales de esta tienen un efecto más favorable sobre el desarrollo de plántulas. Cuando hay limitaciones de humedad, aparentemente la germinación es más restringida y es probable que los valores de la zona de Esparza, tengan mayor explicación en estas variables. Así mismo, los estudios muestran que el laurel en climas más secos, no tiene la misma facilidad de crecimiento que en zonas húmedas (Greaves y McCarter 1990).

El patrón de crecimiento de las pasturas, juega un papel muy importante sobre la germinación de plántulas, demostrado palpablemente en estrella, que crece y cierra el acceso al suelo con raíces y acumulación de follaje. Las plántulas fueron escasas cuando no se hizo chapia, sin embargo al remover la cobertura del pasto se incrementó notablemente la germinación. Es importante tener en cuenta, que no es un efecto puro de la pastura, sino la combinación de una serie de factores ecológicos donde la forma de crecimiento del pasto es relevante.

Los resultados indican que hay menos mortalidad dentro de las pasturas mejoradas, dependiendo del patrón de crecimiento, de la acumulación de biomasa sobre el suelo y las condiciones ambientales. Esto implica, variaciones que representan respuestas diferentes a los tratamientos de manejo. La tendencia muestra que cuando la pastura deja pocos espacios en el suelo y el clima es húmedo, se alcanzan mejores condiciones cuando hay chapias. Contrariamente, si el clima es seco y existe espacio en el suelo, hay mejor respuesta cuando no se suprime la cobertura del pasto, que en este caso muestra un efecto benéfico por la sombra y conservación de la humedad del suelo.

#### **4.4.2 Relaciones entre mortalidad y germinación de laurel dentro de las pasturas y las dos formas de manejo**

El balance entre germinación y mortalidad, es representativo de la dinámica explicada anteriormente. En la zona más seca (Esparza), se presentan mejores resultados cuando se mantienen la cobertura del pasto, que mitiga el estrés de las plántulas a condiciones ambientales adversas, relacionadas con alta temperatura y baja disponibilidad de agua en el suelo. Es por ello tal vez, que en la pastura de jaragua mostró valores tan bajos

Bajo condiciones húmedas (Guápiles), resulta mejor la liberación de competencia del pasto, ya que la humedad y la falta de luz, no favorecen la germinación. De igual manera, las características ambientales aparentemente no son tan severas para la especie, aunque si hay alta mortalidad. Finalmente, se observa que el hacer la chapia del pasto para tener mayor número de plántulas vivas es mejor.

#### **4.4.3 Efecto de la aplicación de estiércol a las plántulas como repelente para el ganado**

Los resultados muestran que el pastoreo tuvo un efecto muy severo sobre la mortalidad de las plántulas. Todas las curvas mostraron un fuerte incremento después de este evento. Sin embargo, la causa no fue el ramoneo, sino el pisoteo. En experimentos realizados en Nicaragua para el establecimiento de *Bombacopsis quinata* dentro de pasturas, se encontró que el principal daño causado por el ganado fue el pisoteo, siendo la principal causa de una menor altura de los árbolitos (Barrios 1998).

En general la oferta de pasto fue muy alta y el ganado no alcanzó a consumirlo todo durante el ciclo de pastoreo. Es posible, que esta sobreoferta evite que las plántulas sean ramoneadas. Se ha encontrado, que la defoliación de leñosas en potreros causada por el ganado, es más factible si el pasto es escaso y principalmente en

épocas secas, donde las especies arbóreas en estados jóvenes tienen reservas almacenadas (Janzen 1981 y Skerman *et al* 1991).

La altura del pasto con respecto a las plántulas fue considerablemente mayor en todos los casos. Por tal motivo, difícilmente el ganado iba a alcanzar las plántulas. Hatheway y Baker (1970), destacan la importancia del acceso que puede tener el ganado al follaje de la leñosas, el cual no siempre se presenta porque estas pueden no estar a su alcance. En experimentos con *P. saman* en pasturas, se encontró que la altura de la vegetación adyacente favoreció el no ramoneo de estos, porque los animales prefirieron siempre la gramínea que se encontraba más accesible (Barrios 1998).

En muchos lugares, el pasto fue volcado porque el ganado se acostó sobre él, esta situación generó que muchas plántulas aún estando en sitios chapiados, fueran cubiertas por el pasto y posteriormente murieran. En este caso no hubo homogeneidad en el tráfico del ganado al pastorear, razón por la cual no existen lugares con menores y mayores riesgos de daño debido al pisoteo y no se confirmó lo expuesto en otros trabajos (Arnold 1981 y Hart *et al* 1993).

Es posible que el repelente sea una herramienta útil, en estados mas avanzados de desarrollo de los árboles, ya que en este caso los daños vinieron por una causa diferente a la que pretendía evitar el repelente y no hubo posibilidad de medir el efecto.

#### **4.5 CONCLUSIONES**

La cantidad de arbolitos vivos al final del ciclo de ochenta días post-siembra, mostró una tendencia a ser mas alto dentro de las pasturas de la zona húmeda. El mayor promedio se presentó para la pastura estrella y el menor para el jaragua. En ambos lugares, dentro de las pasturas mejoradas, hubo mayor sobrevivencia que en las no mejoradas.

Tres factores influyen directamente en el número de árboles vivos al final del ciclo. La pastura y su hábito de crecimiento, las condiciones de humedad del sitio y el manejo. Este último representado, en los tratamientos aplicados y en el pastoreo realizado. Tanto condiciones de extrema sequía, como de alta humedad, pueden contribuir a la mortalidad de plántulas. Sin embargo, la tendencia del estudio mostró que las condiciones de estrés hídrico tienen mayor relevancia en el éxito de establecimiento del laurel, tanto por efecto de la zona, como del tratamiento que genere mejores microcondiciones. Las pasturas influyen también sobre el buen desarrollo de las plántulas y el efecto más importante es por hábitos de crecimiento, que genera competencia por factores de producción en detrimento del establecimiento de leñosas en pasturas. No obstante, dentro de la pastura de retana, pueden existir efectos alelopáticos importantes que afectarían el establecimiento de los árbolitos.

Germinación más alta en la zona seca al no hacer chapia y en la húmeda cuando si se hizo, demuestra que las condiciones ambientales tienen un efecto distinto a nivel de cada zona y tal vez el manejo deba ser diferente en ambos lugares.

No existen daños importantes en las plántulas generados por ramoneo del ganado y la aplicación de estiércol a las plántulas como repelente contra el ramoneo de ganado, no fue relevante y la mortalidad se presenta por el pisoteo del ganado. Probablemente el estiércol, pueda ser una mejor herramienta en etapas más avanzadas de desarrollo de los árboles, donde el ganado tenga más fácil acceso por ramoneo.

#### **4.6 RECOMENDACIONES**

Para favorecer el establecimiento de plántulas de laurel en los potreros, es fundamental identificar los periodos de lluvia, debido a la susceptibilidad a estas condiciones. No obstante, el manejo debe ser distinto de acuerdo a las condiciones climáticas de cada sitio. En zonas húmedas, eliminar parte de la cobertura puede contribuir a la sobrevivencia, más aún cuando el patrón de crecimiento de las pasturas permite pocos espacios en el suelo. En este sentido, es importante definir desde el punto de vista

económico para el productor que forma de eliminación de la cobertura podría resultar más viable, ya sea manual, con herbicida o con pastoreos intensos antes de la dispersión de semillas. Obviamente teniendo en cuenta las implicaciones ambientales de cada método.

En zonas más secas, resulta mejor el uso de pasturas que creen una condición de sombreadamiento, sin ser tener una cobertura muy densa. De esta manera, no hay necesidad de eliminar la cobertura y generar exposición a condiciones de estrés hídrico.

Pastoreos regulados en las áreas de establecimiento de arbolitos, con animales livianos, presentes en la mayoría de sistemas ganaderos de las zonas estudiadas, puede ser una forma de reducir los daños por mortalidad.

Las densidades de plántulas por ha observadas durante los primeros 80 días del ciclo de vida en el experimento, que oscilan entre 65000 en estrella y 2000 en jaragua, no deben ser preocupantes, ya que durante el desarrollo muchas de ellas serán dañadas por el ganado, raleadas por mala calidad o para evitar competencia o morirán. Además las plántulas, no presentan relaciones de competencia importante para la pastura. Por tal motivo, se deben favorecer las condiciones de densidad más cercana a los valores más altos observados.

Se pueden tener mejores resultados en la evaluación del establecimiento del laurel en potreros, haciendo estudios en periodos de tiempo más largos y donde ocurran varios ciclos de pastoreo del ganado.

#### 4.7 REFERENCIAS

Aide, T. Y Cavalier, J.1993. Barriers to tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology*: 2:219-229.

Arnold, G.1981. Grazing behaviour. In *Animals Grazing*. Morley, F. (ed). Serie world Animal Science. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam . 79-104p



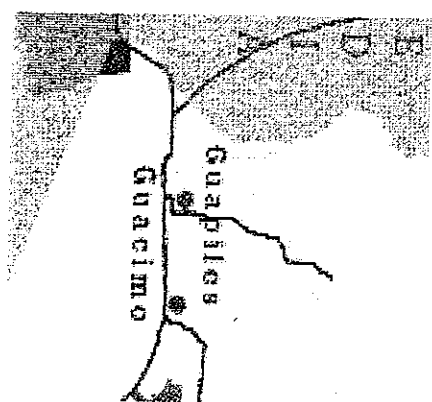
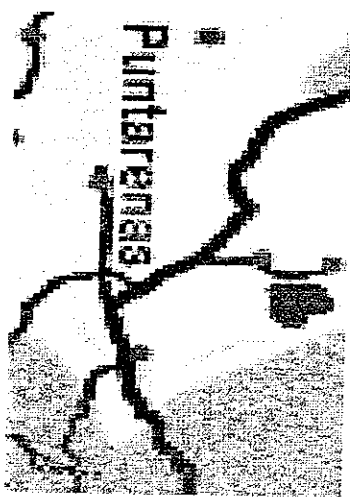
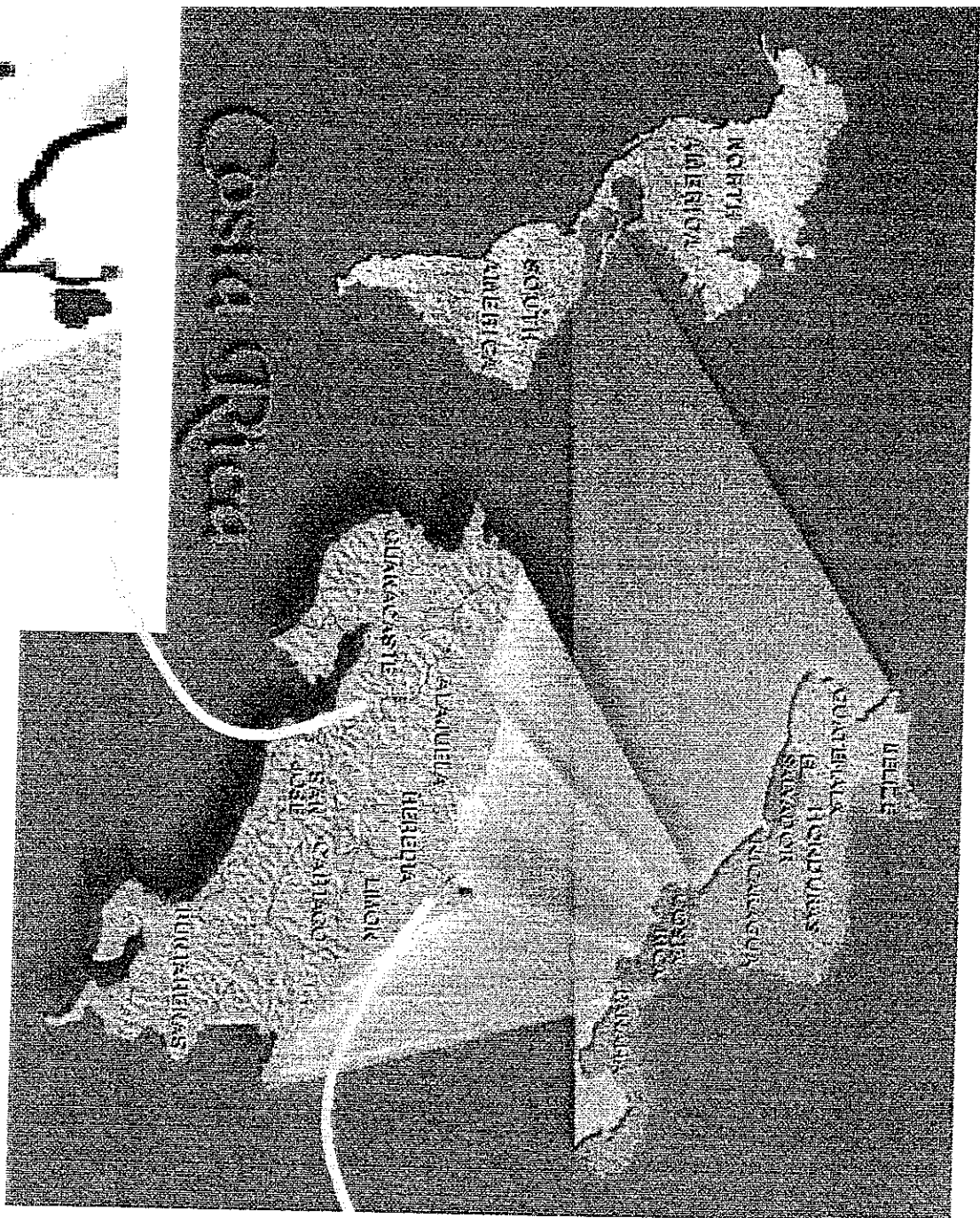
- Arosemena, E. 1990.** Determinación de mecanismos de interferencia por alelopatía y requerimientos externos e internos de fósforo en pasto ratana (*Ischaemum indicum* (Houttt) Merrill). Tesis Msc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 124p
- Barrios, C. 1998.** Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas foestales para la protección de arbolitos en potreros. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa rica. 93p
- Beek, R., Saenz, G. 1992.** Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Colección de Manejo y Silvicultura de Bosques Naturales No. 6. CATIE-COSUDE. 48p.
- Butterfield, R. 1995.** Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 260 41p.
- Bezkorowajnyj, P.; Gordon, A.; y McBride, R. 1993.** The effect of cattle foot traffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agroforestry system* 21: 1-10
- Blain, D. y Kellman, M. 1991.** The effect of water supply on the tree seed germination and seedling survival in a tropical seasonal forest in Veracruz, Mexico.
- Boshier, A. y Lamp. T. 1997.** *Cordia alliodora* genética y mejoramiento de árboles. Oxford forestry institute Department of plant sciences. University of Oxford. Tropical forestry papers.
- CONIF, 1988.** *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Experiencias en Colombia. Compilado por Paul van der Poel. Serie de documentación No. 15. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Convenio CONIF- Holanda. Bogotá, Colombia. 38p
- CONIF, 1996.** Latifoliadas zona alta, Santafe de Bogotá Colombia, 1996. 1-22p.
- Daubenmire, R. 1971.** Ecology of *Hyparrchenia rufa* in derived savanna in north-wester Costa Rica. *Journal of applied ecology* 9:11-23
- Greaves, A., McCarter, P. 1990.** *Cordia alliodora*, A promising tree for tropical agroforestry. *Tropical Forestry Papers* No. 22. 37p
- Hart, R., y Norton, B. 1988.** Grazing management and vegetation response. in handbook of vegetation science. vegetation science application for rangelands analysis and management. Paul Tueller (ed). Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, Netherlands. Pp 493-525.
- Hatheway, W y Baker, H. 1970.** Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*. Further information. *Evolution* (24). 253-254
- Janzen, D. 1977.** Intensity of predation on *Pithecellobium saman* (leguminosae) seed by *Merobruchus colombinus* and *Stator limbatus* (Bruchidae) in Costa Rican deciduos forest. *Tropical ecology* (18): 162-176.
- Janzen, D. 1981.** *Enterolobium cyclocarpum* seeds passage rate and survival in horses. Costa Rican pleistocen seed dispersal agents. *Ecology*, 62 (3): 593-601.

- Kampen, P. 1996.** Trees in grassland. The influence of the trees on grass production within sylvopastoral systems of the atlantic zone of Costa Rica. Proyecto REPOSA (CATIE, MAG Wageningen University). Report No. 104. Field report No. 149. 33p
- Kapos, V. 1989.** Effects of isolation on the water status of forest patchest in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5:173-185.
- Landhäuser, S. y Lieffers, V. 1994).** Competition between *Calamagrotis canadensis* and *Epilobium angustifloium* under different soil temperature and nutrient regimes *Canadian journal foest research* (24) 11 : 2244-2250.
- Larb, D.; Lapido, I.; Adekunle, J.; Smith, J. y Jabbar, M. 1998.** Multiporpuse tree selection for silvopastoral system on acid Ultisol: The effect of grass competition on early growth of tree and shrub species. *Tree crops journal.* 9: 213-225.
- Loch, D. 1977.** *Bracharia decumbens*, (Signal grass). A review with particular reference to Austarlia. *Tropical grassland.* 11 (2): 141-157.
- Mannetje, L. y Jones,R. 1992.** Plant resources of South-East Asia. No. 4 Forages. Pudoc scientific publishers, Wagenigen, Netherlands. 299p.
- Marinero, R. 1964.** Influencia de *Melinis minutiflora* en el crecimiento de *Cordia alliodora*. *Turrialba* 22 (4): 449-453.
- Miles, W.; Maass, B.; do Valle, C. y Kumble, V. 1996.** Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement. CIAT y EMBRAPA. 288P
- Neil, P., Jacovelli, P. 1985.** Agroforestry as aid to rational rural development in Vanuato. *Commonwealth Forestry Review* 64 (3): 259-266.
- Perez, C. 1954.** Estudio forestal de laurel *Cordia alliodora*(R.&P.)Cham, en Costa Rica. Tesis Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 209p
- Pinard, M.; Howlett, B. y Davison, D. 1996.** Site conditions limit pioneer tree recruitment after logging of dipterocarp forest in sabah, Malaysia *Biotropica* 28 (1): 2-12
- Scholönvoigt , A. y Scholönvoigt, M. 1999.** Root distributions in *Cordia alliodora* plantations intercropped with *Bactris gasipaes* in San Carlos, Costa Rica. *Actas 4ª semana científica " Logros de la investigación para el nuevo milenio "CATIE, Turrialba Costa Rica. :224-227*
- Schaller, M.; Schroth, G.; Beer, J. y Jimenez, F. 1999.** Control of lateral roots extension of fast-growing timber species using grasses as biological barriers. *Actas 4ª semana científica " Logros de la investigación para el nuevo milenio "CATIE, Turrialba Costa Rica. :236-239*
- Skerman, P.; Cameron, D. y Riveros, F. 1991.** Leguminosas forrajeras tropicales. FAO.697p.
- Sosebee R., y Wan , Ch. 1988.** Ecophysiology of range plants. In vegetation scienece aplicaciones for rangelands analysis and manegemt. Ed Paul Tuekker, Kluwer cacademic publisher. Dordretch, Netherlands. 635p.

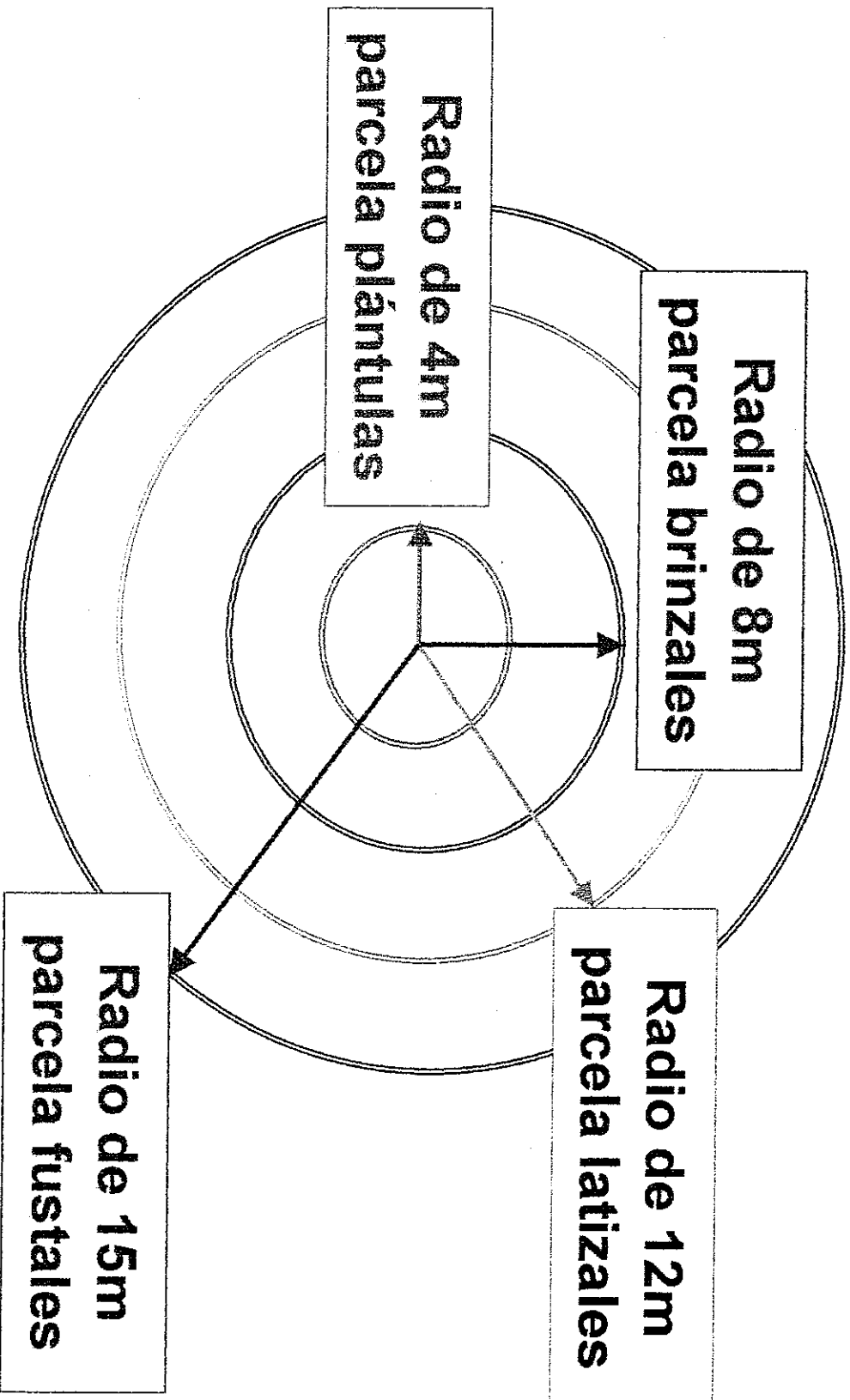


- Stohlgren, T. 1993.** Intra-specific competition (crowding) of giant sequoias (*Sequoiadendron giganteum*). *Forest Ecology and Management*, 59: 127-148.
- Szwagrzyk, J. 1992.** Small-scale spatial patterns of trees in a mixed *Pinus sylvestris*-*Fagus sylvatica* forest. *Forest Ecology and Management*, 51: 301-315.
- Tschinkel, H. 1965.** Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Cham. *Turrialba* 15 (4). 317-324.
- Uhl, C.; Clark, H.; Clark, K. Y Maquirino, P. 1982.** Successional patterns associated with slash and burn agriculture in the upper Río Negro region of the Amazon basin. *Biotropica* 14 (4): 249-254
- Vega, L 1978.** Plantaciones de *Cordia alliodora* en combinación con cultivos agrícolas, una alternativa de manejo en Suriname. En *Proceedings of the Eighth World Forestry Congress*, Jakagarta, Indonesia. General papers: 7-8.
- Venegas, L 1972.** Observaciones y experiencias de la reforestación con *Cordia alliodora*(R. Et Pav.) Cham "nogal" en Caldas. *Nota Técnica No. 12*. INDERENA, Colombia. 8p
- Viera, C. y Barrios, C. 1997.** Exploración sumaria de la producción de maderas en potreros de la zona ganadera de Esparza, especies, manejo y dinámica del componente maderable. SP. Trabajo Domiciliario. Curso Manejo Forestal II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 34p.

ANEXO 1. Localización zona de estudio



**ANEXO 2. Esquema parcela de muestreo con diseño anidado**



## ANEXO 3. Formato de encuesta



Señor (a) propietario (a) de la finca:

El propósito de esta encuesta es identificar los factores que han influido en la presencia de árboles de laurel dentro de su finca, el trabajo se realizará con productores ganaderos de las zonas de Guápiles y Esparza. La información recolectada será estrictamente confidencial y va a ser utilizada únicamente para labores académicas e investigativas.

ENCUESTA PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION DE LOS  
PRODUCTORES GANADEROS DE LAS ZONA DE GUAPILES Y ESPARZA

Encuesta No.-----

Distrito-----Cantón-----Provincia-----Coordenadas-----

-----

Fecha-----Altitud-----msnm

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Nombre del propietario-----

--

1.2 Edad-----años

1.3 Nivel educativo: 1. Ninguno----- primaria--3. Secundaria----- 4.universidad---  
5.otros----

1.4Cuál es su principal fuente de ingresos: La finca---- Otros (Cual) -----

1.5 Posee otras fincas en el área. Si?---No?----

1.6 Tiene título de propiedad de la tierra?. Si?---No?----Si la respuesta es "NO", que  
tipo de tenencia tiene-----

1.7 Vive usted en la finca?. Si?---No?----

1.8 Qué actividad le proporciona mas ingresos----- En orden de prioridad cuáles serían 1----- 2----- 3----- 4-----  
-----

1.8 Cuál es el ingreso total de la finca-----

1.9 Cuál el familiar-----

1.10 Número de personas que integran la familia-----

1.11 Contratan mano de obra . Si?---No?---1.11.1 Hay disponibilidad. Si?---No?---  
ocasional?---

1.12 Cuántos jornales al año-----

1.13 Que precio tiene el jornal-----

## 2.0 HISTORIA DE LA FINCA Y USO DE LA TIERRA

2.1 Cuándo llegó a esta finca.----- años. Fecha-----

2.2 Qué había y que extensión ocupaban en la finca, cuando ustedes llegaron.  
Bosque (ha)-----tacotall (ha)-----pastos (ha)-----Cultivos (ha)-----Otros-----  
-----

2.3 Cúal es el área total de la finca-----

2.4. ¿Cuál ha sido el uso de este sitio durante los últimos cinco años?. Bosque (ha)---  
-----tacotall (ha)-----pastos (ha)-----Cultivos (ha)-----Otros-----

**3.0 MANEJO:****3.1 Fertilización?** si----No---

Con qué----- cuanto----- frecuencia-----

Con qué----- cuanto----- frecuencia-----

Con qué----- cuanto----- frecuencia-----

**3.2 Control de Malezas?** si----No---

Con qué----- cuanto----- frecuencia-----

Con qué----- cuanto----- frecuencia-----

Con qué----- cuanto----- frecuencia-----

**3.3 Quemadas** si----No--- frecuencia-----**3.4 Carga Animal.** Actual----- hace 5 años -----**3.5 Tiene apartos para el ganado?**-----Cuántos-----Número días por ciclo-----**3.6 Tiene suplementación para el ganado** Si?----No?-----Si contestó "si" qué?:-----

----

**3.7 Utiliza alguna otra especie además del pasto para alimentar los animales**-----

----

**3.8 Qué tipo de pastos tiene, área y cuales son :**1. Mejorados----- 2. Natural---

----- 3. Asociación-----4. Leguminosas-----

**3.9 Meses de escasez de pasto** E F M A M J J A S O N D**3.10 Meses de abundancia de pasto** E F M A M J J A S O N**3.11. Como se ha hizo el establecimiento del pasto:**

a. Tracción animal

- b. Tracción mecánica
- c. Manual
- d. Quema

#### 4.0 MANEJO FORESTAL

4.1 Siempre ha tenido arboles de laurel en los potreros. Si?--- No?---

4.2 Desde hace cuanto?-----

4.3 Ha observado la regeneración natural de laurel dentro de los potreros Si---- No-----

4.4 Qué edad tienen los árboles de laurel mas viejos-----

4.3 Cuáles otras especies son comunes-----

4.5 Fue iniciativa suya mantener los árboles. Si?--- No?--- De quién?-----

4.6 Cómo es el laurel con respecto a las demás especies

1. Crece más rápido-----
2. Su madera es mejor-----
3. Tiene mas mercado-----
4. El ganado no lo daña-----
5. Se adapta bien a los suelos y a la pendiente-----

4.7 Para que utiliza su madera-----

4.8 Cada cuanto hace tala de árboles-----

4.9 Alguien lo asesora en los aprovechamientos-----

4.10 Tiene motosierra. Si?--- No?---

**4.11** Usted mismo los corta y los vende. Si?--- No?--- Si NO quien lo hace?-----

**4.12** Hace algún manejo a los árboles. Si?--- No?--- Si "SI", Qué y cada cuanto

- 1 Desyerbes a la vegetación cercana-----
- 2 Raleos-----
- 3 Podas-----
- 4 Fertilización

**4.13** El ganado causa daño a los árboles de laurel, en que edad: a. jóvenes-----b.

viejos---

- 1 Pisoteo----
- 2 Consumo-----

**4.14** Para usted es rentable hacer el manejo de los árboles. Si?--- No?---

1. Tiene algunas restricciones. Si?--- No?---
2. Espacio-----
4. Conocimiento-----
5. Suelos degradados-----
6. No se adapta la especie-----
7. No es comercial-----

**4.19**Cuál es el costo anual por el manejo de los árboles-----

**4.20** Cuáles los ingresos por la venta de su madera -----o lo que le costaría comprarla cuando el uso es doméstico-----



## ANEXO 4. SALIDAS SAS MODELOS CON VARIABLES

MODELO DE REGRESION PARA PLANTULAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PLANTULAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	39269.39260	4363.26584	7.66	0.0001
Error	50	28497.59074	569.95181		
Corrected Total	59	67766.98333			
	R-Square	C.V.	Root MSE	PLANT Mean	
	0.579477	136.5510	23.87366	17.48333	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
COMP	1	166.76014	166.76014	0.29	0.5910
CA	1	8936.32871	8936.32871	15.68	0.0002
AL	1	2824.59349	2824.59349	4.96	0.0305
AL*AL	1	3735.84125	3735.84125	6.55	0.0135
MADER	1	14880.23522	14880.23522	26.11	0.0001
APASTOS	1	1592.91385	1592.91385	2.79	0.1008
FRECHA	1	2723.33078	2723.33078	4.78	0.0335
PERCAP	1	957.14958	957.14958	1.68	0.2010
FINCAIP	1	3452.23959	3452.23959	6.06	0.0173

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
COMP	1	3758.209607	3758.209607	6.59	0.0133
CA	1	2920.480940	2920.480940	5.12	0.0280
AL	1	4435.744728	4435.744728	7.78	0.0074
AL*AL	1	2180.755267	2180.755267	3.83	0.0561
MADER	1	9364.283226	9364.283226	16.43	0.0002
APASTOS	1	2469.849439	2469.849439	4.33	0.0425
FRECHA	1	2651.212997	2651.212997	4.65	0.0359
PERCAP	1	1571.270064	1571.270064	2.76	0.1031
FINCAIP	1	3452.239591	3452.239591	6.06	0.0173

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr >  T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	24.86930589	1.58	0.1202	15.73065437
COMP	-9.57602254	-2.57	0.0133	3.72918330
CA	0.96658566	2.26	0.0280	0.42700428
AL	60.92082039	2.79	0.0074	21.83743076
AL*AL	-19.57221236	-1.96	0.0561	10.00588540
MADER	2.89364273	4.05	0.0002	0.71388246
APASTOS	-15.19245062	-2.08	0.0425	7.29813116
FRECHA	-10.19455256	-2.16	0.0359	4.72677500
PERCAP	-0.00001343	-1.66	0.1031	0.00000809
FINCAIP	17.77357051	2.46	0.0173	7.22176392

## MODELO DE REGRESION PARA BRINZALES

1  
07:15 Wednesday, October 7, 1998

Model: MODEL1

Dependent Variable: BRINZ

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	10	16738.86145	1673.88615	16.846	0.0001
Error	49	4868.73855	99.36201		
C Total	59	21607.60000			
Root MSE		9.96805	R-square	0.7747	
Dep Mean		12.20000	Adj R-sq	0.7287	
C.V.		81.70532			

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	-21.970834	11.45794831	-1.918	0.0610
PEN	1	-0.429726	0.09709296	-4.426	0.0001
DA	1	27.757160	7.60810646	3.648	0.0006
MAT	1	0.476866	0.06962251	6.849	0.0001
NUFAM	1	3.205438	1.45844884	2.198	0.0327
LAT	1	0.557489	0.17854271	3.122	0.0030
EDVIEJ	1	0.771637	0.22233380	3.471	0.0011
EPROD	1	-0.457704	0.14010816	-3.267	0.0020
TPAST	1	-0.820478	0.21047900	-3.898	0.0003
DIDESC	1	-0.063022	0.02908979	-2.166	0.0352
FINCAIP	1	8.995519	3.20619477	2.806	0.0072

Variable	DF	Tolerance	Variance Inflation
INTERCEP	1	.	0.00000000
PEN	1	0.62910285	1.58956521
DA	1	0.57569774	1.73702262
MAT	1	0.63701460	1.56982274
NUFAM	1	0.77617873	1.28836305
LAT	1	0.51822666	1.92965758
EDVIEJ	1	0.64149539	1.55885766
EPROD	1	0.74066661	1.35013511
TPAST	1	0.79659984	1.25533543
DIDESC	1	0.60341596	1.65723160
FINCAIP	1	0.79336757	1.26044981

## MODELO DE REGRESION PARA BRINZALES

2  
07:15 Wednesday, October 7, 1998

## Collinearity Diagnostics

Number	Eigenvalue	Condition Index	Var Prop INTERCEP	Var Prop PEN	Var Prop DA	Var Prop MAT

1	8.38274	1.00000	0.0002	0.0025	0.0004	0.0027
2	0.88418	3.07909	0.0001	0.0532	0.0014	0.0091
3	0.46301	4.25499	0.0000	0.0264	0.0000	0.1678
4	0.40163	4.56859	0.0012	0.3762	0.0004	0.1608
5	0.24802	5.81371	0.0025	0.0856	0.0024	0.0425
6	0.24450	5.85532	0.0004	0.1264	0.0017	0.1060
7	0.19742	6.51620	0.0018	0.0508	0.0005	0.3531
8	0.08640	9.84974	0.0047	0.0256	0.0012	0.0162
9	0.05460	12.39074	0.0007	0.0195	0.1957	0.0249
10	0.02839	17.18282	0.0013	0.1474	0.4759	0.0137
11	0.00910	30.34494	0.9870	0.0864	0.3202	0.1032

Number	Var Prop NUFAM	Var Prop LAT	Var Prop EDVIEJ	Var Prop EPROD	Var Prop TPAST	Var Prop DIDESC	Var Prop FINCAIP
1	0.0005	0.0021	0.0011	0.0005	0.0026	0.0026	0.0025
2	0.0005	0.2269	0.0008	0.0003	0.0021	0.0663	0.0000
3	0.0004	0.0383	0.0028	0.0010	0.0001	0.4454	0.0004
4	0.0009	0.0084	0.0017	0.0054	0.0100	0.0103	0.0635
5	0.0110	0.0444	0.0197	0.0064	0.3408	0.0315	0.2206
6	0.0025	0.0966	0.0347	0.0022	0.3953	0.0218	0.1521
7	0.0031	0.3649	0.0010	0.0018	0.0634	0.1030	0.3945
8	0.1697	0.0706	0.4762	0.0157	0.1078	0.1097	0.0208
9	0.1942	0.0172	0.3805	0.0774	0.0340	0.1311	0.1085
10	0.0015	0.0924	0.0741	0.6833	0.0249	0.0758	0.0120
11	0.6157	0.0382	0.0074	0.2059	0.0190	0.0025	0.0251

Dependent Variable: BRINZ

Test of First and Second Moment Specification

DF: 60 Chisq Value: 57.7768 Prob>Chisq:

MODELO DE REGRESION PARA LATIZALES

1

07:15 Wednesday, October 7, 1998

Model: MODEL1

Dependent Variable: LAT

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	9	3906.46045	434.05116	10.294	0.0001
Error	50	2108.27289	42.16546		
C Total	59	6014.73333			

Root MSE	6.49349	R-square	0.6495
Dep Mean	6.76667	Adj R-sq	0.5864
C.V.	95.96296		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	14.781376	5.97477841	2.474	0.0168
CA	1	-0.217238	0.09611888	-2.260	0.0282

DIDESC	1	0.093227	0.01628588	5.724	0.0001
EDVIEJ	1	-0.414092	0.13513215	-3.064	0.0035
MAT	1	0.197952	0.04092068	4.837	0.0001
FUST	1	0.192007	0.08546147	2.247	0.0291
PEBL	1	-0.149595	0.08752779	-1.709	0.0936
CCHAPIA	1	-7.177651	3.88713033	-1.847	0.0707
TURNO	1	-4.446933	2.82275508	-1.575	0.1215
APASTOS	1	-3.183140	2.13507963	-1.491	0.1423

Variable	DF	Tolerance	Variance Inflation
INTERCEP	1	.	0.00000000
CA	1	0.80714017	1.23894217
DIDESC	1	0.81698126	1.22401829
EDVIEJ	1	0.73692553	1.35698922
MAT	1	0.78252724	1.27791078
FUST	1	0.50909172	1.96428259
PEBL	1	0.90823244	1.10103973
CCHAPIA	1	0.60885962	1.64241472
TURNO	1	0.85583051	1.16845565
APASTOS	1	0.75921108	1.31715675

MODELO DE REGRESION PARA LATIZALES

2

07:15 Wednesday, October 7, 1998

Collinearity Diagnostics

Number	Eigenvalue	Condition Index	Var Prop INTERCEP	Var Prop CA	Var Prop DIDESC	Var Prop EDVIEJ
1	6.19230	1.00000	0.0005	0.0057	0.0062	0.0024
2	1.12321	2.34798	0.0000	0.0188	0.0330	0.0008
3	0.65572	3.07303	0.0002	0.0001	0.0334	0.0057
4	0.56660	3.30587	0.0002	0.1318	0.0096	0.0019
5	0.49431	3.53936	0.0004	0.1059	0.6416	0.0000
6	0.43261	3.78337	0.0001	0.0019	0.0311	0.0000
7	0.26385	4.84445	0.0000	0.5527	0.0192	0.0215
8	0.16944	6.04531	0.0104	0.1195	0.0804	0.0008
9	0.08757	8.40892	0.0022	0.0190	0.1448	0.8636
10	0.01438	20.75284	0.9860	0.0446	0.0005	0.1035

Number	Var Prop MAT	Var Prop FUST	Var Prop PEBL	Var Prop CCHAPIA	Var Prop TURNO	Var Prop APASTOS
1	0.0058	0.0031	0.0065	0.0012	0.0026	0.0041
2	0.0073	0.0527	0.0064	0.0002	0.3998	0.0001
3	0.0094	0.0238	0.7731	0.0001	0.0046	0.0005
4	0.0207	0.1438	0.0203	0.0006	0.4229	0.0319
5	0.0007	0.0014	0.0447	0.0011	0.0165	0.0427
6	0.4816	0.0649	0.0171	0.0017	0.0272	0.1110
7	0.1786	0.2141	0.0377	0.0010	0.0805	0.1033
8	0.0964	0.0102	0.0001	0.1519	0.0397	0.3211
9	0.1526	0.0186	0.0931	0.0482	0.0058	0.2074
10	0.0467	0.4673	0.0010	0.7941	0.0004	0.1779

MODELO DE REGRESION PARA FUSTALES

Model: MODEL1  
 Dependent Variable: FUST

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	6	7401.71678	1233.61946	16.601	0.0001
Error	53	3938.46655	74.31069		
C Total	59	11340.18333			

Root MSE	8.62036	R-square	0.6527
Dep Mean	12.88333	Adj R-sq	0.6134
C.V.	66.91098		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	34.338949	5.66169264	6.065	0.0001
CCHAPIA	1	-20.207931	4.35916523	-4.636	0.0001
FRUT	1	2.051913	0.46466871	4.416	0.0001
AGRICOL	1	13.320348	4.02934035	3.306	0.0017
CA	1	-0.202242	0.13475188	-1.501	0.1393
PNAT	1	-0.129831	0.04137121	-3.138	0.0028
CRIA	1	5.772271	2.57730558	2.240	0.0293

Variance Inflation

Variable	DF	Tolerance	Variance Inflation
INTERCEP	1	.	0.00000000
CCHAPIA	1	0.85322424	1.17202483
FRUT	1	0.75709594	1.32083656
AGRICOL	1	0.59830406	1.67139096
CA	1	0.72375438	1.38168422
PNAT	1	0.77526253	1.28988564
CRIA	1	0.75334344	1.32741583

Collinearity Diagnostics

Number	Eigenvalue	Condition Index	Var Prop			
			INTERCEP	CCHAPIA	FRUT	AGRICOL
1	4.35727	1.00000	0.0019	0.0033	0.0084	0.0068
2	1.07970	2.00889	0.0006	0.0020	0.0326	0.2813
3	0.85777	2.25383	0.0001	0.0018	0.4792	0.0001
4	0.34774	3.53982	0.0008	0.0002	0.0014	0.3208
5	0.22935	4.35872	0.0057	0.0288	0.3479	0.2043
6	0.10121	6.56145	0.0162	0.2745	0.0308	0.1557
7	0.02696	12.71220	0.9747	0.6894	0.0998	0.0309

Var Prop

Number	Var Prop		
	CA	PNAT	CRIA
1	0.0088	0.0063	0.0131
2	0.0438	0.0001	0.0550
3	0.0889	0.0020	0.0000
4	0.0104	0.0303	0.8146
5	0.5693	0.1300	0.0196
6	0.1701	0.6138	0.0972
7	0.1086	0.2176	0.0004

## ANEXO 5. Análisis canónico discriminante

Listado de los grupos, para cluster

83

### General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: AL

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 56 MSE= 0.154928  
 Critical Value of Studentized Range= 3.745  
 Minimum Significant Difference= 0.4228  
 WARNING: Cell sizes are not equal.  
 Harmonic Mean of cell sizes= 12.15123

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	CLUSTER
A	0.7300	9	1
B	0.2650	8	4
B	0.2214	21	3
B	0.1405	22	2

Análisis Canónico Discriminante con 3 cluster

84

### Canonical Discriminant Analysis

60 Observations	59 DF Total
37 Variables	56 DF Within Classes
4 Classes	3 DF Between Classes

### Class Level Information

CLUSTER	Frequency	Weight	Proportion
1	9	9.0000	0.150000
2	22	22.0000	0.366667
3	21	21.0000	0.350000
4	8	8.0000	0.133333

Análisis Canónico Discriminante con 3 cluster

85

Canonical Discriminant Analysis

Pairwise Squared Distances Between Groups

$$D^2(i|j) = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' \text{COV}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j)$$

Squared Distance to CLUSTER

From CLUSTER	1	2	3	4
1	0	235.77970	101.43290	136.99970
2	235.77970	0	175.39219	75.34463
3	101.43290	175.39219	0	179.78999
4	136.99970	75.34463	179.78999	0

F Statistics, NDF=37, DDF=20 for  
Squared Distance to CLUSTER

From CLUSTER	1	2	3	4
1	0	14.53618	6.16822	5.60071
2	14.53618	0	18.18964	4.26662
3	6.16822	18.18964	0	10.05349
4	5.60071	4.26662	10.05349	0

Prob > Mahalanobis Distance for  
Squared Distance to CLUSTER

From CLUSTER	1	2	3	4
1	1.0000	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.0001	1.0000	0.0001	0.0005
3	0.0001	0.0001	1.0000	0.0001
4	0.0001	0.0005	0.0001	1.0000

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster 86

#### Canonical Discriminant Analysis

#### Univariate Test Statistics

F Statistics, Num DF= 3 Den DF= 56

Variable	Total STD	Pooled STD	Between STD	R-Squared	RSQ/ (1-RSQ)
RELIEVE	1.7222	0.8002	1.7584	0.795078	3.8799
NIVEDU	0.6369	0.6414	0.1410	0.037399	0.0389
USOANT	0.7200	0.7021	0.2571	0.097285	0.1078
PRACTIES	1.2554	1.0548	0.8256	0.329879	0.4923
CONTMAL	0.4825	0.4266	0.2805	0.257817	0.3474
SISTEM	1.1945	1.0960	0.6132	0.200975	0.2515
RESTRIC	0.5017	0.4287	0.3182	0.306788	0.4426
PLANT	33.8909	32.4409	14.0093	0.130325	0.1499
BRINZ	19.1371	19.1858	4.7007	0.046019	0.0482
LAT	10.0968	9.5548	4.4777	0.150008	0.1765
FUST	13.8639	12.1385	8.2851	0.272387	0.3744
MAT	23.3539	22.5298	9.1332	0.116650	0.1321
EDVIEJ	7.2876	7.0921	2.6528	0.101066	0.1124
DIDESC	57.4295	56.6443	18.2028	0.076624	0.0830
MALEZ	12.9072	13.2238	0.9002	0.003710	0.0037
MADER	5.2696	4.8358	2.7030	0.200681	0.2511
FRUT	2.7758	2.5382	1.4438	0.206362	0.2600
TPAST	6.9080	6.8818	1.9056	0.058040	0.0616
NUFAM	1.0100	1.0161	0.2291	0.039230	0.0408
PEN	16.8514	9.5326	16.1007	0.696272	2.2924

EPROD	10.7624	10.3034	4.4446	0.130078	0.1495
FRECHA	0.6846	0.6836	0.1815	0.053609	0.0566
PERCAP	405760	387922	169098	0.132465	0.1527
COLON	1682739	1630175	636775	0.109219	0.1226
PNAT	30.8090	27.0091	18.3490	0.270538	0.3709
CA	9.7897	6.3291	8.7066	0.603277	1.5207
PH	0.5466	0.4364	0.3935	0.395193	0.6534
DA	0.2248	0.1721	0.1715	0.443663	0.7975
FERTIQ	1.4401	0.9208	1.2899	0.611969	1.5771
MG	3.6014	2.2581	3.2650	0.626872	1.6800
PEBL	10.1346	10.1346	2.6170	0.050858	0.0536
AR	18.9251	14.8349	13.9899	0.416787	0.7146
L	7.9447	7.1545	4.3653	0.230267	0.2992
COMP	0.9570	0.7928	0.6470	0.348618	0.5352
AL	0.4318	0.3936	0.2272	0.211164	0.2677
FINCAIP	0.4544	0.3033	0.3953	0.577049	1.3643
AGRICOL	0.3601	0.2451	0.3086	0.560120	1.2733

## Univariate Test Statistics

Variable	F	Pr > F
RELIEVE	72.4251	0.0001
NIVEDU	0.7252	0.5412
USOANT	2.0117	0.1227

Análisis Canonico Discriminante con 3 cluster

87

## Canonical Discriminant Analysis

## Univariate Test Statistics

Variable	F	Pr > F
PRACTIES	9.1890	0.0001
CONTMAL	6.4844	0.0008
SISTEM	4.6951	0.0054
RESTRIC	8.2611	0.0001
PLANT	2.7973	0.0484
BRINZ	0.9005	0.4468
LAT	3.2943	0.0270
FUST	6.9880	0.0004
MAT	2.4650	0.0717
EDVIEJ	2.0987	0.1107
DIDESC	1.5490	0.2120
MALEZ	0.0695	0.9760
MADER	4.6865	0.0055
FRUT	4.8537	0.0045
TPAST	1.1502	0.3369
NUFAM	0.7622	0.5200
PEN	42.7918	0.0001
EPROD	2.7912	0.0487



FRECHA	1.0574	0.3746
PERCAP	2.8502	0.0455
COLON	2.2887	0.0883
PNAT	6.9230	0.0005
CA	28.3855	0.0001
PH	12.1972	0.0001
DA	14.8862	0.0001
FERTIQ	29.4395	0.0001
MG	31.3609	0.0001
PEBL	1.0002	0.3996
AR	13.3399	0.0001
L	5.5842	0.0020
COMP	9.9903	0.0001
AL	4.9969	0.0038
FINCAIP	25.4676	0.0001
AGRICOL	23.7692	0.0001

Average R-Squared: Unweighted = 0.2674147  
 Weighted by Variance = 0.1104966

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

88

### Canonical Discriminant Analysis

#### Multivariate Statistics and F Approximations

S=3 M=16.5 N=9

Statistic	Value	F	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.00034632	7.2873	111	60.81291	0.0001
Pillai's Trace	2.67744677	4.9356	111	66	0.0001
Hottelling-Lawley Trace	59.58801827	10.0208	111	56	0.0001
Roy's Greatest Root	41.08993602	24.4319	37	22	0.0001

NOTE: F Statistic for Roy's Greatest Root is an upper bound.

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

89

### Canonical Discriminant Analysis

	Canonical Correlation	Adjusted Canonical Correlation	Approx Standard Error	Squared Canonical Correlation
1	0.988049	0.980229	0.003093	0.976241
2	0.968812	0.950330	0.007994	0.938596
3	0.873275	0.798322	0.030906	0.762609

Eigenvalues of  $INV(E)*H$   
 =  $CanRsq/(1-CanRsq)$

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	41.0899	25.8043	0.6896	0.6896
2	15.2856	12.0732	0.2565	0.9461
3	3.2125	.	0.0539	1.0000

Test of H0: The canonical correlations in the  
current row and all that follow are zero

	Likelihood Ratio	Approx F	Num DF	Den DF	Pr > F
1	0.00034632	7.2873	111	60.81291	0.0001
2	0.01457671	4.2482	72	42	0.0001
3	0.23739071	2.0193	35	22	0.0429

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

90

### Canonical Discriminant Analysis

#### Total Canonical Structure

	CAN1	CAN2	CAN3
RELIEVE	0.881995	-0.194866	0.002291
NIVEDU	-0.127358	-0.143889	-0.052877
USOANT	0.117550	0.156114	0.282637
PRACTIES	0.407379	0.204444	0.410701
CONTMAL	0.159861	-0.493291	-0.076597
SISTEM	0.038506	0.452420	0.098587
RESTRIC	-0.166925	-0.532901	-0.130769
PLANT	0.344881	-0.028865	-0.132685
BRINZ	0.118695	0.166177	-0.091223
LAT	-0.216311	0.175846	-0.314243
FUST	-0.516431	0.086270	-0.081272
MAT	0.290582	-0.000544	-0.211825
EDVIEJ	0.172833	0.276733	0.005841
DIDESC	0.119535	0.251862	0.064122
MALEZ	0.030749	0.054122	0.007019
MADER	0.445102	-0.019694	-0.095174
FRUT	-0.354343	0.176959	-0.267070
TPAST	0.086126	0.176162	0.168574
NUFAM	0.100531	-0.175701	-0.022579
PEN	0.820428	-0.154724	-0.147947
EPROD	-0.013962	0.344764	-0.155012
FRECHA	-0.187884	-0.142371	0.012683
PERCAP	-0.192982	0.318678	0.032130
COLON	-0.142156	0.307786	0.027480
PNAT	-0.483194	-0.019252	0.235408
CA	0.784310	0.040838	0.039414
PH	0.606413	0.150447	-0.140007
DA	0.638782	0.169052	-0.155720
FERTIQ	0.782757	0.118141	-0.030659
MG	0.798781	0.044263	0.052987
PEBL	0.161858	0.028905	0.179231
AR	0.597479	-0.249204	0.114501
L	0.459306	0.038326	-0.173432
COMP	0.554227	-0.030118	-0.250613
AL	-0.250918	-0.357248	0.198044
FINCAIP	0.191689	0.756698	0.070070
AGRICOL	-0.424408	-0.486238	0.461423

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

91

### Canonical Discriminant Analysis

## Between Canonical Structure

	CAN1	CAN2	CAN3
RELIEVE	0.977327	-0.211724	0.002244
NIVEDU	-0.650686	-0.720830	-0.238771
USOANT	0.372373	0.484907	0.791331
PRACTIES	0.700810	0.344855	0.624453
CONTMAL	0.311075	-0.941211	-0.131737
SISTEM	0.084868	0.977710	0.192043
RESTRIC	-0.297769	-0.932108	-0.206176
PLANT	0.943918	-0.077464	-0.320965
BRINZ	0.546690	0.750484	-0.371355
LAT	-0.551823	0.439860	-0.708530
FUST	-0.977682	0.160142	-0.135987
MAT	0.840629	-0.001543	-0.541609
EDVIEJ	0.537157	0.843329	0.016044
DIDESC	0.426668	0.881495	0.202289
MALEZ	0.498801	0.860855	0.100632
MADER	0.981715	-0.042591	-0.185531
FRUT	-0.770704	0.377396	-0.513408
TPAST	0.353222	0.708415	0.611051
NUFAM	0.501496	-0.859414	-0.099549
PEN	0.971471	-0.179642	-0.154835
EPROD	-0.038250	0.926102	-0.375330
FRECHA	-0.801767	-0.595720	0.047837
PERCAP	-0.523897	0.848285	0.077093
COLON	-0.425004	0.902274	0.072614
PNAT	-0.917879	-0.035859	0.395237
CA	0.997718	0.050938	0.044315
PH	0.953109	0.231855	-0.194489
DA	0.947555	0.245885	-0.204158
FERTIQ	0.988646	0.146311	-0.034225
MG	0.996820	0.054162	0.058443
PEBL	0.709144	0.124174	0.694043
AR	0.914416	-0.373971	0.154882
L	0.945725	0.077378	-0.315621
COMP	0.927451	-0.049418	-0.370664
AL	-0.539511	-0.753181	0.376359
FINCAIP	0.249328	0.965063	0.080552
AGRICOL	-0.560301	-0.629431	0.538405

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

92

## Canonical Discriminant Analysis

## Pooled Within Canonical Structure

	CAN1	CAN2	CAN3
RELIEVE	0.300319	-0.106669	0.002466
NIVEDU	-0.020008	-0.036341	-0.026259
USOANT	0.019070	0.040716	0.144939
PRACTIES	0.076707	0.061886	0.244445
CONTMAL	0.028602	-0.141888	-0.043320
SISTEM	0.006640	0.125418	0.053737
RESTRIC	-0.030903	-0.158603	-0.076525
PLANT	0.057004	-0.007670	-0.069323

BRINZ	0.018731	0.042160	-0.045506
LAT	-0.036165	0.047263	-0.166069
FUST	-0.093320	0.025062	-0.046422
MAT	0.047655	-0.000143	-0.109810
EDVIEJ	0.028098	0.072326	0.003002
DIDESC	0.019174	0.064949	0.032512
MALEZ	0.004748	0.013436	0.003426
MADER	0.076738	-0.005458	-0.051867
FRUT	-0.061309	0.049222	-0.146065
TPAST	0.013678	0.044977	0.084627
NUFAM	0.015809	-0.044418	-0.011223
PEN	0.229461	-0.069568	-0.130796
EPROD	-0.002307	0.091597	-0.080976
FRECHA	-0.029769	-0.036265	0.006352
PERCAP	-0.031936	0.084783	0.016807
COLON	-0.023216	0.080809	0.014186
PNAT	-0.087203	-0.005586	0.134293
CA	0.191935	0.016066	0.030489
PH	0.120191	0.047937	-0.087715
DA	0.132006	0.056163	-0.101720
FERTIQ	0.193689	0.046997	-0.023981
MG	0.201563	0.017956	0.042264
PEBL	0.025608	0.007352	0.089636
AR	0.120592	-0.080861	0.073051
L	0.080694	0.010825	-0.096315
COMP	0.105847	-0.009247	-0.151293
AL	-0.043546	-0.099672	0.108642
FINCAIP	0.045432	0.288320	0.052495
AGRICOL	-0.098634	-0.181669	0.338972

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

93

Canonical Discriminant Analysis

Total-Sample Standardized Canonical Coefficients

	CAN1	CAN2	CAN3
RELIEVE	2.656866048	-0.811688450	-0.626604340
NIVEDU	0.185574924	0.625329066	0.250828831
USOANT	0.293364116	0.213971771	0.202160205
PRACTIES	0.786320296	0.929159254	1.535040944
CONTMAL	0.365508094	-1.109597690	-0.156121698
SISTEM	-0.203375526	-0.209763567	0.826385205
RESTRIC	-0.352423233	-1.142706889	-0.056810335
PLANT	-0.148995559	-0.804193374	-1.048911242
BRINZ	0.103609621	-0.576147602	0.472321497
LAT	0.096246654	0.366896363	-0.178958804
FUST	0.276459567	0.848728093	-0.819791605
MAT	0.655225436	0.285340146	-1.188892052
EDVIEJ	-0.044214060	0.777089778	0.029422911
DIDESC	0.463156920	0.337157632	0.231934736
MALEZ	-0.222792848	-0.644883592	0.642940275
MADER	-0.010404304	0.629003102	1.110033975
FRUT	-0.278374866	0.280595755	0.483617620
TPAST	0.090516916	-0.870510186	0.168994609
NUFAM	0.690791525	-0.203332299	1.021944207
PEN	1.763709669	0.081682250	0.516323450
EPROD	-0.180715547	-0.967622520	-0.763685574

FRECHA	-1.070902695	0.385902936	-0.266582387
PERCAP	1.654096809	-1.540476333	2.723101201
COLON	-2.073597737	0.909114782	-2.955101623
PNAT	0.006053929	0.226104062	-0.201972308
CA	-0.186740628	0.165516658	-0.384047424
PH	0.220664804	-0.105317773	-0.043177280
DA	0.266383135	0.982085187	-0.556398176
FERTIQ	0.875514101	0.668971010	1.066229847
MG	-0.124342113	-0.898166313	-0.603070531
PEBL	0.790676678	-0.443521657	-0.206620373
AR	0.524226506	-0.070947951	0.455974717
L	0.669788661	-0.389462874	0.468537997
COMP	0.008105761	-0.847989547	-0.518181772
AL	0.155101976	-0.719177426	0.752674031
FINCAIP	0.731734348	2.599266308	0.676163231
AGRICOL	-0.271567266	-1.048986014	1.504906117

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

94

Canonical Discriminant Analysis

Pooled Within-Class Standardized Canonical Coefficients

	CAN1	CAN2	CAN3
RELIEVE	1.234512779	-0.377151029	-0.291151699
NIVEDU	0.186884952	0.629743448	0.252599506
USOANT	0.286097721	0.208671861	0.197152858
PRACTIES	0.660705655	0.780726094	1.289818205
CONTMAL	0.323209686	-0.981189547	-0.138054522
SISTEM	-0.186599699	-0.192460810	0.758219208
RESTRIC	-0.301182287	-0.976561821	-0.048550337
PLANT	-0.142621093	-0.769787633	-1.004035755
BRINZ	0.103872825	-0.577611213	0.473521355
LAT	0.091080401	0.347202384	-0.169352792
FUST	0.242054875	0.743106036	-0.717770621
MAT	0.632104939	0.275271541	-1.146940422
EDVIEJ	-0.043028498	0.756252785	0.028633961
DIDESC	0.456824538	0.332547939	0.228763674
MALEZ	-0.228258061	-0.660702889	0.658711901
MADER	-0.009547842	0.577224800	1.018658154
FRUT	-0.254550118	0.256580932	0.442227146
TPAST	0.090173282	-0.867205419	0.168353045
NUFAM	0.695006186	-0.204572871	1.028179297
PEN	0.997703840	0.046206411	0.292076353
EPROD	-0.173008559	-0.926356257	-0.731116624
FRECHA	-1.069343524	0.385341084	-0.266194259
PERCAP	1.581380971	-1.472755371	2.603390805
COLON	-2.008824089	0.880716467	-2.862792152
PNAT	0.005307262	0.198217307	-0.177061866
CA	-0.120729750	0.107008234	-0.248290638
PH	0.176146227	-0.084070173	-0.034466371
DA	0.203942436	0.751882607	-0.425977417
FERTIQ	0.559793940	0.427732594	0.681735458
MG	-0.077961289	-0.563141496	-0.378119326
PEBL	0.790672383	-0.443519247	-0.206619251
AR	0.410926905	-0.055614169	0.357426184
L	0.603170240	-0.350726175	0.421936340
COMP	0.006714964	-0.702490427	-0.429271487

AL	0.141397845	-0.655634061	0.686171052
FINCAIP	0.488461882	1.735114001	0.451365943
AGRICOL	-0.184874218	-0.714115778	1.024491449

Analisis Canonico Discriminante con 3 cluster

95

Canonical Discriminant Analysis

Raw Canonical Coefficients

	CAN1	CAN2	CAN3
RELIEVE	1.542682811	-0.471298815	-0.363831569
NIVEDU	0.291369241	0.981822605	0.393823716
USOANT	0.407465259	0.297194027	0.280788467
PRACTIES	0.626358443	0.740139541	1.222766168
CONTMAL	0.757591379	-2.299871486	-0.323594620
SISTEM	-0.170259611	-0.175607478	0.691823771
RESTRIC	-0.702469237	-2.277705783	-0.113237463
PLANT	-0.004396330	-0.023728890	-0.030949645
BRINZ	0.005414057	-0.030106239	0.024680869
LAT	0.009532426	0.036338017	-0.017724373
FUST	0.019941030	0.061218762	-0.059131573
MAT	0.028056335	0.012218083	-0.050907598
EDVIEJ	-0.006067063	0.106632424	0.004037418
DIDESC	0.008064788	0.005870807	0.004038598
MALEZ	-0.017261157	-0.049963169	0.049812608
MADER	-0.001974413	0.119365181	0.210649845
FRUT	-0.100288070	0.101088173	0.174229370
TPAST	0.013103112	-0.126013932	0.024463442
NUFAM	0.683966590	-0.201323401	1.011847523
PEN	0.104662588	0.004847213	0.030639821
EPROD	-0.016791371	-0.089907641	-0.070958630
FRECHA	-1.564330271	0.563711014	-0.389412502
PERCAP	0.000004077	-0.000003797	0.000006711
COLON	-0.000001232	0.000000540	-0.000001756
PNAT	0.000196499	0.007338906	-0.006555635
CA	-0.019075222	0.016907232	-0.039229760
PH	0.403677898	-0.192665329	-0.078987284
DA	1.184940078	4.368565225	-2.475000900
FERTIQ	0.607968030	0.464541904	0.740403449
MG	-0.034525757	-0.249391548	-0.167453055
PEBL	0.078017317	-0.043762983	-0.020387559
AR	0.027700067	-0.003748881	0.024093651
L	0.084306266	-0.049021673	0.058974855
COMP	0.008470186	-0.886114092	-0.541478574
AL	0.359234650	-1.665700575	1.743282701
FINCAIP	1.610261407	5.719969592	1.487971090
AGRICOL	-0.754176001	-2.913164347	4.179311055

Class Means on Canonical Variables

CLUSTER	CAN1	CAN2	CAN3
1	-6.211511486	-6.369927873	2.333743131
2	6.936424949	1.446851629	0.988593946
3	-6.077608690	3.234667698	-0.693914273
4	3.866504621	-5.303675830	-3.522569406

## ANEXO 6. Modelos matemáticos y esquema de diseño experimental en Guápiles y Esparza

El modelo matemático para germinación y mortalidad acumuladas DBCA:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

$\mu$  = media general

$B_j$  = efecto de bloques

$\tau_i$  = efecto de los tratamientos

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental

El modelo matemático para germinación y mortalidad y su dinámica en el tiempo (DBCA con parcela dividida):

$$Y_{ij} = \mu + B_j + \tau_i + \delta_{ij} + \lambda_i + \tau\lambda_{ii} + \delta_{ij}$$

En donde:

$\mu$  = media general

$B_j$  = efecto de bloques

$\tau_i$  = efecto de los tratamientos

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental de la parcela principal (tratamientos)

$\lambda_i$  = efecto del tiempo

$\tau\lambda_{ii}$  = efecto de la interacción tratamiento tiempo

$\delta_{ij}$  = error experimental subparcela

El modelo matemático para la mortalidad después del pastoreo fue (DBCA con parcela dividida):

$$Y_{ij} = \mu + B_j + \tau_i + \delta_{ij} + \lambda_i + \tau\lambda_{ii} + \delta_{ij} + \psi_k$$

En donde:

$\mu$  = media general

$B_j$  = efecto de bloques

$\tau_i$  = efecto de los tratamientos

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental de la parcela principal (tratamientos)

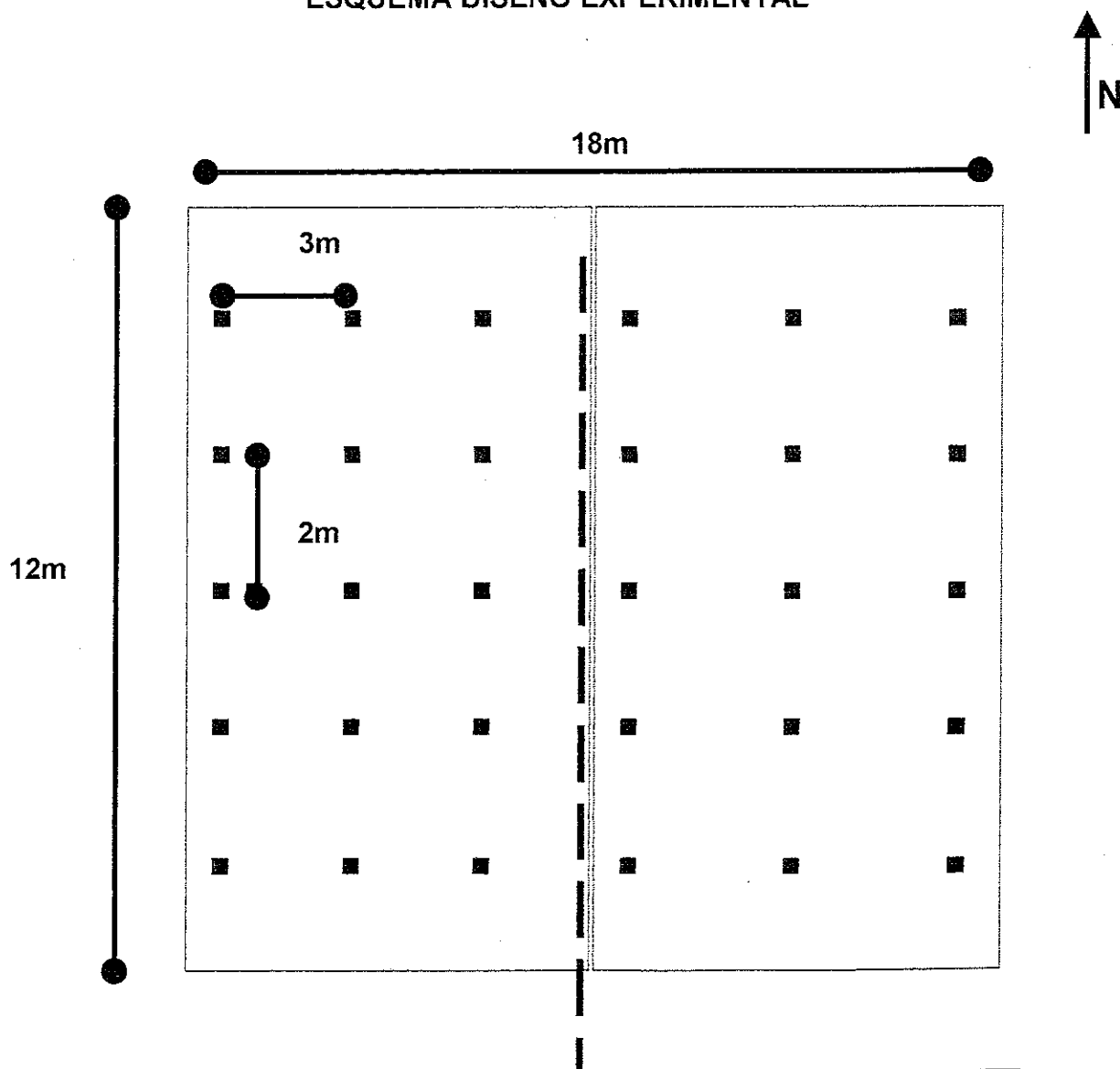
$\lambda_l$  = efecto del repelente

$\tau\lambda_{il}$  = efecto de la interacción tratamiento y repelente

$\delta_{ijl}$  = error experimental subparcela

$\psi_k$  = Efecto de la covariable tasa de mortalidad anterior

### ESQUEMA DISEÑO EXPERIMENTAL



■ Punto de dispersión o siembra de la semilla ( $0.25 \text{ m}^2$ ) y en los cuales se realizó la chapia

—

! Línea indica parcela dividida, para aplicación de repelente